

## RIWAYAT SINGKAT PENULIS



Marga Utama lahir di Kediri, 5 Juni 1945. Alumni Akademi Kimia Analisis Bogor tahun 1969 dan bekerja di Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) sejak tahun 1969 sampai sekarang serta sebagai guru fisika di SMA I Bogor sejak tahun 1970 sampai sekarang.

- Tahun 1976 s/d 1977 tugas belajar di CAPRI-CEA de Saclay, Perancis dalam bidang Radiation Polymerization.
- Tahun 1984, 1990, dan tahun 2000 melaksanakan tugas kerjasama penelitian antara BATAN- JAERI Jepang, di TRCRE Takasaki, Jepang dalam bidang Radiation Processing on Modification of Natural Rubber Latex.
- Tahun 1989, diangkat sebagai tenaga ahli IAEA (International Atomic Energy Agency) dalam bidang RVNRL (Radiation Vulcanization of Natural Rubber Latex) dan ditugaskan mengajar atau pemakalah forum Internasional di INST-BAEC Savar Bangladesh 1989-1990 dan 1992, MINT-PUSPATI Bangi Malaysia 1990 dan 1996, OAEP Bangkok Thailand 1990 dan 1998, PNRI Quezon City Philipina 1994 dan 1996.
- Sebagai Peneliti Utama pada RUT I 1993-1996, RUK 2001-2002, Katalis Teknologi 2003, dan IPTEKDA-BATAN 2003-2004.
- Memperoleh gelar Ahli Peneliti Utama ( APU) tahun 1998 dan Profesor Riset tahun 2006, Doctor Honary Caousa dari AIMS-USA tahun 2000.
- Lebih dari 144 makalah ilmiah yang dikarang baik sebagai penulis tunggal, penulis pertama atau pendamping, telah diterbitkan di Prosiding dan Majalah Ilmiah berskala Nasional dan Internasional, serta 12 paten telah didaftarkan ke Direktorat Jendral Hak Kekayaan Intelektual (HKI), Departemen Hukum dan HAM



Diterbitkan Oleh  
Pusat Pengembangan Informatika Nuklir  
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL  
ISBN 978-979-17143-0-3



Prof. Marga Utama

# TEKNOLOGI LATEKS ALAM IRADIASI

## SOLUSI PROBLEMA PRODUKSI BARANG KARET



Pusat Pengembangan Informatika Nuklir  
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL

TEKNOLOGI LATEKS ALAM IRADIASI  
SOLUSI PROBLEMA PRODUKSI BARANG KARET

Marga Utama  
Profesor Riset

**TEKNOLOGI  
LATEKS ALAM I RADI ASI**  
*Solusi Problema Produksi Barang Karet*



**Pusat Pengembangan Informatika Nuklir  
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL**

Judul : Teknologi Lateks Alam Iradiasi:  
Solusi Problema Produksi Barang Karet  
Penulis : Prof. Marga Utama  
Redaksi Pelaksana : Ruliyanti Pardewi, Hadi Susilo dan IG. Ketut Pribadi  
Tata Letak dan  
Desain Sampul : Moh. Zen

© 2007, BATAN. Hak Cipta dilindungi undang-undang  
Diterbitkan oleh Pusat Pengembangan Informatika Nuklir- **BATAN**

Pusat Pengembangan Informatika Nuklir (PPIN)  
Kawasan Puspiptek, Serpong – Tangerang  
Telp. 021-7560905  
Fax. 021-7560923

Dilarang keras memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit.

Utama, Marga  
Teknologi Lateks Alam Iradiasi : *Solusi Problema Produksi  
Barang Karet* / Marga Utama -- Jakarta : BATAN, 2007  
371 hal.; ilus ; 24 cm  
Bibliography  
ISBN : 978-979-17143-0-3  
1. Lateks Alam  
2. Tehnik Nuklir - Iradiasi

678.031 + 621.039.8



## *Prakata*

Sampai saat ini problema yang belum tuntas diantisipasi barang jadi karet dari lateks alam antara lain sarung tangan, kondom, dot bayi dsb. adalah kandungan bahan karsinogen nitrosamin yang dapat menyebabkan penyakit kanker, dan kandungan protein alergen yang dapat menyebabkan alergi bagi si pemakai. Kedua masalah ini dikawatirkan dapat mengurangi konsumsi lateks karet alam dunia, khususnya negara penghasil karet alam seperti misalnya :Thailand, Indonesia, Malaysia dsb., karena akan beralih ke barang jadi karet dari lateks sintesis yang harganya jauh lebih mahal.

Salah satu cara untuk mengatasi problema tersebut adalah tehnik vulkanisasi radiasi lateks alam yang hasilnya disebut lateks alam iradiasi. Lateks ini langsung dapat digunakan untuk barang jadi karet bebas nitrosamin dan protein alergi, karena dengan menggunakan teknik ini di samping proses vulkanisasinya tidak menggunakan bahan penyebab nitrosamin, juga akibat iradiasi pada lateks alam proteinnya akan terdegradasi dan hilang waktu proses pencucian pada produksi barang jadi karet, sehingga barang jadi karet yang dihasilkan bebas karsinogen dan protein alergi.

Sejak dibangunnya iradiator lateks yang dapat menghasilkan lateks alam iradiasi 1000 ton/th pada tahun 1983 oleh BATAN, maka problema tersebut sudah dapat diatasi, dan telah diintroduksikan ke beberapa daerah di Jawa antara lain : DKI, DIY, Bekasi, Bogor, Bandung, Cianjur, Serang, Tangerang, dan Padalarang, bahkan sudah dapat diekspor ke Jerman pada tahun 1987.

Buku ini menyajikan kumpulan naskah ilmiah penulis dkk. yang telah diterbitkan dalam prosiding dan majalah secara nasional dan internasional sejak tahun 1977 s/d 2005 tentang teknologi lateks alam iradiasi. Topik bahasan bahasan buku ini di samping informasi tentang proses produksi lateks alam iradiasi dan teknik pembuatan barang jadi karetanya juga aplikasinya di industri perkaretan.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Francy Devi Herawati Utama, S.Hut., yang telah mengumpulkan naskah-naskah penulis menjadi buku. Kepada para pimpinan BATAN dan seluruh pihak yang telah membantu terbitnya buku ini, tak lupa penulis mengucapkan banyak terima kasih.

Semoga buku ini bermanfaat bagi para pembaca, dan dapat menumbuhkan **rasa gandrung** kepada iptek nuklir.

*Jakarta, Oktober 2007.*

*Penulis.*

## Daftar Isi

Kata Pengantar  
Daftar Isi

### *Pendahuluan*

Guntingan Berita: Masalah Industri Karet Terpecahkan .....	1
1. Solusi Efektif Problema Produk Celup Lateks Karet Alam Melalui Teknik Vulkanisasi Radiasi .....	3
2. Pemanfaatan Teknologi Lateks Alam Iradiasi Untuk Barang Untuk Barang Jadi Karet Bebas Karsinogen dan Alergi .....	11

### *Proses Produksi Lateks Alam Iradiasi*

3. Vulkanisasi Radiasi Lateks Alam Dengan Sinar $^{60}\text{Co}$ .....	17
4. Characterization of Irradiated Natural Rubber Latex From Pilot Scale Experiment .....	31
5. Characteristic of Natural Rubber Latex From Indonesia .....	41
6. Vulkanisasi Radiasi Lateks Didih I, Pengaruh Bahan Pendadih, Pengemulsi Dan Dosis Iradiasi .....	47
7. Pembuatan Lateks Alam Pra-Vulkanisasi Radiasi .....	55
8. Pengaruh Bahan Pencepat Pada Sifat Fisik Dan Mekanik Film Karet Lateks Alam Iradiasi .....	63
9. Pengaruh Teknik Pemekatan Pada Proses Vulkanisasi Radiasi Lateks Karet Alam .....	73
10. Pengaruh Bahan Pengawet Sekunder Pada Kestabilan Lateks Alam Iradiasi .....	83
11. Pengaruh Kebersihan Dan Waktu Penyimpanan Pada Kualitas Lateks Alam Iradiasi .....	93
12. Pengaruh Bahan Antioksidan Pada Proses Vulkanisasi Radiasi Lateks Alam .....	103
13. Pengaruh Bilangan Asam Lemak Eteris Dan Dosis Iradiasi Pada Kualitas Lateks Karet Alam Iradiasi .....	115
14. Pengaruh Bahan Pewarna Karet Pada Sifat Fisik Dan Mekanik Film Karet Lateks Alam Iradiasi .....	123
15. Studi Distribusi Waktu Tinggal Lateks Karet Alam Dalam Model Reaktor Vulkanisasi Radiasi Dengan Sistem Kontinu .....	131
16. Pilot Scale Production of Irradiated Natural Rubber Latex And Its Dipping Products .....	141
17. Application And Future Prospect of INRL .....	161

18. Trialed Production of Low Protein Irradiated Natural Rubber Latex In Factory Scale By Gamma Irradiation Tecnique .....	169
19. Trial Productin of Low Protein Irradiated Natural Rubber Latex By Low Energy Electron Beam In Pilot Scale .....	177
20. Optimasi Waktu Tinggal Bahan Kimia Pada Produksi Lateks Karet Alam Iradiasi .....	185
21. Distribusi Kualitas Lateks Alam Iradiasi Yang Diproduksi Skala Pilot .....	197
22. Kaji Ulang Produksi Lateks Pekat Pra-Vulkanisasi Radiasi Skala Pabrik .....	207

### *Pembuatan Barang Jadi Karet dari Lateks Alam I radiasi*

23. Lateks Radiasi Sebagai Bahan Dasar Murah Untuk Pembuatan Sarung Tangan Secara Sederhana .....	223
24. Teknologi Lateks Alam Iradiasi Siap Pakai Untuk Industri Karet .....	231
25. Kemungkinan Pemakaian Lateks Karet Alam Iradiasi Untuk Bahan Dasar Kondom .....	243
26. Studi Pemakaian Lateks Alam Iradiasi Untuk Pembuatan Barang Karet Di Tujuh Pengrajin Karet .....	251
27. Studi Pembuatan Benang Karet Dari Campuran Lateks Alam Iradiasi Dan Lateks Komponen Belerang .....	265
28. Production of Rubber From By Using Radiation Vulcanization Technique .....	277
29. Trial Production of Condoms From Irradiated Natural Rubber Latex on A Factory Scale .....	285
30. Produksi Kondom Bebas Nitrosamin dan Protein Alergen Skala Pabrik .....	293
31. Trial Production of Examination Gloves From Irradiated Natural Rubber Latex on A Factory Scale .....	303
32. Production of Surgical Gloves From Low Extractable Protein RVNRL .....	311
33. Uji Produksi Karet Tensimeter Bebas Nitrosamin Dan Protein Alergen Dalam Skala Pabrik .....	321

### *Akih Teknologi Lateks Alam I radiasi Ke I ndustri*

34. Alih Teknologi Lateks Alam Iradiasi Serta Barang Jadi Karetnya Bebas Nitrosamin Dan protein Alergen .....	337
--	-----

<i>Kesimfulan</i> .....	371
-------------------------	-----

## GUNTINGAN BERITA

Nomor : 140/HM O1/HOP 1.2/'O4

00317

Hari, tanggal	Senin, 1 Maret 2004		
Sumber Berita	SUARA MERDEKA	Hal/Kol : 10/1-4	Kls : 1

Judul Berita : Batan Meradiasi Lateks Alam

# Masalah Industri Karet Terpecahkan

<p style="text-align: center;">Pusat penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi (P3TIR)</p> <p>Batan, telah mampu menghasilkan lateks alam iradiasi 1500 setiap 20 jam. menyusul digunakannya iradiator bersumber Cobalt -60 dengan kapasitas 225.000 Curie yang mampu meradiasi lateks alam sebanyak 1.000 ton setahun. Dengan hasil penelitian tersebut Batan mampu memecahkan masalah dalam industri karet . Setelah sebelumnya proses vulkanisasi lateks alam dilakukan secara konvensional menggunakan belerang.</p>	<h3 style="text-align: center;">Proses Vulkanisasi Lateks Alam Dengan Radiasi</h3> 	
<p>Teknik radiasi itu lebih hemat bahan kimia, energi panas dan waktu, juga lateks yang dihasilkan bebas nitrosamin (bahan penyebab kanker) dan rendah protein. Vulkanisasi lateks alam dengan radiasi hanya menggunakan dua macam bahan kimia, tidak perlu diperam dan dipanaskan, bahkan langsung dapat diproses menjadi produk industri karet yang dikehendaki. Pembuatan barang industri dari lateks alam iradiasi ini kini harus dikembangkan sebagai industri rumah tangga dengan</p>	<p>hasil berupa sarung tangan, balon, topeng, benang karet, produk dekorasi panggung/ film, kondom dll yang mutunya cukup baik.</p> <p>Secara visual antara lateks alam non iradiasi dengan lateks alam radiasi tidak dapat dibedakan. Baik warna, bau maupun bentuknya adalah sama, yakni berupa cairan berwarna putih susu dan berbau amonia. Perbedaan baru tampak bila dilihat dengan <i>Scanning Electron Microscope</i>, yakni diameter rata-rata partikel karet lateks alam iradiasi lebih</p>	<p>kecil dari lateks alam non iradiasi. Juga terlihat pada film hasil uji fisik dan mekaniknya, yaitu modulus dan tegangan putus film karet lateks alam iradiasi lebih kuat, ulet dan elastis daripada karet lateks alam non iradiasi. Perbedaan lainnya daya simpan lateks alam iradiasi lebih tahan lama, yakni dapat disimpan sampai enam bulan. Sedangkan untuk lateks alam vulkanisi belerang hanya mampu disimpan sekitar tiga minggu. Karena lateks alam iradiasi itu bebas nitrosamin dan rendah protein, maka bila digunakan untuk barang karet</p>

<p>tidak menyebabkan penyakit kanker atau alergi. Teknologi Lateks Alam Iradiasi.</p> <p>Ini merupakan suatu teknologi bagaimana cara membuat/memproduksi baran-barang karet dari lateks alam iradiasi. Saat ini ada lima cara membuat barang-barang karet dari lateks alam iradiasi, yakni dengan cara celup, tuang, semprot, pelapisan, dan dengan cara pembusaan.</p> <p><b>1.Pembuatan barang karet dengan cara celup.</b> Cetakan dimasukan ke dalam lateks alam iradiasi, kemudian lateks yang menempel pada cetakan dikeringkan, selanjutnya dilepas dari cetakkannya. Barang karet yang dihasilkan dengan cara celup ini biasanya mempunyai</p>	<p>tebal di bawah 0,5 mm misalnya kondom, sarung tangan, balon, dsb.</p> <p><b>2.Pembuatan barang karet dengan cara tuang.</b> Lateks alam iradiasi dituang kan ke dalam cetakan, kemudian setelah lateks yang melekat kering, dilepas. Barang karet yang dihasilkan dengan cara ini mempunyai ketebalan di atas 0,5 mm, misalnya topeng, perlak bayi dsb.</p> <p><b>3. Pembuatan barang karet dengan cara semprot.</b> Lateks alam iradiasi disemprotkan melalui lobang kecil, kemudian lateks yang keluar digumpalkan, dicuci dan dikeringkan. Cara ini hanya bisa dikerjakan oleh industri menengah atau besar , karena biasanya menggunakan</p>	<p>peralatan serba otomatis. Barang karet yang dihasilkan berupa benang karet.</p> <p><b>4.Proses pelapisan dengan lateks alam iradiasi.</b> Ada dua cara yang dapat dilakukan untuk melapisi suatu benda. Yakni dengan cara mengulaskan lateks alam iradiasi dan yang lain dengan cara menyemprotkan lateks ke permukaan benda. Cara pertama dapat dilakukan di industri kain.</p> <p><b>5. Pembuatan barang karet dengan cara pembusaan.</b> Lateks alam iradiasi diberi bahan pembusa kemudian diaduk sampai lateks tersebut berbentuk busa. Lalu dalam keadaan berbusa, lateks digumpalkan. Barang karet yang dihasilkan adalah karet busa.</p>
<p>Sambungan hal.4.</p> <p><b>Keuntungan.</b></p> <p>Dari hasil penelitian, baik skala laboratorium maupun skala pabrik dan uji coba industri rumah tangga menunjukkan bahwa adanya keuntungan/keunggulan dalam pengolahan dan teknologi lateks alam iradiasi bila dibandingkan dengan lateks alam proses vulkanisasi belerang Yakni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hemat bahan kimia (hanya dua macam bahan kimia yang digunakan )</li> </ul>	<p>hemat energi panas, dan hemat waktu serta dapat disimpan dalam waktu enam bulan. Sementara lateks alam vulkanisasi belerang hanya dapat disimpan sekitar tiga minggu.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tidak mengandung bahan karsinogen (penyebab penyakit kanker), tidak beracun (toxic), tidak mengandung protein alergen (penyebab alergi pada tubuh manusia), produk karet tidak berbau tajam, dan lebih elastis. Apabila produk karet</li> </ul>	<p>dari lateks alam iradiasi ini dibakar, gas sulfur dioksida hanya seperduapuluh lebih rendah daripada proses vulkanisasi belerang.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lebih mudah didegradasi oleh alam, karena energi aktivasinya rendah. Sehingga produk karet dari lateks alam iradiasi tidak mencemari dan akrab dengan lingkungan (MW/Atomos-35)</li> </ul>





# **SOLUSI EFEKTIF PROBLEMA PRODUK CELUP LATEKS KARET ALAM MELALUI TEKNIK VULKANISASI RADIASI**

Marga Utama  
PAIR-BATAN, Jl. Cinere P.O.Box 7002/JKSKL, Jakarta 12070, Fax. 021. 7691607.

## **ABSTRAK**

Solusi Efektif Problema Produk Celup Lateks Karet Alam Melalui Teknik Vulkanisasi Radiasi. Problema produk celup lateks alam yang mengandung nitrosamin dalam barang celup karet mulai mencuat sejak tahun 1987, dan problema protein alergen pada tahun 1992. Salah satu usaha untuk mengatasi problema tersebut adalah dengan teknik vulkanisasi radiasi. Teknik ini sudah dikembangkan skala pilot di PAIR-BATAN (Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi-Badan Tenaga Atom Nasional) sejak tahun 1983, India tahun 1992, dan Malaysia tahun 1996. Hasilnya menunjukkan bahwa lateks alam hasil vulkanisasi radiasi tidak toksik, bebas nitrosamin, dan dapat mengatasi protein problema alergen.

## **ABSTRACT**

The Effective Solution Of Dipping Naturall Rubber Latex Product Problem Through Radiation Vulcanization. The nitrosamine problem of dipping rubber product was started since 1987, and protein allergen since 1992. Radiation vulcanization technology is one of the technique for solving these problem. This technique has been developed in pilot scale at PAIR-BATAN (Center for the Application of Isotopes and Radiation – National Atomic Energy Agency) since 1983, India since 1992, and Malaysia since 1996. The results showed that radiation vulcanized natural rubber latex (RVNRL) is not cytotoxicity, free nitrosamine, and can solved the protein allergen problem.

## I. PENDAHULUAN

Produk karet alam yang mempunyai masalah nitrosamin dan protein alergen adalah produk karet yang dibuat secara pencelupan yaitu dot bayi, kondom, sarung tangan, balon udara (plembungan), dsb. Diperkirakan kebutuhan dunia untuk produk tersebut cukup banyak yaitu sekitar 658.000 ton lateks alam per tahun <sup>(1)</sup>.

Sejak diberitakan bahwa kadar maksimum nitrosamin dalam dot bayi di negara-negara Eropa antara 1-20 ppb (part per billion = seper satu milyar = 1 microgram gram dalam 1 kg), maka sejak saat itu upaya mencari formulasi baru untuk proses vulkanisasi lateks alam yang bebas nitrosamin diintensifkan. Hal yang sama terjadi pula pada protein alergen sejak tahun 1992 <sup>(2-4)</sup>.

Makalah ini melaporkan intisari hasil vulkanisasi radiasi lateks alam dalam upaya untuk mengatasi problema tersebut, dengan hipotesa bahwa : lateks alam hasil vulkanisasi radiasi bebas nitrosamin, dan protein alergen.

Hal ini disebabkan karena proses vulkanisasinya tidak menggunakan bahan penyebab timbulnya nitrosamin, dan akibat iradiasi pada lateks alam disamping terjadi vulkanisasi pada poli-isopren karet alam, bahan bukan karet termasuk protein akan degradasi, sehingga proein yang tadinya bersifat alergi menjadi tidak alergi lagi.

Tujuan penyajian laporan ini dalam Bursa Teknologi II, adalah agar para industriawan yang bergerak di bidang perkaretan dapat memanfaatkannya.

### NITROSAMIN

#### *Penyebab*

Nitrosamin adalah senyawa kimia yang mengandung gugus nitroso (>NO-). Senyawa ini dapat menyebabkan penyakit kanker, walaupun jumlahnya sedikit sekali yaitu hanya beberapa ppb. Terbentuknya nitrosamin tersebut karena bahan pencepat yang digunakan pada vulkanisasi belerang yaitu terutama senyawa karbamat akan bereaksi dengan nitrogen oksida pada waktu pemanasan <sup>(5-8)</sup>.

CHIAGRIT SURI-UPHATHUM <sup>(8)</sup> menginformasikan bahwa pada tahun 1983 Pusat Kanker di Lyon Perancis menemukan 4 jenis N-Nitrosamin dalam ruang pabrik yang memproduksi barang jadi karet dengan rincian seperti Table 1. Dalam tabel ini menunjukkan bahwa ruang udara proses komponding lateks dari pabrik barang jadi karet (dot bayi, boneka, sarung tangan, dan balon udara) mengandung nitrosamin antara 35 s/d 470  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  udara.

#### *Regulasi*

Oleh karena N-Nitrosamin yang mudah menguap tersebut merupakan penyebab penyakit kanker yang ganas, maka saat ini Jerman membatasi kandungan N-Nitrosamin di ruang pabrik tidak lebih dari 2,50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  udara.

Biasanya nitrosamin terbanyak terdapat di ruang gudang, komponding, pencelupan, dan ruang pemanasan.

**Table 1. Nitrosamin yang mudah menguap dalam pabrik barang jadi lateks.**

Jenis produk barang jadi karet yang diproduksi	Kadar dan jenis N-nitrosamin yang mudah menguap, µg/g				
	Nitroso dimethyl amin	Nitroso diethyl amin	Nitroso dibuthyl amin	Nitroso dipro phyl amin	Jumlah
• Dot bayi	220	100	70	100	470
• Boneka	25	-	10	-	35
• Sarung tangan	10	10	-	100	220
• Balon udara	150	30	-	-	180

Kemudian sejak 11 Juni 1987, Jerman, Nederland, Denmark, dan Inggris membatasi kadar maksimum dalam dot bayi masing-masing nilai maksimumnya adalah 20, 1, 5, dan 20 ppb <sup>(3)</sup>. Karena sarung tangan juga dipakai untuk memindahkan makanan, maka di masa mendatang bukan tidak mungkin kadar nitrosamin dalam sarung tangan, kondom dll juga dibatasi <sup>(5)</sup>.

Sementara itu dari pabrik plembungan di Tangerang menginformasikan bahwa balon udara yang diproduksinya tidak dapat diekspor ke Eropa, karena ada masalah kandungan nitrosamin. Di samping itu berita terakhir dari Thailand menyatakan bahwa balon udara yang dikirim ke Eropa di kembalikan karena problema kadar nitrosamin <sup>(10)</sup>.

### **Antisipasi**

Para pakar karet alam Indonesia melaporkan cara mengurangi agar kandungan nitrosamin dalam barang celup karet sesedikit mungkin atau bahkan bebas dari nitrosamin <sup>(5-8)</sup> antara lain:

1. Menghindarkan pemakaian bahan peptisida atau fungisida yang mengandung sekunder amine atau tertier amine pada waktu aplikasi langsung ke kebun.
2. Mengganti TMTD (tetra metil thio uram disulfat) dengan bahan pengawet lainnya misalnya : Dowicil, PRBL, ZBEP/ZnO.
3. Membubuhkan penangkal nitrosamin pada lateks alam misalnya tokoferol, tokotrienol.
4. Menghindarkan bahan pencepat vulkanisasi yang mengandung senyawa karbamat, yaitu dengan menggunakan teknik vulkanisasi radiasi atau vulkanisasi peroksida.

## **PROTEIN ALERGEN**

### **Gejala**

Menurut KECKWICK dalam RUSTAM DALIMONTHE <sup>(9)</sup> melaporkan bahwa sampai saat ini manusia belum mampu mengetahui baik jenis maupun jumlah protein alergen dalam lateks karet alam. Namun upaya untuk mengetahui

sudah dilakukan antara lain dengan cara membandingkan jenis protein tersebut dengan protein dalam buah panas. Protein alergen ini berbahaya bagi tubuh manusia karena adanya reaksi klinis yang terdiri dari 3 macam reaksi yaitu : reaksi contact dermatitic (CD), reaksi contact urticaria syndrome (CUS), dan reaksi sustemic (SR), yang secara garis besar keterangannya sbb.

Reaksi CD baru terjadi setelah 48 jam kulit bersentuhan dengan produk karet. Gejalanya antara lain eksim kulit mengeras.

Reaksi CUS terjadi setelah 10-60 menit kulit bersentuhan dengan produk karet. Gejalanya kulit menjadi merah.

Reaksi SR terjadi non lokal, yang termasuk dengan reaksi ini adalah : reaksi urticaria, rhinoconjunctivitis, astmha, dan reaksi analphylactic. Gejala reaksi terakhir ini antara lain : sewaktu-waktu tekanan darah meningkat, kejang-kejang, dan sukar bernafas.

Hasil analisa produk kareer berupa : kondom, sarung tangan untuk pemeriksaan, sarung tangan bedah, sarung tangan industri, boneka, dan dot bayi yang masing-masing bernilai 140, 700, 14, 8, 80, 200, dan 500 ppb, ternyata walaupun sarung tangan bedah hanya mengandung protein terlarut 8 ppb, namun dapat menyebabkan reaksi-reaksi klinis yang telah diuraikan di atas.

### ***Antisipasi***

Walaupun sampai saat ini pembatasan nilai msksimum kadar protein terlarut dalam produk karet yang langsung bersentuhan dengan badan masih belum ada beritanya, namun ada baiknya problema ini diantisipasi sedini mungkin. Dua faktor penting yang perlu diperhatikan dalam upaya mengantisipasi peningkatan kandungan proein terlarut dalam barang celup karet yaitu : teknik penyadapan lateks, dan pencucian barang celup karet selama proses produksi.

**Penyadapan.** Amonia 1% yang dituangkan dalam mangkuk sadap sebelum penyadapan dimulai cukup baik untuk menurunkan kadar protein terlarut dalam lateks pekat. Karena amonia dapat menghidrolisa asam amino dalam protein, sehingga protein yang larut dalam air jumlahnya meningkat, dan apabila lateks kebun dipekatkan protein larut air tersebut akan keluar bersama-sama lateks skim, sehingga lateks pekat yang dihasilkan akan berkadar protein larut air lebih rendah. Dugaan ini diperkuat bahwa lateks Indonesia mempunyai kadar protein terlarut lebih rendah daripada lateks Malaysia, dan Thailand, karena lateks Indonesia berkadar amonia tinggi (1%), sedang Malaysia berkadar amonia rendah (0,2%). Pada umumnya lateks berkadar amonia tinggi menggunakan bahan pengawet sekunder amonim laurat, sedang lateks berkadar amonia rendah menggunakan bahan pengawet sekunder campuran TMTD dan ZnO. Adanya ZnO dalam lateks pekat menyebabkan terjadinya garam kompleks asam amino dari protein tidak larut dalam air, sehingga protin terlarut yang berada di dalam lateks berkadar amonia rendah, lebih tinggi daripada yang berkadar amonia tinggi.

**Pencucian.** Pada umumnya setiap pembuatan produk karet yang dibuat secara pencelupan dalam skala pabrik, misalnya pabrik sarung tangan, selalu dilakukan pencucian pada produk karetnya. Tujuan pencucian ini adalah untuk menghilangkan bahan bukan karet yang larut dalam air misalnya karbohidrat, protein dsb. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pencucian akan lebih efektif bila dilakukan pada film karet berbentuk gel (12), kemudian setelah kering dicuci lagi. Bila mesin pencelupan hanya mempunyai satu kali pencucian, maka apabila ingin memproduksi produk karet yang bebas protein, mesin pencucinya perlu dimodifikasi.

## II. HASIL PENELITIAN

### TEKNIK VULKANISASI RADIASI

#### *Hasil litbang*

Penelitian vulkanisasi radiasi lateks alam di PAIR-BATAN sudah dikerjakan sejak tahun 1973, kemudian karena hasilnya cukup positif dibangunlah Iradiator Lateks skala pilot berkapasitas 1000 ton/th, yang diresmikan oleh Presiden Suharto Tahun 1983 Jadi PAIR-BATAN sudah mengantisipasi berita tentang problema nitrosamin dan protein alergen dalam produk karet beberapa tahun sebelum berita tersebut muncul.

**Tabel 2. Sifat lateks alam iradiasi dan film karetnya.**

Sifat lateks			Sifat film karet		
Parameter	Nilai		Parameter	Nilai	
	L.A.I.	SNI		L.A.I	Kompon belerang
• Kadar jumlah padatan (KJP), %.	58,5	61,5*	• Modulus 600%, Mpa.	2,2	3,2
• Kadar padatan jumlah (KKK),%.	57,6	60,0*	• Tegangan putus, Mpa.	20-26	24-29
• TS-KKK	0,9	2**	• Perpanjangan putus,%.	900-1000	600-700
• Bilangan MST, detik.	1800	600	• Kekerasan., shore A.	28-29	30
• Vilangan VFA.	0,03	0,2**			
• Bilangan KOH.	0,5	0,8**			

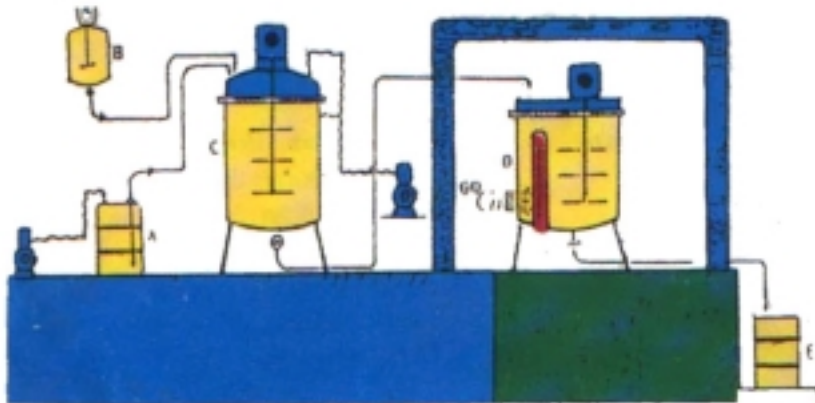
\* nilai minimum, \*\* nilai maksimum.

#### **Tujuan pembangunan skala pilot**

Tujuan pendirian iradiator lateks tersebut di samping mempelajari segi teknis dan ekonomis, juga digunakan untuk kursus RVNRL (Radiation Vulcanization of Naural Rubber Latex) yang diadakan di P3TIR-BATAN Jakarta pada tahun 1984, 1985, 1986, 1991, dan 1997, yang diikuti oleh beberapa peserta dari Negara Asia Pasifik antara lain : Bangladesh, China, India, Indonesia, Korea, Singapur, Malaysia, Philipina, Thailand, Srilangka, dan Vietnam.

### **Teknik produksi**

Diagram alir produksi lateks alam iradiasi tertera seperti Gambar 1. Dari gambar ini menunjukkan bahwa lateks alam pekat dari drum (A) dipompakan ke tangki pencampur (C), kemudian ditambah dengan bahan pemeka dari tangki (B), diaduk sampai rata. Kemudian dipompakan ke tangki pengolah (D) dan diiradiasi dengan sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  pada dosis tertentu, maka setelah diiradiasi terjadilah lateks alam iradiasi.



Gambar 1. Proses vulkanisasi radiasi lateks alam.

### **Kualitas**

Setelah diuji kualitasnya ternyata lateks alam iradiasi menunjukkan bahwa di samping sifatnya seperti sifat lateks alam pekat menurut standar SNI (hanya kadar jumlah padatnya sekitar 58%), juga seperti lateks pekat yang sudah divulkanisasi belerang, dengan keunggulan tidak toksik, bebas nitrosamin, dan diduga tidak alergi .

**Toksikitas.** AKIDATA NAKAMURA dkk <sup>(13)</sup> melaporkan bahwa lateks alam iradiasi tidak toksik, karena dari hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai IC 50 (kadar konsentrasi bahan dalam media tertentu sehingga dapat mematikan 50% jumlah mikroba yang hidup di dalamnya) film karet lateks alam setelah dicuci dengan KOH 1% selama 4 jam nilainya di atas 100%. Menurut standar IMO yang dilaporkan oleh VERMA S.R. <sup>(14)</sup> nilai IC50 maksimum pada polutan adalah 0,5%. Jadi film karet lateks alam iradiasi sangat tidak beracun.

**Nitrosamin.** Beberapa peneliti melaporkan bahwa dot bayi dari lateks alam iradiasi sangat sedikit mengandung nitrosamin, bahkan tidak ada (Tabel 2). Hal ini disebabkan karena pada waktu proses vulkanisasi radiasi tidak menggunakan bahan kimia yang dapat menimbulkan nitrosamin, kalau ternyata ada nitrosaminyanya hal ini diduga dari lateks pekat yang waktu penyadapan menggunakan bahan kimia yang dioleskan pada bidang sadap mengandung senyawa bernitrosamin, atau pada waktu pemekatannya menggunakan pengawet sekunder TMTD (tetra metil tiouram disulfat).

**Tabel 3. Kandungan nitrosamin dalam dot bayi yang dibuat dari lateks alam iradiasi dan komersial.**

Motode uji	Nitrosamin, ppb.	Lateks alam iradiasi		Komersial di Jerman
		Pustaka 15	Pustaka 16	Pustaka 15
BGA	Nitrosamin	0,2-2	0	5-10
	Nitrosabelamin	3-6	10	10-60
FDA	Nitrosamin	2	-	2-5

**Protein alergen.** Beberapa peneliti dari Bangladesh, Malaysia, Jerman, Nederland, dan Jepang melaporkan bahwa walaupun tidak semua protein yang berada dalam lateks terdegradasi akibat iradiasi lateks pekat, namun hal ini merupakan jalan keluar untuk menghilangkan kandungan protein alergen pada barang jadi karet. Hal ini terbukti dari hasil yang diperoleh yang tertera di Tabel 3<sup>(17-18)</sup>. SIBY VERGHESE dkk. (19) melaporkan bahwa lateks pekat yang diencerkan, kemudian diiradiasi dengan berkas elektron, kemudian dipekatkan, lalu film karet yang dihasilkan dicuci dengan amonia 1%, maka diperoleh film karet yang setelah diuji kandungan protein terekstrak bernilai nol. Dari data ini informasi ini mencirikan bahwa produk karet yang dibuat dari lateks alam iradiasi diduga bebas dari protein alergen.

### III. KESIMPULAN

Dari uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa solusi problema nitrosamin, dan protin alergen yang dihadapi oleh produsen karet dapat diatasi melalui teknologi vulkanisasi radiasi, asalkan lateks pekat sebelum divulkanisasi radiasi harus bebas dari nitrosamin, dan pada pembuatan barang jadi karet harus dilakukan proses pencelupan yang efisien.

### IV. DAFTAR PUSTAKA

1. IRSG, Desember 1996 Vol.51 No.3
2. GORTON S.D.T., Evaluation of new activator/acclerator in natural rubber llateks, NR. Teknologi Vol.19 part 4, Publication 1238 (1988).
3. GORTON A.D.T., G.P. Mc. SWEEDNEY and B.K.TIDD., Technology natural rubber to meet regulation of nitrosaimin limite, N.R. Technology vol.18 part 1 Publication no. 1161. (1987).
4. ANNONNIME, International Rubber Technology Convergence and International Workshop oon Latex Protein, Kuala Lumpur, 14-16 June 1993.
5. RUSDAM DALIMONTE, Tinjauan nitrosamin dalam karet, Warta Perkaretan vol. 12 no.1 (1993).
6. OERIP SISWANTORO, Senyawa karsinogen N-nitrosamin dan usaha pengendaliannya, BPTK Bogor (1989) tidak dipublikasi.
7. SUWARTO dan RUSDAM DALIMONTE, Pencemaran fungisida dan upaya pencegahannya, Warta Perkaretan, Vol. 12, No.1 (1992) 9.

8. CHYAGRIT SIRI-UPHATHUM, Properties of RVNRL, National Executive Seminar on RVNRL, Jakkarta, 3-4 September 1990 (tidak dipublikasi).
9. RUSDAM DALIMMONTHE, Perkebangan teknologi karet dewasa ini, Warta Perkaretan vol. 12 No.2 (1993) 7..
10. ERWIN GEORGE, Informasi kebutuhan balon udara di Eropa dan USA, Weateifel Werkstätten, Jakarta, 2 July 1997 (komunikasi pribadi).
11. OERIP SIWANTORO, Protein alergen berbahaya dari barang jadi lateks Hevea, Warta Perkaretan vol. 12, No.1 (1993) 13.
12. MA'ZAM MD SAID, WAN MANSHOL WAN ZIN, Extractable protein content of RVNRL, Proc. The Second International Symposium on RVNRL, Kuala Lumpur, 15-17 July 1996.
13. AKIDATA NAKAMURA, YIKARASHI, T/TSUCHIYA and M.KUNINA, RVNRL is not cytotxide, JAERI-M 89-228, Tokyo (1990).
14. VERMA S.R., Determination of the maxiimum aceptable toxicant concentration and the safe concentration certain pollutants, Acta Hydro Chim., Hydro biology, 9 (1981) 247.
15. HARZALD NIEPLE, RVNRL in Europe, jaeri-m 89-228, Tokyo (1990) 378.
16. WLLFRIED BEZ, Status of RVNRL in German Latex Industry and its introduction to European market, International symposium on RVNRL, Kuala Lumpur, 15-17 July 1996.
17. WLLFRIED BEZ, Application of RVNRL in Europe, JAERI-M 89-228, Tokyo (1990) 378.
18. GEERSMA, R.E., T.J.H.ORZECOWSKI, M.JONKER, J.W.DORMEMA and J.A.A.M. VAN ASTEN, biological evaluation of RVNRL, International symposium on RVNRL, Kuala Lumpur, 15-17 July 1996.
19. SIBY VARGHESE, YOSUKE KATSUMURA, FUMIO YOSHII, and KEIZO MAKUUCHI, production of soluble protin free latex radiation process, TRCRE-JAERI, Takasaki (1997) tidak dipublikasi.



# 2

## PEMANFAATAN TEKNOLOGI LATEKS ALAM IRADIASI UNTUK BARANG JADI KARET BEBAS KARSINOGEN DAN ALERGI

Marga Utama  
Ahli Peneliti Utama Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi, BATAN  
Jl. Cinere Ps. Jumat PO Box 7002/JKSKL Jakarta Selatan 12070.

### I. PENDAHULUAN



*Penulis sedang memeriksa irradiator lateks.*

Lateks alam iradiasi adalah lateks karet alam yang sudah divulkanisasi dengan radiasi gamma atau berkas elektron. Oleh karenanya ia langsung dapat digunakan untuk membuat barang jadi karet antara lain : kondom, sarung tangan, plembungan, benang karet, dsb.

Sampai tahun 2004, produksi karet alam Indonesia adalah 1,905 juta ton, masih menempati nomor 2 setelah Thailand sebesar 2,848 juta ton dari produksi karet alam dunia 8,307 juta ton. Diprediksi produksi karet alam Indonesia pada tahun 2005 adalah 2,002 juta ton atau meningkat 4,8%<sup>[1]</sup>. Namun dari produksi tersebut yang dikonsumsi hanya sekitar 6%, sedang yang 94% diekspor dalam bentuk bahan baku.

Sebagian besar pemakaian barang jadi karet adalah untuk ban mobil yaitu sekitar 75,3% , untuk kebutuhan industri

dan barang teknik (sabuk karet, sepatu, slang, ban sepeda, dsb) 12,4%, dan untuk barang jadi karet dari lateks (kondom, benang karet, karet busa, sarung tangan, plembungan dsb) sekitar 12,3%.

Diantara barang jadi karet tersebut, yang paling tinggi kandungan karetinya yaitu di atas 90%, adalah barang jadi karet dari lateks. Di samping itu umumnya industri barang jadi karet dari lateks dikerjakan oleh IMK (industri kecil dan menengah), karena tidak memerlukan teknologi yang canggih. Hal ini merupakan peluang bagi masyarakat Indonesia untuk mengembangkan industri barang jadi karet dari lateks yang memiliki jumlah IMK cukup potensial

Kendala yang dihadapi bagi produsen barang jadi karet dari lateks adalah terdapatnya kandungan protein alergen berasal dari lateks alam yang dapat menyebabkan alergi, dan kandungan nitrosamin berasal dari penambahan bahan kimia pada waktu proses vulkanisasi dapat menimbulkan kanker ganas pada tubuh manusia.

## II. PRODUKSI

Cara untuk menghilangkan protein alergen telah dilakukan yaitu: dengan membubuhkan enzim pada lateks atau kompon lateks sebelum dibuat barang jadi karet, kemudian mencuci barang jadi karet secermat mungkin, atau proses klorinasi pada barang jadi karet tersebut. Cara lain ialah dengan proses vulkanisasi radiasi lateks kebun kemudian dipekatkan, atau lateks pekat itu sendiri yang diiradiasi, kemudian lateks alam iradiasi yang dihasilkan dibuat barang jadi karet dengan cara pencucian atau klorinasi seperti tersebut di atas

Sedang untuk mengatasi agar barang jadi karet dari lateks bebas nitrosamin ada tiga cara yaitu dengan cara vulkanisasi belerang tanpa menggunakan senyawa karbamat sebagai bahan pencepat, vulkanisasi peroksida, dan vulkanisasi radiasi.

Proses vulkanisasi belerang dan vulkanisasi peroksida dibutuhkan 3 sampai 4 macam bahan kimia yaitu bahan pemvulkanisasi yaitu belerang, bahan pencepat berupa senyawa karbamat, bahan penggiat, dan bahan pemantap, lalu dipanaskan pada suhu 40-50 °C selama 2-3 hari.

Sedang proses vulkanisasi peroksida caranya hampir sama dengan cara vulkanisasi belerang, hanya saja bahan pemvulkanisasinya digunakan terbutil peroksid tanpa menggunakan bahan pencepat.

Sementara itu untuk memproduksi lateks alam iradiasi hanya dibutuhkan satu macam bahan kimia yaitu bahan pemeka berupa monomer normal butil akrilat (nBA). Ternyata cara terakhir ini sangat sederhana yaitu dengan mengiradiasi lateks yang sudah dicampur bahan kimia tersebut pada suhu kamar

Dari uraian tersebut menunjukkan bahwa untuk memproduksi lateks alam iradiasi ternyata lebih hemat bahan kimia dan energi panas daripada kedua proses lainnya.

SIFAT. Secara visual antara lateks alam iradiasi dan lateks alam non iradiasi tidak dapat dibedakan, tetapi bila dilihat dengan elektron mikroskop ternyata diameter partikel lateks alam iradiasi lebih kecil daripada lateks alam

non iradiasi, karena antara molekul poli-isopren dalam partikel karet lateks alam iradiasi saling berikatan silang sehingga partikel karet mengkerut.

Baik lateks alam iradiasi maupun barang karet yang dihasilkannya misalnya kondom, sarung tangan, plembungan dsb. tidak memancarkan sinar radiasi.

Di samping itu setelah diuji sifatnya ternyata lateks alam iradiasi mempunyai dua sifat yaitu sifat lateksnya seperti lateks pekat yang biasa beredar di pasar dengan kualitas memenuhi standar SNI. Sementara itu sifat film karetinya misalnya modulus, tegangan putus, perpanjangan putus dsb. seperti lateks alam yang divulkanisasi belerang atau vulkanisasi peroksida, dengan keunggulan bahwa film karet dari lateks alam iradiasi selain memiliki kadar protein, lemak, dan karbohidrat jauh lebih rendah daripada lateks non iradiasi juga bebas bahan karsinogen misalnya nitrosamin dan protein alergen.

Dari uraian ini menunjukkan bahwa lateks alam iradiasi selain sifat lateksnya seperti lateks pekat yang belum divulkanisasi, juga sifat film karetinya seperti sifat kompon lateks yang divulkanisasi belerang atau kompon lateks yang divulkanisasi peroksida.

### III. TEKNOLOGI LATEKS ALAM IRADIASI

Teknologi lateks alam iradiasi adalah cara memproduksi barang jadi karet dari lateks alam iradiasi. Sampai saat ini telah dikuasai 5 teknik produksi barang jadi karet dari lateks alam iradiasi yaitu : teknik penuangan, pencelupan, pembusaan, penjuluran, dan tehnik pelapisan dengan uraian sbb.

1. **Teknik penuangan** yang bertujuan untuk membuat topeng, boneka karet, dsb. dengan cara menuangkan lateks alam iradiasi ke dalam cetakan topeng, atau boneka.
2. **Teknik pencelupan** yang bertujuan untuk memproduksi kondom, sarung tangan, plembungan dengan cara mmencelupkan cetakan ke dalam lateks alam iradiasi, lalu dikeringkan, dan setelah kering dikelupas.
3. **Teknik pembusaan** yang bertujuan untuk membuat busa karet alam dengan cara mengaduk lateks alam iradiasi sampai berbentuk busa, kemudian busa tersebut digumpalkan, dicuci, dan dikeringkan.
4. **Teknik penjuluran** atau penyemprotan yang bertujuan untuk membuat benang karet dengan cara mengalirkan atau menyemprotkan lateks alam iradiasi melalui pipa berdiamater 0,5 mm atau lebih, kemudian lateks alam iradiasi yang keluar dari pipa kecil tersebut digumpalkan dengan asam asetat, benang lateks yang terjadi dicuci, dipanaskan, dibedaki, maka terjadilah benang karet.
5. **Teknik pelapisan permukaan** yang bertujuan melapisi benda misalnya kain dengan karet. Caranya adalah sebagai berikut: menyemprotkan atau melaburkan lateks alam iradiasi di permukaan kain, kemudian kain yang berlapis lateks tersebut dikeringkan.

## KEUNGGULAN

Dari hasil aplikasi selama dua dasawarsa menunjukkan bahwa keunggulan teknologi lateks alam iradiasi bila dibandingkan dengan proses vulkanisasi Belerang yang telah dilakukan di Jawa (Tabel 1) menunjukkan bahwa :

- Teknik produksi lateks alam iradiasi antara lain : hemat waktu dan energi panas, prosesnya sederhana dan ramah lingkungan.
- Teknik produksi barang jadi karet hemat waktu, energi panas, dan bahan kimia.
- Barang jadi karet yang dihasilkan : bebas dari nitrosamin dan protein alergen, tidak beracun, dan mudah didegradasi oleh alam sehingga lebih ramah lingkungan.
- Bila dibakar gas sulfur dioksida yang dihasilkan seperduapuh lebih kecil daripada barang jadi karet yang divulkanisasi belerang (Tabel 2), sehingga tidak menimbulkan hujan asam.

**Tabel 1. Beberapa industri kecil dan menengah yang menggunakan lateks alam iradiasi sejak tahun 1983 sampai sekarang.**

Lokasi pabrik	Jenis barang karet	Tahun
DKI	Sarung jari <sup>1</sup> , plembungan <sup>1a</sup> , perekat <sup>1b</sup> , dekorasi film <sup>1a</sup>	1983-2004
JAWA BARAT		
• Bogor	• Sarung tangan <sup>1a</sup> , plembungan <sup>1a</sup> .	1987-1990
• Cianjur	• Sarung tangan <sup>1a</sup> .	1983-1995
• Bekasi	• Sarung tangan <sup>2b</sup> , benang karet <sup>2b</sup> .	1987-1990
• Padalarang	• Tensimeter <sup>2b</sup>	2000-2002
• Bandung	• Perekat kaleng <sup>1b</sup> , kondom <sup>2b</sup> .	1987-2002
Propinsi Banten		
• Serang	• Sarung tangan <sup>2a</sup> , tensimeter <sup>2b</sup> .	1998-2004
• Tangerang	• Sarung tangan <sup>1</sup>	1999-2002
Jawa Tengah		
• Semarang	• Plembungan <sup>1</sup>	1999-2002
• DIY	Barang sovenir <sup>1</sup>	2000
Jawa Timur		
• Surabaya	• Dot bayi <sup>2b</sup> .	1996
Luar negri		
• Jerman	• Dot bayi <sup>2b</sup>	1987
• Vietnam	• Sarung tangan <sup>2b</sup>	1990

1=skala industri kecil, 2=skala industri menengah, a=produksi bila ada pesanan, b=uji skala pabrik

## TEKNO-EKONOMI

Tabel 1 menyajikan aplikasi lateks alam iradiasi yang diproduksi oleh P3TIR-BATAN Jakarta ke industri perkaretan di Jawa. Dari tabel ini menunjukkan bahwa lateks alam iradiasi belum tersebar secara luas, karena untuk memproduksi lateks alam iradiasi skala industri dibutuhkan modal investasi cukup tinggi.

Dari hasil studi tekno-ekonomi proses produksi lateks alam iradiasi secara industri yang mesin produksi lateks alam iradiasi didirikan di perkebunan

karet memiliki pabrik lateks pekat menunjukkan bahwa untuk memproduksi lateks alam iradiasi berkapasitas 1.000 ton per tahun dengan menggunakan iradiator lateks sinar gamma dibutuhkan dana investasi sekitar 1.620.000 US \$, sedang bila menggunakan mesin berkas elektron (MBE) sekitar 460.000 US \$. Dengan menggunakan MBE ini ternyata harga per kilogram lateks alam iradiasi yang dihasilkan adalah sekitar 1,4 US \$.

**Tabel 2. Kualitas barang jadi karet dari lateks alam iradiasi dan standar pemakaian menurut SNI dan FDA**

Parameter uji	SARUNG TANGAN				KONDOM				KARET UNTUK TENIMETER		
	LAI	LAVB	SNI	FDA	LAI	LAVB	SNI	FDA	LA I	LA VB	LS VB
• Modulus 500%,MPa.	1,8	2,5	5,0	-	1,8	2,1	-	-	1,4	3,3	2,5
• Tegangan putus, MPa.	27	30	24	-	21	24	20	-	22	36	19
• Perpanjangan putus, %.	900	750	650	-	990	900	750	-	103	900	980
• Daya letup, iter.	-	-	-	-	30	30	20	-	-	-	-
• Nitrosamin, ppb.	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5	2,02	4,0
• Protein terekstrak, µ/g.	<2	40	-	-	-	-	-	-	7	129	114
• Respon terhadap kulit dengan uji SPT	<100	>1000	-	-	51	204	-	-	72	-	-
• Respon terhadap kulit dengan uji ELISA	NEG	POS	-	NEG	NEG	POS	-	NEG	-	-	-
• Gas SO <sub>2</sub> yang timbul setelah dibakar, mg/g.	NEG	POS	-	NEG	-	-	-	-	-	-	-
	<1,0	19,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

LAI=lateks alam iradiasi, LAVB=lateks alam vulkanisasi belerang, LSVB=lateks alam vulkanisasi belerang.

Bila dijual dengan harga yang sama dengan kompon lateks yang divulkanisasi belerang yaitu sebesar 1,7 US \$ per kg, maka akan diperoleh IRR (internal rate return) atau titik impas 25% dan PBP (pay back periode) atau waktu pengembalian modal investasi 2,1 tahun (sekitar 26 bulan).

Di samping itu hasil monitoring beberapa industri karet yang telah uji coba produksi kondom atau tensimeter dari lateks alam iradiasi dalam skala pabrik menginformasikan bahwa biaya produksi menurun sekitar 30-40%.

#### **IV. KESIMPULAN**

Dari uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa teknologi lateks alam iradiasi telah dikuasai oleh Badan Tenaga Nuklir Nasional sejak dua dasawarsa yang lalu. Keunggulan teknologi ini antara lain ialah baik teknologi maupun produk karet yang dihasilkan di samping memenuhi standar pemakaian juga teknik produksinya sederhana dan tidak mencemari lingkungan, juga barang jadi karet yang dihasilkan bebas bahan kimia penyebab karsinogen dan alergi. Kendalanya ialah teknologi ini belum masuk ke industri secara meluas, karena investasi alat untuk memproduksi lateks alam iradiasi berkapasitas 1000 ton pertahun masih mahal yaitu sekitar 460.000 US \$.

# 3

## VULKANISASI RADIASI LATEKS ALAM DENGAN SINAR $\gamma$ co-60

Marga Utama  
Pusat Penelitian Tenaga Atom Pasar Jumat BATAN Jakarta

### ABSTRAK

Tiga cara vulkanisasi radiasi dengan sinar gamma cobalt-60 telah dipelajari. Baik lateks maupun film karet yang dihasilkan dari ketiga cara vulkanisasi radiasi tersebut tidak berbeda. Dosis optimum untuk mendapatkan sifat-sifat fisik film karet dari lateks vulkanisasi adalah 15 Mrad, tetapi bila sebelum diradiasi lateks diberi bahan pemeka  $\text{CCl}_4$  4 p.s.k. (perseratus bagian karet) dosis radiasi cukup 3 Mrad. Baik sifat lateks maupun film karet pada dosis tersebut masih tetap stabil walaupun lateks vulkanisasi radiasi tersebut disimpan selama 5 bulan. Jumlah pengikatan silang antara poliisopren karet alam bertambah dengan naiknya kecepatan dosis radiasi.

Film karet dari lateks vulkanisasi radiasi lebih tahan terhadap pemanasan dari pada film karet dari lateks vulkanisasi belerang, dan dengan penambahan 0.9 p.s.k. hidrokinon pada lateks vulkanisasi radiasi didapat sifat film karet yang lebih tahan terhadap pemanasan.

### ABSTRACT

Three methods of radiation vulcanization on natural rubber latex have been studied. The different in properties of latex and film from irradiated latex produced by these methods was not significant. Radiation dose of 15 Mrad to natural rubber latex without sensitized and 3 Mrad to natural rubber latex with 4 p.h.r. (part per hundred ratio) of  $\text{CCl}_4$  could produce films with optimal physical properties. The properties of the latex and of the film from irradiated latex were stable until 5 months of storage. Increasing the doses rate of irradiation increased the cross-linking among poly isoprene molecules natural rubber. Films from the irradiated latex were more heat resistant then films from sulfur vulcanization. By adding 0.9 p.h.r. of hidroquinone to the irradiated latex a more heat resistant film was obtained.

## I. PENDAHULUAN

Penggunaan sinar katoda yang berenergi tinggi dalam bidang vulkanisasi radiasi karet alam telah ditemukan oleh Newton pada tahun 1933. ia telah memvulkanisasi karet alam dalam bentuk krep. Kemudian Davidson dan Geip (1948) meneruskan pekerjaan tersebut pada karet alam dan sintetis. Dunlop Rubber Co. Ltd (1960) telah mendapatkan patent untuk vulkanisasi lateks alam dengan sinar gamma Co-60 yang memberikan hasil bahwa pada dosis 25 Mrad diperoleh sifat karet alam yang maksimum. A.Lam dan G.Lam (1960) mempelajari peranan 'carbon black' sebagai bahan penguat pada proses vulkanisasi radiasi. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pada dosis radiasi 13 Mrad diperoleh sifat-sifat fisik film karet yang maksimum.

Minora dan Asao (1961) telah menemukan senyawa alkana seperti misalnya karbon tetraklorida, kloroform dan diklor etana sebagai bahan pemeka pada proses vulkanisasi radiasi lateks alam. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pada dosis radiasi 2-3 Mrad diperoleh sifat-sifat film karet yang maksimum. Sejak penemuan bahan pemeka tersebut masalah vulkanisasi radiasi karet alam berkembang dengan pesat, karena sudah nampak segi ekonomisnya, bahkan di Amerika Serikat (Fire Stone Tyre and Rubber Co) dan di Perancis (Centre d'Application et de Promotion des Rayonnements Ionisants, Saclay) telah direncanakan skala pilot dalam bidang vulkanisasi radiasi lateks alam (K. Krisnamurthy, 1977).

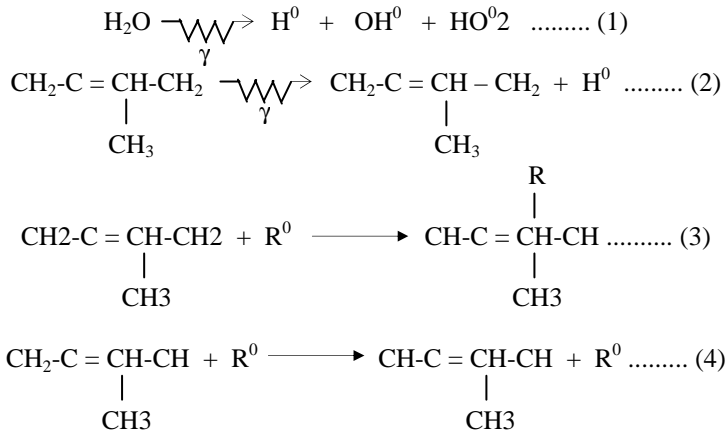
Dalam kertas kerja ini dibahas cara vulkanisasi radiasi lateks alam dengan sinar gamma Co-60, yang bertujuan menyediakan lateks alam vulkanisasi radiasi yang memiliki sifat-sifat fisik/mekanik yang setara dengan film karet yang divulkanisasi belerang. Pengamatan meliputi: metoda proses vulkanisasi radiasi, dengan variasi dosis dan kecepatan dosis radiasi, disamping itu sifat-sifat lateks dan film karet akibat penyimpanan lateks dan pemanasan film karetnya juga diamati.

## II. EFEK RADIASI TERHADAP LATEKS ALAM

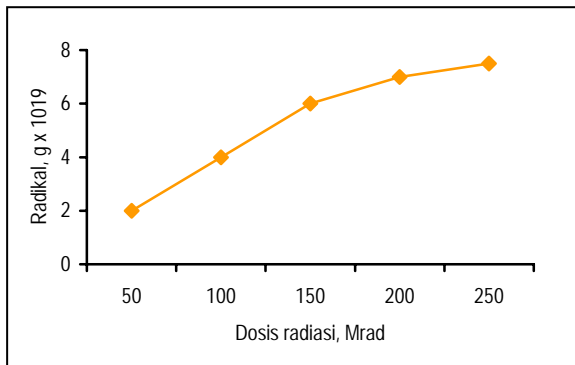
Lateks yang diperoleh dari pohon karet dalam perdagangan disebut lateks kebun yang mengandung 24-40% kadar karet kering. Lateks ini mengandung bahan bukan karet  $\pm 3\%$ , bahan ini menyebabkan karet kurang baik pada produksi barang karet karena barang tersebut mudah ditumbuhi jamur dan mudah menyerap air. Pada lateks pekat tidak demikian halnya, karena pada waktu pemekatan lateks dengan cara pemusingan bahan-bahan bukan karet tersebut terpisahkan (E.G. Cocbain, 1960). Lateks pekat yang bermutu baik harus memenuhi beberapa sarat yaitu: Kadar Karet Kering (KKK)  $\pm 60\%$ . Total solid (T.S)  $\pm 62\%$ , kadar amonia minimum 1,6% bilangan KOH maksimum kekentalan maksimum 50 cp (Kusnata, 1975). Radiasi pada lateks pekat akan menimbulkan terjadinya peristiwa terbentuknya radikal bebas, pengikatan silang antara rantai



poliisopren dan apabila dosis radiasi terlalu tinggi terjadi peristiwa degradasi dan timbulnya gas H<sub>2</sub>. Oleh karena lateks alam yang diradiasi itu sebagian besar molekul poli isopren dan air, sedang sebagian kecil molekul bukan karet, maka makroradikal yang terjadi ialah seperti reaksi 1 sampai dengan 4.

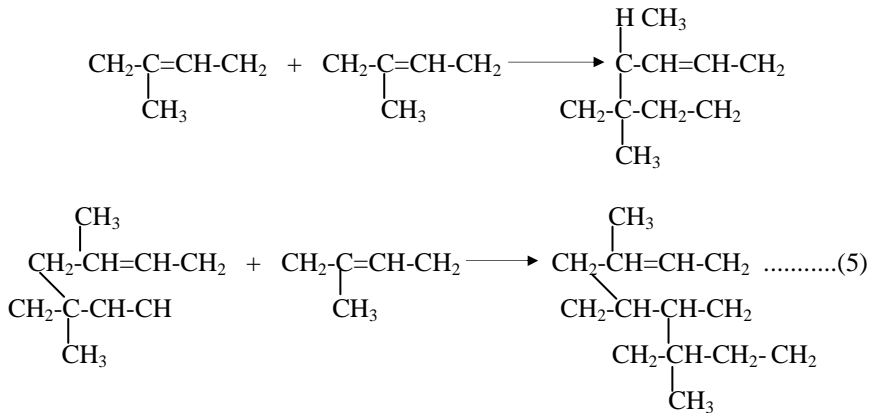


Dimana R<sup>0</sup> merupakan radikal-radikal dari H<sup>0</sup>, OH<sup>0</sup> dan HO<sub>2</sub><sup>0</sup>. G.H. Bohn (1973) melaporkan bahwa jumlah makro radikal karet alam naik dengan naiknya dosis radiasi (Gambar 1), dan bila makro radikal bertemu dengan makro radikal yang lain akan terjadi pengikatan silang.

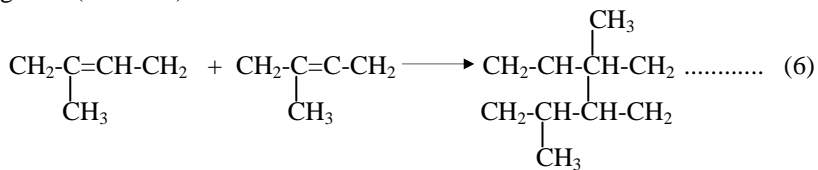


**Gambar 1.** Radikal Bebas Karet Alam Sebagai Fungsi dari Dosis Radiasi, T=77<sup>0</sup>K (G.H.Bohn, 1973).

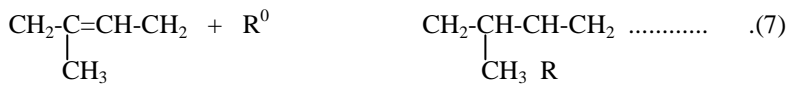
Reaksi pengikatan silang dapat berupa reaksi adisi propagasi dan disproporsinasi atau adisi terminasi. Pada reaksi adisi propagasi dihasilkan ikatan silang yang selalu tumbuh, sehingga merupakan reaksi berantai (Reaksi 5).



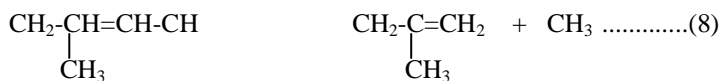
Pada reaksi disproporsinasi terminasi menghasilkan rantai poliisopren yang mati (Reaksi 6).

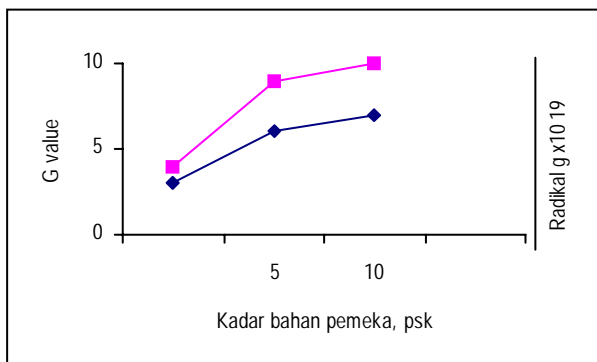


Disamping itu reaksi terminasi antara makro radikal poliisopren dengan R<sup>0</sup> akan terjadi pula (Reaksi 7).



Akibat adanya reaksi-reaksi pengikatan silang tersebut maka lateks yang telah diradiasi merupakan lateks vulkanisasi. Jumlah pengikatan silang poliisopren dapat diperbanyak bila sebelum radiasi lateks tersebut diberi bahan pemeka yang mempunyai nilai G yang jauh lebih tinggi daripada nilai G poliisoprene karet, karena dengan penambahan bahan pemeka tersebut terjadi peristiwa pemindahan energi yaitu dari bahan pemeka ke poliisopren (Gambar 2). Jenis bahan pemeka untuk lateks dan karet alam seperti pada Tabel 1. Naiknya dosis radiasi yang terlalu tinggi akan mengakibatkan terjadinya peristiwa degradasi yaitu pecahnya rantai poliisopren menjadi radikal propena 1 dan metana (Reaksi 8), disamping itu timbul gas H<sub>2</sub>.





**Gambar 2.** Nilai G Value dalam Karet Alam Sebagai Fungsi dari Kadar Bahan Pemeka. (Sundardi, 1976)

**Tabel 1.**  $G_{value}$  Bahan Pemeka Pada Lateks Dan Karet Alam.

Jenis Bahan Pemeka	$G_{value}$	Untuk	Daftar Pustaka
- karbon tetra klorida	70	Lateks alam	J.R. Puig (1970)
- kloroform	59.5	Lateks alam	J.R. Puig (1970)
- 1,2 diclorethana	41.0	Lateks alam	J.R. Puig (1970)
- m-phenylene dimaleimide	46.0	Karet alam	S.M. Muller cs (1963)
- o- phenylene dimaleimide	22.0	Karet alam	S.M. Muller cs (1963)
- p- phenylene dimaleimide	5.7	Karet alam	S.M. Muller cs (1963)
- hexamethylene dimaleimide	17.0	Karet alam	S.M. Muller cs (1963)
- ethylene dimaleimide	13.5	Karet alam	S.M. Muller cs (1963)
- N-ethyl maleimide	14.0	Karet alam	S.M. Muller cs (1963)
- N- phenyl maleimide	70.0	Karet alam	S.M. Muller cs (1963)

### III. TATA KERJA

Dalam penelitian ini percobaan dilakukan di tiga tempat yaitu: untuk pembuatan lateks vulkanisasi di CAPRI-CEA-PERANCIS dan di PPTA pasar Jumat BATAN. Pembuatan lateks vulkanisir belerang di CAPRI-CEA-PERANCIS, sedang pengujian sifat-sifat lateks dan film karetinya dilakukan di CAPRI, PPTA pasar Jumat dan di BPP Bogor, dari Juni 1970 sampai dengan Maret 1978.

Bahan : Lateks pekat, karbon tetraklorida.

Alat :

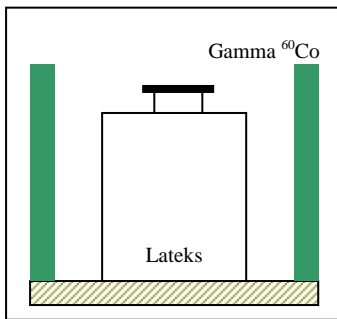
- Irradiator gamma Cell co-60 dengan kapasitas 10.000 Curie(1968), milik BATAN.
- Irradiator Panoramic dengan kapasitas 20.000 curie (1976) milik CEA Perancis.
- Peralatan untuk menentukan sifat-sifat lateks dan filmnya.

Metode :

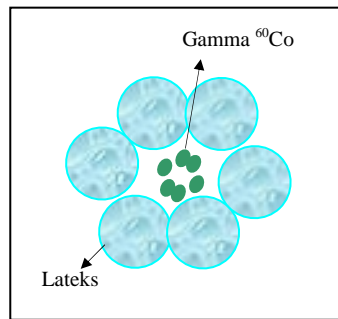
1. Pembuatan lateks vulkanisasi radiasi.

3 gram detergen ditambah 27 gram air dalam erlenmeyer bertutup asah, diaduk dengan pengaduk magnet, ditambah dengan 24 gram  $\text{CCl}_4$  diaduk terus sampai rata. Setelah emulsi cukup rata pengadukan diturunkan, ditambah lateks pekat perlahan-lahan. Diradiasi dengan 3 cara yaitu :

- a. Sumber radiasi mengelilingi latek (Gambar 3)
- b. Lateks berputar pada porosnya pada jarak tertentu dari sumber radiasi (Gambar 4).
- c. Sumber radiasi diam sedang lateks bergerak mengelilinginya (Gambar 5).



**Gambar 3.** Sumber Radiasi Mengapit Lateks.



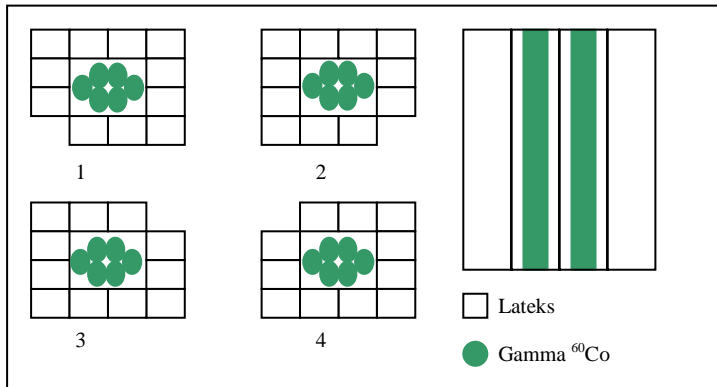
**Gambar 4.** Lateks Berputar pada Porosnya.

2. Pembuatan lateks vulkanisasi belerang .

167 gram lateks pekat dicampur dengan dispersi dari 0,5 gram PBN, 150 gram lithophon, 10 gram asam stearat dan 2,5 gram sulfur dalam piala gelas, diaduk dengan pengaduk magnet, dipanaskan pada temperatur tertentu yaitu  $100^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam.

3. Pengujian sifat-sifat fisik lateks dan film karet.

Baik pengujian sifat-sifat lateks seperti misalnya kadar karet kering, Total solid, kestabilan mekanik dan kekentalan maupun sifat-sifat fisik/mekanik film karet seperti misalnya perpanjangan putus, tegangan putus, modulus dan permanen set disesuaikan menurut metode ASTM (1967), sedang jumlah pengikatan silang disesuaikan menurut metode MINORA dan ASAO (1961).



**Gambar 5.** Lateks Bergerak Mengelilingi Sumber Radiasi Sinar Gamma Co-60.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### a. Metode irradiasi dengan sinar gamma Co-60

Tiga cara irradiasi lateks dengan sinar gamma Co-60 telah dikerjakan (Gambar 3,4,5), sifat-sifat lateks dan film karetinya terlihat pada Tabel 2. dalam tabel ini terlihat bahwa sifat-sifat lateks yang meliputi Total Solid, kadar karet kering, kadar amonia, kadar KOH, kesetabilan mekanik dan kekentalan maupun sifat-sifat fisik/mekanik film karetinya yang meliputi panjang putus, tegangan putus, modulus 600%, permanen set dan jumlah pengikatan silang tidak berbeda nyata, walaupun lateks diradiasi dengan cara yang berbeda. Hal ini disebabkan baik dosis radiasi maupun kecepatan dosis yang diserapnya sama.

### b. Variasi kecepatan dosis

Untuk mendapat kecepatan dosis yang berbeda dalam penelitian ini dipakai cara yang kedua seperti Gambar 4. Hubungan antara kecepatan dosis yang diserapnya terlihat seperti Gambar 6. Hasilnya yang diperoleh seperti Gambar 7, yaitu hubungan antara jumlah pengikatan silang dengan dosis radiasi yang diserapnya. Dalam Gambar 7 terlihat bahwa naiknya kecepatan dosis radiasi yadiasi menyebabkan jumlah pengikatan silangnya bertambah, hal ini disebabkan karena kelincahan makroradikal poliisopren untuk mengadakan reaksi adisi propagasi (reaksi 5) lebih cepat dari pada kecepatan dosis radiasi tinggi dari pada kecepatan dosis radiasi rendah.

**Tabel 2. Sifat Lateks Vulkanisasi Radiasi Dan Film Karetinya Dengan Tiga Cara Dari Metoda “BATH”.**

Sifat-sifat	Cara I	Cara II	Cara III
A. Lateks			
1. Kadar padatan jumlah, %	58.0	58.2	58.3
2. kadar karet kering, %	56.0	56.0	56.2
3. kadar amonia, %	0.8	0.8	0.8
4. kadar KOH, gr/100 gr karet	0.60	0.60	0.59
5. kestabilan mekanik, detik	880	890	890
6. kekentalan, Cp.	30	30	29
B. Film Karet			
1. Perpanjangan putus, %	900	900	900
2. Modulus 600%, Kg/cm <sup>2</sup>	5.4	5.6	5.4
3. Tegangan putus, kg/cm <sup>2</sup>	185	188	188

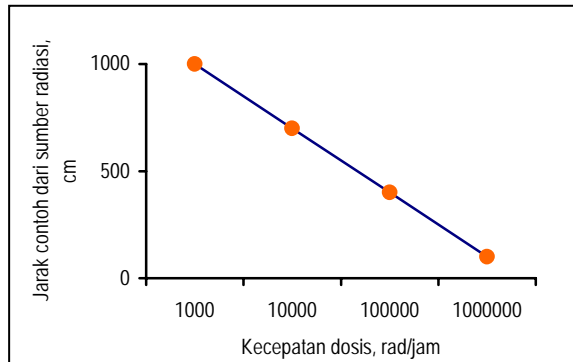
*Keterangan:*

Dosis radiasi = 2 Mrad. Lateks yang diradiasi = Lateks +4 psk CCl<sub>4</sub>.

Cara I, sumber radiasi sinar gamma terletak diantara lateks.

Cara II, sumber radiasi diam sedang lateks bergerak mengelilinginya.

Cara III, sumber radiasi diam sedang lateks berpusing pada porosnya.

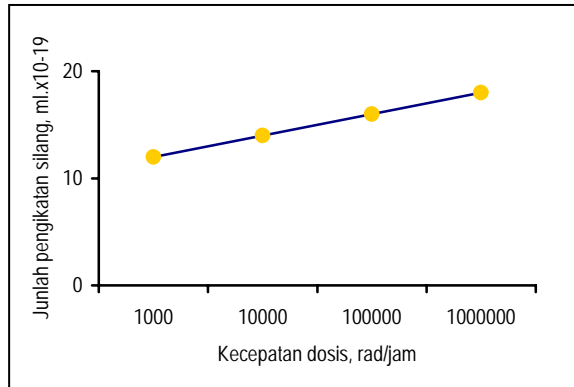


**Gambar 6.** Hubungan antara Jarak Contoh dari Sumber Radiasi dengan Kecepatan Dosis Radiasi.

*c. Variasi dosis radiasi*

Untuk lateks paket tanpa bahan pemeka dipakai dosis radiasi dari 5 sampai dengan 50 Mrad. Sedang untuk lateks pekat dengan bahan pemeka CCl<sub>4</sub> 4 psk digunakan dosis radiasi 1 sampai dengan 6 Mrad. Hasil yang diperoleh seperti terlihat pada Tabel 3. Pada tabel ini terlihat bahwa kadar karet kering, total solid, kadar amonia tidak jauh berbeda walaupun dosis radiasinya dinaikan, tetapi kadar KOH naik denagn naiknya dosis radiasi, karena timbulnya asam-asam amonia akibat radiasi protein dalam lateks. Jumlah pengikat silang bertambah dengan naiknya dosis radiasi sehingga berat molekulnya bertambah, akibatnya

kekentalan lateks bertambah. Baik modulus maupun tegangan putusnya akan naik bila dosis radiasi dinaikan, tetapi perpanjangan putusnya menurun. Untuk mendapatkan sifat-sifat film karet yang maksimum biasanya tegangan putusnya maksimum.

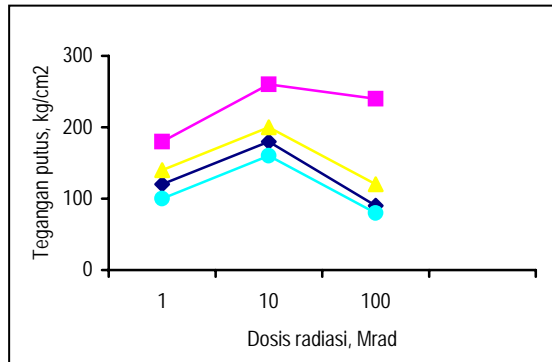


**Gambar 7.** Jumlah Pengikatan Silang sebagai Fungsi dari Kecepatan Dosis.

**Tabel 3. Sifat-Sifat Lateks Vulkanisasi Radiasi Dan Film Karetnya Akibat Beberapa Macam Dosis Radiasi.**

Sifat-sifat	Dosis Radiasi pada Lateks + 4 psk CCl <sub>4</sub> , Mrad					Dosis Radiasi pada Lateks Pekat, Mrad				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
<i>Lateks</i>										
1. Kadar padatan jumlah, %	58.0	58.0	58.2	58.0	58.5	61.0	61.3	61.0	61.2	61.0
2. Kadar karet kering, %	56.7	56.8	56.8	56.8	56.9	60.0	60.1	60.0	60.0	60.0
3. Kadar amonia, %	0.8	0.8	0.7	0.8	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7
4. Kadar KOH, gr/100 gr karet	0.58	0.60	0.60	0.60	0.61	0.58	0.59	0.60	0.60	0.60
5. Kestabilan mekanik, detik	900	880	880	870	880	600	580	590	580	570
6. Kekentalan, Cp.	29	30	31	32	33	40	39	41	43	46
<i>Film Karet</i>										
1. Perpanjangan putus, %	900	900	900	880	860	1000	1000	980	900	900
2. Modulus 600%, Kg/cm <sup>2</sup>	4.8	5.4	6.8	8.0	7.8	2.0	3.0	3.6	4.0	4.9
3. Tegangan putus, kg/cm <sup>2</sup>	150	185	198	180	100	80	170	185	120	80

Pada Gambar 8 terlihat bahwa dosis radiasi optimum untuk lateks dengan bahan pemeka CCL<sub>4</sub> psk ialah 3 Mrad, sedang untuk lateks tanpa bahan pemeka 15 Mrad, pada dosis-dosis tersebut tegangan putusnya maksimum. Hal ini disebabkan karena adanya kompetisi antara peristiwa degradasi dan pengikatan silang, akibat degradasi tegangan putusnya turun, sedang akibat pengikatan silang tegangan putusnya naik.



**Gambar 8.** Tegangan Putus Film Karet Lateks Vulkanisasi Radiasi Sebagai Fungsi dari Dosis Radiasi.

Keterangan:

- Lateks dengan zat pemeka CCl<sub>4</sub> 4 psk.
- Lateks dengan zat pemeka CCl<sub>4</sub> 4 psk dan hidrokwino 0.9 psk.
- Lateks tanpa zat pemeka.
- Lateks tanpa zat pemeka ditambah hidrokwino 0.9 psk.

*d. Sifat lateks vulkanisasi radiasi dan lateks pekat*

Sifat awet baik lateks pekat maupun lateks vulkanisasi radiasi ditentukan oleh besar kecilnya kadar padatan total, kadar karet kering, kadar amonia, kadar KOH, angka kesetabilan mekanik dan kekentalan lateks tersebut. Pada Tabel 4 terlihat hubungan antara umur dan sifat-sifat lateks, lateks vulkanisasi radiasi baik yang memakai bahan pemeka CCl<sub>4</sub> 4 psk maupun yang tanpa bahan pemeka, sampai minggu ke 20 sifat-sifat lateks masih stabil, tetapi setelah minggu ke 20 baik angka KOH maupun kekentalan naik dengan cepat. Tetapi kesetabilan mekanik lateks vulkanisasi radiasi masih konstan sampai minggu ke 52. Pada penyimpanan auto oksidasi pada lateks terjadi, sehingga degradasi pada protein dalam lateks yang menghasilkan asam-asam amino lebih banyak dan angka KOH naik.

**Tabel 4.** Hubungan antara Sifat-sifat Lateks dengan Umur Lateks Pekat dan Lateks Vulkanisasi Radiasi.

Sifat-sifat Lateks		Umur Lateks, Minggu								Ket.
		0	4	8	12	20	28	42	52	
1. Kadar padatan jumlah, %	A	62.0	62.5	62.8	62.9	62.8	62.7	62.4	62.8	- A: Lateks pekat. - B: Lateks vulkanisasi dengan 4 psk CCl <sub>4</sub> , dosis radiasi 3 Mrad.
	B	58.4	58.0	58.7	58.6	58.4	58.0	58.6	58.0	
2. Kadar karet kering, %	A	60.2	60.5	60.7	60.5	60.8	60.3	59.8	59.9	
	B	56.1	55.3	56.4	57.6	56.5	56.4	56.7	56.9	
3. Kadar amonia, %	A	0.92	0.91	0.95	0.90	0.92	0.90	0.90	0.90	
	B	0.89	0.80	0.87	0.89	0.87	0.89	0.89	0.86	
4. Bil. KOH, gr/100 gr KPJ	A	0.56	0.58	0.61	0.61	0.62	0.68	0.69	0.69	
	B	0.59	0.61	0.65	0.66	0.67	0.69	0.70	0.72	
5. Kestabilan mekanik, detik	A	600	650	600	560	540	530	400	390	
	B	880	890	890	890	890	880	880	880	
6. Kekentalan, Cp.	A	40	42	44	44	46	48	48	48	
	B	30	31	31	31	31	34	34	34	

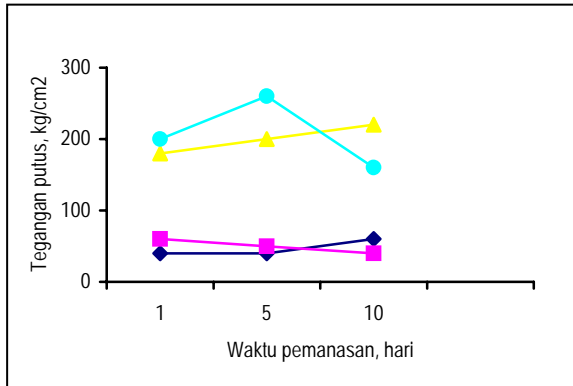


*e. Sifat-sifat film karet lateks vulkanisasi radisasi dan lateks vulkanisasi beleran*

Proses radiasi merupakan proses yang terpenting pada industri karet, karena tanpa vulkanisasi karet tersebut menjadi lekat, tidak tahan panas, mudah dioksidasi udaran dan larut dalam benzena. Disamping itu modulus dan tegangan putusnya rendah karena adanya ikatan silang antara masing-masing molekul poliisopren. Untuk mengatasi kelemahan tersebut dilakukan vulkanisasi, yaitu vulkanisasi radiasi dan vulkanisasi belerang. Pada Tabel 5 terlihat perbandingan antara sifat-sifat fisik dan mekanik film karet vulkanisasi radiasi dan vulkanisasi belerang. Tegangan putus, permanen set dari kedua film karet tersebut sudah memenuhi syarat untuk barang-barang karet seperti sarung tangan, modulus 600% dan perpanjangan putus film karet dari lateks dari lateks vulkanisasi radiasi lebih rendah daripada lateks vulkanisasi belerang karena adanya penambahan bahan pengisi lithofon pada vulkanisasi belerang tetapi karena modulus yang lebih rendah menyebabkan sarung tangan dari lateks vulkanisasi radiasi lebih enak dipakai. Memang kedua sifat-sifat fisik film karet tersebut hampir sama, tetapi energi panas yang dipakainya berbeda, hal ini dapat dilihat pada Tabel 6, energi panas pada vulkanisasi belerang hampir 9 kali energi panas pada vulkanisasi radiasi lebih ekonomis daripada proses vulkanisasi belerang. Bila kedua film tersebut dipanaskan dalam tungku pada suhu 70<sup>0</sup>C, maka baik modulus maupun tegangan putus film karet dari lateks vulkanisasi radiasi lebih tahan pemanasan daripada film karet dari lateks vulkanisasi belerang (Gambar 9). Hal ini disebabkan karena untuk memutuskan ikatan silang antara C-C pada vulkanisasi radiasi diperlukan energi 58.8 kg Cal/mol, sedang antara C-S-C pada vulkanisasi belerang 27,5 kg Cal/mol. Dengan penambahan hidrokwonin sebanyak 0.9 psk pada lateks vulkanisasi radiasi didapat film karet yang lebih tahan terhadap pemanasan dan penyimpanan (Gambar 8,10,11) karena hidrokwonin dapat bertindak sebagai bahan pengikatan silang tambahan menurut reaksi 9. jadi dapat dikatakan, bahwa lateks vulkanisasi radiasi mempunyai sifat-sifat lateks seperti lateks pekat dan sifat film karetnya seperti film karet dari lateks vulkanisasi belerang.

**Tabel 5. Sifat-sifat fisik film karetlateks yang di vulkanisasi radiasi dengan dosis 3 Mrad (A) dan divulkanisasi belerang (B).**

<b>Sifat-sifat fisik film karet</b>	<b>A</b>	<b>B</b>
Perpanjangan putus,	700	900
Modulus 600%, %	300	6.8
Tegangan putus, kg/cm <sup>2</sup>	208	198
Permanent set, %	6.0	5.5



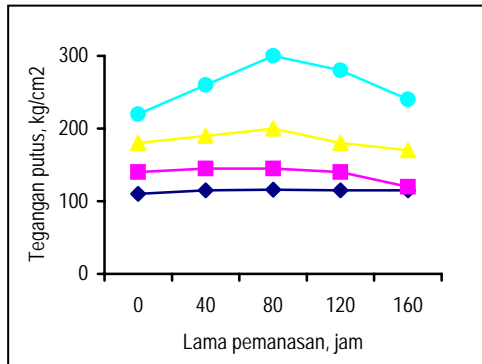
**Gambar 9.** Tegangan Putus dan Modulus Film Karet sebagai Fungsi dari Lama Pemanasan 70°C.

*Keterangan:*

- Tegangan putus film karet vulkanisasi radiasi.
- Tegangan putus film karet vulkanisasi belerang.
- ▲ Modulus 600% film karet vulkanisasi radiasi.
- Modulus 600% film karet vulkanisasi belerang.

**Tabel 6.** Energi yang dipakai pada proses vulkanisasi radiasi (A) dan proses vulkanisasi belerang (B).

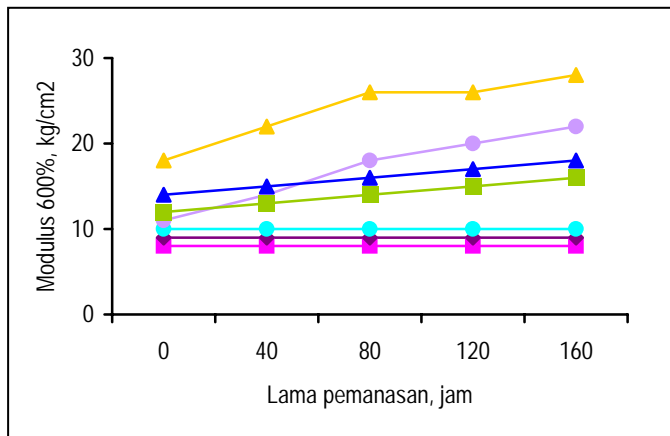
A	B
Temperatur kamar = 30° C	Dosis = 3 Mrad
Temperatur jenis pemanas = 100° C	1 Mrad = 10 <sup>6</sup> rad
Panas Jenis = 1	1 Mrad = 100 erg/gr
Energi = 1 x (Δt)	1 Mrad = 10 <sup>8</sup> erg/gr
= 70	3 Mrad = 3.10 <sup>8</sup> erg/gr
= 1 x 4.02 x 10 <sup>7</sup> erg/gr	
= 281.4 x 10 <sup>7</sup> erg/gr	
= 28.14 x 10 <sup>8</sup> erg/gr	



**Gambar 10.** Tegangan Putus sebagai Fungsi dari Lama Pemanasan.

*Keterangan:*

- Lateks dengan zat pemeka  $\text{CCl}_4$  4 psk.
- Lateks dengan zat pemeka  $\text{CCl}_4$  4 psk dan hidrokwinoon 0.9 psk.
- Lateks tanpa zat pemeka.
- Lateks tanpa zat pemeka ditambah hidrokwinoon 0.9 psk.
- Dosis radiasi 1.27 Mrad.
- Dosis radiasi 10 Mrad.



**Gambar 11.** Modulus 600% dan Perpanjangan Putus sebagai Fungsi lama Pemanasan Film Karet dari Lateks vulkanisasi Radiasi.

*Keterangan:*

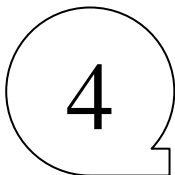
- Lateks dengan zat pemeka  $\text{CCl}_4$  psk dengan dosis 1.27 Mrad.
- Lateks dengan zat pemeka  $\text{CCl}_4$  psk dan hidrokwinoon 0.9 psk.
- Lateks tanpa zat pemeka dengan dosis 10 Mrad.
- Lateks tanpa zat pemeka dengan dosis 10 Mrad ditambah hidrokwinoon 0,9 psk.

## V. KESIMPULAN

1. Tiga cara vulkanisasi radiasi dengan sinar gamma Co-60 (yaitu lateks berada diantara sumber radiasi, lateks bergerak mengelilingi sumber radiasi dan lateks berputar pada porosnya pada jarak tertentu dari sumber radiasi) menghasilkan lateks vulkanisasi yang mempunyai sifat-sifat lateks dan film karetinya tidak berbeda.
2. Dosis optimum untuk mendapatkan sifat-sifat film karet yang maksimum adalah 15 Mrad, tetapi bila sebelum diradiasi lateks diberi bahan pemeka  $\text{CCl}_4$  4 psk dosis radiasi cukup 3 Mrad.
3. Pemakaian energi panas pada proses vulkanisasi radiasi  $\pm 9$  kali lebih kecil daripada pemakaian energi panas pada proses vulkanisasi belerang.
4. film karet dari lateks vulkanisasi radiasi lebih tahan terhadap pemanasan daripada film karet dari lateks vulkanisasi belerang. Dengan penambahan 0.9 psk hidrokwinon pada lateks vulkanisasi radiasi didapat film karet yang lebih kuat, elastis dan lebih tahan terhadap pemanasan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. ASTM Standar part 28 (1967), 1610, 200-211, 534-548.
2. G.G. Bohn (1973), *The Radiation Chemistry of Macromolecular*, Academic Press, London, 2, 233-240.
3. E.G. Cocbain (1960), *Natural and Synthetic latices*, Edward Arnold Ltd. London, 1-31.
4. W.L. Davidson dan Geib J.G. (1948), *J.Appl. Phys.*, 19, 427.
5. K. Krisnamurthy, (1977), *The Application of Large Radiation Sources in Chemical Processing Industry*, Bhaba Atomic Research Centre, Tromby, Bombay, 1-20.
6. Kusnata, (1975), *Pembuatan Barang-barang Karet dari Lateks*, Balai Penelitian Perkebunan Bogor, 1-14.
7. A. Lamm dan G. Lamm (1961), *Kaut. U. Gummi*, 14, 11, 334
8. S.M. Miller, M.w. Spindler dan R.L. Vale, *Industrial Uses of Large Radiation Source*, IAEA, Viena, 1963, 329-344.
9. Y. Minaura dan M. Asao, (1961), *J. Appl. Poly. Sci.* 5.233.
10. Newton, U.S. Patent 902, 402, May 2, (1933).
11. J.R. Puig, *Radiation Curing of Natural Rubber Latex*, CAPRI, CEN, CEA, Saclay, 1970, 373-397.
12. D.W. Pounder, *British Patent 853926*, November (1960).
13. F. Sundardi, Sumarno K, Marga Utama, (1976), *Radiasi Gamma Co-60 pada Lateks Karet Alam Majalah BATAN*, 9, 4, 16.



# CHARACTERIZATION OF IRRADIATED NATURAL RUBBER LATEX FROM PILOT SCALE EXPERIMENT

Marga Utama  
Center for the Application of Isotopes and Radiation  
Jl.Cinere Ps. Jumat P.O. Box 7002/JKSKAL, Jakarta 12070.

## ABSTRACT

Characterization Of Irradiated Natural Rubber Latex From Pilot Scale Experiment. The vulcanization of natural rubber latex in pilot scale experiment was carried out since 1984. The variation of irradiation dose i.e. 10, 20, 30, 40, and 50 kGy, and the variation of standing time of  $\text{CCl}_4$  4 phr (part hundred ratio of rubber) i.e. 5, 10, and 15 hours has been studied. Some interesting properties of irradiated natural rubber latex such as properties of latex (mechanical stability time (MST), viscosity, volatile fatty acid (VFA), diameter of rubber particle), gel fraction in benzene, infra red spectrum, and its film mechanical properties (modulus, tensile strength, permanent set, and elongation at break) were evaluated. The results showed that by increasing of irradiation dose the viscosity and modulus increased, the permanent set and gel fraction decreases, while the VFA, average diameter, and infra red spectrum was not significant difference. The maximum tensile strength was found at the irradiation doses of 30-40 kGy with the standing time of 5 hours, and the irradiated latex can be storage in 6 month.

## I. INTRODUCTON

Study on the radiation vulcanization of natural rubber latex (NRL) by gamma irradiation of  $^{60}\text{Co}$  has been carried out since 1972 by a number of Indonesian researchers<sup>(1-9)</sup>. They reported that the rate of crosslinking in NRL can be speed up by the addition of  $\text{CCl}_4$ . The better properties was obtained using high ammonia latex with the  $\text{CCl}_4$  4 phr as sensitizer, and irradiation doses was 35 kGy. Under these condition the tensile strength was  $280 \text{ kg/cm}^2$ , elongation at break 1000%, permanent set 7%, modulus 500% was  $16 \text{ kg/cm}^2$ , and the tear strength was  $26 \text{ kg/cm}^2$ <sup>(10)</sup>.

A pilot scale designed for studying the economic aspect on INRL has been constructed in Center for the Application of Isotopes and Radiation, National Atomic Energy Agency, Jakarta at the end of 1983. The designed capacity of the pilot plant about 1000 ton/y of INRL, using 225 kCi of  $^{60}\text{Co}$  <sup>(1)</sup>.

This paper presents a characterization of INRL from pilot scale experiment. The hypotheses of this paper is to make clear (to prove) that the properties of INRL film which was produced in pilot scale was a pre-vulcanized natural latex.

## II. EXPERIMENTAL

**Material.** NRL concentration obtained from Pasir Waringin rubber plantation, PTP XI, West Java Indonesia, with the typical was shown on Table 1. Carbon tetrachloride was used as sensitizer.

**Table 1. The typical properties of NRL**

Properties	Dry rubber content (DRC), %.	Total solid content (TSC), %.	Volatile fatty acid number (VFA)	Mecanical stablity time (MST),sec.	Viscosity cP.	Amonia content (NH3), % of latex	pH
Value	60.0	61.43	0.02	650	60	0.7	10.5

**Apparatus :** A latex irradiator with the  $\gamma$   $^{60}\text{Co}$  as energy source with 225 kCi, the capacity production INRL is 1000 ton/y. Instron Tester type 1122, Klaxon Stirrer Birmingham London, Visconic Viscometer Tokyo Keiki Co Ltd., Nano Sizer Coulter Electronic limited, Infra Red Spectrophotometer Shimadzu IR-435, Scanning Electron Microscope JEOL, and the apparatus for measurement of VFA.

**Method.** There were two method has been carried out : First preparation of INRL in pilot scale, and second to measure the characters properties of INRL and its film.

**Preparation of INRL in pilot scale.** The flow diagram production of INRL is shown on Figure 1. One thousand and five hundred kilograms of NRL from drum (A) was pumped in mixing tank, then it added with 4 phr of  $\text{CCl}_4$  emulsion from the emulsion tank (B). The. After standing time of  $\text{CCl}_4$  in NRL before irradiation (5, 10, and 15 hours), the mixture was ten pumped into the reaction vessel (C), and it was irradiated at 0, 10, 20, 30, 40, and 50 kGy. After irradiation the irradiated natural rubber latex was transfer into the drum (D) by gravity flow.

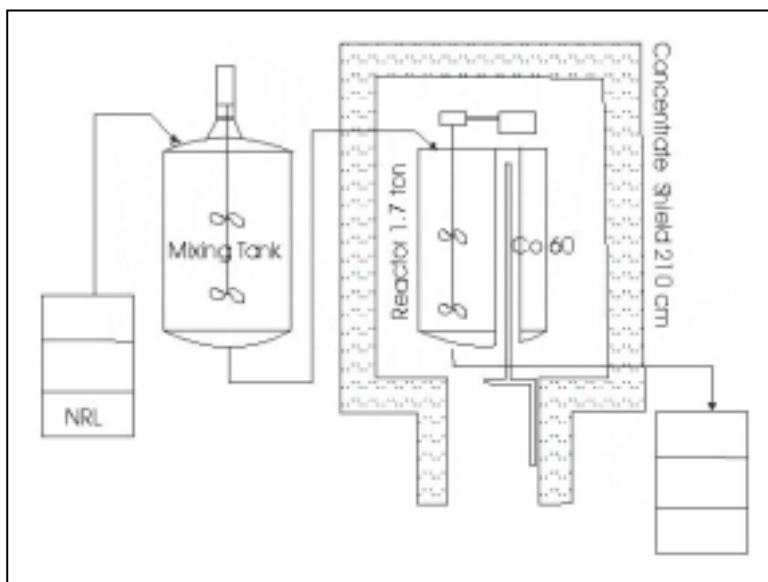


Figure 1. Radiation vulcanization of NRL flow diagram.

**Measurement the interesting characteristic of INRL and its film .**

The properties of INRL : DRC, TSC, MST, VFA number, viscosity, were measured according to ASTM D 107-70 <sup>(12)</sup>, the properties of INR film : Modulus, tensile strength, permanent set, were measure according to ASTM D 412 <sup>(13)</sup>.

**The measure of particle size.** One ml of INRL was diluted in 1 ml water, then added with osmium tetroxide (OsO<sub>4</sub>), stand over night (17 hours). By using the Nanosizer apparatus it can be measure the average particle size of irradiated natural rubber particle. By using the SEM, it be can measure the distribution of irradiated natural rubber particle.

**The infra red spectrum of INRL film.** One ml of INRL was soak on the plate glass and stand over night. After drying, the thin film (0,02 mm thickness) was measured the spectrum of IR by using the IR Spectrophotometer.

**Gel fraction.** Several grams of dried rubber from irradiated natural latex was extracted with benzene in 48 hours. The gel fraction (GF) can be calculated is as follows:

$$\%GF = (W_o - W) / W_o \times 100$$

where : W<sub>o</sub> = weight before extraction, and W = weigh after extraction.

### III. RESULT AND DISCUSSION.

#### Properties of INRL and its film with variation of irradiation dose.

The effect of irradiation dose on the properties of INRL and its film are shown on Figure 2 and 3. Figure 2 shows the effect of irradiation doses on the mechanical properties of INRL film. It indicates by increasing of irradiation dose the modulus, and increases, but the permanent set and gel fraction decrease, while the elongation is quite the same. The maximum tensile strength is obtained at the irradiation doses of 30-40 kGy. It means that the vulcanization dose of irradiation vulcanization is around 30-40 kGy. The increase of irradiation dose more than 40 kGy can decrease the tensile strength.

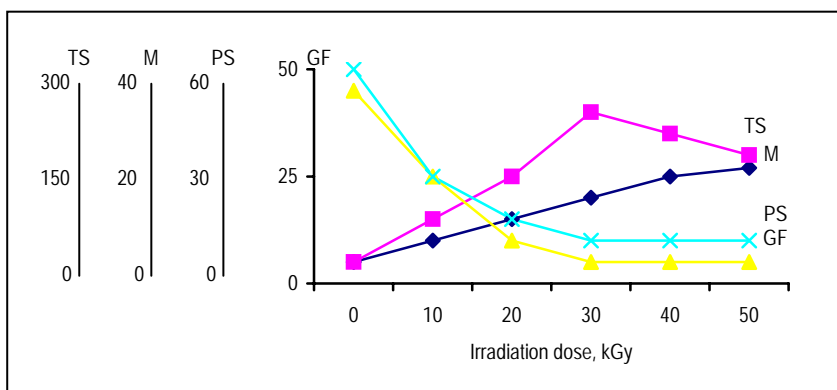


Figure 2. The effect of irradiation dose on the properties of INRL film (TS=Tensile strength, M=Modulus 600%, PS=permanent set, GF=gel fraction)

Figure 3 shows that by increasing of irradiation dose, the viscosity of INRL increased,  $\text{NH}_4\text{OH}$  decreases, while DRC and VFA number are quite the same. The decreasing of  $\text{NH}_4\text{OH}$  is caused by the effect of agitation during irradiation, while the increasing of MST is the adding effect of emulsion agent from  $\text{CCl}_4$  emulsion. The increasing of viscosity may be due to the degradation of non rubber content (lipid, carbohydrate, and protein) by irradiation, which can increase a sticky of emulsion.

#### Standing time effect of $\text{CCl}_4$ on the tensile strength.

Carbon tetrachloride is the best sensitizer for radiation vulcanization of NRL, because the  $G_{\text{value}}$  of  $\text{CCl}_4$  is around 76, while the  $G_{\text{value}}$  of rubber is around 1, and the  $G_{\text{value}}$  of chloroform is around 35<sup>(14)</sup>. The standing time effect of  $\text{CCl}_4$  in NRL before irradiation against tensile strength of INRL film was shown on Table 2. It indicates that the properties of latex and its film are quite the same. From these results it can be concluded that by using 5 hours standing time of  $\text{CCl}_4$  in latex before irradiation, the distribution of  $\text{CCl}_4$  is homogeneous.



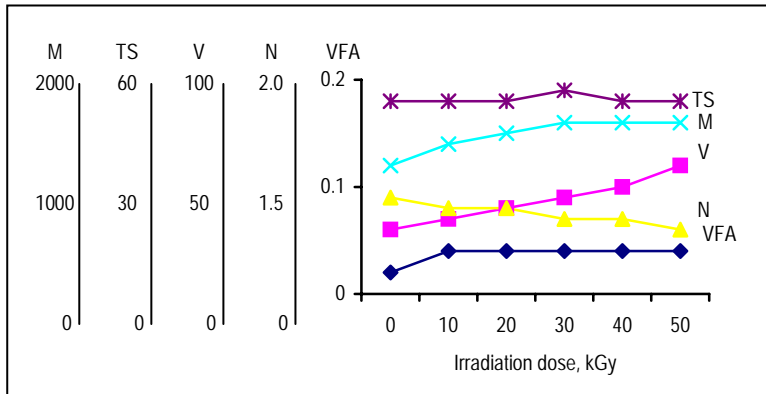


Figure 3. The effect of irradiation dose on the properties of INRL (M=mechanical stability time, TS=total solid content, V=viscosity, N=amonia content, VFA=volatile fatty acid)

**Table 2. Standing time effect of  $\text{CCl}_4$  in NRL before irradiation on the properties if INRL and its film (the irradiation = 30 kGy with the dose rate 2,8 kGy/h, and the concentration of  $\text{CCl}_4$  = 4 phr).**

Properties of INRL and its film	Standing time of $\text{CCl}_4$ in NRL before irradiation, hours		
	5	10	15
<b>Latex</b>			
1. Total solid content, %.	58.7	58.7	58.7
2. Amoniak content, %.(latex)	0.70	0.69	0.71
3. Viscosity, cP.	75.0	75.0	75.0
4. MST, second.	>1800	>1800	>1800
5. VFA number	0,018	0,018	0,018
<b>Film.</b>			
6. Modulus, kg/cm <sup>2</sup> .	30.7	30.7	30.7
7. Tensile strength, kg/cm <sup>2</sup> .	280	280	280
8. Elongation at break, %.	1000	1000	1000
9. Permanent set, %.	7.0	7.0	7.0
10. Gal fraction, %.	94.3	94.3	94.3

#### Storage time effect of INRL on its properties.

The decreasing of MST and increasing of VFA number with storage time, are the effect of microorganism which spoil the protein layer of the rubber particles <sup>(14)</sup>. The properties INRL with 35 kGy and its film during storage in 6 months are quite the same (Figure 4). It means that during storage of INRL in 6 months, there is no microorganism which spoil on the protein layer of rubber particle INRL. The tensile strength of INRL during storage in 2-4 month is maximum, while the permanent set decrease during storage on 6 months. It indicates that during storage there are a post vulcanization.

**Distribution of particle size.**

By using of SEM apparatus the pictures of natural rubber particles before and after irradiation are shown on Figure 6. It indicates that the form of natural rubber particles are ovals and round, among the particles make pre-coagulation, and the size of particle diameter are around 0,1 up to 2  $\mu$ .

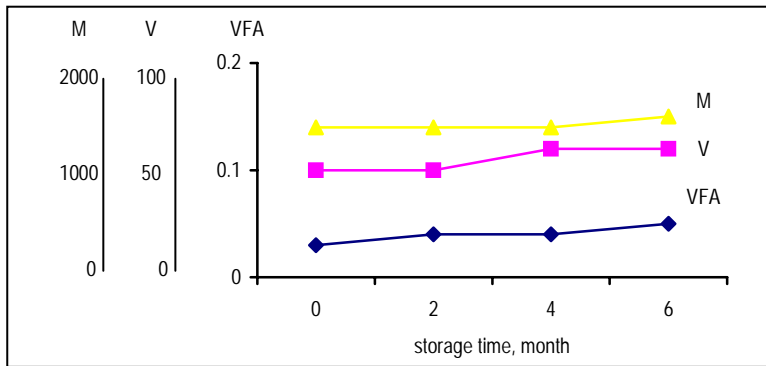


Figure 4. The effect of storage time on the properties of INRL (M=mechanical stability time, V=viscosity, VFA=volatile fatty acid).

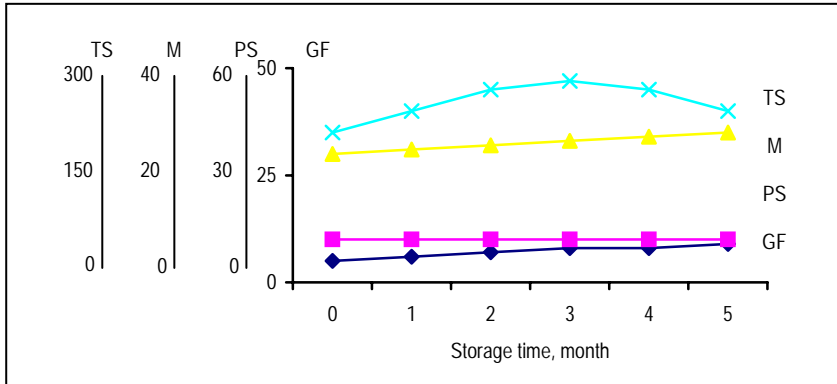


Figure 5. The effect of storage time on the property of INRL film (TS=tensile strength, M=modulus 600%, PS=permanent set, GF=gel fraction)

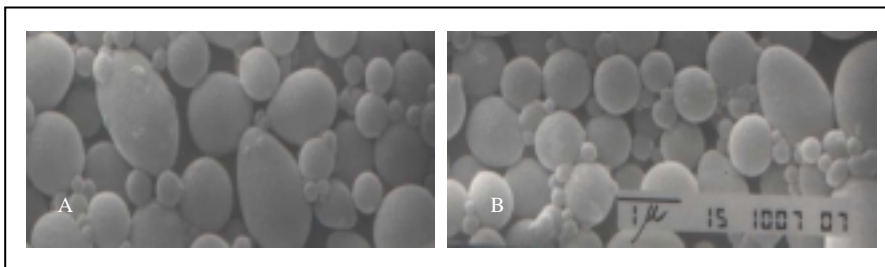


Figure 6. The picture of natural rubber particles before irradiation (A) and after irradiation (B).

By using Nano Sizer, it can be measured that the average particles diameter of irradiated natural rubber is around 282 nm, and the average particles diameter of non irradiation was round 290 nm. It means that after irradiation the particles became shrink.

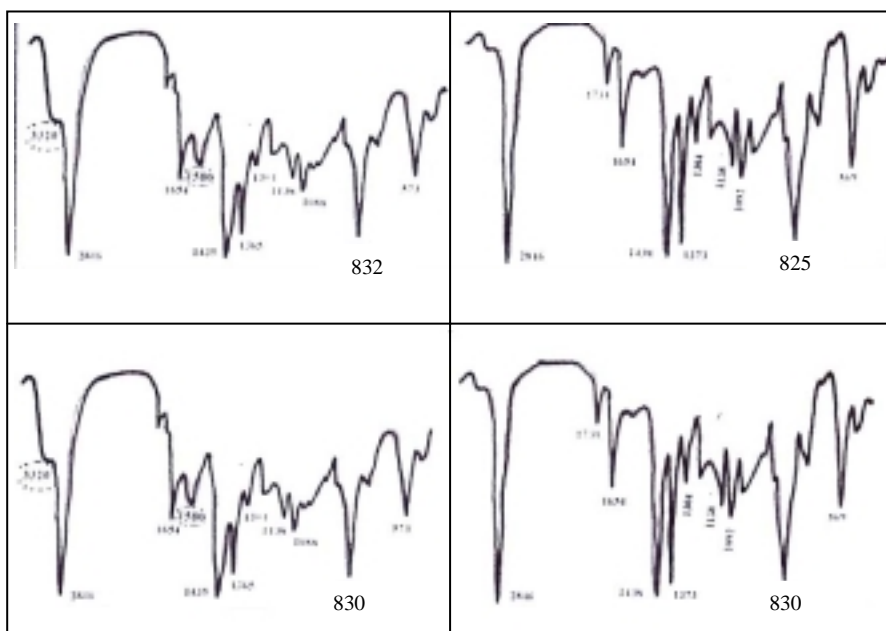


Figure 7. IR spectra of NRL film, INRL film before and after aging at 70°C, 167 hours. Adsorption,%. Wave number  $\text{cm}^{-1}$ .

### **Infra Red Spectrum**

Figure 7 Shows the IR spectra of irradiation film from INRL and non NRL, before and after aging at 70°C, 167 hours. It indicates that the at the 832 wave number of non irradiation of natural rubber spectrum(Figure 7A) are change to 825 (Figure 7B), and after aging on irradiated NR film, the spectrum are not difference, but for the INR film is quite the same. It means that side reaction occur, namely disappearance of double bond, appearance of carbonyl and hydroxyl group.

## **IV. CONCLUSSION**

The vulcanization of natural rubber latex in pilot scale experiment was carried out since 1984 is shows the method is very easy.

The factors for processing such as variation of irradiation dose i.e. 10, 20, 30, 40, and 50 kGy, and the variation of standing time of CCl<sub>4</sub> 4 phr (part hundred ratio of rubber) i.e. 5, 10, and 15 hours shows the optimum irradiation dose is around 30-40 kGy.

Some characteristic of irradiated natural rubber latex such as properties of latex (mechanical stability time (MST), viscosity, volatile fatty acid (VFA), diameter of rubber particle), gel fraction in benzene, infra red spectrum, and its film mechanical properties (modulus, tensile strength, permanent set, and elongation at break) were evaluated. The results showed that the MST, VF of irradiated latex after storage in 6 month are stable with the average diameter and infra red spectrum of INRL were not significant difference.

## **V. REFERENCES**

1. SUNDARI FI., Masalah vulkanisasi radiasi lateks alam dan kemungkinannya di Indonesia, Publikasi Puslitbang Ps.Djumat, No. P2PsD/78/1972.
2. SUNDARDI FI., MARGA UTAMA, SOEPARMO H., Pembuatan barang-barang karet daripada lateks alam pekat yang divulkanisasi secara radiasi, Publikasi P2PsJ/T43/1973.
3. SUNDARDI FI., MARGA UTAMA, SOEPARMO H., Pembuatan barang-barang karet dari lateks kebunyang divulkanisasi radiasi dengan sinar gamm 60Co, Publikasi PPPJ/1976, PAIR-BATAN Jakarta 1976 (tidak terbit).
4. SUNDARDI FI., SUMARNO KARTOWARDOYO, MARGA UTAMA, Radiasi gamm 60Co pada lateks karet alam, Majalah BATAN IX (1976) 6.
5. SUMARNO KARTOWARDOYO, SUNDARDI FI., Study on the preparation and uses of 60Co gamma ray irradiation natural rubber latex, J.App. Polym., XXI (1977) 3077.

6. MARGA UTAMA, Vulkanisasi radiasi lateks alam dengan sinar gamma 60 Co., Symposium Polimer Indonesia, ITB, Bandung, 7-8 Maret 1979.
7. MARGA UTAMA, Lateks alam radiasi sebagai bahan dasarmurah untuk pembuatan sarung tangan secara sederhana, Majalah BATAN XVI No.1 (1983).
8. MARGA UTAMA, Produksi lateks alam pra-vulkanisasi dengan menggunakan tehnik radiasi, Majalah BATAN XVIII 3 (1985) 56.
9. SUNDARDI FL., Review of radiation processing for natural rubber in Indonesia, *Plastics and Rubber Processing and Application V* (1985) 119.
10. SIDIK BIN DULNGALI, Radiation vulcanization of NR Latex, Status report from Malaysia, Third Technical Review Meeting of UNDP/RCA Project on Radiation Processing, Jakarta, 19-21 November 1984.
11. Tanaka s., Nakura y., Miyamoto y., Tanaka r., Sugiarto d., Suyitno, Dose evaluation in reactor for radiation vulcanization of natural rubber latex, JAERI-memo 60 181.
12. ASTM, Standard specification for concentrated, ammonia preserved, cream and centrifugal natural rubber latex, *Annual Book of ASTM D.107-70*
13. ASTM, Test for rubber properties in tension, ASTM D 412 .
14. YUYI MINOURA and MAMORU ASAO, Studies on the  $\gamma$  irradiation on natural rubber latex, *J. Appl. Polym. Sci*, V, 14 (1961) 233.



# CHARACTERISTIC OF NATURAL RUBBER LATEX FROM INDONESIA

Marga Utama<sup>1</sup>, F.Sundardi<sup>1</sup>, Herwinarni<sup>1</sup>, M.Sumarti<sup>1</sup>, S. Iskandar<sup>1</sup>, D.Iramani<sup>1</sup>, K.Makuuchi<sup>2</sup>,  
F.Yoshii<sup>2</sup>.

1. Center for Application of Isotopes and Radiation, BATAN.
2. TRCRE, JAERI, Takasaki, Gunma, 370-12 Japan.

## ABSTRACT

Five field latex from difference clones have been characteristic. The total solid content increases and the protein content decreases with the increasing of the age rubber trees. The average particle size is between 190 to 234 nm. The number average molecular weight varies from 160,000 to 700.000, while the weight average molecular weight varies from 500,000 to 1,000,000. Negligible difference was observed in the physical properties of rubber films prepared from the irradiated field latex.

## I. INTRODUCTION

Latex from *Hevea brasiliensis* tree is an aqueous dispersion of rubber containing 25-40% rubber hydrocarbon, stabilized by a small amount of protein and fatty acid.

The particle size and molecular weight of rubber from Malaysia have been studied by some authors (2-5). They reported that the particle diameter of rubber is between 0.1-3.0 micron, and molecular weight is between 103-106. Studies on the irradiated natural rubber latex in Indonesia began in 1972. The natural rubber latex studies was in the concentrated form (about 60% dry rubber content). The results showed that the mechanical properties of the rubber film were much influenced by the origin of the latex.

This paper presents the characteristic of field latex from West Java before and after irradiation.

## II. EXPERIMENTAL

**Materials.** The field natural rubber latex was from Pasir Waringin Plantation, Serang, West Java and was used as an ammonia preserved latex. These field latex were from clones Mix 16/1968, GT 1/1969, GT 1/1977, RRIM/1977, PR 300/1977 and PR 28/1974. These latex were trees tapped in April and July 1985. Tetra hydrofuran (THF), K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Cu SO<sub>4</sub>, NaOH, KOH, H<sub>3</sub>PO<sub>3</sub> were supplied from Pure Chemical Industries Ltd. Japan.

**Equipment.** Latex irradiator (capacity 1.5 t/20 h), Gel Permeation Chromatograph Shimadzu LC-5A., Infra red spectrophotometer Shimadzu IR-435, Automatic Kjeldahl, Viscometer and Scanning Electron Microscope Jeol were used.

**Method.** Three kind methods step were carried in this experiment namely : Collection of field latex, Irradiation of field latex, and characterization of field latex before and after irradiation.

**Collection of field latex.** Fifty rubber trees from each clone were tapped. Each rubber tree was able to produce 10-30 ml fresh latex, which was directly preserved with 5% ammonia. The fresh latex was storage over night and the total solid content and viscosity were measured.

**Irradiation of field latex.** The each clone fresh latex after measured the total solid content was added with 3 phr (part hundred ratio of rubber ) 50% emulsion of CCl<sub>4</sub> an irradiated by <sup>60</sup>Co gamma rays at the irradiation dose of 5, 10, 20, and 50 kGy.

**Characterization of latex.** The fresh latex and irradiated field latex were evaluated the latex properties (total solid content, viscosity) and its film (hardness, modulus, tensile strength, elongation at break, permanent set, fraction soluble in acetone and benzene) according to the ASTM procedure method 6.

**Protein content.** Protein content was determination by the Kjeldahl method.

**Particle size.** Particle size of fresh and irradiated latex were measure by Nano Sizer and SEM after adding with osmium tetra oxide and standing over night. The fresh latex diluted with water until the concentration is 0,01%. One drop of this solution was dried on one plate and coated with gold for measurement the morfology of particle by SEM, or one drop of this solution was measure the average diameter by Nano Sizer.

**Molecular.** The molecular weight of fresh filed NR (natural rubber) latex was determine as follows: NR film (0.1 g) was dissolved in 100 ml THF. The solution (0.1 ml) was injected in too GPC column with temperature of 40°C. Before using, the column was calibrated with linear polystyrene standard. the molecular weight was calculated using equation :  $\log M_{nr} = 0.185 + 0.950 \log M_s$ . Where  $M_{nr}$  = molecular weight of NR,  $M_s$  = molecular weight of standard polystyrene. The soluble fraction in acetone and benzene were calculated by measuring the loss in weight of NR film after extraction in the solvent for 48 h.

### III. RESULTS AND DISCUSSION

#### NR latex from various clones.

The characteristic of NR latex and its film from various clones are shown on Table 1. It is found that the total solid content of NR field latex increases with increasing the age of rubber tree, such as total solid content of GT1/1977 (8 YEARS) IS 29.7%, GT 1/1974 (11 YEARS) IS 35.2%, AND TOTAL SOLID CONTENT OF GT 1/1969 (16 years) is 38.2%.

**Table 1. The characteristic of fresh field of NR latex.**

Characteristic	Mix 16/68	GT 1/69	GT 1/74	PR 28/74	PR 300/77	GT 1/1977	RRIM/ 77
<b>Latex.</b>							
• Total solid, %.	38	39	35	36	37	33	38
• Viscosity, cP.	5	10	5	5	4	3	6
• Protein, %.	1.138	1.147	1.116	1.326	1.326	1.345	1.332
• Particle size, nm.	198	234	215	206	204	198	200
<b>Mw of film.</b>							
• Mn	255,500	177,200	653,900	699,930	362,960	708,870	166,000
• Mw	575,500	705,000	993,150	1,087,300	747,960	980,130	511,800
• Mz	1,081,150	1,550,700	1,434,450	1,700,190	1,293,350	1,318,290	1,101,920
• Mv	824,000	1,110,740	2,226,320	1,406,000	998,450	1,161,630	788,800
• Mw/Mn	2.25	3.98	1.52	1.55	2.06	1.38	3.08
• Mz/Mn	4.23	8.75	2.19	2.43	3.42	1.86	6.64
• Mv/Mn	3.22	6.21	1.87	2.01	2.75	1.64	4.75

There is a tendency, for the older of plants to have a lower protein content than the younger ones, such as the protein content of MIX 16/1968 is 1.128%; GT1/1969 is 1.147%, GT1/1977 is 1.347%; PR 300/1977 is 1.332%, and RRIM/1977 is 1.326%. The decrease of the protein content is due to the effect of proteinase enzymes in the rubber tree.

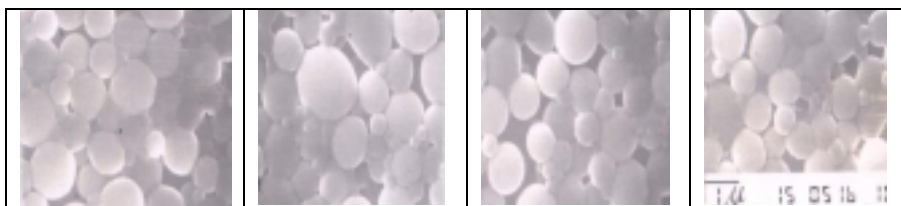


Figure 1. Electron micrograph of Various latex particles.

Electron micrographs of field fresh latex for various clones are shown in Figure 1. It is found that that the NR particles formed an aggregation which consist of number of particles. The average particles size of NR latex is between 190-234 nm.

Table 1 shows also that the number of average molecular weight Mn varies from 160,000 to 700,000 while the weight average molecular weight Mw



varies from 500,000 to 1,000,000. The value of  $M_w/M_n$  shows that NR is a highly poly-dispersed polymer (Fig 2).

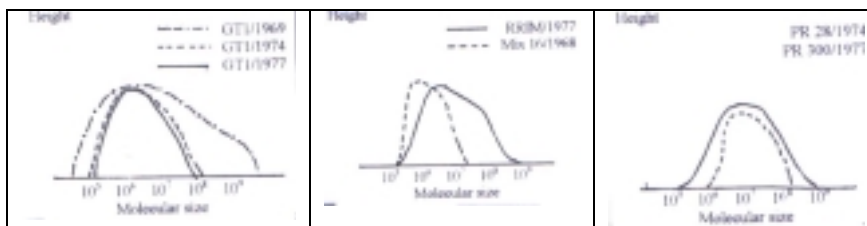


Figure 2. Molecular size distribution of various latex particle.

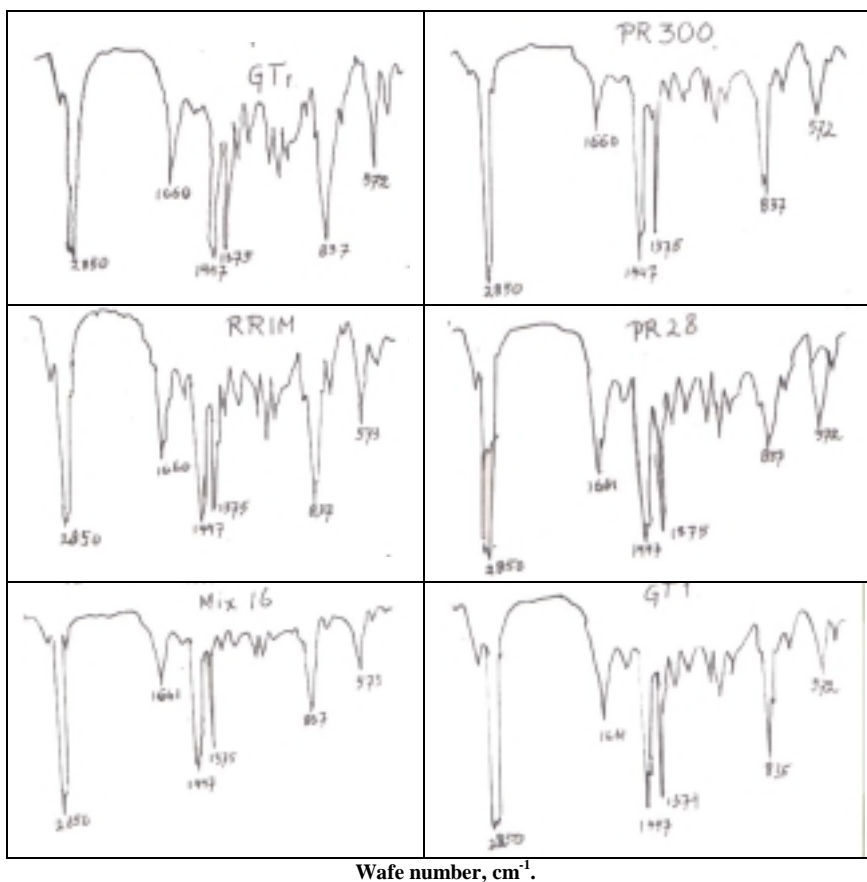


Figure 3. Infrared spectra of NR latex from various clones

The infra red spectra of NRL is shown on Figure 3 shows that the spectra of NR from five clones are almost the same. The important major absorption are : C-H stretching vibration from CH<sub>3</sub> at 2960 cm<sup>-1</sup>, and from CH at 2850 cm<sup>-1</sup>. CH deformation at 1447 cm<sup>-1</sup> and 1375 cm<sup>-1</sup>. The C=C stretching vibration at 1660 cm<sup>-1</sup> and CH out of plane deformation for cis R,C=CHR, at 837 cm<sup>-1</sup>.

**Table 2. Properties of irradiated NR latex and its film .**

Irr. dose	Properties	Mix 16/1968	GT 1/1969	GT 1/1974	PR 28/1974	PR 300/1977	GT 1/1977	RRIM 1977
0	Viscosity, cP.	5	10	5	3	6	4	5
	Hardness, shore A.	37	37	37	37	37	37	37
	Modulus 600%, Mpa.	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
	Tensile strength, Mpa.	1.7	1.7	1.6	1.7	1.6	1.6	1.7
	Elongation at break, %.	1000	900	940	990	1000	990	990
	Permanent set, %.	54	59	52	59	58	58	59
	Fraction soluble in:							
	Acetin, %.	7.00	5.39	6.96	6.86	7.15	8.54	8.65
	Benzene, %.	86.60	87.38	87.88	87.84	89.16	83.65	83.66
5	Viscosity, cP.	5	10	6	4	6	5	4
	Hardness, shore A.	38	38	40	39	38	40	40
	Modulus 600%, Mpa.	1.4	1.9	1.6	1.6	1.9	2.1	1.7
	Tensile strength, Mpa.	7.7	6.8	6.4	4.8	6.9	6.0	8.8
	Elongation at break, %.	970	980	913	872	920	920	970
	Permanent set, %.	26	30	36	34	29	26	28
	Fraction soluble in:							
	Acetin, %.	6.70	6.09	7.34	6.20	0.13	1.39	6.88
	Benzene, %.	16.70	16.59	34.32	18.59	20.59	21.06	14.34
10	Viscosity, cP.	6	11	7	4	6	5	5
	Hardness, shore A.	42	40	41	40	40	41	41
	Modulus 600%, Mpa.	2.9	2.4	2.4	2.2	2.7	2.5	3.0
	Tensile strength, Mpa.	12.4	12.2	8.3	7.3	12.0	7.3	14.9
	Elongation at break, %.	960	970	930	930	943	900	980
	Permanent set, %.	22	23	31	29	21	23	22
	Fraction soluble in:							
	Acetin, %.	7.40	15.27	6.33	5.71	8.86	7.11	6.92
	Benzene, %.	12.09	10.93	14.16	15.60	14.43	14.51	11.18
20	Viscosity, cP.	6	10	6	4	5	4	4
	Hardness, shore A.	43.50	42	44	42	43	43	42
	Modulus 600%, Mpa.	3.9	3.8	3.6	2.8	3.7	3.6	3.6
	Tensile strength, Mpa.	24.5	18.9	17.6	16.4	22.0	11.2	21.7
	Elongation at break, %.	1000	990	960	910	990	850	990
	Permanent set, %.	12	17	18	19	16	18	17
	Fraction soluble in:							
	Acetin, %.	6.94	5.40	6.15	6.02	9.20	8.05	5.98
	Benzene, %.	10.65	9.28	10.80	9.36	12.37	13.07	8.61
30	Viscosity, cP.	6	9	6	5	4	4	5
	Hardness, shore A.	45.50	45	46	47	44	46	45
	Modulus 600%, Mpa.	4.8	4.2	4.7	3.9	5.0	4.2	4.2
	Tensile strength, Mpa.	20.8	19.8	20.4	18.4	20.5	19.1	18.7
	Elongation at break, %.	910	940	910	940	920	940	950
	Permanent set, %.	9	12	14	15	12	15	13
	Fraction soluble in:							
	Acetin, %.	7.55	5.96	5.89	6.21	9.58	7.88	6.30
	Benzene, %.	8.70	8.19	9.50	8.70	11.19	10.00	8.28

Irr.dose = irradiation dose, kGy.

### Irradiated NR latex from various clones.

Table 2 shows the properties of irradiated NR latex and its film. It can be seen that by increasing the irradiation dose, the modulus 600%, gel fraction in benzene and tensile strength increase, while the permanent set decreases.

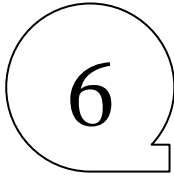
However the viscosity of latex, elongation at break, and gel fraction in acetone remain stable with increasing the irradiation dose.

#### **IV. CONCLUSION**

The characteristic of NR latex from Pasir Waringin Rubber Plantation West Java, were investigated, along with the properties of irradiated NR film. The results shows that the fresh latex from older trees have a higher total solid content. The infrared spectra of NR latex from five clones are quit the same. The diameter particle of NR is between 0.1 to 3 micron, the average number of molecular weight Mn is between 160,000 – 700,000 micron, and the average molecular weight Mw is between 500,000-1,000,000.

#### **REFERENCES**

1. T.MIDGLEY, A.A.HENNE, and M.W.RENOLL, J. Am. Chem. Soc. , 54, 3343 (1932).
2. S.SUBRAMANIAN., PRIIM Technology Bulletin 4, 1 (1980),
3. G.M.BRISTW, B.WESTALLLL, Polymer 8, 609 (1967).
4. A.SUBRAMANIAN, GHEM, Technology, 45, 246 (1972).
5. H.L. WAGNER and P.J.FLORY, J. Am. Chem. .Soc., 74, 195 (1952).
6. ASTM D 412-83 and D 1076-80, Annual Book ASTM Stand., 9 (1984).



# VULKANISASI RADIASI LATEKS DIDIH I. PENGARUH BAHAN PENDADIH, PENGEMULSI DAN DOSIS IRADIASI

Marga Utama, Made Sumarti, dan Dian Iramani  
Prosiding Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN

## ABSTRAK

Vulkanisasi radiasi lateks didih 1 pengaruh bahan pendadih, pengemulsi dan dosis iradiasi. Dua jenis bahan pendadih, yaitu natrium alginat dan amonium alginat telah digunakan untuk memekatkan lateks kebun. Kemudian lateks pekat hasil pendadihan tersebut divulkanisasi radiasi dengan sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  pada dosis iradiasi 0, 10, 30 dan 50 kGy dengan menggunakan bahan pemeka  $\text{CCl}_4$  sebanyak 5 psk, dan bahan pengemosi 0,01 psk. Bahan pengemosi yang digunakan ada 4 macam, yaitu pelex OTP 30, neopelex FS, emal TD, dan levanol. Sifat Lateks dan film karet dari lateks alam iradiasi yang dihasilkan, yaitu pH, kekentalan, kadar padatan, modulus, tegangan putus, perpanjangan putus, dan perpanjangan tetap dievaluasi. Ternyata natrium alginat merupakan bahan pendadih yang lebih baik daripada amonium alginat, karena dapat menghasilkan lateks dadih yang lebih pekat. Kekentalan dan pH lateks dadih yang telah diiradiasi lebih rendah daripada yang belum diiradiasi. Dosis optimum vulkanisasi radiasi yang menggunakan bahan pengemulsi lainnya 50 kGy.

## ABSTRACT

Radiation vulcanization of creamed latex i. Effect of creaming agent, emulsifer, and irradiation dose. Two kinds of creaming agent i.e. sodium alginate and ammonium alginate were used for concentrating field latex was then irradiated with gamma ray  $^{60}\text{Co}$  at 10, 30, and 50 kGy in the presence of carbon tetrachloride 5 phr (part hundred ratio of rubber) and 0,01 phr of emulsifier. Four emulsifier were used in this experiment pelex OTP 30, neopelex FS, emal TD, and levanol. The properties of latex and its film, such as: pH, viscosity, total solid content, modulus, tensile strength, elongation at break, and permanent set were evaluated. It appears that sodium alginate is better than ammonium alginate, because it can produce higher.

## I. PENDAHULUAN

Vulkanisasi radiasi lateks pekat yang pemekatannya di lakukan dengan cara pemusingan telah di lakukan sejak 1974. Hasilnya menunjukkan bahwa lateks alam iradiasi yang diperoleh dapat diproduksi secara komersial, dan lateks alam iradiasi tersebut dapat langsung digunakan untuk pembuatan produk barang jadi karet misalnya kondom dan sarung tangan <sup>(1)</sup>.

Untuk mendapatkan lateks pekat, di samping cara pemusingan, masih ada cara lain yang sering digunakan yaitu cara pendadiah. Bahan pendadiah yang di gunakan biasanya garam alginat yaitu amonium alginat dan natrium alginat. Dengan menggunakan cara ini dapat di peroleh lateks dadi dengan kadar padatan sekitar 68%. Secara umum pendadiah lebih mudah daripada cara pemusingan, tetapi lateks pekat yang dihasilkan masih banyak mengandung bahan-bahan bukan karet, misalnya protein dan lemak yang dapat mengganggu proses berikutnya <sup>(2-4)</sup>.

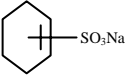
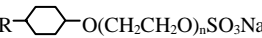
Dalam makalah ini dilaporkan hasil penelitian tentang pengaruh bahan pendadiah, pengemulsi, dan dosis iradiasi pada proses vulkanisasi radiasi lateks dadi, dengan tujuan untuk mengetahui sifat lateks hasil vulkanisasi radiasi yang lateksnya berasal dari lateks tadi.

## II. BAHAN DAN METODE

### Bahan :

Lateks kebun yang di gunakan di peroleh dari perkebunan Pasir Waringin, PTP XI yang dipanen bulan januari 1989. Bahan pendadiah natrium alginat dan almonium alginat teknis, bahan pemeka CCl<sub>4</sub>, dan 4 bahan pengemulsi rinciannya tertera di Tabel 1.

**Tabel 1. Sabun Anion yang Digunakan Sebagai Bahan Pengemulsi CCl<sub>4</sub>.**

Nama dagang	Nama Kimia	Rumus Kimia	Bentuk
Pelex OTP 30	Sodium dialkil	R 'OOC-CH-SO <sub>3</sub> R 'OOC-CH <sub>2</sub>	Cair
Neopelex FS	Dodecyl benzene	R 	Cair jernih Coklat tua
Emal TD	Trietanol amine lauryl sulfate	R 'OSO <sub>3</sub> Na(C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> OH) <sub>3</sub>	Cair kuning
Levanol	Sodium polyethylene alkhyl phenol ether sulfate	R 	Cair kuning

Alat :

Iradiator lateks dengan aktivitas 110 kCi dan, alat-alat penguji lateks serta film karet misalnya pH meter, viskometer, dan instron tester type 1122 merupakan alat utama dalam penelitian ini.

Metode :

Lateks kebun yang baru disadap dibiarkan selama 5 jam, kemudian diberi amonia 20%, sampai kadarnya 1%. Lateks kebun yang beramonia 1% ini diberi natrium alginat atau amonium alginat 1% sebanyak 0,1 psk, dan dibiarkan sampai terjadi pendadihan selama 20 hari. Setiap 3 hari diamati lateks dadi yang terbentuk di lapisan atas. Setelah terjadi pendadihan sempurna, lateks dadih yang terjadi divulkanisasi radiasi dengan menggunakan bahan pemeka CCl<sub>4</sub> yang berupa emulsi dengan menggunakan salah satu dari 4 macam bahan pengemulsi yang tertera di Tabel 1. Lateks alam iradiasi yang terbentuk dan film karetanya dianalisis sesuai dengan standart ASTM<sup>(5,6)</sup>.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

*a. Pengaruh bahan pendadih.*

Bahan pendadih yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu amonium alginat dan natrium alginat 1%, dengan kadar 0,05; 0,1; 0,15 psk disajikan pada Tabel 2. Terlihat bahwa secara umum, naiknya kadar bahan pendadih dan waktu pendadihan, akan menaikkan kadar padatan lateks dadih yang dihasilkan. Daya dadih amonium alginat lebih lambat daripada natrium alginat. Diduga hal ini disebabkan adanya ion Na<sup>+</sup> yang dapat bertindak sebagai bahan pemercepat pendadihan. Oleh sebab itu, dalam pengolahan selanjutnya digunakan bahan pendadih natrium alginat.

**Tabel 2. Kadar Padatan (%) Lateks Dadih yang Menggunakan Natrium Alginat Sebagai Bahan Pendadih, Dengan Variasi Waktu Pendadihan.**

Waktu pendadihan, hari	Natrium alginat	Amonium alginat
0	33	33
1	34.5	34.0
3	40.9	40.0
5	50.8	48.7
7	56.0	54.7
10	61.9	58.6
15	62.0	60.3

*b. Pengaruh bahan pengemulsi dan dosis iradiasi.*

Pengaruh bahan pengemulsi terhadap sifat lateks dadih baik sebelum maupun sesudah diiradiasi disajikan pada Tabel 3 ternyata pH dan kekentalan lateks dadih sebelum diiradiasi lebih besar daripada sesudah diiradiasi. Bahkan dengan naiknya dosis iradiasi baik pH maupun kekentalan menurun. Naiknya pH disebabkan adanya radiolisa protein, karbohidrat, dan lipid dalam lateks yang antara lain menghasilkan asam-asam amino, sehingga lateks lebih asam sedikit turunnya kekentalan diduga karena dekomposisi natrium alginat akibat adanya radiasi. Untuk meyakinkan dugaan tersebut, pada Tabel 4 disajikan nilai kekentalan air suling yang tanpa dan dengan bahan pengemulsi natrium alginat yang ditambah 4 macam bahan pengemulsi dengan kadar masing-masing 1% dan 0,1%, lalu diiradiasi. Ternyata dengan naiknya dosis iradiasi kekentalan larutan menurun.

**Tabel 3. Sifat Lateks Dadih Sebelum dan Sesudah Diiradiasi Menggunakan 4 Macam Bahan Pengemulsi CCl<sub>4</sub> dan Dosis Iradiasi yang Bervariasi**

Sifat	Dosis Iradiasi kGy	Bahan pengemulsi			
		Pelex OTP 30	Neopelex Fs	Emal TD	Levenol
Kadar padatan, (%)	0	59.5	59.5	59.5	59.5
	10	59.4	59.3	59.4	59.4
	30	59.5	59.4	59.5	59.5
	50	59.4	59.5	59.4	59.5
pH	0	10.40	10.41	10.40	10.40
	10	10.37	10.39	10.31	10.31
	30	10.32	10.33	10.39	10.30
	50	10.30	10.30	10.30	10.26
Kekentalan, Cp	0	24.57	25.08	30.46	27.64
	10	20.90	20.73	20.22	21.08
	30	18.00	16.29	17.40	17.32
	50	18.26	16.97	17.91	15.26

**Tabel 4. Kekentalan (Cp) Larutan Na Alginat dan Amonium Alginat 1% dalam Air Suling dengan Dosis Iradiasi Berbeda-beda.**

Dosis iradiasi, kGy.	Natrium alginat	Amonium alginat
0	65	66
2	3.0	2.4
4	2.8	2.2
6	2.5	2.1
8	1.4	1.3
10	1.3	1.2

c. Pengaruh bahan pengemulsi dan dosis iradiasi pada sifat film karet.

Secara visual film karet yang dihasilkan oleh lateks dadih yang belum dan yang sudah diiradiasi dengan menggunakan 4 macam bahan pengemulsi tersebut relatif sama. Akan tetapi, sifat fisik dan mekaniknya ternyata berbeda (Tabel 5). Untuk mendapatkan tegangan putus maksimum film karet yang menggunakan bahan pengemulsi pelex OTP 30 membutuhkan dosis sekitar 30 kGy, sedangkan dengan bahan pengemulsi lainnya 50 kGy. Hal ini diduga akibat kekentalan lateks alam iradiasi yang menggunakan pelex OTP 30 lebih rendah daripada yang menggunakan bahan pengemulsi lainnya. Akibatnya dalam pembentukan film karet lebih sempurna dan daya adesif antara poloisopren karet alam lebih besar sehingga tegangan putus lebih tinggi.

**Tabel 5. Sifat Fisik dan Mekanik Film Karet Lateks Alam Iradiasi yang Menggunakan 4 Macam Bahan Pengemulsi, dengan Dosis Iradiasi yang Berbeda-Beda.**

Sifat	Dosis Iradiasi, kGy	Bahan pengemulsi			
		Pelex OTP 30	Neopelex FS	Emal TD	Levenol
Modulus 600%, MPa	10	1.8	1.8	1.9	1.6
	30	3.6	3.8	4.1	3.7
	50	7.0	6.4	7.6	4.0
Tegangan putus, MPa	10	10.0	17.4	15.4	9.8
	30	15.8	14.7	15.6	9.5
	50	11.5	15.4	17.3	16.6
Perpanjangan putus, %	10	900	900	1000	1000
	30	900	900	900	900
	50	800	766	766	766
Perpanjangan tetap, %	10	16.6	16.6	16.6	16.6
	30	8.9	8.9	8.9	8.9
	50	6.6	6.6	6.6	6.6

Tegangan putus film karet dari lateks dadih iradiasi yang menggunakan bahan pengemulsi pelex OTP 30 lebih rendah daripada film karet lateks alam iradiasi yang berasal dari lateks pusingan (Tabel 6). Modulus dan perpanjangan putusnya relatif sama, sedangkan bahan yang terlarut dengan benzen atau aseton lebih besar. Menurut ARCHER (7), lateks alam segar mengandung sekitar 20 macam bahan kimia bukan karet misalnya protein, fosfolipid, sterol, karetenoid, inositol, dan karbohidrat. Bahan-bahan bukan karet tersebut sebagian besar larut dalam benzen atau aseton. Film karet yang berasal dari lateks pusingan lebih sedikit mengandung bahan kimia bukan karet daripada film karet dari lateks



dadih, karena sebagian besar bahan bukan karet tersebut ikut terbuang waktu pemusingan. Akibatnya setelah diekstraksi dengan aseton dan atau benzen bahan yang terlarut lebih sedikit. Di duga daya adesif antara partikel karet lebih kecil, sehinggategangan putus film karet lateks dadih iradiasi lebih kecil, walaupun bahan pengemulsi, dan dosis iradiasinya sama.

**Tabel 6. Sifat Fisik Dan Mekanik Film Karet Lateks Alam Iradiasi Yang Lateksnya Berasal Dari Lateks Dadih Dan Lateks Pusingan. Dosis Iradiasi 30 Kgy, Bahan Pemeka Ccl4 1 Psk, Nba: Ccl4 1 Psk, Bahan Pengemulsi Pelex OTP 30=0,01 Psk.**

Sifat	Film Karet lateks alam iradiasi	
	Lateks dadih	Lateks pusingan
<i>Lateks</i>		
- pH	10.6	10.6
- kadar padatan, %	59.5	59.8
- kekentalan, Cp	18.0	19.0
<i>Film karet</i>		
- Modulus 600%, MPa	3.6	3.7
- Tegangan putus, MPa	15.8	20.9
- Perpanjangan putus, %	900	900
- Perpanjangan tetap, %	8.9	9.0

#### IV. KESIMPULAN

Dapat disimpulkan bahwa untuk memekatkan lateks kebun menjadi lateks dadih sebaiknya digunakan natrium alginat, karena daya pendadihannya lebih baik daripada amonium alginat. Dari 4 macam bahan pengemulsi, yaitu pelex OTP 30, OTP, neopelx FS, emal TD, dan levenol, ternyata pelex OTP 30 merupakan bahan pengemulsi yang paling baik karena untuk mendapatkan tegangan putus film karet lateks alam iradiasi maksimum diperlukan dosis vulkanisasi radiasi 30 kGy, sedangkan dengan pengemulsi lainnya 50 kGy.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Utama, M., Pengolahan Teknologi Alam Iradiasi, Buletin BATAN 1 (1988) .
2. Abednego, Pengolahan Lateks Alam, BPP, Bogor (1982).
3. Sugianto, S. Perbedaan Beberapa Sifat Fisika Vulkanisat Lateks Pusingan dan Lateks Dadih, Menara Perkebunan 56 (1988) 80.
4. Sugianto,S., Metode Baru Pembuatan Lateks Dadih yang dapat Dipanen Setiap Hari, Menara Perkebunan 56 (1988) 84.
5. ASTM, Standart Specification for Concentrated Ammonia Preserved, Cream and Centrifuge Natural Latex, D 107-71, Annual Book Standard, Part 28 (1971) 505-17.
6. ASTM, Test For Rubber Properties In Tension, Annual Book Standard, Part 37 (1977) D 412.
7. Archer, B.L., Composition Of Latex Serum And “Button Fraction” Particles, Journal of Rubber Research Institute of Malaya 21 (1969) 561.



## PEMBUATAN LATEKS ALAM PRAVULKANISASI RADIASI

Marga Utama  
Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN

### ABSTRACT

**Production Of Pravulcanized Natural latex Using Radiation.** The investigation of vulcanication of natural latex using radiation of 240/batch capacity has been carried out. The main objective of these experiments were investigation of the effect of secondary preserving agent, antioxidant, carbontetrachloride as sensitizer and the optimization of irradiation dose. The stability of the latex such as mechanical stability time, viscosity and the mechanical properies of the film such as nodulus, elonggation at break, tensile strength and permanent set have been evaluated. The result showed that natural latex processed by irradiation of 35 kGy with 0,6% amonia, 0,2% ammonium laurate and 4 phr (part per hundred ratio of rubber) ofcarbontetrachloride could produce a prevulcanized natural latex film with a maximum tensile strength and could be stores for 6 months. By adding1 phr of antioxidant in irradiated latex, better heat and storage resistance was produced.

### ABSTRAK

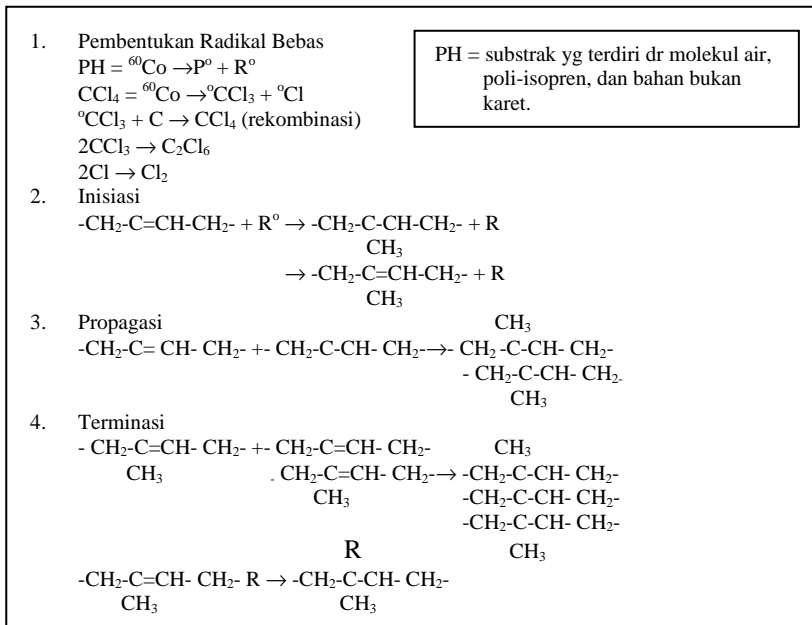
Pembuatan Lateks Alam Pra-vulkanisasi Radiasi. Penelitian tentang proses vulkanisasi radiasi lateks alam dengan kapasitas 240 kg/batch telah dikerjakan. Penelitian dititik beratkan pada pengaruh bahan pengawet sekunder, bahanpemeka karbon tetraklorida, bahan anti oksidan dan optimasi dosis radiasi. Sifat kesetabilan lateks misalnya waktu kesetabilan mekanik, kekentalan dan sifat mekanik film karet misalnya modulus, perpanjangan putus, tegangan putus dan perpanjangan tetap telah dievaluasi. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa lateks alam yang diproses dengan dosis radiasi 35 kGy dengan menggunakan campuran 0,6 amonia, 0,2%amonium larut dan 4 psk. (perseratus bagian berat karet) karbon tetraklorida dihasilkan lateks alam pravulkanisasi radiasi dengan tegangan putus film karet maksimal, dan lateks iradiasi tersebut dapat disimpan selama 6 bulan. Dengan penambahan bahan antioksidan 1 psk. pada lateks iradiasi tersebut dihasilkan film karet yang lebih tahan terhadap pemanasan dan penyimpanan.

# 1. PENDAHULUAN

Pada beberapa tahun belakangan ini telah dilakukan survei lapangan di masyarakat pengrajin karet yang terletak di Jawa yaitu di Jakarta, Bandung, Semarang, Yogyakarta dan Surabaya. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kesukaran yang mereka hadapi dalam pembuatan barang karet dari lateks alam diantaranya ialah disamping bahan kimia untuk adonan lateks yang kadang-kadang sukar didapat, juga mutunya kurang stabil. Hal ini disebabkan karena bahan kimia tersebut kebanyakan masih diimport<sup>[1]</sup>.

Penelitian cara laboratorium tentang lateks alam yang divulkanisasi radiasi dengan dinar gamma Co-60 telah dilakukan di Indonesia sejak tahun 1975. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa film karet yang diperoleh dari lateks alam yang divulkanisasi radiasi mempunyai modulus rendah, perpanjangan putus tinggi (1000-1100%), perpanjangan tetap tinggi (5-10%), sedang tegangan putus nya bervariasi antara 200-220 kg/cn<sup>2</sup> [2,3,4,5].

Skema reaksi vulkanisasi radiasi lateks alam dengan menggunakan CCl<sub>4</sub> sebagai bahan pemeka terlihat di Gambar 1. Skema tersebut menunjukkan bahwa terbentuknya ikatan silang antara poliisopren tidak saja bergantung pada besar kecilnya dosis radiasi, melainkan juga bergantung pada jumlah CCl<sub>4</sub> yang ditambahkan<sup>[6,7,8]</sup>.



**Gambar 1.** Mekanisme Reaksi Pengikatan Silang antara Rantai Poliisopren dalam Lateks Alam dan CCl<sub>4</sub> [6,7,8].

Berdasarkan data tersebut dalam makalah ini akan disajikan pembuatan lateks alam pravulkanisasi radiasi, dalam skala yang lebih besar yaitu sekali meradiasi digunakan lateks alam sebanyak 240 kg, lalu hasilnya dibandingkan dengan skala laboratorium yaitu 2 kg setiap kali meradiasi. Titik berat penelitian diarahkan pada pengaruh bahan pengawet sekunder, bahan pemeka  $\text{CCl}_4$  dan bahanantioksidan. Disamping itu pengaruh dosis radiasi terhadap sifat lateks dan film karet juga dibahas.

Tujuan penelitian tersebut ialah disamping mendukung berhasilnya prosesvulkanisasi dalam skala “SEMI PILOT” yaitu setiap kali dihasilkan lateks alam pravulkanisasi sebanyak 1,7 ton, juga menyediakan lateks alam pravulkanisasi yang mutunya baik stabil.

### **III. TATA KERJA**

#### Bahan:

1. Lateks alam pekat dengan KKK 60%.
2. Karbontetraklorida teknis, gas amonia dan amonium larut.
3. Bahan antioksidan ioniol.

#### Alat:

1. Tangkai alumunium yang berkapasitas 65 liter.
2. Iradiator panorama Co-60 dengan aktivitas 75.000 Ci.
3. Perlengkapan alat-alat pengaduk dan alat uji sifat lateks dan sifat mekanik film karet.

#### Metode:

Dua ratus empat puluh kilogram lateks alam pekat yang terletak di dalam 4 buah tangki aluminium diberikan bahan pemeka  $\text{CCl}_4$  sebanyak 30; 35 dan 40 kGy. Lateks hasil vulkanisasi radiasi diuji sifat lateks dan film karet nya yaitu waktu kesetabilan mekanik, kekentalan lateks, modulus, perpanjangan putus, perpanjangan tetap dan tegangan putus sesuai dengan standar ASTM<sup>[9, 10]</sup>. Pekerjaan tersebut diulangi tiga kali.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### a. Pengaruh penambahan bahan pengawet sekunder.

Pada proses vulkanisasi radiasi lateks alam, dengan cara pengadukan selama proses radiasi berlangsung, faktor kesetabilan mekanik merupakan hal yang sangat penting. Lateks alam yang waktu kesetabilan mekaniknya rendah, misalnya dibawah 500 detik akan mudah menggumpal. Dalam penelitian ini digunakan dua macam bahan pengawet sekunder yaitu lateks beramonia tinggi (1%) dan lateks beramonia 0,6% + amonium laurat 0,2%. Hasil lateks pravulkanisasi radiasi dengan menggunakan kedua bahan pengawet tersebut terlihat pada Tabel 1. Dari tabel ini diperoleh keterangan bahwa lateks pravulkanisasi yang berbahan pengawet sekunder 0,6% NH<sub>3</sub> + 2% amonium laurat memiliki waktu kesetabilan mekanik yang lebih tinggi daripada yang berbahan pengawet amonia 1%. Hal ini disebabkan adanya penurunan kadar NH<sub>3</sub> selama pengadukan, sehingga kesetabilan lateks menurun.

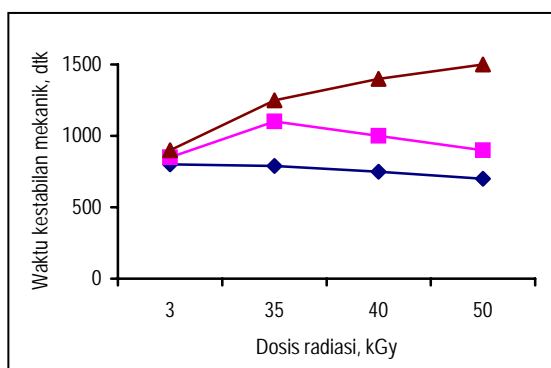
**Tabel 1. Kestabilan Mekanis Lateks Alam Pekat sebelum Diradiasi selama Pengadukan pada bermacam-macam Bahan Pengawet Sekunder. Kecepatan Pengaduk 100-150 Putaran Tiap Menit, sebelumnya Lateks diberi Bahan Pemeka CCl<sub>4</sub>.**

Jenis bahan pengawet	Umur lateks (bulan)	Waktu kestabilan mekanis lateks, (detik)	Lama pengadukan, (jam)	Keadaan lateks selama diradiasi
1.0% NH <sub>3</sub>	1	460	22	Menggumpal
0.6% NH <sub>3</sub>	1	700	22	Stabil
+ 0.2%	2	900	22	Stabil
amonium laurat	4	1200	22	Stabil

#### b. Pengaruh kadar bahan pemeka CCl<sub>4</sub> dan dosis radiasi.

Tiga macam bahan pemeka CCl<sub>4</sub> (3; 4 dan 5 psk) dan empat macam dosis radiasi (30; 35; 40; 45), digunakan dalam proses vulkanisasi radiasi lateks alam dengan sinar gamma Co-60 sebagai sumber radiasi. Sifat kesetabilan lateks pravulkanisasi radiasi pada kondisi proses tersebut terlihat pada Gambar 2. Gambar ini menunjukkan bahwa dengan menaikkan dosis radiasi, untuk lateks yang diberikan 3 psk CCl<sub>4</sub> sebelum diradiasi, diperoleh latek pravulkanisasi dengan waktu kesetabilan mekanik meningkat, tetapi berkadar 5 psk menurun, sedang yang berkadar 4 psk, disamping mengalami kenaikan juga penurunan, didalam template emulsi, kenaikan waktu kesetabilan mekanik lateks disebabkan karena naiknya dosis radiasi jumlah radikal bebas meningkat, sehingga reaksi propagasi meningkat, akibatnya jumlah peningkatan silangnyapun meningkat pula. Hal ini mengakibatkan partikel karet yang melayang-layang didalam emulsi lateks lebih kenyal dan tidak melengket satu dengan yang lain bila lateks tersebut diaduk dengan kecepatan tinggi. Menurunnya waktu kesetabilan mekanik disebabkan

karena dengan kelebihan gas klor akibat radiolosa  $\text{CCl}_4$  maka keasaman lateks meningkat. Menurut Blackly<sup>[11]</sup>, lateks alam yang keasamannya meningkat, kesetabilan lateks terganggu, sehingga waktu kesetabilan lateks menurun. Ani Bin Arope<sup>[12]</sup> melaporkan bahwa lateks alam yang berkadar 3-4 psk  $\text{CCl}_4$  setelah diiradiasi dengan dosis 35 kGy akan menghasilkan lateks pravulkanisasi radiasi berkadar klorida 0,36-0,40 psk. pada lateks pravulkanisasi radiasi yang dibuat dari lateks alam berkadar  $\text{CCl}_4$  4 psk, kedu peristiwa tersebut akan mengadakan kompetisi, dengan naiknya dosis radisasi. Akibatnya bila dosis radiasi dinaikan dari 30 ke 35 kGy, kesetabilan mekaniknya meningkat, sedang diatas 35 kGy, waktu kesetabilan mekaniknya menurun.



**Gambar 2.** Waktu Kestabilan Lateks Alam Pravulkanisasi Radiasi Sebagai Fungsi dari Dosis Radiasi pada  $\text{CCl}_4$  Berbeda-beda. (o-o = 3 psk; x-x = 4 psk; o-o = 5 psk  $\text{CCl}_4$ ).

*c. Pengaruh penambahan bahan antioksidan*

Skema reaksi oksidasi yang terjadi pada poliisopren karet alam tertera di Gambar 3. Dari gambar tersebut menunjukkan bahwa molekul poliisopren (a) bereaksi dengan  $\text{O}_2$  membentuk karet hidroperoksi (b). Karet hidroperoksi ini terurai menjadi molekul bebas yaitu molekul (c) dan radikal OH. Molekul tersebut akan mudah putus menjadi molekul (d) dan (e). oleh karena molekul (d) tidak stabil, maka mudah membentuk molekul (f). Bila molekul (f) bereaksi dengan  $\text{O}_2$  dan RH (molekul poliisopren), maka akan terbentuk molekul (h). molekul ini tidak stabil dan mudah membentuk molekul (i) dan (j). molekul (i) akan mengikat  $\text{O}_2$  menjadi molekul (k), dan bila bereaksi dengan RH, akan membentuk molekul (l) dan radikal R. oleh karena molekul (l) mudah terurai dan putus menjadi molekul (d) kembali, maka proses oksidasi terulang kembali, sehingga karet hidroperoksida makin bertambah banyak<sup>[13]</sup>.

Untuk mengurangi, memperlambat, bahkan menghindari proses oksidasi tersebut, kedalam lateks alam perlu ditambahkan bahan antioksidan yaitu : pertama poliisopren tak jenuh yang bereaksi dengan oksigen udara, membentuk

peroksida. Reaksi berikutnya terjadi antara peroksida poliisopren dengan antioksidan, sehingga peroksida poliisopren menjadi oksida (e) dan antioksidan menjadi oksida antioksidan (AO), kedua oksida ini bersifat antagonis, yaitu satu sama lain membentuk oksigen kembali. Jadi dengan adanya bahan antioksidan karet alam akan terbebaskan dari proses oksidasi. Pendapat lain mengatakan bahwa reaksi dari molekul (d) sampai ke molekul (l) berlangsung sangat cepat dan merupakan reaksi berantai. Dengan penambahan antioksidan, maka reaksi tersebut dapat dicegah menjadi reaksi 4,5,5a dan 5b. sehingga reaksi berantai akan berhenti dan karet alam hidroperoksida yang dihasilkan juga berhenti<sup>[14]</sup>.

Dalam penelitian ini penambahan bahan antioksidan dilakukan dua cara yaitu penambahan bahan antioksidan sebelum lateks alam diradiasi dan sesudah diradiasi. Sifat lateks dan film karet dan lateks alam pravulkanisasi dapat dilihat di Tabel 2. Dari tabel terlihat bahwa apabila bahan antioksidan ditambahkan sebelum lateks diradiasi, maka kesetabilan mekanik lateks dan tegangan putus film karet lebih rendah dan kekentalannya lebih tinggi daripada lateks pravulkanisasi radiasi tanpa bahan antioksidan. Sedang bila penambahan bahan antioksidan dilakukan setelah lateks diradiasi, waktu kesetabilan mekanik dan kekentalan lateks tidak berbeda nyata dengan lateks pravulkanisasi radiasi tanpa bahan antioksidan, pada selang kepercayaan 95%, bahkan tegangan putus film karet dari lateks pravulkanisasi radiasi berantioksidan lebih tinggi daripada tanpa bahan antioksidan walaupun dipanaskan 70°C selama 21 hari atau 100°C selama 3 hari. Hal ini disebabkan karena adanya penambahan bahan antioksidan yang dilakukan setelah lateks diradiasi, mekanisme reaksi 4, 5,5a dan 5b pada Gambar 3, bekerja sebagaimana semestinya, tetapi bila penambahan dilakukan sebelum lateks diradiasi, bahan antioksidan tersebut teradiolisis oleh sinar  $\gamma$  Co-60 membentuk senyawa lain yang mengakibatkan rusaknya lateks tersebut. Disamping itu fungsi bahan antioksidan sebagai penangkal oksidasi sudah tidak ada.

**Tabel 2. Kekentalan dan Waktu kestabilan mekanis lateks alam pravulkanisasi radiasi. Dosis radiasi 35 kGy, waktu radiasi 30 jam, kadar CCl<sub>4</sub> 4 psk.**

Perlakuan	Waktu kestabilan mekanis, detik.	Kekentalan, Cp.	Tegangan putus, kg/cm <sup>2</sup>		
			Suhu kamar	Setelah pemanasan 70°C selama 166 jam	Setelah pemanasan 100°C Selama 24 jam.
A	150	85	150	115	100
B	800	73	217	488	190
C	810	71	210	179	185

*Keterangan :*

A = Penambahan bahan antioksidan sebelum lateks diradiasi.

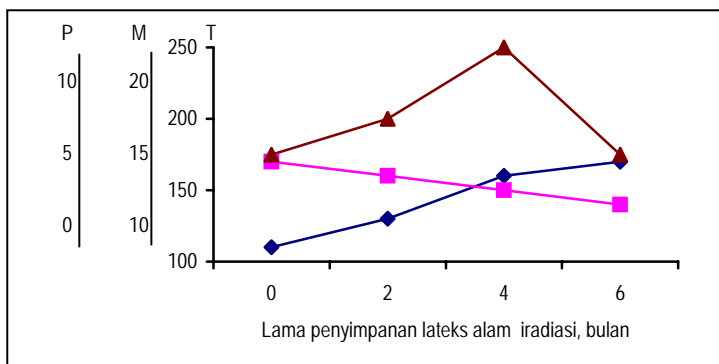
B = Penambahan bahan antioksidan sesudah lateks diradiasi.

C = Tanpa penambahan bahan antioksidan.



d. Sifat film karet dari lateks alam pravulkanisasi radiasi.

Sifat film karet misalnya modulus 600%, perpanjangan putus dan tegangan putus terlihat pada Gambar 3. Disamping itu perbandingan sifat film karet dari lateks alam pravulkanisasi radiasi baik yang dibuat skala kecil (2kg/batch) maupun skala besar (240kg/batch) dan keduanya berantioksidan vulkanof BKF 1psk, setelah disimpan beberapa tahun dapat dilihat seperti Tabel 3. Secara umum sifat film karet dari lateks pravulkanisasi dengan menggunakan kedua cara tersebut tidak berbeda nyata. Pada Gambar 3, lateks alam pravulkanisasi radiasi yang disimpan selama 6 bulan modulusnya meningkat, perpanjangan tetapnya menurun, sedang tegangan putusnya tidak berbeda nyata dari lateks alam tanpa penyimpanan, bahkan dalam penyimpanan 4 bulan tegangan putusnya mencapai maksimum. Sedangkan film karet dari lateks pravulkanisasi radiasi bila dipanaskan 70°C selama 168 jam atau disimpan selama 2 tahun, tegangan putusnya turun sekitar 15%. Hal ini masih memenuhi persyaratan pemeaiakian beberapa standar, misalnya sarung tangan (Tabel 3).



**Gambar 3.** Perpanjangan Tetap, Modulus 600% dan Tegangan Putus sebagai Fungsi Lama Penyimpanan Lateks Alam Pra-vulkanisasi Radiasi. (T = tegangan putus; M = modulus 600%; P = perpanjangan tetap,%).

**Tabel 3.** Sifat Mekanik Film Karet dari Lateks Alam Pra-vulkanisasi Radiasi, dosis 35 kGy, Kadar CCl<sub>4</sub> 4 psk, ionol 1 psk, setelah dipanaskan 70<sup>0</sup>C selama 168 jam dan Setelah Disimpan selama 2 tahun.

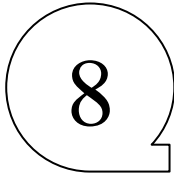
Sifat mekanik film karet	Tanpa pemanasan/ penyimpanan		Pemanasan 70 <sup>0</sup> C selama 168 jam		Penyimpanan selama 2 tahun	
	A	B	A	B	A	B
Modulus 600%, kg/cm <sup>2</sup> ;	15	16	15	15	14	15
Tegangan putus, kg/cm <sup>2</sup>	210	217	190	188	188	185
Perpanjangan putus, %	1000	980	1000	999	1000	1000
Perpanjangan tetap.	9	9	7	8	7	8

**Keterangan:**

A = Skala kecil (2 kg/batch)  
 B = Skala besar (240 kg/batch)

#### **IV. KESIMPULAN**

1. Lateks alam pekat (KKK =60%) yang berbahan pengawet sekunder 0,6% N<sub>3</sub> + 0,2% amonium larut dan berkadar CCl<sub>4</sub> psk, setelah diiradiasi dengan dosis 35 kGy, menghasilkan lateks alam pravulkanisasi radiasi stabil dalam penyimpanan 6 bulan.
2. Sifat mekanik filem karet dari lateks pravulkanisasi radiasi baik yang diproses dengan skala kecil (2 kg/batch) maupun skala lebih besar (240 kg/batch) tidak berbeda nyata pada selang kepercayaan 95%.
3. Film karet dari lateks pravulkanisasi BKF 1 psk , setelah mengalami pemanasan 70°C selama 168 jam, atau penyimpanan 2 tahun, baik tegangan putus maupun modulus memenuhi persyaratan pemakaian sarung tangan menurut beberapa standar misalnya ASTM D 3577, 1978.



# **PENGARUH BAHAN PENCEPAT PADA SIFAT FISIK DAN MEKANIK FILM KARET LATEKS ALAM IRADIASI**

Marga Utama  
Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN

## **ABSTRAK**

Pengaruh Bahan Pengawet Pencepat Pada Sifat Fisik Dan Mekanik Film Karet Lateks Alam Iradiasi. Tiga jenis bahan pencepat yaitu zinc diethyl dithio carbamet, zinc dibuthyl dithio carbamate, dan tetra methyl thio uram disulphide yang berkadar 0,1;0,3; dan 0,5 psk (perseratus bagian berat karet), telah ditambahkan ke dalam lateks alam iradiasi yang mengandung tiga bahan pencepat tersebut disimpan selama 0, 2,4, dan 8 minggu. Sifat film karet lateks alam iradiasi yang mengandung tiga macam bahan pencepat tersebut, yaitu modulus, tegangan putus, perpanjangan putus, perpanjangan tetap, pengembangan volume, dan bahan yang tidak larut dalam toluelah dievaluasi. Ternyata dengan menambah bahan pencepat 0,3 psk ke dalam lateks alam iradiasi kemudian disimpan 2 minggu atau lebih, maka modulus dan tegangan putus film karetnya meningkat lebih tajam daripada tanpa bahan pencepa, sedang persentase pengembangan volume dan bahan yang terekstrasi lebih kecil daripada tanpa penambahan bahan pencepat. Sementara itu baik perpanjangan putus maupun perpanjangan tetap relatif sama.

## **ABSTRACT**

Effect Of Accelerators On The Physical And Mechanical Properties of Irradiated Natural Rubber Latex Film. Three kinds of acclerators i.e. zinc diethyl dithio carbamet, zinc dibuthyl dithio carbamate, and tetra methyl thio uram disulphide with concetration of 0.1; 0.3; and 0.5 phr (part hundred ratio of rubber) have been addedinto the irradiated natural rubber latex, then storedfor 0, 2, 4, and 8 weeks. The physical and mechanical properties of the film namely modulus, tensile strength, elongfation at break, permanent set, swelling ratio, and gel fraction in toluena have been evaluated. The result showed that by adding the accelerators of about 0.3 phr into the irradiated latex and stored for 2 weeks, the modulus and tensile strength of rubber film sharply increased, th eswelling ratio and gel fraction decrease, while the elongation at break and permanent set was not so much different.

## I. PENDAHULUAN

Proses penting yang harus dilakukan supaya lateks karet alam menjadi kuat dan elastis pada film karetinya ialah proses vulkanisasi. Salah satu cara vulkanisasi yang telah dikembangkan oleh Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, badan Tenaga Atom Nasional Jakarta ialah vulkanisasi radiasi lateks alam dengan sinar gamma  $^{60}\text{Co}$  sebagai sumber radiasi. Ternyata dengan menggunakan proses ini lateks alam hasil vulkanisasi radiasi langsung dapat digunakan untuk barang-barang karet yang mempunyai modulus rendah dan perpanjangan putus tinggi, sedang tegangan putus cukup memenuhi standar pemakaian. Barang-barang karet yang cocok untuk sifat-sifat tersebut adalah kondom, sarung tangan medis, dan balon meteo<sup>(1-5)</sup>.

Pada proses vulkanisasi belerang, bahan pencepat dipergunakan sebagai bahan di samping dapat mempercepat reaksi vulkanisasi, juga memberikan sifat khusus pada barang karet yang dihasilkannya, misalnya zinc diethyl dithio carbamate dapat memberikan sifat barang karet yang bermodulus rendah, sedang zinc dibuthyl dithio carbamate sebaliknya<sup>(6)</sup>.

Berdasarkan data tersebut, dalam naskah ini disajikan hasil penelitian tentang pengaruh penambahan pencepat ke dalam lateks alam iradiasi terhadap sifat fisik dan mekanik film karetinya, dengan tujuan di samping sebagai bahan informasi bagi para industriawan yang bergerak di bidang perkaretan, juga diharapkan dapat memperluas pemakaian lateks alam iradiasi misalnya untuk sarung tangan industri, bola bleder, dan ban dalam.

## II. BAHAN DAN METODE

### Bahan :

Lateks alam iradiasi yang digunakan diproduksi oleh PAI-BATAN, dengan sifat seperti Tabel 1. Zinc diethyl dithio carbamate, zinc dibuthyl dithio carbamate, dan tetra methyl thio uramdisulfide digunakan sebagai bahan pencepat, dan bahan berwarna putih, merah yang semuanya buatan Jerman.

### Peralatan :

Iradiator lateks dengan aktivitas 215 kCi (1983) digunakan untuk memproduksi lateks alam iradiasi. Instron tester tipe 1122 digunakan untuk mengukur sifat fisik dan mekanik film karet, gilingan peluru digunakan untuk membuat dispersi bahan pencepat. Disamping itu digunakan peralatan ekstraksi dan pengukuran persentase pengembangan film karet.

**Tabel 1. Sifat lateks dan film karet alam iradiasi yang diproduksi pada bulan maret 1984 dalam skala pilot, dengan dosis iradiasi 40 kGy kadar CCl<sub>4</sub> 5 psk.**

Sifat	Nilai
Lateks:	
- pH	10.5-10.6
- kadar padatan, %	59.5-60.0
- kekentalan, cp	50.0-70.0
Film:	
- Modulus 600%, kg/cm <sup>2</sup>	20-22
- Tegangan putus, kg/cm <sup>2</sup>	200-220
- Perpanjangan putus, %	1000-1050
- Perpanjangan tetap, %	10-12

Metode :

Enam ratus gram lateks alam iradiasi diberi bahan pencepat berupa dispersi sebanyak 0.1; 0.3; atau 0.5 psk. campuran lateks yang mengandung dispersi bahanpencepat ini disimpan selama 0, 2, 4, dan 8 minggu. Campuran lateks alam iradiasi yang belum dan yang sudah disimpan tersebut diamati sifat fisik dan mekaniknya, yaitu modulus, tegangan putus, perpanjangan putus, persentase pengembangan, dan bahan yang larut dalam toluen yang prosedurnya disesuaikan dengan standar ASTM <sup>(7)</sup>.

Selanjutnya salah satu campuran lateks dengan bahan pemeka yang memiliki tegangan putus maksimal diuji dalam skala industri rumah tangga di Cianjur untuk bahan dasar pembuatan bahan sarung tangn industri yang pelaksanaannya seperti Gambar 1, yaitu : Enampuluh liter lateks alam iradiasi dibubuhi zinc dietyldithio carbamate berupa dispersi sebanyak 0.3 psk, dengan diberi sedikit bahan pewarna merah dan putih, kemudian campuran ini didiamkan semalam, lalu dibuat sarung tangan industri dengan metode penggumpalan pencelupan, dengan dua kali celup. Lateks yang menempel di cetakan sarung tangan dibiarkan kering di udara bebas, setelah kering dikupas, dicuci dengan air mendidih selama setengah jam, dan dan dikeringkan lagi, lalu dikemas didalam plastik. Sarung tangan industri yang dihasilkan diuji sifat fisik dan mekaniknya sesuai dengan standar ASTM, pada penyimpanan sarung tangan selam 0 sampai 4 tahun.



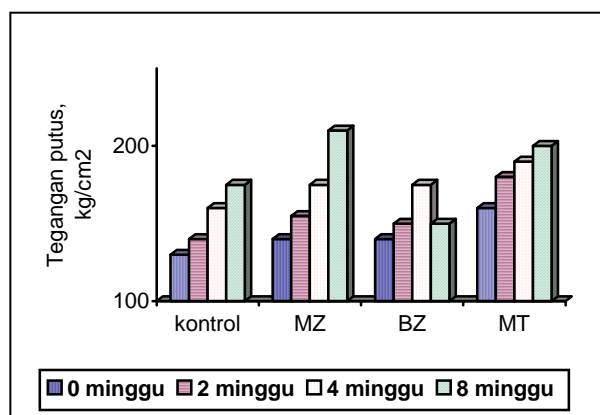
**Gambar 1.** Kegiatan Produksi Sarung Tangan industri dari Lateks Alam Iradiasi di Salah Satu Pengrajin Karet yang Berlokasi di Cianjur pada Pertengahan 1984 (atas), dan Hasilnya (bawah).

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 2-5 menunjukkan bahwa pada penyimpanan 0 minggu tegangan putus film karet yang mengandung bahan pencepat lebih besar daripada tanpa bahan pencepat (Gambar 2), sedangkan modulus 600% (Gambar 3), perpanjangan putus (Gambar 4), dan perpanjangan tetap (Gambar 5) relatif sama. Kenaikan tegangan putus maksimum diperoleh pada penambahan tetra methyl thio uram

disulfide yaitu dari 146 menjadi 180 kg/cm<sup>2</sup>, sedang modulus, perpanjangan putus, dan perpanjangan tetap relatif sama.

Tetapi pada penyimpanan 2, 4, dan 8 minggu baik tegangan putus maupun modulus film karet dari semua perlakuan mengalami kenaikan. Kenaikan modulus film karet yang berbahan pencepat lebih tajam daripada tanpa bahan pencepat. Naiknya modulus ini diduga karena reaksi pengikatan silang antara poliisopren lateks karet alam iradiasi masih berlangsung terus selama penyimpanan lateks, sedang lebih tajamnya kenaikan modulus diduga bahwa bahan pencepat dapat berfungsi sebagai katalisator, yaitu untuk mempercepat reaksi pengikatan silang antara poliisopren. Untuk memperkuat dugaan ini kedua jenis film karet tersebut diekstraksi dengan toluen selama 48 jam, dengan asumsi bahwa poliisopren yang tidak mengadakan reaksi pengikat silang akan larut<sup>(8)</sup>.



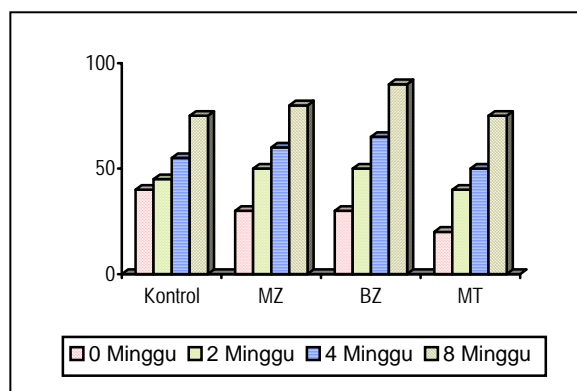
MZ = Methyl Zimat (Zinc Dimethyldithiocarbamate)  
 BZ = Buthyl Zimat (Zinc Dibuthyldithicarbamate)  
 MT = Methyl Tuads (Tetramethylthiouram Disulfade).

**Gambar 2.** Histogram Tegangan Putus film Karet Lateks Alam Iradiasi yang Tidak dan yang Mengandung Bahan Pemeka.

Dari hasil percobaan yang diperoleh (Tabel 2) menunjukkan bahwa presentase berkurangnya berat film karet yang mengandung bahan pencepat lebih kecil dari pada film karet tanpa bahan pencepat yaitu masing-masing sekitar 0.46 dan 0.55%. Parameter lain yang dapat memperkuat dugaan tersebut ialah presentase pengembangan film karet dalam benzene yang mengatakan bahwa makin kecil presentase pengembangan, jumlah ikatan silang antara poliisopren makin berkurang<sup>(9)</sup>. Tabel 3 menyajikan persentase pengembangan film karet lateks karet alam iradiasi yang berbahan pencepat dan yang tidak mengandung bahan pencepat. Ternyata film karet yang berbahan pencepat, persentase pengembangan sekitar 580%, sedang yang tidak mengandung bahan pencepat sekitar 630%.

**Tabel 2. Persentase Bahan yang Terekstrak Oleh Toluena Film Karet Lateks Alam Iradiasi yang Tidak dan Dengan Bahan Pncepat, Setelah Campuran Lateks Tersebut Disimpan 8 Minggu.**

Kadar bahan pncepat, psk	Persentase toluena bahan yang terekstraksi toluena		
	MZ	BZ	MT
0	0.55	0.55	0.55
0.1	0.45	0.46	0.44
0.3	0.44	0.44	0.46
0.5	0.47	0.43	0.43

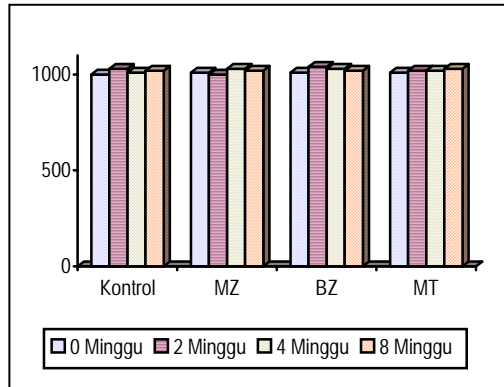


**Gambar 3.** Histogram Modulus 600% Film Karet Lateks Alam Iradiasi yang Tidak dan Mengandung Bahan Pemeka yang Campuran Lateksnya.

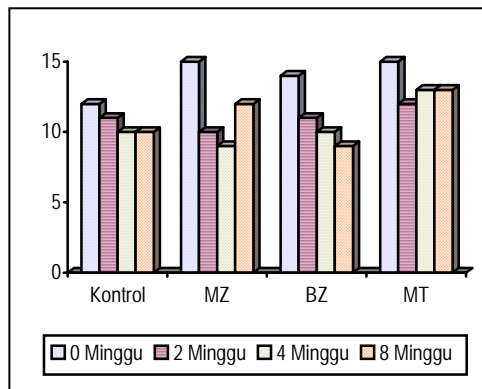
**Tabel 3. Persentase Pengembangan Film Karet Lateks Alam Iradiasi yang Tidak dan yang Mengandung Bahan Pncepat, Setelah Campuran Lateks Disimpan Selama 8 Minggu.**

Kadar bahan pncepat, psk	Persentase toluena bahan yang terekstraksi toluena		
	MZ	BZ	MT
0	630	630	630
0.1	590	580	585
0.3	575	585	580
0.5	578	588	589





**Gambar 4.** Histogram Perpanjangan Putus Film Karet Lateks Alam Iradiasi yang Tidak dan Mengandung Bahan Pemeka yang Campuran Lateksnya.



**Gambar 5.** Histogram Perpanjangan Tetap Film Karet Lateks Alam Iradiasi yang Tidak dan Mengandung Bahan Pemeka yang Campuran Lateksnya .

**Tabel 4.** Sifat Fisik dan Film Karet Lateks Alam Iradiasi yang Tanpa dan Dengan Titan Dioksida, setelah Campuran Lateks Disimpan 8 Minggu.

Kadar Titan Dioksida (psk)	Modulus 600% (kg/cm <sup>2</sup> )		Tegangan Putus (kg/cm <sup>2</sup> )		Perpanjangan Putus (kg/cm <sup>2</sup> )	
	TP	DP	TP	DP	TP	DP
0	20	13	225	168	1050	1050
0.1	19	9	224	132	1100	1100
0.3	19	9	238	142	1100	1100
0.5	21	10	202	150	1050	1050

**Keterangan :**

TP = Film Karet tanpa Pengusangan.

DP = Film Karet dengan Pengusangan 70°C selama 7 hari.

Pengaruh pemberian titan dioksida ke dalam lateks alam iradiasi sebagai bahan pewarna putih terhadap sifat fisik dan mekanik film karet disajikan pada Tabel 4. Tabel ini menunjukkan bahwa bahan pewarna putih tersebut tidak menaikkan baik modulus maupun tegangan putus, bahkan setelah film karet dipanaskan 70°C selama 7 hari, penurunan sifat mekanik tersebut lebih tajam dengan naiknya kadar bahan pewarna putih. Hal ini mencirikan bahwa pemakaian titan dioksida yang terlalu banyak dapat merusak film karet.

Daya tahan film karet yang dengan dan tanpa mengandung bahan pencepat lebih tahan terhadap pemanasan daripada yang tanpa mengandung bahan pencepat pada suhu 70°C selama 7 hari tertera di Tabel 5.

**Tabel 5. Sifat Fisik dan Mekanik Film Karet Lateks Alam Iradiasi yang Tidak dan Dengan Bahan Pencepat 0.3 psk, setelah Campuran Lateks Disimpan 8 Minggu.**

Jenis Bahan Pencepat	Modulus 600% (kg/cm <sup>2</sup> )		Tegangan Putus (kg/cm <sup>2</sup> )		Perpanjangan Putus (kg/cm <sup>2</sup> )	
	TP	DP	TP	DP	TP	DP
Kontrol	20	13	225	168	1050	1050
Zinc Dimethyl Dithiocarbamate	24	20	258	190	988	1000
Zinc Dibuthyl Dithiocarbamate	25	21	215	202	989	1010
Tetramethylthiuram Disulfate	22	16	270	190	1077	1050

**Keterangan :**

TP = Tanpa Pengusangan.

DP = Dengan Pengusangan 70°C selama 7 hari.

**Tabel 6. Sifat Fisik dan Mekanik Film Karet Sarung Tangan Industri dari Lateks Alam Iradiasi yang Diberi Zinc Dimethyldithiocarbamate Sebanyak 0.3 psk dan Bahan Pewarna Merah 0.01 psk.**

Sifat	Tanpa Disimpan		Disimpan 4 Tahun		Standar SII
	TP	DP	TP	DP	TP
Modulus 600%, kg/cm <sup>2</sup>	70	75	95	80	60*
Tegangan Putus, kg/cm <sup>2</sup>	260	200	230	200	180*
Perpanjangan Putus, %	1050	1000	1100	1050	600*

**Keterangan :**

TP = Sebelum Pengusangan.

DP = Sesudah Pengusangan 70°C, 7 hari (untuk SII tidak boleh kurang dari 85%).

\* = Nilai Minimum.

Tabel ini menunjukkan bahwa film karet alam yang mengandung bahan pencepat lebih tahan terhadap pemanasan daripada yang tanpa bahan pencepat. Disini ada tanda-tanda bahwa bahan pencepat disamping sebagai katalisator, juga sebagai bahan anti oksidan.

Selanjutnya dengan berpedoman pada Gambar 2 yang menunjukkan bahwa karet film karet yang mengandung zinc diethyl dithio carbamate sebanyak 0.3 psk film karetnya bertegangan putus tinggi, maka dibuatlah sarung tangan industri sebanyak 6000 buah di pengrajin karet yang beralokasi di Cianjur pada awal Juni 1984. Alasan menggunakan zinc diethyl dithio carbamate ialah walaupun lateks yang berbahan pencepat disimpan 8 minggu tegangan putus film karetnya meningkat terus. Sifat fisik dan mekanik film karet sarung tangan industri yang dihasilkan tertera di Tabel 6. Ternyata walaupun sarung tangan tersebut disimpan selama 4 tahun, yaitu dari awal Juli 1984 sampai dengan awal Juli 1988 baik tegangan putus maupun modulusnya masih memenuhi standar pemakaian menurut SII<sup>(10)</sup>.

#### **IV. KESIMPULAN**

Penambahan bahan pencepat 0.3 psk zinc diethyl dithio carbamate, diikuti penyimpanan 2 minggu atau lebih, akan meningkatkan modulus dan tegangan putus film karet yang dihasilkan lebih tajam daripada tanpa bahan pencepat, sedang peresentasi pengembangan volume dan bahan yang terekstrasi toluen lebih kecil. Sarung tangan industri yang dihasilkan memenuhi standar pemakaian menurut SII, walaupun disimpan selama 4 tahun.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

1. Sundardi, F., Utama, M., Dan Soeparmo, H., Pembuatan Barang Karet Dari Lateks Alam Pekat Yang Divulkanisasi Radiasi, Pusat Penelitian Pasar Jumat, BATAN, (1974).
2. Utama, M., Lateks Radiasi Sebagai Bahan Dasar Murah Untuk Pembuatan Sarung Tangan Secara Sederhana, Majalah BATAN, XVI 1 (1983) 96.
3. Utama, M., Studi Pemakaian Lateks Alam Iradiasi Untuk Pembuatan Barang-Barang Karet Di Tujuh Pengrajin Karet, Proses Radiasi, (Risalah Seminar, Jakarta 1986), Pusat Aplikasi Isotop Dan Radiasi, BATAN, Jakarta (1986) 87.
4. Utama, M., Sumarti, M., Herwinarni, S., Sudrajat, I., Iramani, D., Solikhati, S.U., Sundardi, F., Whyu, S.R., Sudarmadi., Dan Makuuchi, K., "Studi Pembuatan Kondom Lateks Alam Iradiasi", Proses Radiasi Dalam Industri, Sterilisasi, Dan Aplikasi Teknik Nuklir Dalam Hidrologi, (Risalah Pertemuan Ilmiah, Jakarta 1988), Pusat Aplikasi Isotop Dan Radiasi, BATAN, Jakarta (1989) 315.
5. Herwinarni, S., Sumarti, S., Dan Utama, M., Pembuatan Sarung Tangan Dokter Dari Lateks Alam Iradiasi, Proses Radiasi Dalam Industri,

- Strelisasi, Dan Aplikasi Teknik Nuklir Dalam Hidrologi, (Risalah Pertemuan Ilmiah, Jakarta 1988), Pusat Aplikasi Isotop Dan Radiasi, BATAN, Jakarta (1989) 403.
6. De Boer, G., Pengetahuan Praktis Tentang Karet, Ruygrak & Co., Jakarta 1952.
  7. American Standard Testing For Materials, ASTM D-412-83 and D-1076-80, Annual Book of ASTM 09 02 (1984).
  8. Anonim, Petunjuk Pembuatan Barang dari Karet Alam, Balai Penelitian Perkebunan Bogor, PT Kinta, Bogor (1985).
  9. Mark, J.E., Experimental Determination Of Crosslink Densities, Department Of Chemistry And Polymer Research Center, The University Of Cincinnati, Cincinnati (1970) 762.
  10. Anonim, Sarung Tangan Karet Untuk Penggunaan Umum, SII.094-85, (1985).



# PENGARUH TEKNIK PEMEKATAN PADA PROSES VULKANISASI RADIASI LATEKS KARET ALAM

Marga Utama  
Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN

## ABSTRAK

Pengaruh Teknik Pemekatan Pada Hasil Proses Vulkanisasi Radiasi Lateks Karet Alam. Dua macam teknik pemekatan lateks yaitu pemusingan dan pendadahan lateks sebelum dan sesudah divulkanisasi radiasi pada dosis 1,30. dan 50 kGy dengan bahan pemeka  $\text{CCl}_4$  sebanyak 5 psk (per seratus bagian berat karet) telah dicoba. Sifat lateks dan film karet lateks alam radiasi yang dihasilkan telah dievaluasi. Ternyata kekentalan dante gangan putus lateks pekat radiasi yang pemekatannya berasal dari cara pemusingan lebih tinggi daripada cara pendadahan, sedangkan modulus, perpanjangan tetap, perpanjangan putus, spektrum infra merah, dan suhu dekomposisi relatif sama.

## ABSTRACT

Effect Of Thikckening Techniques On The Productradiation Vulcanization Of Natural Rubber Latex (NRL). Two kind centrifuged technique of latex i.e. centrifuging and creaming before and after radiation vulcanization of NRL at irradiation does of 0,10,30, and 50 kGy with  $\text{CCl}_4$  5phr (part of hundred ratio of rubber) as sensitizer has carred out. The properties of irradiated latex, were higher than those of creamed latex , while modulus, permanent set, elongation aat break, I.R. spectra, and decomposition temperature were quite the same.

## I. PENDAHULUAN

Getah putih yang langsung disadap dari pohon Hevea brasiliensis disebut lateks kebun. Lateks ini berkadar karet kering 25-35%. Oleh karena lateks tersebut terlalu encer., maka belum dapat langsung dipasarkan<sup>(1)</sup>.

Untuk pembuatan barang jadi karet misalnya, kondom atau sarung tangan dibutuhkan lateks pekat yang berkadar karet kering antara 45 dan 55%<sup>(2-3)</sup>. Jadi supaya lateks kebun tersebut dapat digunakan untuk barang jadi karet, harus dipekatkan lebih dahulu.

Ada dua cara pemekatan yang dapat dilakukan di perkebunan karet, yaitu cara pemusingan dan pendidihan. Namun sampai saat ini cara pemusingan lebih banyak digunakan di pabrik pemekatan lateks, bahkan hampir seluruh perkebunan karet menggunakan dengan cara pemusingan<sup>(4)</sup>. Oleh sebab itu proses vulkanisasi radiasi lateks alam yang dilakukan selalu menggunakan lateks pekat pusingan<sup>(5-6)</sup>.

Prinsip pemekatan secara pemusingan ialah lateks kebun mula-mula dimasukkan ke dalam alat pemusing. Setelah pemusingan dilakukan dengan kecepatan 6-7 ribu putaran per menit, partikel karet alam tersebut akan mendapat gaya percepatan 2-3 ribukali percepatan bumi, sehingga terjadi pemisahan antara partikel karet dengan serumnya. Prinsip pemekatan lateks dengan dengan cara pendadiah ini maka terjadi peristiwa aglomerisasi pada partikel karet, yang kemudian mengempung, sedang bagian yang berada di lapisan bawah berupa serum<sup>(7)</sup>. Dengan adanya perbedaan kedua prinsip tersebut, maka diduga lateks hasil vulkanisasi radiasinya pun berbeda.

Tulisan ini menyajikan hasil penelitian tentang pengaruh cara pemekatan pada hasil proses vulkanisasi radiasi lateks alam, yang pemekatannya dilakukan dengan dua cara yaitu pemusingan dan pendadiah, dengan tujuan mengetahui secara terinci sifat lateks dan film karet hasil vulkanisasi radiasi dari kedua cara tersebut. Sehingga akan terbuka kesempatan bagi para petani karet untuk memvulkanisasi radiasi tidak saja dalam bentuk lateks pekat secara pemusingan, namun juga lateks pekat secara pendadiah.

## II. BAHAN DAN METODE

### Bahan :

Lateks kebun berasal dari perkebunan Pasir Waringin, serang , PTP XI yang dipanen bulan Juni 1988. Natrium alginat digunakan sebagai bahan pendadiah, karbon tetra klorida digunakna sebagai bahan pemekat, dan sabun anion yaitu pelek OTP digunakan sebagai bahan pengemulsi.

### Alat :

Alat yang digunakan yaitu iradiator gamma  $^{60}\text{Co}$  dengan aktivitas 110 kCi sebagai sumber radiasi, tensile tester merk Instron tipe 1122 untuk mengukur sifat mekanik film karet, pH meter, visikometer, dan alat pemekat lateks buatan Saito Separator Ltd., tipe SPL-100 berkapasitas 1 liter lateks pekat setiap jam.

### Tata Kerja :

Diagram alir percobaan disajikan pada Gambar 1. Dengan rincian sebagai berikut. Seratus kilogram lateks kebun yang baru disadap, diberi gas amonia sampai kadarnya 1% berat lateks, kemudian dibagi 3. Bagian pertama sebanyak 20 kg lateks kebun dipekatkan dengan cara pemusingan, bagian kedua sebanyak 20 kg dipekatkan dengan cara pendadihan yang menggunakan natrium alginat sebagai bahan pendadih. Kemudian sebelum divulkanisasi radiasi dengan sinar gamma  $^{60}\text{Co}$ , kedua macam lateks pekat tersebut diberi amonium larut 20% sebanyak 20.5 psk, sedang bagian ketiga sebanyak 60 kg lateks kebun langsung divulkanisasiradiasi. Lateks kebun hasil vulkanisasi radiasi tersebut di bagi tiga lagi. Bagian pertama dan kedua lateks kebun iradiasi ini dipekatkan dengan cara pemusingan, dan pendadihan, sedang bagian ke tiga langsung diuji sifat lateks dan film karetnya. Sesuai dengan standar ASTM <sup>(8,9)</sup>. baik dosis iradiasi, kadar bahan pemeka dan kadar padatan keempat jenis lateks pekat tersebut sama yaitu masing-masing :0,10,30, dan 50 kGy, bahan pemeka 4.5 psk  $\text{CCl}_4$ , dan kadar padatan 75%. Pengujian sifat lateks dan film karet dari keempat jenis lateks pekat yang sudah divulkanisasi radiasi disesuaikan juga dengan standar ASTM. Analisa struktur dan sifat termal dengan menggunakan alat FT-IR. dan DTG. prosedurnya disesuaikan dengan manual masing-masing alat.

<i>Perlakuan</i>	<i>Evaluasi</i>
Lateks Kebun	
A. Dipekatkan (pemusingan) → diiradiasi →	Sifat lateks dan
B. Dipekatkan (pendadihan) → diiradiasi →	film karet,
C. Diiradiasi → dipekatkan (pemusingan) →	struktur, serta
D. Diiradiasi → dipekatkan (pendadihan) →	sifat termal
E. Diiradiasi →	

**Gambar 1.** Diagram Alir Percobaan Pengaruh Teknik Pemekatan pada Proses Vulkanisasi Radiasi Lateks Alam.

### **III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada umumnya kadar padatan lateks pekat pusingan dan lateks kebun sebelum dan sesudah diiradiasi relatif sama (Tabel 1) Akan tetapi kadar padatan lateks pekat iradiasi yang berasal dari lateks pusingan. Kenaikan ini diduga berasal dari natrium alginat yang ditambahkan.

**Tabel 1. Kadar Padatan (%) Lateks Alam dengan Teknik Pemekatan dan Dosis Iradiasi Berbeda.**

Teknik pemekatan	Dosis iradiasi, kGy			
	0	10	30	50
A	57.2	57.3	57.2	57.2
B	57.2	57.3	57.3	57.3
C	57.3	57.3	57.3	57.2
D	57.3	57.2	57.3	57.3
E	31.6	31.6	31.6	31.5

*Keterangan :*

A = Lateks kebun dipekatkan dengan cara pemusingan, diiradiasi.

B = Lateks kebun dipekatkan dengan cara pendadihan, diiradiasi.

C = Lateks kebun diiradiasi, dipekatkan dengan cara pemusingan.

D = Lateks kebun diiradiasi, dipekatkan dengan cara pendadihan.

E = Lateks kebun diiradiasi.

Tabel 2 menyajikan pH lateks alam sebelum dan sesudah diiradiasi ternyata pH lateks alam sebelum diiradiasi lebih tinggi daripada sesudah diiradiasi, bahkan ada kecenderungan dengan naiknya dosis iradiasi pH lateks menurun. Hal ini disebabkan adanya radiolisis protein dan asam lemak dalam lateks alam yang mengakibatkan lateks menjadi lebih asam, sehingga pH lateks menurun.

**Tabel 2. pH Lateks Alam Iradiasi dengan Teknik Pemekatan dan Dosis Iradiasi Berbeda-beda.**

Teknik pemekatan	Dosis Iradiasi, kGy			
	0	10	30	50
A	10.61	10.41	10.38	10.36
B	10.62	10.36	10.33	10.34
C	10.62	10.38	10.35	10.36
D	10.62	10.39	10.37	10.37
E	10.61	10.42	10.40	10.38

Disamping itu ada kecenderungan bahwa pH lateks pekat iradiasi yang berasal dari lateks pusingan (Tabel 2 kode A dan C) lebih kecil daripada lateks dadih (Tabel 2 kode B dan D). Hal ini diduga karena kadar protein yang berada di dalam lateks pusingan lebih kecil daripada lateks dadih, sehingga asam-asam yang dihasilkan akibat radiolisis juga lebih kecil. Nurjanah dkk<sup>(10)</sup> melaporkan bahwa kadar N dalam lateks kebun lebih besar daripada lateks pekat pusingan tersebut dipekatkan lagi dengan cara pemusingan.

Kekentalan lateks alam sebelum diiradiasi lebih rendah daripada sesudah diiradiasi (Tabel 3). Hal ini diduga karena adanya peristiwa denaturasi protein lateks akibat kenaikan suhu selama proses iradiasi. Ada kecenderungan bahwa kekentalan lateks alam iradiasi yang berasal dari lateks pekat pusingan lebih tinggi daripada lateks pekat pendadihan. Hal ini disebabkan karena natrium



alginat yang ditambahkan pada waktu pendadahan, setelah diiradiasi menjadi lebih encer.

**Tabel 3. Kekentalan (cp) Lateks Alam Iradiasi dengan Teknik Pemekatan dan Dosis Iradiasi yang Berbeda-beda.**

Teknik pemekatan	Dosis Iradiasi, kGy			
	0	10	30	50
A	50	50	52	54
B	50	45	46	48
C	50	51	52	55
D	51	52	55	55
E	16	17	18	20

Seperti telah dilaporkan oleh para peneliti terdahulu, pada proses vulkanisasi radiasi lateks alam, dengan naiknya dosis iradiasi, modulus meningkat sedang perpanjangan putus atau tetap menurun. Pada dosis optimum atau dosis vulkanisasi diperoleh tegangan putus yang maksimum (11-13). Hal yang sama terjadi pula pada penelitian ini (Tabel 4-7). Hanya saja kenaikan modulus pada lateks kebun yang langsung diiradiasi sedikit lebih rendah daripada lateks pekat pusingan maupun pendadahan (Tabel 4 kode A, B, dan E), sedangkan perpanjangan putus atau perpanjangan tetap relatif sama (Tabel 5,6). Namun tegangan putus film karet lateks alam iradiasi yang berasal dari lateks pekat lebih tinggi daripada lateks kebun ataupun lateks dadih (Tabel 7).

**Tabel 4. Modulus 600% (Mpa) Film Karet Lateks Alam Iradiasi Dengan Teknik Pemekatan Dan Dosis Iradiasi Yang Berbeda.**

Teknik pemekatan	Dosis Iradiasi, kGy			
	0	10	30	50
A	0.2	1.4	1.8	2.5
B	0.2	1.4	1.7	2.5
C	0.2	1.3	1.8	2.4
D	0.2	1.4	1.9	2.5
E	0.2	1.2	1.6	2.2

**Tabel 5. Perpanjangan Putus (%), Film Karet Lateks Alam Iradiasi Dengan Teknik Pemekatan Dan Dosis Radiasi Yang Berbed-Beda.**

Teknik pemekatan	Dosis Iradiasi, kGy			
	0	10	30	50
A	1100	1090	1000	990
B	1200	1000	1000	950
C	1100	990	990	950
D	1100	1000	990	900
E	1200	1100	1000	980

Lateks kebun yang diiradiasi terlebih dahulu baru dipekatkan dengan cara pendadihan nilai tegangan putusnya relatif lebih rendah daripada lateks pekat pusingan yang langsung diiradiasi (Tabel 7).

**Tabel 6. Perpanjangan Tetap (%) Film Karet Lateks Alam Iradiasi dengan Teknik Pemekatan Dosis Iradiasi yang Berbeda-beda.**

Teknik pemekatan	Dosis Iradiasi, kGy			
	0	10	30	50
A	66.5	13.5	8.7	7.9
B	66.7	14.6	9.6	8.0
C	66.9	15.0	9.9	8.6
D	66.8	14.7	9.8	8.6
E	67.0	13.9	9.6	7.9

**Tabel 7. Tegangan Putus (MPa) Film Karet Lateks Alam Iradiasi Dengan Teknik Pemekatan Dan Dosis Radiasi Yang Berbeda-Beda.**

Teknik pemekatan	Dosis Iradiasi, kGy			
	0	10	30	50
A	2.1	15.0	26.6	24.7
B	1.9	12.0	22.7	20.0
C	1.9	13.7	23.0	21.0
D	1.9	14.0	22.5	22.6
E	1.8	14.7	24.8	23.0

Jadi untuk mendapatkan tegangan putus yang digunakan tidak menunjukkan adanya perbedaan yang berarti (Gambar 2). Film karet alam iradiasi yang berasal dari 5 perlakuan mempunyai isi ragam daya adsorpsi kuat pada abilangan-bilangan gelombang 2960, 2860, 1660, 1447, 1375, dan 837  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya gugus-gugus C-H stretching, CH. C=C stretching, CH. C=C stretching, CH deformasi, RC=CHR. Hal yang sama terjadi pula pada suhu dekomposisinya yang diukur menggunakan cara pendadihan relatif lebih rendah daripada cara pemusingan (Tabel 8).

**Tabel 8. Energi Aktivasi (Kkal/Mol) Film Karet Dari Lateks Alam Pekat Iradiasi, Dengan Teknik Pemekatan Dan Dosis Radiasi Berbeda-Beda.**

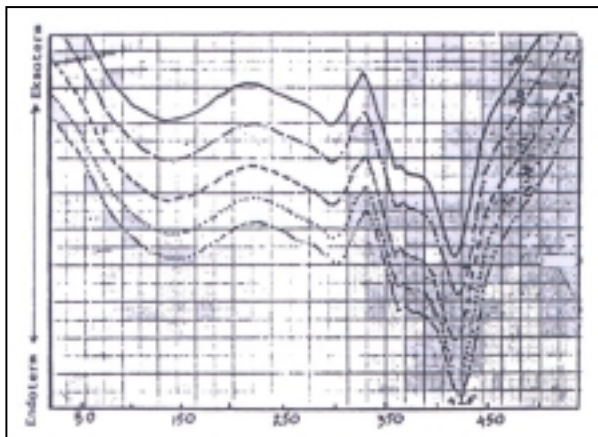
Teknik pemekatan	Dosis Iradiasi, kGy			
	0	10	30	50
A	54.0	55.7	56.1	56.7
B	56.0	59.7	58.0	60.0
C	55.0	55.9	57.0	56.8
D	55.0	59.0	58.2	57.0
E	54.9	56.7	57.8	58.1



**Gambar 2.** Spektrum Infra Merah Karet Alam Hasil Vulkanisasi Rdiasi Dari Lateks Yang Berbeda Teknik Pekatannya.

*Keterangan :*

- A = Lateks kebun dipekatkan dengan cara pemusingan, diiradiasi.
- B = Lateks kebun dipekatkan dengan cara pendadihan, diiradiasi.
- C = Lateks kebun diiradiasi, dipekatkan dengan cara pemusingan.
- D = Lateks kebun diiradiasi, dipekatkan dengan cara pendadihan.
- E = Lateks kebun diiradiasi.



**Gambar 3.** Termogram DTA Film Karet Lateks Alam Iradiasi yang Teknik Pekatannya Berbeda-Beda.

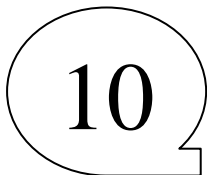
#### IV. KESIMPULAN

Lateks alam pekat iradiasi yang pemekatannya dikerjakan dengan cara pemusingan sebelum diiradiasi, disamping lateksnya lebih kental, juga tegangan putusnya lebih tinggi dari keempat cara lainnya yaitu : lateks kebun, didadihkan, diiradiasi, lateks kebun diiradiasi kemudian didadihkan dan dengan cara lateks kebun diiradiasi saja. Sementara itu modulus, perpanjangan putus, perpanjangan tetap, pH, spektrum infra merah, dan suhu dekomposisi kelima film karet yang berasal dari kelima perlakuan tersebut relatif sama.

## DAFTAR PUSTAKA

1. De Boer, Pengetahuan Praktis Tentang Karet. Ruygrock dan Co. Jakarta (1952).
2. Kusnata, Pembuatan Barang Karet dari Lateks. Bogor (1967), Tidak dipublikasikan.
3. Utama, M., Studi Pembuatan Lateks Karet Alam Iradiasi Untuk Pembuatan Barang-barang Karet di Tujuh Pengrajin Karet, Risalah Seminar Nasional Proses Radiasi. PAIR-BATAN. Jakarta (1986) 87.
4. Budiman, Trade of Natural Rubber Latex. Regional Training Course on Radiation Vulcanization of Natural Rubber Latex. Jakarta. June 26 - July 10, 1991 (tidak dipublikasikan).
5. Nadarajah, Progress Report on Natural Rubber Latex for Radiation Vulcanization. Regional Training Course on Radiation Vulcanization of Natural Rubber Latex. Jakarta. June 26 - July 10, 1991 (tidak dipublikasikan).
6. Gazely, K.F., and Pendle, T.D., Techno;ogical Evaluation of Radiation Precured of Natural Rubber Latex. Proc. Of Int. Symp. on RVNRL. TRCRE-JAERI. Tokyo.
7. Sugianto, Pengantar Pengolahan Lateks Pekat, Kursus Pengetahuan Lateks dan Komponen Pembuatan Sarung Tangan Karet. Bogor 23 Juni - 4 Februari 1989 (tidak dipublikasikan).
8. ASTM, Test for Rubber Properties in Tension. Annual Book ASTM, part 37 (1977) D 417.
9. ASTM, Standard Specification For Concentrated, Ammonia Preserved, Creame And Centrifugal Natural Latex, D 107-71, Annual Book ASTM, Part 28 (1971) 505-17.
10. Nurjanah Mohid, Makuuchi K. , Yoshi F . , And Ishigaki I . , Effect Of Non Rubber Components On Sensitised RVNRL, Proceeding Of The International Symposium on RVNRL, TRCRE-JAERI, Tokyo (1990)157.
11. Yuyi Minoura, And Momaru Asao, Studies On The Gamma Irradiation Of Natural Rubber Latex, J. Appl. Pol. Sci . ,v 16 (1961) 233.

12. Laizeir J . , Procédé De Traitement D' Elastomers, Brevé D' Invention, 2040 614 (1971).
13. Mesrobian, B . , U. S. Patent 3131 139 (1964).



## **PENGARUH BAHAN PENGAWET SEKUNDER PADA KESTABILAN LATEKS ALAM IRADIASI**

Marga Utama  
Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN

### **ABSTRAK**

Pengaruh Bahan Pengawet Sekunder Pada Kestabilan Lateks Alam Iradiasi. Empat bahan pengawet sekunder, yaitu ZDC (Zinc Diethyl Dithiocarbamat), ZnO, asam borat, dan amonium laurat masing-masing ditambahkan pada lateks alam, lalu divulkanisasi radiasi dengan dosis 20, 30, dan 40 kGy. Sifat lateks alam iradiasi dan film karetinya diamati, kemudian dievaluasi. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa lateks alam iradiasi yang lebih stabil bila dibandingkan dengan yang menggunakan bahan pengawet lainnya. Demikian pula teganagn putus film karetinya lebih baik.

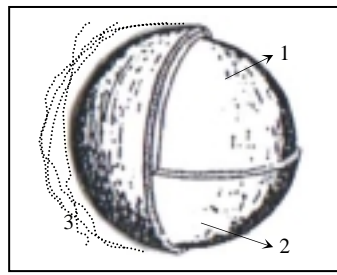
### **ABSTRACT**

Effect Of Secondary Preserving Agents On The Stability Of Irradiated Natural Rubber Latex. Four kinds of secondary preserving agents i.e. ZDC (Zinc Diethyl Dithiocarbamat), ZnO, boric acid, and ammonium laurate, each was added to natural rubber latex, then processed by radiation vulcanization with doses of 20, 30, and 40 kGy. The properties of the irradiated natural rubber latex and it's rubber film weremeasured, and then were evaluated. The result showed that ammonium laurate 0.2% was the bestsecondary preserving agent as compared with the other, since it produced the more stable irradiated natural rubber latex. Tensile strength of it's rubber film was also higher than other.

## I. PENDAHULUAN

Lateks karet alam (*Hevea brasiliensis*) adalah dispersi butir-butir yang didalamnya terkandung beberapa macam senyawa kimia, yaitu protein, fosfolipid, loko-trienol, sterol, dan esternya, karotenoid, plastokromanol, lipid, karbohidrat, glutation, asam amino bebas, asam askorbat, basa nitrogen, asam nukleotida, plastokuinon trigonelein, dan argotichin. Bahan-bahan tersebut berkadar antara 0.02 dan 1.5 berat lateks<sup>(1-4)</sup>.

Kemantapan lateks disebabkan partikel karet dikelilingi oleh lapisan pelindung yang terdiri dari protein dan fosfolipid dalam air<sup>(5,6)</sup>. Bila digambarkan partikel karet tersebut adalah sebagai berikut :



1. Partikel karet.
2. Lapisan protein dan fosfolipid (bermuatan positif).
3. Lapisan air (bermuatan positif).

Dengan menambahkan bahan pengawet primer, yaitu amonia, maka fosfolipid akan terhidrasi menghasilkan asam lemak dan bereaksi dengan amonia membentuk sabun amonia. Sabun ini diserap oleh partikel karet sehingga lateks bertambah mantap selama penyimpanan. Di samping itu, protein juga terhidrolisis membentuk polipeptida dan asam amino yang larut dalam air. Akan tetapi, jalannya reaksi jauh lebih lambat bila dibandingkan dengan reaksi pertama<sup>(6)</sup>.

Oleh karena amonia mudah menguap dan ada kemungkinan akan hilang selama transportasi dari kebun ke tempat pengolahan lateks, maka supaya lateks tetap dalam keadaan stabil, perlu ditambah bahan pengawet sekunder, misalnya natrium larut, natrium pentaklorfenat (SPP), seng dietil ditiokarbamat (ZDC), campuran asam borat dan amonium larut, etilen diamin tetra asam asetat (EDTA), dan amonium larut<sup>(7, 8)</sup>. Kartowardojo dkk.<sup>(9)</sup> melaporkan bahwa lateks alam dengan bahan pengawet sekunder amonia sebanyak 0.8% berat lateks ternyata tidak mantap setelah mengalami iradiasi gamma <sup>60</sup>Co, karena waktu kestabilan mekaniknya menurun dari 1540 detik pada dosis 5kGy menjadi 430 detik pada dosis 20 kGy. Oleh karena itu, amonia tidak dapat digunakan sebagai bahan

pengawet skunder pada proses vulkanisasi radiasi secara pengadukan, karena hal ini akan mengakibatkan penggumpalan.

Dalam penelitian akan dipelajari pengaruh penambahan beberapa jenis bahan pengawet sekunder ke dalam lateks alam pekat sebelum diiradiasi terhadap kestabilan lateks yang dihasilkan. Bahan pengawet sekunder yang digunakan ialah ZnO, ZDC, campuran asam borat dan amonium laurat, dan amonium laurat. Parameter kesetabilan lateks iradiasi yang diamati ialah waktu kestabilan mekanik, kekentalan, kadar KOH, dan kadar amonia. Sifat mekanik film karet dari lateks iradiasi, yaitu modulus, tegangan putus, dan perpanjangan putusnya juga diamati.

## II. BAHAN DAN METODE

### Bahan :

Bahan yang digunakan ialah lateks kebun berkadar karet kering 35-40% yang berasal dari pohon *Hevea brasiliensis* varietas GT 1, dari perkebunan Pasir Waringin Serang. Seng oksida, seng dietilditiokarbamat, asam borat, amonium laurat, dan karbon tetrakloridayang digunakan semuanya berkualitas pro analisis.

### Alat :

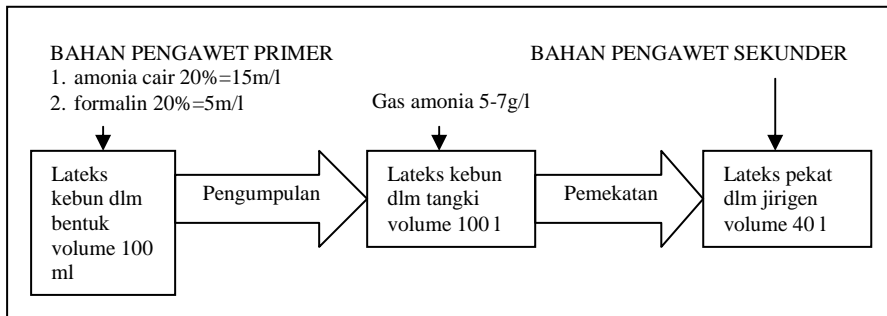
Pemekatan lateks dilakukan dengan alat pemusing berkecepatan 7000 putaran permenit. Iradiasi dilakukan dalam iradiator panorama <sup>60</sup>Co dengan laju dosis 2 kGy/ jam. Alat untuk pengujian sifat lateks dan film karet ialah Klaxon stirrer, Viskometer Vangils, dan Instron Tensile Tester. Alat tempat untuk mengiradiasi lateks pekat ialah tangki Al berkapastas 65 liter yang dilengkapi dengan pengaduk dan motornya.

### Tata Kerja :

#### **Pemekatan lateks.**

Seratus kg lateks yang baru disadap dari pohon karet mula-mula diberi bahan pengawet primer amonia cair dengan kadar  $\pm 1\%$ . Kemudian dibawa ke pabrik pemekatan lateks yang memerlukan waktu 2 jam. Lateks tersebut dimasukan ke dalam alat pemusing untuk dipekatkan. Lateks pekat yang keluar dari alat pemusing lalu dibubuhi bahan pengawet sekunder yang digunakan ialah seng dietil ditiokarbamat (ZDC, 0, 1%), seng oksida (ZnO, 0, 1%), campuran asam borat dan amonium laurat (AB + A1, 0.24 : 0.05%) dan amonium laurat (A1, 0.05%). Masing-masing contoh lateks yang telah diberi bahan pengawet sekunder dimasukan ke dalam herigen plastik dan disimpan selama 1-2 bulan (Gambar 1).





**Gambar 1.** Proses Pemekatan Lateks Kebun dengan Menggunakan Bahan Pengawet Primer dan Sekunder.

### Proses VulkanisasiRadiasi Lateks Alam.

Dua liter lateks alam pekat diberi bahan pengawet  $\text{CCl}_4$  sebanyak 4 psk (perseratus bagian karet) dalam bentuk emulsi. Kemudian diaduk pelan-pelan dan diiradiasi dengan dosis 20, 30, dan 40 kGy. Selama iradiasi, lateks dalam keadaan tertutup rapat dan tidak diaduk.

### Uji Sifat Lateks dan Film Karet.

Kualitas lateks iradiasi, yaitu bilangan KOH, kekentalan, dan waktu kesetabilan mekaniknya, serta sifat film karetinya, yaitu modulus, tegangan putus, dan perpanjangan putusnya ditentukan berdasarkan ASTM<sup>(10, 11)</sup>.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan beberapa sifat lateks yang berpengaruh langsung pada kestabilan lateks baik kemantapan kimia, maupun kemantapan mekanik, yaitu kadar amonia, bialangan KOH, kekentalan, dan waktu kesetabilan mekanik diperlihatkan pada Tabel 1. terlihat bahwa kadar amonia lateks iradiasi dengan menggunakan beberapa macam bahan pengawet sekunder, yaitu ZDC ZnO, AB + Al, dan Al tidak berbeda. Hal ini disebabkan penguapan gas amonia sewaktu diiradiasi hampir tidak ada, karena selama iradiasi, lateks tersebut ditempatkan dalam wadah yang tertutup rapat. Di samping itu, terbentuknya gas amonia akibat iradiasi pada protein dalam serum lateks tidak terlalu banyak<sup>(12)</sup>.

Bilangan KOH lateks iradiasi yang diberi pengawet sekunder campuran asam borat dan amonium laurat ternyata lebih tinggi daripada lateks iradiasi dengan bahan pengawet lainnya. Hal ini karena dengan adanya asam borat, protein terhidrolisis membentuk asam amino yang reaksinya berjalan sangat cepat,

sehingga jumlah asam bertambah banyak. Akibatnya bilangan KOH lebih tinggi daripada lateks yang diberi bahan pengawet lain.

**Tabel 1. Sifat Lateks Iradiasi dengan Beberapa Macam Bahan Pengawet Sekunder.**

Dosis iradiasi (kGy)	Kadar NH <sub>4</sub> <sup>*</sup>				Bilangan KOH (%)*				Kekentalan (cp)*				WKS (detik)*			
	0	20	30	40	0	20	30	40	0	20	30	40	0	20	30	40
ZnO	0.67	0.66	0.64	0.64	0.13	0.13	0.13	0.13	78	102	103	140	570	408	515	400
ZnO	0.66	0.66	0.64	0.65	0.12	0.13	0.13	0.13	78	251	232	234	470	300	200	200
AB + Al	0.68	0.64	0.63	0.62	0.18	0.18	0.25	0.18	72	212	216	250	371	306	296	280
Al	0.68	0.65	0.63	0.66	0.14	0.13	0.14	0.14	80	89	90	95	850	990	990	1215

\* Hasil rata-rata dari tiga kali ulangan percobaan.

WKS = waktu kestabilan mekanik.

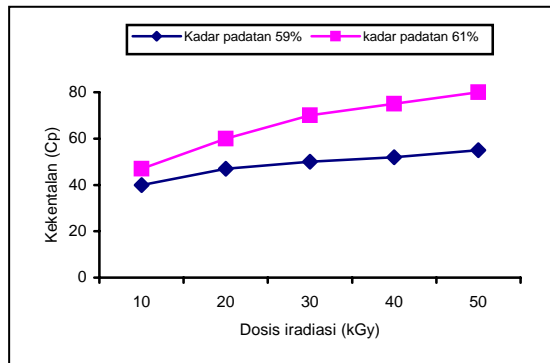
Kekentalan lateks iradiasi umumnya lebih tinggi daripada. Lateks yang belum diiradiasi. Hal ini mungkin disebabkan karena protein pecah akibat iradiasi, lalu kestabilan lateks berkurang, sehingga kekentalan menaik. Dalam proses vulkanisasi radiasi lateks alam dengan cara pengadukan pada waktu iradiasi, kekentalan merupakan parameter yang sangat penting, karena dengan bertambahnya kekentalan, maka makin besar pula tenaga yang diperlukan untuk mengaduk lateks tersebut. Dari Tabel 2 terlihat bahwa latek iradiasi yang diberi bahan pengawet amonium laurat mempunyai kekentalan paling rendah bila dibandingkan dengan lateks yang diberibahan pengawet lainnya. Salah satu cara yang telah dilakukan untuk mengendalikan kenaikan kekentalan agar tidak terlalu tinggi ialah dengan menurunkan kadar padatan atau kadar karet kering. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2, yang menunjukkan bahwa kenaikan kekentalan lateks iradiasi yang berkadar 59% tidak setajam pada lateks iradiasi yang berkadar padatan 61%, walaupun dosis iradiasi dinaikan sampai 50 kGy.

**Tabel 2. Sifat Film Karet Dari Lateks Iradiasi Dengan Beberapa Macam Bahan Pengawet Sekunder.**

Jenis pengawet	Dosis iradiasi (kGy)*	Perpanjangan putus (%)*	Modulus 600% (kg/cm <sup>2</sup> )	Perpanjangan tetap (%)*	Tegangan putus (kg/cm <sup>2</sup> )*
ZDC	20	1100	12.3	8.89	133.7
	30	960	14.2	6.94	112.8
	40	880	15.8	7.78	80.7
ZnO	20	1030	8.2	10.00	77.5
	30	1050	9.8	12.22	51.1
	40	1050	14.6	7.78	92.1
AB + Al	20	1100	10.8	11.11	100.1
	30	900	11.7	7.70	46.4
	40	**	**	**	**
Al	20	1100	12.4	8.89	147.7
	30	1000	10.4	8.05	150.7
	40	1000	15.6	6.67	155.7

\* Hasil rata-rata dari tiga kali ulangan percobaan.

\*\* Lateks terlalu kental sehingga tidak dapat dibuat film karet.



**Gambar 2.** Kekentalan Lateks Alam Sebagai Fungsi dari Dosis Iradiasi.

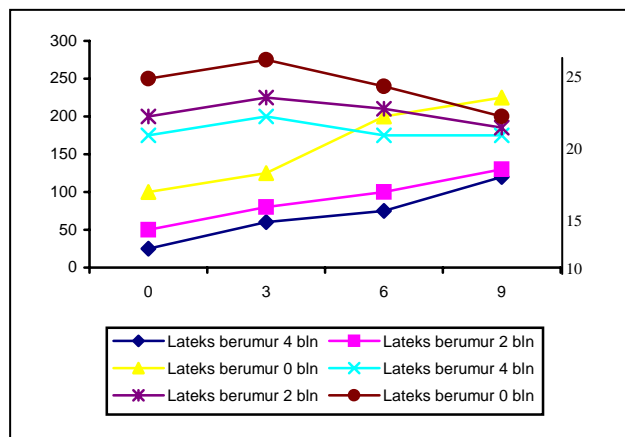
Dalam proses vulkanisasi radiasi lateks alam dengan metode pengadukan, waktu kestabilan mekanik merupakan faktor yang sangat penting. Hasil penelitian terdahulu <sup>(13)</sup> menunjukkan bahwa dengan waktu kestabilan mekanik rendah, yaitu kurang dari 500 detik, lateks alam menggumpal pada proses vulkanisasi secara pengadukan. Waktu kestabilan mekanik lateks yang diberi pengawet amoniumlaurat ternyata lebih dari 500 detik sebelum diiradiasi, dan setelah diiradiasi menjadi 1200 detik. Hal ini menunjukkan bahwa lateks yang diberi pengawet amonium laurat dapat digunakan untuk proses vulkanisasi radiasi secara pengadukan, karena selama proses dapat dihindarkan.

Hasil pengamatan beberapa sifat mekanik film karet dari lateks iradiasi, yaitu perpanjangan putus, modulus 600%, perpanjangan tetap, dan tegangan putus diperlihatkan pada Tabel 2. Tabel tersebut menunjukkan bahwa perpanjangan putus film karet yang diberi pengawet sekunder amonium laurat dan ZnO hampir tidak berbeda antara dosis iradiasi 20, 30 dan 40 kGy. Akan tetapi, pada film karet dari lateks iradiasi yang diberi pengawet lain ternyata perpanjangan putusnya menurun dengan naiknya dosis iradiasi.

Modulus 600% dan perpanjang tetap film karet dari lateks iradiasi dengan dosis 20, 30, dan 40 kGy ternyata berbeda, yaitu modulus naik dengan naiknya dosis iradiasi, sedangkan perpanjangan tetap turun. Menaiknya modulus dan menurunnya perpanjangan tetap tersebut disebabkan jumlah pengikat silang antara poliisopren yang satu dan yang lain meningkat dengan naiknya dosis iradiasi <sup>(14)</sup>.

Tegangan putus film karet ternyata dipengaruhi oleh jenis bahan pengawet dan dosis iradiasi. Terlihat bahwa tegangan putus film karet yang mengandung pengawet amonium laurat relatif lebih tinggi daripada film karet yang diberikan pengawet lain. Jadi, bila ditinjau dari tegangan putus film karet yang dihasilkan, maka lateks iradiasi dengan pengawet amonium laurat lebih baik daripada yang diberi pengawet lain. Gambar 3 memperlihatkan perubahan tegangan putus dan modulus 600% film karet untuk sarung tangan yang dibuat dari lateks iradiasi dengan dosis 30 kGy dan diberi bahan pemeka CCl<sub>4</sub> 4 psk dan

bahan pengawet standar amonium laurat 0.2%, selama penyimpanan dalam suhu kamar. Terlihat bahwa tegangan putus film karet mengalami kenaikan sampai penyimpanan 3 bulan, lalu menurun kembali, sedang modulus 600%-nya terus menunjukkan peningkatan sampai 9 bulan penyimpanan.



**Gambar 3.** Tegangan putus dan modulus 600% film karet sarung tangan sebagai fungsi dari lama penyimpanannya.

Sifat lateks dan film karet dari alam sebelum dan sudah diiradiasi yang diambil dari beberapa pabrik pengolahan lateks yang beralokasi di Malaysia dan Indonesia tertera di Tabel 3. Tabel ini secara umum menunjukkan bahwa kadar padatan dan kekentalan lateks alam lebih besar daripada lateks iradiasi. Hal ini disebabkan adanya bahan pemekaan berupa cairan pada proses vulkanisasi radiasi lateks alam tersebut. Di samping terlihat bahwa tegangan putus film karet lateks iradiasi cenderung meningkat sesuai dengan besarnya tegangan putus awal. Hal yang sama terjadi pula pada modulus 600%, tetapi perpanjangan putus hampir tidak berbeda. Ini berarti bahwa sebelum divulkanisasi radiasi, lateks tersebut sudah mengalami vulkanisasi awal atau pravulkanisasi. Salah satu cara untuk mendapatkan lateks alam pravulkanisasi ialah dengan memberikan bahan pengawet sekunder bersulfur organik, misalnya TMTD (Tetramethyl Thiouram Disulphide). Jadi, untuk mendapatkan film karet lateks alam iradiasi dengan tegangan putus tinggi misalnya di atas 240 kg/cm<sup>2</sup>, diperlukan bahan baku lateks alam dengan film karet yang mempunyai tegangan putus tinggi, misalnya di atas 40 kg/cm<sup>2</sup>, walaupun dosis iradiasi dan kadar bahan pemeka CCl<sub>4</sub> ikut juga berperan.

Tabel 3. Sifat Lateks dan Film Karet dari Lateks Alam Sebelum dan Sesudah Diiradiasi dengan Dosis 40 kGy, kadar CCl<sub>4</sub> 4 psk (per seratus bagian berat karet), Lateks Diambil dari Beberapa Pabrik Pengolahan Lateks.

Jenis lateks	Dosis (kGy)	Sifat lateks*		Sifat film karet*		
		Kadar padatan (%)	Kekentalan (cp)	Modulus 600% (kg/cm <sup>2</sup> )	Tegangan putus (kg/cm <sup>2</sup> )	Perpanjangan putus (%)
Alma	0	61.3	37	9.7	54	1050
	40	59.0	34	23.7	246	1050
Boursteard	0	62.38	40	8.6	28	1000
	40	58.3	31	23.0	230	1000
Dunlop	0	61.87	43	8.1	43	1000
	40	58.9	32	23.9	243	1000
Felda	0	62.07	58	8.8	42	975
	40	58.9	41	22.8	255	1050
Lee latex	0	61.6	42	8.1	40	1000
	40	58.7	37	22.9	251	1050
Mardek	0	61.8	43	7.2	34	1050
	40	58.4	34	21.4	214	1000
Wari	0	65.0	119	5.7	16	1000
	40	59.3	40	16.7	231	1075

\* Hasil rata-rata dari tiga kali ulangan percobaan.

#### IV. KESIMPULAN

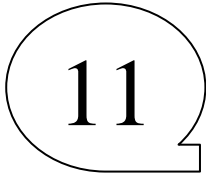
Penambahan bahan pengawet sekunder ZDC (seng dietil ditiokarbamat), ZnO (seng oksida), campuran asam borat, dan amonium laurat, atau amonium laurat saja pada proses vulkanisasi radiasi lateks alam, akan menghasilkan lateks iradiasi dengan sifat yang berbeda-beda.

Dari keempat macam bahan pengawet tersebut, amonium laurat dengan kadar 0,2% berat lateks dan kadar NH<sub>3</sub> sebesar 0.6 – 0.8% berat, merupakan bahan pengawet yang terbaik, sebab dapat menghasilkan lateks iradiasi yang stabil dan film karet yang mempunyai tegangan putus tinggi.

Lateks alam dengan film karet bertegangan putus tinggi, apabila diiradiasi dengan sinar gamma <sup>60</sup>Co, akan menghasilkan lateks alam iradiasi yang film karetnya bertegangan putus tinggi pula, walaupun dosis iradiasi dan kadar CCl<sub>4</sub> juga ikut berperan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Van Gils, G.E., dan Suharto, H., Aliran Lateks Komposisi dan Sifat Lateks Komposisi dan Sifat Lateks, Menara Perkebunan, 44, 2 (1976) 7.
2. Noble, R.J., Latex, palmerton Publishing Co., Inc., New York (1953).
3. Suseno, S., dan Sudjono, I., Pengaruh pH terhadap Penggumpalan Lateks Kebun dan Sifat Karet yang Diperoleh, Menara Perkebunan, 43 (1975) 133.
4. Ho Son Lie, Lateks Pekat, Menara Perkebunan, 43, 4 (1964) 82.
5. Thio Goan Loo, Pra Koagulasi dari Lateks Kebun, Menara Perkebunan, 27, 9, (1958) 207.
6. Suseno, S., Studi Mengenai Beberapa faktor yang Mempengaruhi Penggumpalan Lateks Serta Peningkatan Mutu Karet Akim, Ph. D. Thesis, Universitas Pajajaran, Bandung (1980).
7. Triwijoso, S.U., Tinjauan Spesifikasi Lateks Pekat dan Pengujiannya, Menara Perkebunan, 43, 1 (1975) 29.
8. Utama, M., Suyitno, dan Danu, S., Survei Beberapa Pabrik Pengolahan Lateks di Jawa dan Sumatera, Jakarta (1982), tidak dipublikasikan.
9. Kartowardoyo, S., and Sundardi, Studies on the preparation and uses of  $^{60}\text{Co}$  Gamma Rays Irradiated Natural Latex, J. Appl. Sci., 21 (1977) 3077.
10. ASTM, Standard Specification for Concentrated Ammonia Preserved, Creamed and Centrifuged Natural Latex, D 107-71, annual Book of ASTM, Part 28 (1971) 505-17.
11. ASTM, Test For Rubber Properties in Tension, Annual Book Standard, Part 37 (1977) D.412.
12. James, H.O., Principle of Radiation Chemistry, Edward Arnold Ltd., London (1969).
13. Utama, M., Lateks Radiasi Sebagai Bahan Dasar Murah untuk Pembuatan Sarung Tangan Secara Sederhana, Majalah BATAN, 24, 1 (1983) 96.
14. PUIG, J.R., Radiation Curing of Natural Rubber Latex, CAPRI, CEN, CEA, Franch (1970).



# **PENGARUH KEBERSIHAN DAN WAKTU PENYIMPANAN PADA KUALITAS LATEKS ALAM IRADIASI**

Marga Utama<sup>1</sup>, M. T. Samsinah<sup>2</sup>, Herwinarni<sup>1</sup>, Made Sumarti<sup>1</sup> dan Sudrajat Iskandar<sup>1</sup>

1. Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN, Jakarta.

2. PTP XII, Jakarta.

## **ABSTRAK**

Pengaruh Kebersihan Dan Waktu Penyimpanan Pada Kualitas Lateks Alam Iradiasi. Beberapa faktor pengolahan yang berpengaruh terhadap kualitas lateks alam iradiasi, misalnya, kebersihan sarana pengolahan, umur lateks sebelum dan sesudah diiradiasi dengan sinar- $\gamma$  <sup>60</sup> Co telah dipelajari dan dievaluasi. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa untuk mendapatkan lateks alam iradiasi yang berkualitas baik, maka peralatan yang digunakan mulai dari penyadapan lateks kebun sampai dengan pengolahan lateks alam iradiasi haru bersih. Lateks alam pekat setelah disimpan selam satu bulan, kemudiab diiradiasi dengan sinar- $\gamma$  <sup>60</sup> Co atau lateks alam pekat langsung diiradiasi kemudian disimpan selam dua bulan akan didapat lateks alam iradiasi yang berkualitas unggul.

## **ABSTRACT**

The Effect Of Purity And Storage On The Quality Of Irradiated Latex. The effect of processing factor such as the purity and storage before and after irradiation, on the quality on irradiated latex, has been studied and evaluated. The resu;lt showed that for getting the best quality of irradiated latex, the processing apparaturs from tapping up to processing irradiated of latex must be clean. The centrifuge latex stored for one month and then use irradiated by <sup>60</sup>Co  $\gamma$ -rays or the centrifuge latex directly irradiated and stored for two months can produce the best quality of irradiated latex.

## I. PENDAHULUAN

Hasil penelitian terdahulu diperoleh keterangan bahwa sifat fisik dan mekanik film karet lateks alam iradiasi yang berbilangan asam lemak eteris rendah, yaitu di bawah 0,02, akan mempunyai tegangan putus di atas 250 kg/cm<sup>2</sup>. Hal ini memungkinkan lateks tersut dapat digunakan sebagai bahan dasar kondom<sup>(1)</sup>.

Untuk mendapatkan lateks alam iradiasi yang berbilangan asam lemak rendah, perlu diteliti penyebabnya. Untuk maksud tersebut, maka perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh kebersihan alat-alat yang digunakan mulai dari penyiapan lateks kebun, pengolahan lateks pekat, dan pengolahan lateks alam iradiasi. Yang dimaksud pengolahan lateks pekat ialah cara membuat lateks pekat dari lateks kebun, sedang pengolahan lateks alam iradiasi ialah cara membuat lateks alam iradiasi dari lateks pekat.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kebersihan lateks, kebersihan sarana yang digunakan mulai dari penyiapan sampai ke pengolahan lateks alam iradiasi, dan bahan pengawet primer merupakan faktor penting yang perlu diteliti. Sifat lateks, sifat mekanik film karet, dan sifat partikel karet, misalnya diameter partikel, diamati dan dievaluasi. Makalah ini menyajikan kondisi optimal umur lateks yang tepat untuk divulkanisasi radiasi, pengaruh beberapa faktor kebersihan, dan memberikan informasi secara garis besar tentang sifat makro partikel karet alam iradiasi.

## II. BAHAN DAN METODE

### Bahan :

Lateks alam yang digunakan dalam percobaan berasal dari pohon *Hevea brasiliensis* yang ditanam di perkebunan Pasir Waringin PTP XI, Serang, Jawa Barat. Bahan pengawet primer yang digunakan adalah amonia cair dan gas dan larutan formalin 20%. Bahan pengawet pengawet sekundernya adalah amonium laurat. Sebagai bahan pemeka pada proses vulkanisasi radiasi lateks alam digunakan karbon tetraklorida.

Semua bahan kimia tersebut berkualitas teknis. Untuk melarutkan karet digunakan tetra hidrofuran berkualitas p.a. produksi pabrik Merck.

### Alat :

Alat penyadap, pemeka lateks, mesin pemusinh iradiator lateks dengan aktivitas 191.000 Curie, Klaxen Stieren, pH meter, Instron Tester type 1122, Gel permeation Chromatography (GPC). IR Spectrophotometer, dan Scanning Electron Microscope digunakan dalam penelitian.

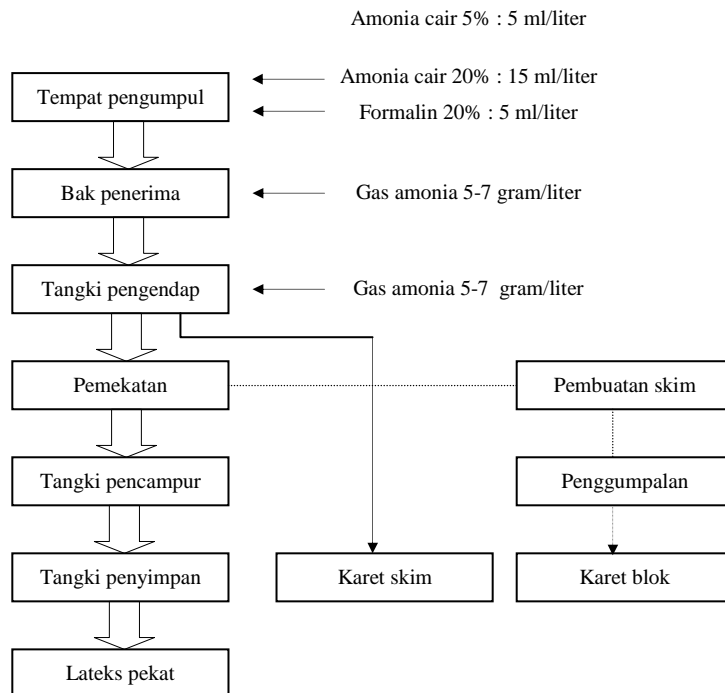


Metode:

Tahap percobaan yang dilakukan dalam penelitian yaitu pengolahan lateks pekat dari lateks kebun dan pengolahan lateks alam iradiasi dari lateks pekat.

1. *Pengolahan lateks pekat dari lateks kebun. ( Gambar 1)*

Mangkuk sadap aluminium dibersihkan, diberi NH<sub>4</sub>OH 5%, dan dipasang pada bagian batang pohon. Kulit batang diatas mangkuk disadap sampai keluar lateksnya dan dibiarkan selam beberapa jam, kemudian dimasukkan ke tempat pengumpulan. Untuk menghindari terjadinya peristiwa pra-koagulasi, lateks kebun tersebut diberi amonia 2% dan formalin 20% sebanyak 5 ml/liter lateks. Sesampainya dipabrik pemekatan, lateks dikumpulkan pada tempat penyimpanan, diberi gas amonia sebanyak 5-7 gram setiap liter.latekjs, disimpan beberapa jam, kemudian dipeketkan dengan menggunakan mesin pemusing.Lateks yang keluiar dari mesin pemusing langsung diberi amonium laurat 20%. sebanyak 1-1 1/2 gram dan gas amonia sebanyak 7-7 1/2 gram setiapliter lateks. Lateks yang terakhir ini termasuk lateks pekat yang berkadar amonia tinggi.



**Gambar 1.** Pengolahan Lateks Alam Pekat.

## 2. *Pengolahan lateks alam iradiasi.*

Urutan pekerjaan yang dilakukan untuk membuat lateks alam iradiasi pekat yang baru diolah tersebut di atas diberi nomor kode p1 dan dianalisis sifat lateksnya. Kemudian p1 dibagi dua, sebagian langsung diiradiasi menjadi lateks alam iradiasi berkode p2, sebagian lagi disimpan selama 2 bulan menjadi lateks alam berkode p3. Setelah latex berkode p3 dianalisis sifat lateksnya, lalu diiradiasi menjadilateks berkode p4. Selanjutnya, baik lateks berkode p2 maupun p4 disimpan selama 2 bulan, maka akan terjadi lateks berkode p5 dan p6. Proses vulkanisasi radiasi lateks alam tersebut dilakukan dengan dosis radiasi 40 kGy dan bahan pemeka CCl<sub>4</sub> yang dicampurkan ke dalam lateks sebanyak 4 psk (per seratus bagian berat karet). Jumlah lateks yang diiradiasi sebanyak 200 gram, setiap unit percobaan dilakukan lima kali ulangan.

Pengukuran sifat lateks dan film karet yang meliputi kadar padatan, kadar amonia, bilangan kestabilan mekanik (MST), bilangan asam lemak eleris (VFA), viskositas, modulus 600%, tegangan putus, perpanjangan putus dan tetap, prosedurnya disesuaikan dengan standar ASTM <sup>(2)</sup>. Spektrometer infra merah, masing-masing digunakan untuk mengukur berat molekul, diameter partikel karet dan spektrum infra merah.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### *Pengolahan Lateks Alam Pekat.*

Perbandingan persyaratan lateks menurut ASTM dan lateks alam pekat berkualitas tinggi, misalnya lateks berkualitas kondom tertera di Tabel 1.

**Tabel 1. Spesifikasi Lateks Alam Pekat Menurut ASTM Dan Lateks Alam Berkualitas Kondom <sup>(1,9)</sup>.**

Sifat	ASTM Jenis I	Kualitas kondom
Kadar karet kering (KKK), %, min.	60.5	59.5
Total Solid (TS), %, min.	61.5	60.0
TS – KKK, maks.	2	2
Kadar NH <sub>3</sub> , %.	Min. 0.6	Maks. 1.2
Kekentalan pada 25°C, op.	-	70 – 120
MST, detik, min.	540	1800
Bilangan KOH, mg/100 g karet, maks.	0.8	0.8
Bilangan VFA, %, maks.	0.2	0.02
Warna	Putih susu	Putih susu
Bau	Tidak berbau busuk	

Pada tabel ini diperoleh keterangan bahwa persyaratan lateks berkualitas kondom lebih ketat daripada lateks berkualitas ASTM, misalnya belangan VFA pada lateks berkualitas kondom jauh lebih kecil, dan bilangan MST-nya jauh lebih besar daripada lateks berkualitas ASTM. Hal ini mengingatkan, bahwa pengolahan lateks pekat berkualitas kondom dari lateks kebun harus mendapat pengawasan yang ketat. Oleh sebab itu, penambahan bahan pengawet, harus mendapatkan pengawasan yang ketat. Pengaruh kebersihan mangkuk tempat lateks yang berbeda, tertera di Tabel 2.

**Tabel 2. Pengaruh Keberhasilan Mangkuk Tempat Lateks yang Baru Disadap Terhadap Bilangan VFA pada Waktu Penyimpanan yang Berbeda, dengan Kadar NH<sub>3</sub> 0.7%.**

Lama penyimpanan (jam)	Bilangan VFA lateks pada mangkuk	
	Bersih	Kotor
5	0.016	0.017
15	0.017	0.048
25	0.019	0.054

Tabel ini menunjukkan bahwa dengan naiknya waktu penyimpanan, bilangan VFA-nya meningkat. Meningkatnya bilangan VFA pada lateks yang ditempatkan di mangkuk bersih. Dengan demikian untuk mendapatkan lateks yang berbilangan VFA rendah, sebaiknya mangkuk tempat penyimpanan lateks yang baru disadap sebersih mungkin.

Pengaruh kadar amonia di dalam lateks terhadap bilangan VFA pada variasi penyimpanan lateks yang berbeda tertera di Tabel 3.

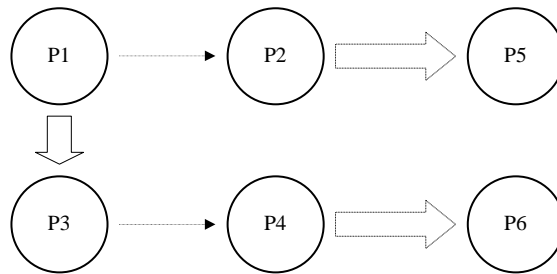
**Tabel 3 . Pengaruh Kadar Amonia Terhadap Bilangan VFA pada Lama Penyimpanan Lateks yang Berbeda, dengan Tempat Lateks Bersih.**

Lama penyimpanan	Kadar amonia (%)					
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	1.5
5	0.026	0.025	0.021	0.020	0.016	0.015
15	0.040	0.040	0.035	0.031	0.029	0.028

Tabel ini menunjukkan bahwa makin banyak penambahan amonia, kenaikan bilangan VFA-nya makin kecil. Penambahan amonia yang terlampau banyak, misalnya 1 | % berat lateks, tidak menurunkan penambahan bilangan VFA.

### ***Pengolahan Lateks Alam Iradiasi***

Lateks alam iradaisi ialah lateks alam yang sudah divulkanisasi dengan sinar  $\gamma^{60}$  Co. Urutan percobaan pengolahan lateks alam iradiasi dilukiskan pada Gambar 2, dan hasil percobaan tertera pada Tabel 4.



**Gambar 2.** Tahap Pengolahan Lateks Alam Iradiasi.

Keterangan :

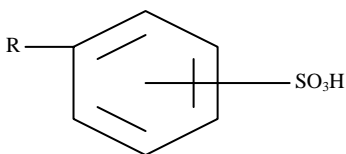
- Iradiasi  $\gamma^{60}\text{Co}$ ;
- ⇨ Penyimpanan 1 bulan;
- ⇩ Penyimpanan 2 bulan.

**Tabel 4.** Sifat Lateks dan Film Karet dari Lateks Alam Berkualitas Kondom dari Perkebunan Pasir Waringin PTPXI, Sebelum (P1 dan P3) dan Sesudah Diiradiasi dengan Dosis 40 kGy (P2, P4, P5, dan P6).

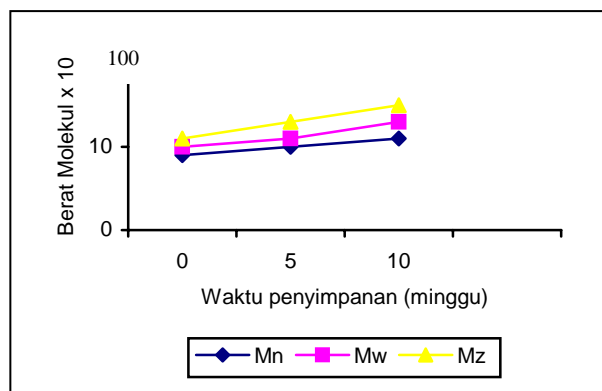
Sifat	Nomor kode					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
<i>Sifat lateks</i>						
1. Kadar padatan, %	64.2	62.0	62.8	62.00	62.20	62.50
2. Kadar amonia, %	0.74	0.75	0.73	0.74	0.74	0.73
3. Viskositas, cp.	119	40	60	50	56	58
4. bilangan MST, detik	1680	1800	1800	1800	1800	1800
5. Bilangan VFA, %	0.015	0.017	0.017	0.019	0.019	0.019
<i>Sifat film karet</i>						
1. Modulus 600% $\text{kg/cm}^2$	5.7	22	5.9	40	42	44
2. Tegangan putus, $\text{kg/cm}^2$	17	231	17	260	261	261
3. Perpanjangan putus, %	1000	1075	1075	1000	1064	1070
4. Perpanjangan tetap, %	60	10.5	64	8.5	7.5	6.0
5. Kekerasan, Shore A	42	44	43	45	45	45

Tabel ini menunjukkan bahwa lateks alam pekat berkode p1 mempunyai kadar padatan = 64,2%, kadar amonia = 0.7%, kekentalan = 119 cp, bilangan VFA = 0.015% bilangan, MST = 1680 detik. Oleh karena dari hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa lateks alam yang bilangan MST-nya di atas 600 detik dapat langsung diiradiasi dengan sinar  $\gamma$   $^{60}\text{Co}$ .<sup>(6)</sup> Maka lateks dapat langsung diiradiasi menjadi lateks berkode p2. kadar padatan p2 lebih kecil daripada p1 sebab pada pembuatan p2 lebih kecil dari p1 di tambah dahulu bahan pemeka  $\text{CCl}_4$  yang berupa emulsi. Hal ini mengakibatkan viskositas p2 lebih kecil daripada p1 sebab, yaitu menjadi 40 cp. Bilangan MST p2 lebih besar daripada p1 yaitu di atas ISO detik. Hal ini disebabkan oleh adanya bahan

pengelusi yang ditambahkan pada  $\text{CCl}_4$  berupa sabun sulfonat dengan nama sodium dodecyl benzene sulfonat yang rumus molekulnya :



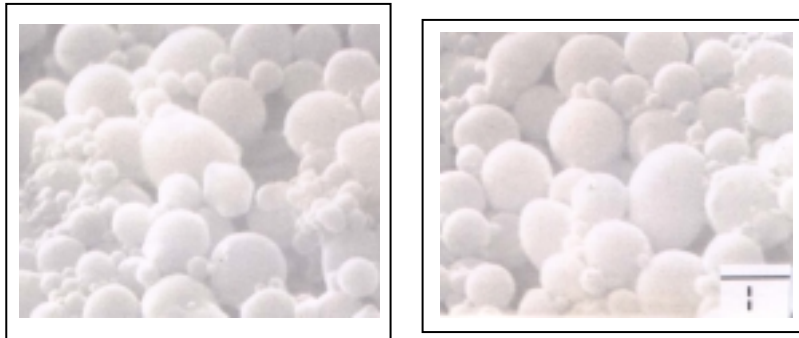
Bilangan VFA mengalami kenaikan menjadi 0.017 karena peruraian protein, karbohidrat, lemak yang berada di dalam lateks alam. Lateks alam pekat berkode p3 mempunyai kadar padatan = 62.85, viskositas =60 cp, karena lateks tersebut sebelum disimpan diencerkan terlebih dahulu. Setelah p3 diiradiasi, maka akan menjadi lateks alam iradiasi berkode p4. kemudian, setelah lateks alam diiradiasi berkode p2 dan p4 disimpan selama 2 bulan, maka lateks-lateks tersebut akan berubah menjadi lateks alam iradiasi berkode p5 dan p6. Secara umum, lateks berkode p2, p4, p5, dan p6 mempunyai sifat lateks tidak berbeda nyata, tetapi sifat film karetnya antara p2 berbeda dengan p4, p5, dan p6, yaitu untuk p2 tegangan putus film karetnya sekitar  $230 \text{ kg/cm}^2$ , sedang pada p4, p5, dan p6 sekitar  $260 \text{ kg/cm}^2$ . Naiknya tegangan putus tersebut diduga karena berat molekul poliisopren karet alam dari lateks alam yang sudah disimpan lebih besar daripada sebelum disimpan (Gambar 3).



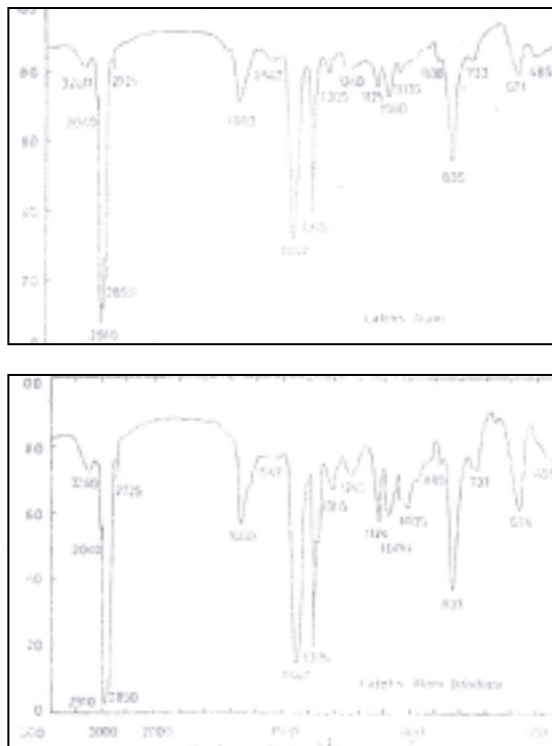
**Gambar 3.** Pengaruh Penyimpanan Terhadap Berat Molekul ( $M_w$ ,  $M_n$ , dan  $M_z$ ) Karet Alam. Waktu Alir 12 menit.

Diameter partikel karet alam sebelum dan sesudah diiradiasi tidak berbeda nyata, yaitu bujukan antara 0.1 sampai dengan 2 mikron (Gambar 4). Hal yang sama terjadi pula pada spektrum infra merah film karet dari lateks alam dan lateks alam iradiasi (Gambar 5). Gambar 5 menunjukkan bahwa residu  $\text{CCl}_4$  di dalam film karet tidak terdeteksi. Tetapi menurut laporan KAUTSHUK GESELISCH mbH, menyatakan bahwa residu  $\text{CCl}_4$  yang berbeda di dalam film

karet sekitar 0.1-0.2% <sup>(7)</sup>; sedang menurut K. Makuuchi <sup>(8)</sup>, residu CCl<sub>4</sub>, yang berada di dalam film karet akan hilang setelah film karet tersebut dicuci. Apabila hal ini benar, maka residu CCl<sub>4</sub> sudah tidak menjadi masalah lagi.



Gambar 4. Diameter Partikel Karet dari Lateks Alam Berkualitas Kondom Sebelum (kiri) dan Sesudah (kanan) diiradiasi.



Gambar 5. Spektrum Infra Merah dari Lateks Alam Sebelum (atas) dan Sesudah (bawah) diiradiasi.

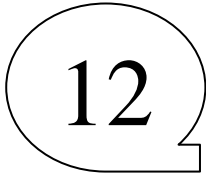
## IV. KESIMPULAN

Untuk mendapatkan lateks alam iradiasi berkualitas baik, maka peralatan yang digunakan mulai dari penyadapan lateks kebun sampai ke pengolahan lateks alam iradiasi harus bersih.

Lateks alam pekat dengan kadar amonia 0.8% berat lateks, setelah disimpan selama 1 bulan kemudian diiradiasi dengan menggunakan sinar  $\gamma^{60}\text{Co}$  atau lateks alam pekat tersebut langsung diiradiasi, kemudian disimpan selama 2 bulan akan didapat lateks alam iradiasi berkualitas unggul dengan tegangan putus film karet maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

1. UTAMA, M., Kemungkinan pemakaian lateks alam iradiasi untuk bahan dasar kondom (PATR/P.215/1986). PAIR, BATAN, Jakarta (1986).
2. AMERICAN STANDAR TESTING AND MATERIALS, Annual Book of ASTM Standards, D 412-83 dan D 1076-80 ASTM, New York (1984).
3. ANALYTICAL PLANT, Instruction manual, Gel Permeation Chromatography, Cromatopac C-R 2 AX, Analytical Plant, Kyoto, Japan (1984).
4. SHIMADZU, Instruction Manual, Shimadzu Infrared Monocromator, Kyoto, Japan (1984).
5. JOEL, Instruction Manual, JSM-T 300, Scanning Microscope Electroa, No. ISMT 300-3, NP 167029, JOEL Ltd. Tokyo, Japan, 1985.
6. UTAMA, M., Lateks radiasi sebagai bahan dasar murah untuk pembuatan sarung tangan secara sederhana, Majalah BATAN XVI 1 (1983) 96.
7. KAUTCHUK-GESELISCHAFT mbH, Chesk for the tetracarboncloride content in CAIR-NAEA Irradiate d NR Lateks, July 24 (1986).
8. MAKUUCHI, K., Catatan rapat kerja "Kemungkinan pemakaian lateks alam iradiasi sebagai bahan dasar kondom 11 Desember 1085, PAIR-BATAN (tidak dipublikasikan).
9. SAGAMI RUBBER INDUSTRI Co Ltd., In Indonesia condom project, Report on visit to PTP XI, Sagami Rubber Industri, Tokyo (1985).



# **PENGARUH BAHAN ANTIOKSIDA PADA PROSES VULKANISASI RADIASI LATEKS ALAM**

Marga Utama  
Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN

## **ABSTRAK**

Pengaruh Bahan Antioksidan Pada Proses Vulkanisasi Radiasi Lateks Alam. Empat macam bahan antioksidan yaitu ionol, hidrokuinon, vulkanok BKF dan natrium sulfit ditambahkan ke dalam lateks alam sebelum dan sesudah vulkanisasi radiasi dengan dosis iradiasi 10, 20, dan 30 kGy. Sifat-sifat lateks iradiasi dan film karetinya, yaitu waktu kesetabilan mekanik, tegangan putus, modulus dan perpanjangan putusnya sebelum dan sesudah pengusangan diamati. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa lateks iradiasi yang diberi antioksidan antivulkanok BKF dengan kadar 0.5 – 1.0 psk (perseratus bagian berat karet) dapat menghasilkan film karet yang lebih tahan terhadap pengusangan dan penyimpanan bila dibandingkan dengan yang diberi antioksidan lainnya.

## **ABSTRACT**

Effect Of Antioxidant On The Radiation Vulcanization Of Natural Rubber Latex. Four kind of antioxidants, i.e. ionol hidroquinon, vulcanox BKF and sodium sulfite were added into natural rubber latex before and after radiation doses 10,20 and 30 kGy. The properties of the irradiated latex and its film, namely mechanical stability time, tensile strength, modulus, and elongation at break before and after ageing were then determined. The results showed that irradiated latex containing 0.5 – 1.0 phr (part hundred ratio of rubber) vulkanaf BKF could produce rubber film wich was resistant againts ageing and storage as compared with those treated with the other antioxidants.



## I. PENDAHULUAN

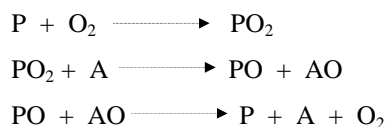
Akibat yang menguntungkan diri iradiasi lateks alam dengan sinar  $^{60}\text{Co}$  atau berkas elektron ialah terbentuknya ikatan silang antara poliisopren yang satu dengan yang lain. Dengan adanya ikatan silang tersebut, akan diperoleh film karet dari lateks alam iradiasi yang lebih elastis dan kuat <sup>(1-5)</sup>.

Namun, dari hasil pengamatan ternyata timbul masalah baru yaitu film karet dari lateks iradiasi bila disimpan beberapa bulan warnanya berubah menjadi kecoklatan, dan antara film yang satu dengan yang lain saling melengket. Beberapa penulis berpendapat bahwa lengketnya film tersebut disebabkan oleh adanya peroksida poliisopren <sup>(6-7)</sup>. Peroksida poliisopren timbul karena poliisopren karet alam mengandung ikatan rangkap, sehingga mudah mengalami oksidasi dan degradasi.

Ada enam macam proses degradasi yang sering dijumpai pada karet alam, yaitu degradasi oleh panas, oksigen atau ozon, logam Mn, Cu, dsb. sinar matahari, flest cracking dan oleh ageing atau penuaan <sup>(8)</sup>.

Reaksi oksidasi yang terjadi pada prinsipnya menunjukkan bahwa oksigen bereaksi dengan rantai hidrokarbon tak jenuh poliisopren karet alam membentuk karet hidroperoksida. Karet hidroperoksida ini bila bereaksi dengan oksigen dan poliisopren karet alam akan membentuk radikal poliisopren. Radikal ini dengan mudah membentuk karet alam hidroperoksida makin lama makin bertambah banyak <sup>(9-10)</sup>.

Untuk mengurangi, memperlambat atau menghindari proses oksidasi tersebut, perlu ditambahkan bahan antioksidan ke dalam lateks alam. Mekanisme kerja antioksidan secara gratis besar adalah sebagai berikut. Poliisopren karet alam tak jenuh (P) bereaksi dengan oksigen membentuk karet alam membentuk hidroperoksida ( $\text{P.O}_2$ ). reaksi berikutnya terjadi antara peroksida tersebut dengan antioksidan (A) sehingga peroksida berubah menjadi oksida antioksidan (AO). Kedua oksida ini bersifat antagonistik satu sama lain dan bereaksi untuk membebaskan oksigen kembali yang sekemanya sebagai berikut :



Dengan demikian poliisopren karet alam dapat dihindarkan dari proses oksidasi <sup>(10-11)</sup>. Dalam tulisan ini akan dibahas pengaruh penambahan beberapa macam bahan antioksidan yaitu ionol, natrium sulfit, hidrokinon, dan vulkanon BKF ke dalam lateks sebelum dan sesudah diiradiasi dan film karetnya. Pengaruh penyimpanan dan perebusan pada film karet yang dihasilkan juga dievaluasi.

## II. BAHAN DAN METODE

### Bahan:

Bahan yang digunakan ialah lateks alam pekat dengan kadar karet kering (KKK) 60 %, kadar amonia 1 %, dan kadar amonium laurat 0,2 %. Karbon tetraklorida, natrium sulfit, ionol (2,6 Di-terbutiel fenol), hidrokuinon, dan vulkanok BKF (2,2 metilen-bis-4-metil-6-tert-butil fenol), yang digunakan berkualitas p.a.

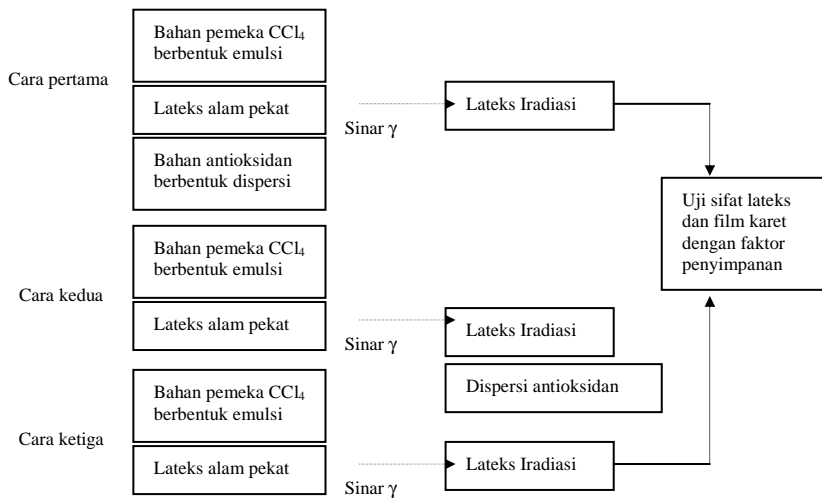
### Alat:

Alat yang digunakan ialah iradiator panorama  $^{60}\text{Co}$  dengan laju dosis 1.5 kGy/jam, dan peralatan pengujian lateks yaitu klaxo stirrer, visikometer Van Gils, tensile tester INSTRON, dan alat pendispersi, yang masing-masing buatan Inggris, Belanda, dan Jerman Barat.

### Metode:

Enam puluh liter lateks alam pekat mula-mula diberi karbon tetraklorida sebanyak 4 psk (per seratus bagian berat karet) dalam bentuk emulsi, dan bahan antioksidan dengan kadar bervariasi, yaitu: 0.5; 1.0; 1.5; dan 2 psk dalam bentuk larutan. Dalam keadaan teraduk campur lateks tersebut diiradiasi dengan dosis bervariasi yaitu 10,20 dan 30 kGy, dengan kecepatan pengadukan 100 rpm. Sifat lateks iradiasi dan film karet yang dibuat lateks alam iradiasitersebut diamati setelah penyimpanan 0, 1, 2, dan 3 bulan. Percobaan yang serupa dilakukan dengan penambahan antioksidan setelah proses vulkanisasi radiasi, dan tanpa pemberian sama sekali sebagai pembanding, seperti diperlihatkan dalam skema pada Gambar 1.

Prosedur pengujian sifat lateks iradiasi yaitu kekentalan dan waktu kesetabilan mekaniknya, serta film karet dari lateks alam iradiasi yaitu modulus, tegangan putus, dan perpanjangan putusnya dilakukan sesuai dengan ASTM<sup>(12, 13)</sup>.



**Gambar 1.** Skema Proses Vulkanisasi Radiasi Lateks Alam dengan dan tanpa Penambahan Antioksidan.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### *Pengaruh Penambahan Bahan Antioksidan.*

Dua cara penambahan bahan antioksidan telah dilakukan dalam penelitian ini, yaitu penambahan sebelum dan sesudah lateks diiradiasi. Sifat lateks yang diperoleh, yaitu kekentalan dan waktu kesetabilan mekanik sebelum dan setelah penyimpanan diperlihatkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Sifat Lateks Alam Iradiasi 30 kGy Yang Diberi Dan Tanpa Diberi Ionol 1 psk Sebelum Atau Sesudah Proses Iradiasi Selama Penyimpanan.

Lama penyimpanan (bulan)	Kekentalan (op)			Kesetabilan Mekanik (detik)		
	A	B	C	A	B	C
0	85	73	67	570	780	1170
1	90	94	77	600	720	1800
2	167	114	117	420	680	1380
3	178	117	118	180	600	1200

Keterangan : A = pemberian antioksidan sebelum iradiasi.  
 B = pemberian antioksidan sesudah iradiasi.  
 C = tanpa pemberian antioksidan.

Dari tabel tersebut terlihat bahwa penambahan bahan antioksidan 1 psk ke dalam lateks sebelum diiradiasi, menyebabkan waktu kesetabilan mekanik rendah, sedang kekentalan lebih tinggi daripada lateks iradiasi tanpa antioksidan. Akan tetapi, bila penambahan antioksidan dilakukan setelah lateks diiradiasi, ternyata kekentalan hampir tidak berubah, sedang waktu kesetabilan mekanik lebih rendah daripada lateks iradiasi tanpa antioksidan. Apabila lateks iradiasi disimpan 3 bulan, maka terlihat bahwa waktu kesetabilan mekanik lateks yang mengandung antioksidan menurun, sedang kekentalan menaik dengan naiknya waktu penyimpanan. Perubahan kedua parameter tersebut lebih besar daripada lateks yang diberiantioksidan sebelum proses iradiasi. Lateks alam tanpa antioksidan ternyata mempunyai waktu kesetabilan mekanik (WKM) yang lebih stabil selama penyimpanan. Menurunnya waktu kesetabilan mekanik mungkin disebabkan setelah iradiasi dan penyimpanan jumlah asam lemak eteris, yaitu format, asetat, dan propinat bertambah. Asam-asam ini akan bereaksi dengan amonia membentuk garam-garam amonium yang menghambat kemandapan mekanik lateks. Naiknya kekentalan karena setelah iradiasi dan penyimpanan, lotoid (cairan kental seperti gelatin) yang mengelilingi partikel karet kurang stabil sehingga partikel saling berlingketan, yang menyebabkan kekentalan bertambah. Bila ditinjau dari sifat lateks, penambahan bahan antioksidan setelah iradiasi lebih baik, karena lateks iradiasi yang dihasilkan lebih stabil. Sifat film karet dari lateks iradiasi yang dihasilkan diperlihatkan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Sifat Film Karet Dari Lateks Iradiasi 30 kGy yang Diberi dan Tanpa Diberi Antioksidan Ionol 1 psk Sebelum Atau Sesudah Proses Iradiasi.**

Lama penyimpanan (bulan)	Jenis sampel	Modulus 600% (kg/cm <sup>2</sup> )	Tegangan putus (kg/cm <sup>2</sup> )	Perpanjangan putus(%)	Permanen set (%)
0	A	8	154	1000	17.2
	B	12	190	1014	11.9
	C	13	101	1000	7.9
3	A	7	150	1055	15.6
	B	8	206	1100	12.5
	C	8	166	1050	12.5

Dari tabel ini terlihat bahwa baik modulus maupun perpanjangan putus film karet dari lateks iradiasi dengan dan tanpa antioksidan hampir tidak berbeda. Tetapi tegangan putus film karet dari lateks iradiasi yang diberi bahan antioksidan setelah iradiasi ternyata lebih tinggi dari pada tegangan putus film dari kedua jenis lateks iradiasi yang lain. Demikian pula setelah penyimpanan sampai 3 bulan ternyata tegangan putus film karetnya tetap lebih tinggi.

***Sifat Fisual film karet dengan atau Tanpa Antioksidan.***

Sifat fisual film karet yang diperoleh lateks iradiasi dengan dan tanpa antioksidan diperlihatkan pada Tabel 3.

**Tabel 3. Warna Film Karet yang Diperoleh Dari Lateks Iradiasi Dengan Antioksidan Hidrokuinon, Ionol, Natrium Sulfat, Vulkanok BKF dan Tanpa Antioksidan.**

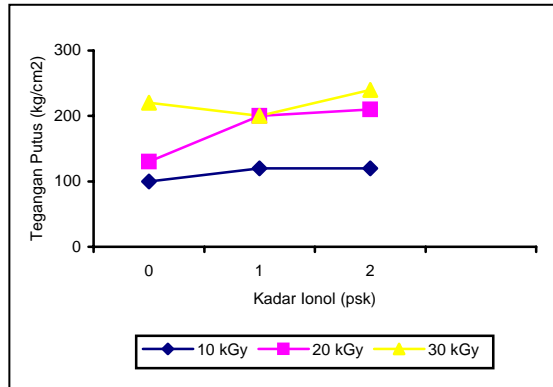
<b>Jenis antioksidan</b>	<b>Warna film karet</b>	<b>Waktu pengeringan</b>
Hidrokuinon	Hitam	1 – 2 hari
Ionol	Tembus pandang Coklat	1 – 2 hari
Natrium sulfat	Putih	3 – 4 hari
Vulkano BKF	Coklat tua	1 – 2 hari
Tanpa antioksidan	Tembus pandang Coklat muda	1 – 2 hari

Dari tabel ini terlihat bahwa penambahan bahan antioksidan pada lateks dapat mempengaruhi warna film karetnya, yaitu dengan hidrokuinon berwarna hitam, dengan natrium, dengan natrium sulfat berwarna putih, dengan vulkanok BKF berwarna coklat tua dan dengan ionol sama dengan yang tanpa antioksidan ini dapat disesuaikan dengan penggunaan film karetersebut, misalnya untuk sarung tangan dokter tidak mungkin digunakan bahan antioksidan hidrokuinon sebab film karetnya berwarna hitam.

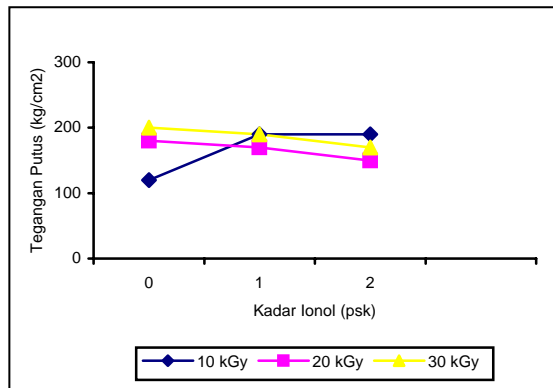
***Variasi Kadar bahan Antioksidan.***

Sifat film karet yang mengandung bahan antioksidan sebelum lateks diiradiasi dapat dilihat pada Gambar 2, 3, dan 4. Dari gambar-gambar tersebut terlihat bahwa pada dosis iradiasi di bawah 20 kGy, tegangan putus film karet naik dengan naiknya kadar bahan antioksidan. Gejala ini menunjukkan bahwa bahan antioksidan dapat berfungsi sebagaimana mestinya, yaitu mencegah, memperlambat atau mengurangi peristiwa oksidasi pada poliisopren lateks alam hanya pada dosis 20 kGy. Sesudah dosis iradiasi dinaikan sampai 30 kGy, ternyata antioksidan sudah tidak berfungsi lagi karena tegangan putus menurun, walaupun kadar bahan antioksidan dinaikan.

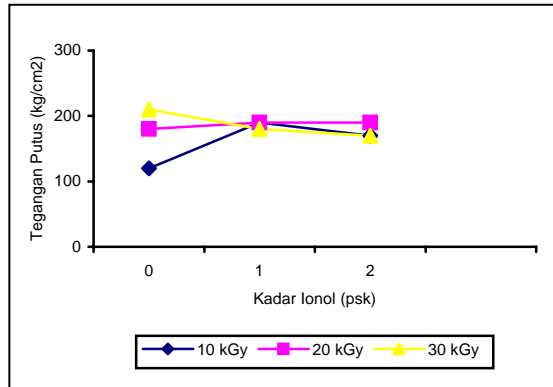
Akan tetapi, bila penambahan bahan antioksidan dilakukan setelah lateks diiradiasi, kenaikan kadar bahan antioksidan tidak mempengaruhi tegangan putus film karetnya, sedang kenaikan dosis iradiasi dapat meningkat tegangan putusnya (Tabel 4).



Gambar 2. Tegangan Putus Film Karet dari Lateks Alam Iradiasi berbahan pemeka  $\text{CCl}_4$  4psk, dengan Panambahan **ionol** sebelum diiradiasi, pada dosis radiasi 10, 20, 30 kGy.



Gambar 3. Tegangan Putus Film Karet dari Lateks Alam Iradiasi berbahan pemeka  $\text{CCl}_4$  4psk, dengan Panambahan **hidrokuinon** sebelum diiradiasi, pada dosis radiasi 10, 20, 30 kGy.



Gambar 4. Tegangan Putus Film Karet dari Lateks Alam Iradiasi berbahan pemeka  $\text{CCl}_4$  4psk, dengan Panambahan **natrium sulfit** sebelum diiradiasi, pada dosis radiasi 10, 20, 30 kGy.

**Tabel 4. Tegangan Putus ( $\text{Kg}/\text{Cm}^2$ ) Film Karet dari Lateks Iradiasi yang Penambahan Bahan Antioksidannya Dilakukan Setelah Lateks Diiradiasi.**

Jenis antioksidan	Kadar antioksidan (psk)	Dosis iradiasi (kGy)		
		10	20	30
Ionol	0	108	178	210
	1	107	170	215
	2	110	180	217
Hidrokuinon	0	108	178	210
	1	110	179	201
	2	115	185	206
Natrium sulfit	0	108	178	210
	1	100	188	215
	2	111	179	219

**Daya Tahan Film Karet dengan dan Tanpa Antioksidan Terhadap Pemanasan.**

Persentase perubahan sifat mekanik karet baik yang tanpa ataupun yang mengandung antioksidan setelah dipanaskan  $70^\circ$  selama 168 jam diperlihatkan pada Tabel 5. Dari tabel ini terlihat bahwa film karet berantioksidan lebih tahan terhadap pemanasan daripada film karet tanpa antioksidan. Jadi terbukti bahwa akibat penambahan bahan antioksidan. Jadi terbukti bahwa akibat penambahan

bahan antioksidan akan didapat film karet yang lebih tahan terhadap degradasi karena pemasnasan dalam udara kering.

**Tabel 5. Perubahan Sifat Mekanik Film Karet dari Lateks 30 kGy dengan dan Tanpa Antioksidan, Akibat Pemanasan pada Suhu 70°C Selama 168 Jam.**

Jenis bahan antioksidan		Presentase dari nilai sebelum pemanasan		
		Modulus 600%	Tegangan putus	Perpanjangan putus
Tanpa antioksidan		79	88	101
	Ionol	89	96	107
Hidrokuinon	0.5 psk	97	95	103
	1.0 psk	100	89	98
Natrium sulfit	0.5 psk	95	105	98
	1.0 psk	97	85	95
Vulkanok BKF	0.5 psk	74	89	97
	1.0 psk	79	90	116
	1.0 psk	89	91	109

***Sifat film Karet yang Mengandung Antioksidan Setelah Perebusan.***

Ada dua keuntungan yang diperoleh bila film karet direbus, yaitu disamping film karet tersebut lebih tembus pandang dan tahan terhadap jamur, juga kekuatan mekaniknya meningkat<sup>(14)</sup>. Hasil pengamatan sifat film karet yang mengandung antioksidan aetelah perebusan dalam air mendidih diperlihatkan pada Tabel 6.

**Tabel 6. Sifat Mekanik Film Karet dari Lateks Iradaisi 30 kGy, Kadar CCl<sub>4</sub> 4 psk, dan Mengandung Antioksidan Ionol Setelah Perebusan dalam Air Mendidih.**

Parameter	Waktu Perebusan (jam)				
	0	0.5	1.0	2.0	3.0
Modulus 600% (kg/cm <sup>2</sup> )	16	19	18	19	19
Tegangan putus (kg/cm <sup>2</sup> )	217	228	275	226	249
Perpanjangan putus (%)	980	979	986	979	986

Dari Tabel ini terlihat bahwa dengan perebusan dalam air mendidih selama 1 jam diperoleh film karet yang tegangan putusnya mencapai maksimum. Kenaikan tersebut terjadi karena dengan perebusan, permukaan partikel karet akan bebas dari bahan organik lain, sehingga daya adhesi partikel karet meningkat. Hal yang sama terjadi pula pada modulus 600 %. Kenaikan modulus film karet disebabkan jumlah pengikatan silang bertambah akibat pemanasan.



**Daya Simpan Film dengan dan Tanpa Antioksidan.**

Sifat mekanik film karet dengan dan tanpa antioksidan ionol 1 psk setelah disimpan beberapa bulan, baik film karet sebelum direbus maupun sesudah direbus dalam air mendidih, ditunjukkan pada Tabel 7.

**Tabel 7. Tegangan Putus ( $\text{kg/cm}^2$ ) Film Karet dari Lateks Iradiasi dengan dan Tanpa Antioksidan Ionol 1 psk, Dosis Iradiasi 30 kGy dan Kadar  $\text{CCl}_4$  4 psk.**

Lama Penyimpanan (bulan)	Tanpa antioksidan		Dengan antioksidan	
	Tak direbus	Direbus 1 jam	Tak direbus	Direbus 1 jam
0	210	250	217	275
6	200	225	209	250
12	180	175	202	235
18	168	175	185	200

Dari tabel ini terlihat bahwa dengan bertambahnya waktu penyimpanan, tegangan putus makin menurun, baik film karet tanpa antioksidan maupun film karet dengan antioksidan. Demikian pula pada film karet yang tidak ataupun telah mengalami proses perebusan dalam air mendidih selama 1 jam, semuanya mengalami penurunan tegangan putus selama penyimpanan. Akan tetapi film karet dengan antioksidan dan telah mengalami proses perebusan mempunyai tegangan putus yang lebih tinggi baik sebelum ataupun setelah penyimpanan sampai 18 bulan.

#### **IV. KESIMPULAN**

Penambahan bahan antioksidan yaitu natrium sulfit, ionol, hidrokinon, dan vulkanok BKF pada proses vulkanisasi radiasi lateks alam dapat mempengaruhi sifat lateks alam iradiasi dan film karet yang dihasilkan.

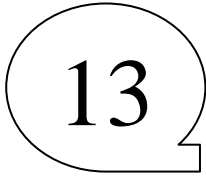
Bila penambahan bahan antioksidan dilakukan sebelum lateks diiradiasi, maka didapat lateks iradiasi yang kurang stabil, dan penurunan sifat mekanik film karetnya sangat besar setelah disimpan beberapa bulan.

Bila penambahan bahan antioksidan dilakukan setelah lateks diiradiasi, maka iradiasi yang diperoleh cukup stabil, dan penurunan sifat mekaniknya relatif kecil setelah disimpan beberapa bulan. Disamping itu antara film karet yang satu dengan yang lainnya tidak saling melengket.

kadar antioksidan yang terbaik ditemukan sekitar 1.5-1.0 psk.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Minoura Y., And Asao M., Studies On The Irradiation Of Natural Rubber Latex. The Effect Of Organic Halogen Compounds On Crosslinking By Irradiation, *J. Appl.Pol.Sci.*, 5 (1961) 401.
2. Minoura Y., And Asao M., Studies On The Irradiation Of Natural Rubber Latex. , *J. Appl.Pol.Sci.*, 5 16 (1961) 233.
3. Lazier, J., Procède De Traitment D' Elastomeres, Brevet D'invention, 2040.614 (1971).
4. Meroian, B., U.S. Patent 3131 139 (1964).
5. Donald Whitehorth Pouder, Patent Specification 853926 (1960.)
6. Ian Kemp, Patent Specification 816 230 (1959).
7. Naunton, W.J.S., *The Appied Science Of Rubber*, Edward Arnold, London (1960).
8. Blow, C.W., *Rubber Technology*, Van Norstand Rein Hold, London (1971).
9. Pinner, S.H., Stress-Strain Properties Of Irradiated Filled Natural Rubber, *Int. J.Appl.Rad. And Isotop*, 5 (1959) 121.
10. Abednego, *Pengolahan Karetalam*, Balai Penelitian Perkebunan (1980).
11. Sudarno, J., *Biokimia*, Institut Pertanian Bogor (1975).
12. Astm, *Standar Specification For Concentrated, Amonia Preserved, Creamed And Centrifugal Natural Latex*, D 107-71, *Annualbook Astm*, Part 28 (1971) 505-17.
13. Astm, *Standard For Rubber Properties In Tension*, *Annual Book Standard*, Part 37 (1977) D.412.
14. Utama, M., *Lateks Radiasi Sebagai Bahan Dasar Murah Untuk Pembuatan Sarung Tangan Secara Sederhana*, *Majalah Batan*, 24 1 (1983) 96.



# **PENGARUH BILANGAN ASAM LEMAK ETERIS DAN DOSIS IRADIASI PADA KUALITAS LATEKS KARET ALAM IRADIASI**

Marga Utama  
Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN

## **ABSTRAK**

Pengaruh Bilangan Asam Lemak Eteris Da Dosis Iradiasi Pada Kualitas Lateks Karet Alam Iradiasi. Vulkanisasi radiasi lateks alam yang berbilangan asam lemak eteris (ALE) 0.01; 0.02; 0.04; dan 0.06; pada dosis iradiasi 20 dan 30 kGy telah dilakukan. Kualitas lateks alam iradiasi yang dihasilkan yang meliputi sifat lateks dan film karet telah dievaluasi. Hasil menunjukkan bahwa pada dosis yang sama dengan naiknya bilangan ALE, tegangan putus film karet menurun, sedang sifat fisik dan mekanik lain relatif sama. Sementara itu lateks alam yang berbilangan ALE rendah (0.01 atau 0.02) di samping dapat menurunkan dosis vulkanisasi, juga lateks alam iradiasi yang berbilangan ALE tinggi.

## **ABSTRACT**

Effect Of Volatile Fatty Acid Number And Irradiation Dose On The Quality Of Irradiated Natural Rubber Latex. Radiation vulcanization of natural rubber latex with volatile fatty acid (VFA) number of 0.01; 0.02; 0.04; and 0.06 at irradiation dose of 20 and 30 kGy has been studied. The quality of irradiated latex such as the properties of latex and its film, has been evaluated. It was indicated that increasing VFA, Number, could decrease the tensile strenght, but other physical properties are relative the same. The lower VFA (0.01-0.02) number could decrease the irradiation dose of vulcanization, and it can produce more stable irradiated latex during storage, than those with high VFA numbers.

## I. PENDAHULUAN

Lateks alam iradiasi merupakan lateks alam yang telah divulkanisasi dengan sinar gamma kobalt-60. lateks alam iradiasi memiliki sifat seperti lateks yang divulkanisasi belerang, tetapi tidak mengandung bahan kimia tambahan. Disamping itu lateks alam iradiasi dapat disimpan beberapa bulan dan dapat digunakan langsung untuk membuat barang karet. Misalnya sarung tangan dan kondom<sup>(1-3)</sup>.

Pengolahan lateks alam menjadi lateks alam iradiasi cukup sederhana, mudah dikontrol, hemat energi, dan lebih sedikit menggunakan bahan kimia, sehingga pemakaian lateks alam iradiasi untuk bahan dasar kondom sangat mungkin<sup>(4-5)</sup>.

Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa untuk mendapatkan bilangan asam lemak eteris (ALE) rendah, pemberian bahan pengawet primer dan sekunder di samping tepat waktu, juga tepat dosis, demikian pula sarana pengolahan. Mulai dari penyadapan sampai ke pabrik pemekatan, harus bersih dan tidak mengandung logam Mg, Ca dan sebagainya, karena logam tersebut dapat bertindak sebagai katalisator pada peningkatan bilangan ALE<sup>(6,7)</sup>.

Untuk pembuatan produk karet yang tipis secara konvensional misalnya kondom, diperlukan lateks pekat yang mempunyai bilangan ALE rendah yaitu di bawah 0.02 karena dengan bilangan ALE yang rendah kemungkinan terjadinya kebocoran akan lebih kecil<sup>(3)</sup>.

Tulisan ini menyajikan hasil penelitian, tentang pengaruh bilangan ALE pada kualitas lateks alam hasil vulkanisasi radiasi atau lateks alam iradiasi. Selain itu dengan penelitian ini juga ingin diketahui secara pasti pengaruh bilangan ALE pada kualitas lateks alam iradiasi, baik sebelum maupun sesudah disimpan selama beberapa bulan.

## II. BAHAN DAN METODE

### Bahan :

Sebagai bahan penelitian digunakan lateks alam pekat yang memiliki bilangan 0.1 ; 0.2 ; 0.4 ; dan 0.6 yang disadap dari perkebunan Pasir Waringin, Serang, Jawa Barat. Lateks tersebut dipanen pada bulan Februari 1984, dan bulan Juli 1987. Bahan pemeka yang digunakan adalah karbon tetraklorida, dan sebagai bahan pengemulsi dipakai detergen Dino.

### Alat :

Iradiator lateks dengan aktivasi 191 kCi digunakan sebagai sumber iradiasi, sedang peralatan lain misal Isotron tester, pH meter Beckman, Visikometer Visconic digunakan untuk menentukan kualitas lateks. Di samping

itu digunakan juga alat pemusing dengan merek Saito Separator Ltd. untuk memekatkan lateks.

#### Metode Proses Pemekatan Lateks

Lateks kebun yang baru disadap dengan kadar karet kering sekitar 35% diberi amonia sampai kadarnya sekitar 1% berat lateks. Kemudian lateks tersebut dipekatkan dengan cara pemusingan agar tercapai kadar karet kering sekitar 60%. Setelah pekat, lateks tersebut diberi bahan pemantap amonium laurat 20%, untuk mencapai sekitar 0.02 psk. (per seratus bagian berat karet) dan ditambah gas amonia lagi sampai kadar amonianya sekitar 0.7%. Kemudian bilangan ALE lateks pekat ini ditentukan dengan menggunakan prosedur ASTM D 412-83 191. Lateks ini siap untuk divulkanisasi radiasi.

#### Proses Vulkanisasi Radiasi

Lateks pekat yang sudah diketahui bilangan ALE nya yaitu sekitar 0.1 ; 0.2 ; 0.4 ; dan 0.6 diberi bahan pemeka CCl sebanyak 4.5 psk dalam bentuk emulsi. Campuran ini diiradiasi pada dosis 20 dan 30 kGy. Pada bulan ke 0, 6, dan ke 12, lateks alam hasil vulkanisasi radiasi ini diuji kualitasnya yaitu sifat lateks dan film karet menggunakan prosedur ASTM D 412-83 DAN ASTM D 1078-80<sup>(8,10)</sup>. Disamping itu lateks alam iradiasi yang berbilangan VFA 0.01 dan 0.06 diamati bentuk partikel karetinya menggunakan mikroskop elektron.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat lateks alam iradiasi pada penyimpanan bulan ke 0 dengan bilangan ALE dan dosis iradiasi yang berbeda-beda, tertera di Tabel 1.

**Tabel 1. Sifat Lateks Alam Iradiasi Berbagai Bilangan ALE Dan Dosis Iradiasi. Pada Penyimpanan 0 Bulan.**

Bilangan ALE	Dosis iradiasi (kGy)	Kadar padatan (%)	Kekentalan (Cp)	Kadar NH <sub>2</sub>
0.01	0	61.2	60	1.03
	20	60.0	58	1.02
	30	60.0	59	1.03
0.02	0	61.3	61	1.04
	20	60.3	59	1.04
	30	60.3	59	1.03
0.04	0	61.1	61	1.08
	20	60.1	59	1.07
	30	60.1	59	1.07
0.06	0	61.8	62	1.03
	20	60.2	60	1.03
	30	60.2	61	1.03

Tabel ini menunjukkan bahwa pada penyimpanan bahwa pada penyimpanan lateks bulan ke 0 secara umum kadar padatan lateks alam iradiasi lebih rendah daripada lateks alam. Hal ini karena pada waktu proses vulkanisasi radiasi lateks diberi bahan pemeka CCl<sub>4</sub> berupa emulsi sehingga lateks menjadi lebih encer, dan kadar padatannya lebih kecil. Kadar NH<sub>3</sub>n tidak mengalami perubahan walaupun dosis iradiasi dan nilai bilangan ALE berbeda-beda. Hal ini mungkin karena selama proses vulkanisasi radiasi, lateks diletakan di dalam wadah yang tertutup rapat.

Sifat fisik dan mekanik film karet dari lateks alam yang tidak diiradiasi dan yang diiradiasi tertera di Tabel 2.

**Tabel 2. Sifat Film Karet Lateks Alam Iradiasi Dengan Berbagai Bilangan Bulat ALE Dan Dosis Iradiasi. Pada Penyimpanan 0 Bulan.**

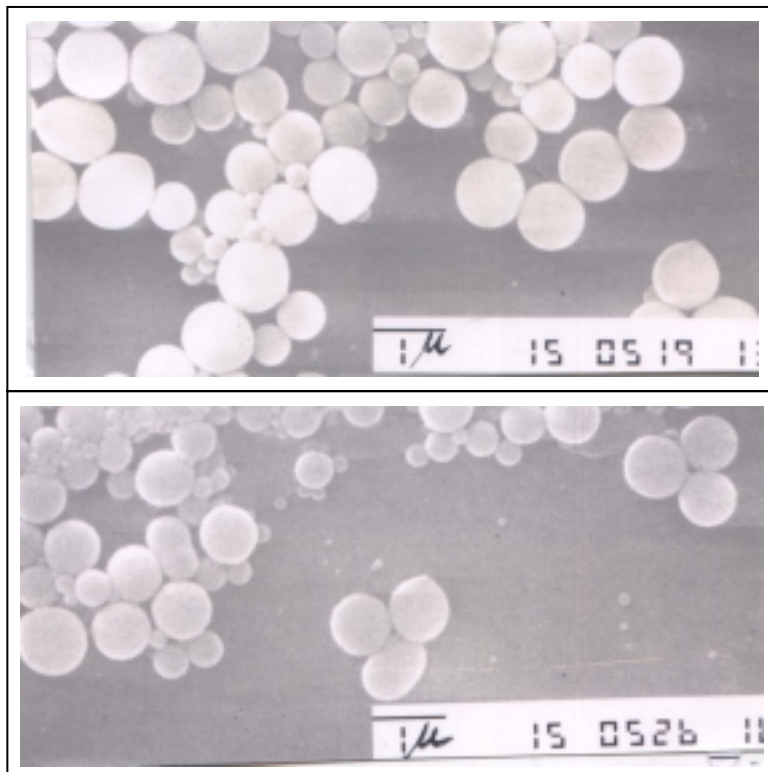
Bilangan ALE	Dosis iradiasi (kGy)	Modulus 600% (Mpa)	Tegangan putus (Mpa)	Perpanjangan putus (%) tetap (%)	
0.01	0	1.7	4.0	1060	80
	20	3.7	24.0	960	13
	30	4.1	28.0	960	9
0.02	0	1.7	3.4	1000	81
	20	3.9	21.5	900	14
	30	4.2	24.0	920	10
0.04	0	1.8	3.2	1060	80
	20	3.6	22.0	960	15
	30	4.1	21.0	940	10
0.06	0	1.7	3.1	990	80
	20	3.7	18.0	960	12
	30	4.0	21.0	980	8

Dari Tabel ini ditunjukkan bahwa dengan naiknya dosis iradiasi, modulus dan tegangan putus meningkat, sedang perpanjangan tetap menurun. Hal ini karena jumlah ikatan silang antara poliisopren meningkat sejalan dengan naiknya dosis iradiasi, sehingga karet tersebut lebih kenyal dan elastis<sup>(11)</sup>. Berbeda halnya dengan perpanjangan putus, walaupun dosis iradiasi berbeda, nilai perpanjangan putus relatif sama. Data pengamatan di Tabel 2 juga menunjukkan bahwa naiknya bilangan ALE dapat menurunkan tegangan putus film karet. Hal ini adalah karena asam lemak eteris (format, asetat, dan propionat) yang terbentuk dari perombakan karbohidarat (gula fruktosa dan glukosa) menyebabkan peristiwa prakoagulasi lateks, sehingga pada waktu pembentukan film karet, permukaan antara partikel karet yang saling menempal kurang sempurna. Dengan kurang sempurnanya pembentukan film karet tersebut, luas permukaan antara partikel karet yang saling melengket menjadi lebih sempit (Gambar 1).

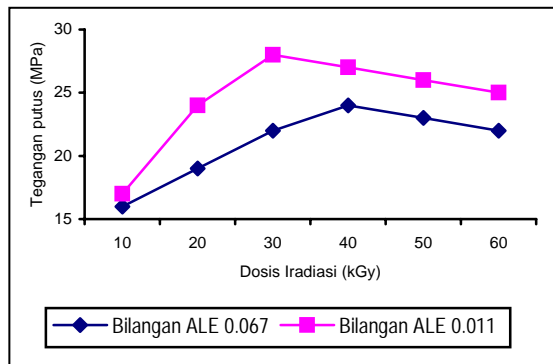
Dengan memperhatikan nilai tegangan putus, dapat diduga bahwa lateks yang berbilangan ALE rendah didapat menurunkan dosis vulkanisasi. Dosis vulkanisasi yang dimaksud artinya dosis iradiasi yang dapat menghasilkan tegangan putus maksimum. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2, yang

menunjukkan bahwa dengan bilangan ALE 0,1 tegangan putus film karet lateks alam iradiasi sekitar 28 Mpa pada dosis iradiasi 30 kGy, sedang dengan menggunakan lateks lam iradiasi yang berbilangan ALE 0.06 tegangan putus maksimum sekitar 22.5 Mpa diperoleh pada dosis iradiasi 40 kGy.

Apabila lateks alam iradiasi yang berbilangan 0.01 dan 0.06 tersebut disimpan 6 sampai 12 bulan, maka kualitasnya menjadi seperti tercantum pada Tabel 3. ternyata bahwa sifat lateks dan film karet dari lateks alam iradiasi yang berbilangan ALE rendah, walaupun disimpan selama 12 bulan, lebih baik daripada yang berbilangan ALE lebih tinggi. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa bilangan ALE adalah salah satu faktor penting yang menentukan kualitas lateks alam iradiasi yang berbilangan asam lemak eters rendah lebih baik daripada yang berbahan ALE tinggi.



**Gambar 1.** Bentuk Partikel Karet Alam Dari Lateks Alam Iradiasi Dengan Perbesaran 10.000 Kali, Yang Berbilangan Asam Lemak Eteris Rendah (Atas) Dan Yang Tinggi (Bawah).



**Gambar 2.** Pengaruh Dosis Iradiasi pada Tegangan Putus Film Karet Lateks Alam Iradiasi yang Berbilangan ALE Rendah dan tinggi.

**Tabel 3.** Kualitas Lateks Alam Iradiasi dengan Bilangan ALE rendah (A) dan Tinggi (B), Setelah Di simpan 0, 6 dan 12 Bulan. Dosis Iradiasi 30 kGy untuk Bilangan ALE Rendah, 40 kGy untuk Bilangan ALE Tinggi, dengan Masing-masing Kadar  $\text{CCl}_4$  4,5 psk.

Sifat	Lama Penyimpanan (Bulan)					
	0		6		12	
	A	B	A	B	A	B
Lateks						
- Kadar Padatan (%)	61.0	61.3	61.0	61.3	61.0	61.3
- Kadar karet kering (%)	59.6	59.7	59.6	59.7	59.6	59.7
- Kadar $\text{NH}_3$ (%)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7
- Kekentalan (Cp)	59	71	61	75	63	77
- Bilangan MST (detik)	1800	1800	1800	1800	1800	1800
- Bilangan ALE	0.011	0.063	0.012	0.070	0.013	0.077
Film karet						
- Modulus 300% (MPa)	0.9	0.9	1.0	1.0	1.2	1.2
- Modulus 600% (MPa)	3.7	3.8	3.8	3.9	3.9	4.1
- Tegangan putus (MPa)	28.4	26.1	27.7	22.6	27.3	19.7
- Perpanjangan putus (%)	980	990	990	990	980	990

## IV. KESIMPULAN

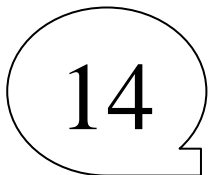
Dari data percobaan dapat disimpulkan bahwa nilai bilangan asam lemak eteris lateks alam sebelum diiradiasi mempengaruhi nilai tegangan putus lateks alam iradiasi yang dihasilkan yaitu makin tinggi nilai bilangan ALE, dan makin tinggi dosis iradiasi, tegangan putusnya cenderung menurun. Lateks alam



iradiasi yang berbilangan ALE rendah relatif lebih stabil kualitasnya daripada yang berbilangan ALE tinggi, walaupun disimpan selama 12 bulan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. F. Sundardi, Marga Utama, dan S. Kartowardoyo, Majalah BATAN, IX (4) (1976), 11
2. S. Kartowardoyo, F. Sundari, Majalah BATAN Xi (50) (1983), 50
3. Marga Utama, Majalah BATAN XVI (1) (1983), 96
4. M. Ridwan, Firts Undp Industrial Technology Transfer Workshop, Batan, Jakarta (1982), Tidak Diterbitkan
5. Arope, Ani Bin, S. Dungulangi, And M. Ma'jam "Radiation Prevulcanization Of Natural Rubber Latex Second Accelerated Test Evaluation Program " Rrim, Kualalumpur (1983), Tidak Dipublikasikan
6. Maurid Opusungu, Ruslan Dalimontehe dan Ashari Anwar, Buletin Perkaretan, 5 (22) (1984)
7. Annonime, "Implementation Program For The Modemization Of Latex Refining Facilities For Condom and Medical Rubber Product Project", BKKBN, Januari 1988, Tidak Dipublikasikan
8. Annonime, Report On Visit To Ptp Xi, Sagami Rubber Industry Co Ltd., Tokyo (1985) Tidak Dipublikasikan
9. ASTM, Standard Spesification For Concentrated, Ammonia Preserved, Cream and Centrifugal Natural Latex, D 107-71, Book ASTM, Part 28 D 412 (1971)
10. ASTM, Test For Rubber Properties In Tension, Annual Book Standard, Part 37 D412 (1977)
11. Marga Utama, Majalah BATAN XVIII (3) (1985), 56



# **PENGARUH BAHAN PEWARNA KARET PADA SIFAT FISIK DAN MEKANIK FILM KARET LATEKS ALAM IRADIASI**

Marga Utama  
Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN

## **ABSTRAK**

Pengaruh Bahan Pewarna Karet Pada Sifat Fisik Dan Mekanik Film Karet Lateks Alam Iradiasi. Empat jenis bahan pewarna karet yaitu: 1082-D Toluidine Red Lght, 2261-D Yellow Oxide, 5490 D Phthalo Blue, dan 3336-D Phtalo Green dengan bahan pewarna putih (TiO) pada kadar 0.03 : 0.06 : 0.09 : 0.12 : 0.18 : dan 0.36 psk (per seratus bagian berat karet) telah ditambahkan ke dalam lateks karet iradiasi. Pengaruh penyimpanan lateks berbahan pewarna karet dan film karetnya 6 dan 12 bulan terhadap sifat fisik dan mekanik film karet, yaitu modulus, tegangan putus dari 20 MPa menjadi 23 MPa, sedang sifat mekanik lainnya relatif sama. Sebaiknya penambahan bahan pewarna dilakukan pada saat akan membuat film karet, supaya film karet yang dihasilkan tidak turun kualitasnya.

## **ABSTRACT**

The Effect Of Rubber Colouring Agent On The Physical And Mechanical Properties Of Irradiated Natural Rubber Latex. Four kinds os rubber colouring agent such as 1082-D Toluidine Red Lght, 2261-D Yellow Oxide, 5490 D Phthalo Blue, dan 3336-D Phtalo Green with titan dioxideas a white pigment with concentration of 0.03 : 0.06 : 0.09 : 0.12 : 0.18 : and 0.3 phr (part hundred ratio of rubber) into irradiated natural rubber latex has been done. The effect of storage time of coloured latex and it's film for 6 and 12 mounth on physical and mechanical properties of irradiated natural rubber film such as modulus, tensile strength, elongation at break and permanent set has been evaluated. It was idieated that by adding around 0.18 phr of colouring agent into the irradiated natural rubber latex can improve the tensile strength from 20 MPa to 23 MPa, while the other mechanical properties was not so much differ. For making good irradiated natural rubber film, it is better by adding of rubber colouring agent just before making a rubber film.

## I. PENDAHULUAN

Film karet lateks alam atau lateks alam iradiasi yang tidak diberi bahan pewarna karet biasanya mempunyai warna dasar coklat-kuning-kelabu. Warna ini biasanya tidak dikehendaki, karena kurang menarik<sup>(1-2)</sup>.

Pada industri karet umumnya digunakan pewarna organik yang tidak larut dalam air. Pewarna mineral kurang memuaskan, karena disamping sukar digiling juga pengaruh warna lemah dan mudah mengendap dalam campuran lateks karena berat jenisnya lebih besar daripada lateks<sup>(3-4)</sup>.

Beberapa persyaratan bahan pewarna yang dapat digunakan dalam teknologi lateks ialah di samping tidak larut dalam air, tidak beracun, juga tidak mengandung bahan yang berbahaya bagi lateks misalnyalogam-logam Mg, Ca, dan Cu dapat menggumpalkan lateks alam. Disamping itu bahan pewarna lateks harus dapat mengulas dengan baik, sehingga warna yang dihasilkan indah dan memenuhi selera konsumen<sup>(5)</sup>.

Berdasarkan hal tersebut, maka dalam tulisan ini dibahas secara terperinci hasil penelitian tentang pengaruh penambahan bahan pewarna karet yang dihasilkan. Pengaruh penyimpanan lateks yang mengandung bahan pewarna karet, dan penyimpanan film karet yang mengandung bahan pewarna karet terhadap sifat-sifat fisik dan mekanik film karet telah dievaluasi, dengan tujuan mengetahuisecara pasti kualitas film karet yang dihasilkan.

## II. BAHAN DAN METODE

### Bahan :

Lateks alam iradiasi yang diproduksi oleh pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN, pada bulan oktober 1985 dengan bahan pemeka  $\text{CCl}_4$  4 psk, dosis iradiasi 45 kGy. Empat macam bahan pewarna karet beupa bubuk, yaitu : 1082-D Toluidine bahan pewarna dasar putih dari TiO yang semuanya buatan Bayer. Bahan dispersol Darvant.

### Alat :

Instron tester type 1122 digunakan untuk menguji sifat fisik dan mekanik film karet, cetak balon meteo, dan sarung tangan eksamen. Di samping itu digunakan juga ball mill untuk membuat dispersi zat warna.

### Metode :

Dua ratus gram lateks alam iradiasi dibubuhi bahan pewarna karet berupa dispersi dengan kadar 0.03 : 0.06 : 0.09 : 0.12 : 0.18 : dan 0.36 psk. Titan

dioksida dicampur ke dalam pewarna karet tersebut dengan kadar 10 kalinya. Campuran tersebut diaduk sampai rata, kemudian dibiarkan semalam. Campur lateks + bahan pewarna yang sudah didiamkan semalam dituangkan di atas kaca sampai tebal 0.2 mm dan dikeringkan di udara bebas. Kemudian film karet tersebut dikupas dan dicuci dengan air mendidih selama 30 jam. Film karet yang sudah kering ini diuji sifat fisik dan mekaniknya yang prosedurnya disesuaikan dengan standar ASTM <sup>(7)</sup>.

Dari hasil optimum yang diperoleh percobaan diatas, dibuatlah balon meteo oleh pengrajin karet yang berlokasi di Bogor, dengan warna merah.

Di samping itu secara laboratorium dibuat juga satung tangan eksamen lateks alam iradiasi yang berbahan pewarna putih, yaitu titan dioksida pada kadar bervariasi.

Film karet dari balon meteo, maupun sarung tangan eksamen diuji sifat fisik dan mekaniknya sesuai standar ASTM.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### *Pengaruh bahan pewarna karet.*

Pengaruh empat macam bahan pewarna karet yang menggunakan warna dasar putih (TiO) dengan kadar sekitar 0.06 psk dalam bentuk dispersi ke dalam lateks alam iradiasi terhadap sifat fisik dan mekanik film karet yang disajikan di Tabel 1.

**Tabel 1. Sifat Fisik dan Mekanik Film Karet Lateks Alam Iradiasi yang Mengandung 4 Macam Bahan Pewarna Karet Sebanyak 0.06 psk dengan Warna Dasar Putih, yaitu Titan Dioksida 0.6 psk.**

Sifat	Kontrol	Jenis bahan pewarna			
		1082 D Toluidine red	2261 D Yellow oxide	5490 D Phtalo blue	3336 D Phtalo green
Modulus 600%, MPa	1.3	1.2	1.3	1.2	1.2
Tegangan putus, MPa	20.0	20.4	21.0	21.3	20.8
Perpanjangan putus, %	1000	1000	1060	1030	1000
Perpanjangan tetap, %	12	12	13	13	12

Pada tabel ini terlihat bahwa pewarna karet tidak mempengaruhi sifat film karetnya, karena baik modulus, tegangan putus, perpanjangan putus, dan perpanjangan tetap nilainya tidak berbeda data. Selanjutnya bila warna merah saja kadarnya difariasi dari 0.03 sampai 0.36 dengan TiO sebagai warna dasar, sifat fisik dan mekanik film karetnya disajikan di Tabel 2. Tabel ini menunjukkan bahwa ada kecenderungan peningkatan tegangan putus film karet, setelah pemberian bahan pewarna karet mencapai 0.18 psk dengan nilai peningkatan dari 20 MPa menjadi 23 MPa. Gejala ini diduga bahwa dengan menggunakan bahan

pewarna merah dapat meningkatkan daya adhesif antara partikel karet di dalam karet lateks alam iradiasi setelah dibuat film karet. Sementara itu sifat lainnya seperti modulus, perpanjangan putus, serta perpanjangan tetap tidak berbeda. Hal ini mencirikan bahwa bahan pewarna karet tersebut tidak mengadakan interaksi antara molekul poliisopren di dalam partikel lateks karet alam tersebut.

**Tabel 2. Sifat Fisik dan Mekanik Film Karet Lateks Alam Iradiasi yang Mengandung 1082 D Toluidine Red dan Titan Dioksida pada Kadar yang Berbeda-beda.**

Kadar 1082 D Toluidine red, psk	Kadar Titan dioksida, psk	Modulus 600%, MPa	Tegangan putus, MPa	Perpanjangan putus, %
0.0	0.0	1.3	20.0	1000
0.03	0.3	1.2	20.1	1000
0.06	0.6	1.2	20.4	1000
0.09	0.9	1.3	20.1	1060
0.12	1.2	1.2	21.0	1000
0.18	1.8	1.2	23.0	1060
0.36	3.6	1.3	23.8	1000

#### ***Pengaruh penyimpanan.***

Pengaruh penyimpanan lateks alam iradiasi baik yang mengandung pewarna laret maupun yang tidak, terhadap sifat fisik dan mekanik film karetinya tertera pada Tabel 3. ternyata dengan penyimpanan lateks alam iradiasi selama 6 bulan baik tanpa maupun mengandung pewarna merah, sifat fisik dan mekanik film karetinya tidak jauh berbeda dengan yang disimpan 0 bulan walaupun kadar bahan pewarna dinaikan sampai 0.036 psk. tetapi bila kedua film karet tersebut disimpan selama 12 bulan, maka ada kecenderungan bahwa lateks yang sudah disimpan 2-6 bulan baik tegangan putus, maupun perpanjangan putus turun lebih tajam daripada yang 0 bulan, sedang kenaikan dan turunnya perpanjangan tetap relatif sama (Tabel 4). Naiknya modulus dan turunnya perpanjangan tetap ini disebabkan karena adanya penambahan reaksi pengikatan silang antara poliisopren karet lam selama penyimpanan lateks atau film karet. Selanjutnya untuk meyakinkan hal tersebut hal tersebut, dibuatlah balon meteo dari lateks alam iradiasi yang dibubuhi bahan pewarna merah (1082-D-Toluidine red Light) sebanyak 0,18 psk dengan dua cara, yaitu : pertama campuran lateks dan bahan pewarna merah disimpan 0 bulan, yang kedua ialah campuran lateks dan bahan pewarna merah disimpan selama 4 bulan. Kemudian film karet lateks alam iradiasi yang mengandung bahan pewarna dari kedua cara tersebut diuji sifat fisik dan mekaniknya (Tabel 5). Ternyata film karet dari balon meteo dengan cara kedua setelah disimpan 12 bulan tegangan putus film karetinya lebih rendah dari cara pertama, walaupun modulus dan perpanjangan putus relatif sama. Oleh sebab itu, lebih baik menyimpan lateks alam tanpa bahan pewarna karet berupa dispersi daripada yang mengandung bahan pewarna.

**Tabel 3. Sifat Fisik dan Mekanik Film Karet Lateks Alam Iradiasi yang Berbahan Pewarna 1082 D Toluidine Red dengan Titan Dioksida sebagai Warna Dasar Putih, pada Lama Penyimpanan Berbeda.**

Sifat	Kadar 1082 D Toluidine red, psk	Kadar Titan dioksida, psk	Waktu simpan kompon lateks, bulan			
			0	2	4	6
Modulus 600%, MPa	0.00	0.00	1.3	1.6	1.6	1.8
	0.03	0.30	1.2	1.5	1.8	1.8
	0.06	0.60	1.3	1.6	1.7	1.8
	0.09	0.90	1.2	1.5	1.6	1.8
	0.12	1.20	1.2	1.6	1.7	1.8
	0.18	1.80	1.3	1.7	1.8	1.8
	0.36	3.60	1.7	1.6	1.7	1.7
Tegangan putus, Mpa	0.00	0.00	20.0	21.0	21.0	19.5
	0.03	0.30	20.7	19.0	17.0	19.0
	0.06	0.60	20.4	19.6	19.2	19.1
	0.09	0.90	21.2	22.1	22.7	20.0
	0.12	1.20	21.7	22.2	22.4	22.1
	0.18	1.80	22.0	23.8	23.5	21.4
	0.36	3.60	23.3	22.4	22.9	22.2
Perpanjangan putus, %	0.00	0.00	1000	1000	860	780
	0.03	0.30	1060	1030	1050	1100
	0.06	0.60	1050	1030	1060	1100
	0.09	0.90	1075	1080	1100	1100
	0.12	1.20	1125	1030	1100	1100
	0.16	1.60	1100	1100	1080	1100
	0.18	1.80	1100	1100	1080	1100
0.36	3.60	1150	1130	1100	1130	
Perpanjangan tetap, %	0.00	0.00	14	10	10	9
	0.03	0.30	13	11	10	10
	0.06	0.60	14	11	11	10
	0.09	0.90	13	10	9	9
	0.12	1.20	15	12	10	9
	0.18	1.80	14	13	12	10
	0.36	3.60	13	11	10	9

#### ***Daya Tahan Film Karet Terhadap Pemanasan.***

Sifat fisik dan mekanik film karet sarung tangan eksamen dari lateks alam iradiasi yang mengandung dispersi TiO 0.5 sampai dengan 5 psk sebelum dan setelah dipanaskan 100<sup>0</sup>C selama 22 jam atau 70<sup>0</sup>C selama 166 jam tertera pada Tabel 6. ternyata dengan membubuhkan dispersi TiO ke dalam lateks alam iradiasi sampai kadar 5 psk, tidak berpengaruh nyata pada sifat fisik dan mekanik film karet yang dihasilkan.

**Tabel 4. Sifat Fisik dan Mekanik Film Karet Lateks Alam Iradiasi yang Mengandung Pewarna 1082 D Toluidine red (0.18 psk) dan Titan Dioksida (1.8 psk) yang Kompon Lateks dan Film Karetnya Disimpan Beberapa Bulan.**

	Lama penyimpanan lateks, bulan	Lama penyimpanan film karet, bulan					
		0		6		12	
		K	B	K	B	K	B
Modulus 600%, MPa	0	1.3	1.3	1.6	1.6	1.8	1.8
	2	1.6	1.6	1.8	1.9	2.0	2.0
	4	1.8	1.8	2.1	2.2	2.1	2.1
	6	1.8	1.7	1.9	1.9	2.0	2.0
Tegangan putus, Mpa	0	20.1	20.4	18.9	19.0	19.5	19.6
	2	21.1	20.9	19.6	19.0	18.6	18.0
	4	21.0	20.0	19.0	18.6	16.6	16.0
	6	19.7	17.9	18.7	17.8	15.0	14.3
Perpanjangan putus, %	0	990	990	1000	1010	1000	1000
	2	990	990	990	980	990	1000
	4	1000	1000	1000	1010	1100	1100
	6	1000	1010	1010	1000	1000	1000
Perpanjangan tetap, %	0	14	13	12	12	12	12
	2	10	10	10	11	10	9
	4	10	10	9	9	9	9
	6	9	9	9	9	8	8

**Tabel 5. Sifat Fisik dan Mekanik Balon Karet Lateks Alam Iradiasi yang Mengandung Bahan Pewarna Merah (1082 D Toluidine red) 0.8 psk, pada Penyimpanan Kompon Lateks dan Balon Meteo Berbeda-beda.**

Sifat	Lama simpan kompon lateks, bulan	Lama simpan balon meteo, bulan	
		0	12
Modulus 600%, MPa	0	1.0	1.5
	4	1.0	0.9
Tegangan putus, MPa	0	20.0	21.0
	4	19.0	15.0
Perpanjangan putus, %	0	1000	1000
	4	1000	1100

**Tabel 6. Daya Tahan Sifat Fisik dan Mekanik Sarung Tangan Eksamen Lateks Alam Iradiasi yang Mengandung Warna Putih (Titan dioksida) dengan Kadar Berbeda-beda, terhadap Pemanasan 100<sup>0</sup>C selama 22 jam, dan 70<sup>0</sup>C selama 166 jam.**

Sifat	Perlakuan pemanasan sarung tangan eksamen	Kadar titan dioksida, psk							
		0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	5.0
Modulus 600%	Perlakuan pemanasan sarung tangan eksamen	0.8	0.8	0.8	0.9	0.8	0.9	0.9	0.9
		0.8	0.8	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9
		0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8
Tegangan putus, %	Suhu kamar	21	22	20	21	21	22	23	21
	100 <sup>0</sup> C/ 22 jam	20	20	20	19	20	20	20	19
	70 <sup>0</sup> C/ 7 hari	20	20	20	20	20	20	20	20
Perpanjangan putus, MPa	Suhu kamar	1000	1000	1000	1060	1000	1000	1000	1000
	100 <sup>0</sup> C/ 22 jam	990	1000	1030	980	1060	980	1100	1100
	70 <sup>0</sup> C/ 7 hari	990	1700	1100	990	1000	1000	1000	1000

#### IV. KESIMPULAN

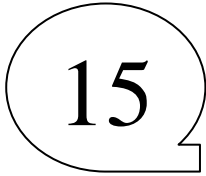
Sifat fisik dan mekanik film karet lateks alam iradiasi yang mengandung bahan pewarna karet, yaitu warna merah (1082-D Toluidine Red), warna kuning (2261-Yellow Oxide), warna biru (5490 D Phathalo Blue), dan warna hijau (3336-D Phathalo Green) dengan warna dasar putih (TiO) tidak berbeda nyata dengan yang tanpa bahan pewarna, tetapi bila campuran lateks dan bahan pewarna tersebut disimpan 6 bulan, maka tegangan putus dan perpanjangan putus film karet yang dihasilkan setelah disimpan 12 bulan turun lebih tajam daripada campuran lateks dan bahan pewarna yang disimpan 0 bulan.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Kusnata, Pembuatan Barang-Barang Karet Dari Lateks, Laporan Intern No. 9/67, Balai Penelitian Perkebunan, Bogor (1967), Tidak Dipublikasikan.
2. Utama, M., Studi Pemakaian Lateks Alam Iradiasi Untuk Pembuatan Barang-Barang Karet Ditujuh Pengrajin Karet, Risalah Seminar Nasional Proses Radiasi (Ris. Sem. Nas. Jakarta 1986), PAIR-BATAN, Jakarta (1986) 76.
3. Annonime, Penuntun Praktis Pembuatan Barang-Barang Karet Dari Karet Alam. BPP Bogor Dan Rubber Stichting, PT Kinta, Jakarta (1983).



4. Annonime, Penuntun Pembuatan Barang Karet Dari Karet Alam, BPP Bogor Dan Rubber Stichting, PT Kinta, Jakarta (1985).
5. Boer, G. DE., Pengetahuan Praktis Tentang Karet, Ruygrock & Co, Jakarta (1952).
6. Calvert, K.O., Polymer Latices And Theori Applications, Applied Science Publisher Ltd., London (1983).
7. Annonime. ASTM, Standar Test Methods For Rubber Properties In Tension, Annual Book Of ASTM, D 412-83 (1984).



# STUDI DISTRIBUSI WAKTU TINGGAL LATEKS ALAM DALAM MODEL REAKTOR VULKANISASI RADIASI DENGAN SISTEM KONTINU

Marga Utama<sup>1</sup>, Ida Bagus Ketut Sanjaya<sup>2</sup>, Haryono .A<sup>3</sup>

1. Pusat Aplikasi Isotop Radiasi, Batan, Jakarta

2. Fakultas Teknik Nuklir, UGM, Yogyakarta

3. PATEN-PUSDIKLAT, Batan, Jakarta

## ABSTRAK

Studi distribusi waktu tinggal lateks alam dalam model reaktor vulkanisasi radiasi dengan sistem kontinu. Model reaktor vulkanisasi radiasi bervolume 14 liter yang dengan dilengkapi alat pengaduk dan saluran masuk dan keluar telah dipersiapkan. Dengan menggunakan metil etil keton sebagai indikator maka waktu tinggal lateks karet alam dalam model reaktor yang diaduk dengan kecepatan 25, 50, 75 putaran per menit, dan sudut antara saluran masuk dan keluar sebesar 0, 60, 120, 180, 240, 300, dan 360 dapat dievaluasi. Ada tendensi bahwa dengan naiknya sudut antara saluran masuk dan keluar dari 0 sampai dengan 240<sup>0</sup> waktu tinggal lateks alam dalam reaktor meningkat, kemudian menurun pada suhu 300 dan 360<sup>0</sup>. dengan menggunakan sudut antara saluran masuk dan keluar 240<sup>0</sup> dan kecepatan pengadukan 50 putaran per menit, maka diperoleh waktu tinggal lateks alam dalam reaktor maksimum.

## ABSTRACT

Studi on The Standing Time Distribution of Natural Rubber Latex in The System of Radiation Vulcanization Reactor Model. The model of radiation vulcanization reactor with the volume of 14 ml. Which is completed by agiator in put and out canal, have been prepared. By using methyl ethyl keton as an indicator, the standing time of natural rubber latex particles in reactor with the speed of rotation of 25, 50, and 75 rotation per menit, and the aggle between input and output 0, 60, 120, 180, 240, 300, and 360<sup>0</sup> were evaluated. There is tendence that by increasing the angle between input and output canal from 0 to 240<sup>0</sup>, the standing time of natural rubber latekx in reactor increases, then after 300<sup>0</sup> the standing time decreases. By using the aggle between in put and out put

canal of  $240^0$  and the speed of rotation of 50 rpm the maximum standing time will be obtained.

## 1. PENDAHULUAN

vulkanisasi radiasi lateks alam dengan sinar gama cobalt-60 yang dilakukan sejak tahun 1961 sampai sekarang menggunakan sistem 'batch'<sup>(1-5)</sup>. Dari pengalaman tentang produksi lateks alam iradiasi di PAIR-BATAN dalam skala pilot sejak tahun 1984. menunjukkan bahwa waktu penggantian dari 'batch' pertama ke 'batch' berikutnya memakan waktu sekitar 3 jam<sup>(6)</sup>. Hal ini dapat menurunkan produktivitas sekitar 20-25%.

Untuk mengantisipasi hal tersebut, salah satu alternatif ialah proses vulkanisasi radiasi lateks alam dilakukan secara kontinu, yaitu selama proses vulkanisasi berlangsung lateks hasil iradiasi dapat keluar, ke penyimpanan akhir.

Dalam sistem kontinu untuk mendapatkan lateks hasil vulkanisasi radiasi sehomogen mungkin, maka faktor penting dalam proses kontinu tersebut adalah waktu tinggal lateks di dalam reaktor. Menurut Levenspiel .O<sup>(7)</sup>. Waktu tinggal cairan dalam reaktor kontinu dapat diukur dengan menghitung selisih waktu cacahan cairan yang masuk dengan yang keluar. Dengan asumsi bahwa makin lama waktu tinggal lateks di dalam reaktor, makin merata dosis yang diserap oleh lateks, maka dalam makalah ini akan dipelajari distribusi waktu tinggal lateks di dalam model reaktor vulkanisasi sistem kontinu, dengan menggunakan metil etil keton sebagai bahan indikator.

Kecepatan pengadukan dan sudut antara saluran masuk dengan saluran keluar merupakan faktor-faktor yang akan dievaluasi dalam penelitian ini. Adapun tujuan penelitian ini ialah disamping membuktikan bahwa waktu tinggal dipengaruhi oleh letak sudut antara saluran masuk dan keluar, serta kecepatan pengaduk dalam reaktor vulkanisasi radiasi, juga mencari waktu tinggal lateks dalam reaktor vulkanisasi radiasi semaksimal mungkin.

## II. BAHAN DAN METODE

### Bahan :

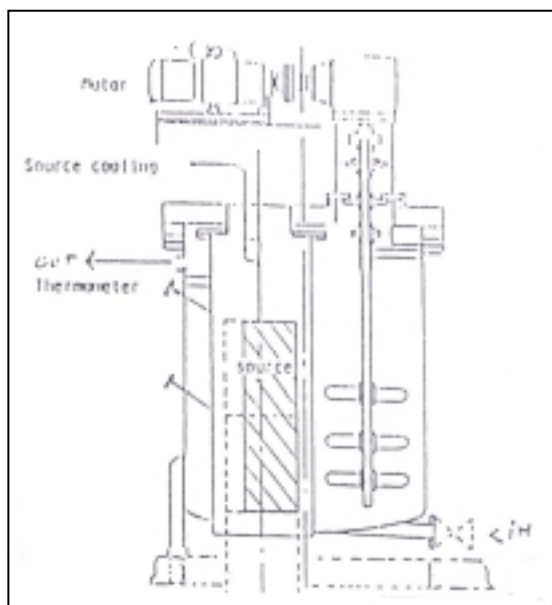
Lateks alam produksi perkebunan Pasir Waringin dengan kadar karet kering sekitar 50%. Larutan metil etil keton dengan warna merah, kuning, dan biru, digunakan sebagai indikator.

### Alat :

Model reaktor vulkanisasi radiasi lateks alam berkapasitas 14 liter atau berskala 1:5 dari aslinya (Gambar 1). Model reaktor ini dilengkapi dengan pengaduk dan saluran masuk-keluar dengan sudut 0, 60, 120, 180, 240, 300 dan 360. Stop watch, survey meter, dan alat penguji kualitas lateks.

Metode :

Lateks dialirkan melalui model tangki (Gambar 1), dengan kecepatan alir 10 ml/detik. Selama aliran berlangsung lateks diaduk dengan kecepatan pengadukan 25, 50, atau 75 putaran per menit. Larutan metil etil keton yang berwarna merah, kuning, atau biru. Disuntikan melalui saluran masuk. Kemudian dicatat waktu yang diperlukan sampai ke saluran keluar yang terletak disudut antara saluran masuk-keluar 0, 60, 120, 180, 240, 300 atau 360°. waktu yang diperlukan selama gumpalan partikel karet berada di dalam reaktor disebut waktu tinggal.

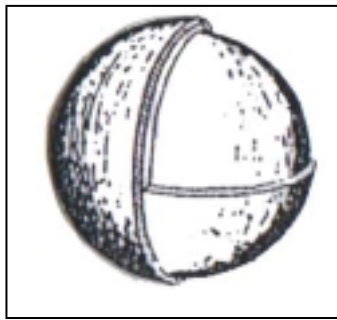


**Gambar 1.** Skema Model Reaktor Vulkanisasi Radiasi Lateks Alam yang Dilengkapi dengan Pengaduk (P) dan Saluran Masuk (input) dan Keluar (output).

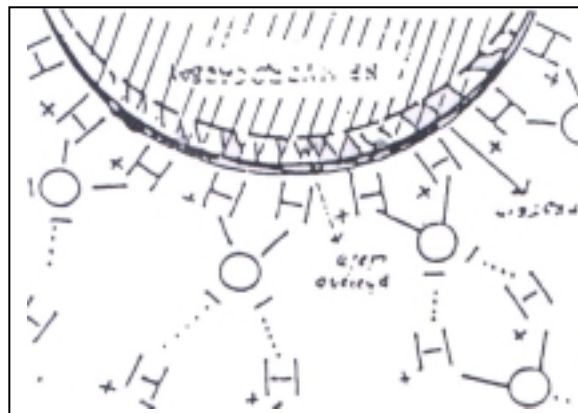
### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### a. Indikator metil etil keton.

Partikel karet dalam lateks alam diselubungi oleh lapisan lipida dan protein (Gambar 2,3) ke dua lapisan ini bersifat hidrofilik, karena mempunyai selubung air. Dengan adanya selubung air ini, maka partikel lateks tersebut di dalam lateks menjadi stabil. Apabila metil etil keton (MEKA) ditambahkan, maka akan terjadi peristiwa kontraksi yaitu penyerapan air oleh MEKA tersebut. Akibatnya partikel lateks tidak stabil atau menggumpal. Dengan adanya gumpalan kecil yang berwarna-warni, maka waktu tinggal partikel lateks dapat digunakan sebagai indikator.



**Gambar 2.** Partikel Karet Alam yang Dilapisi Protein dan Lemak.

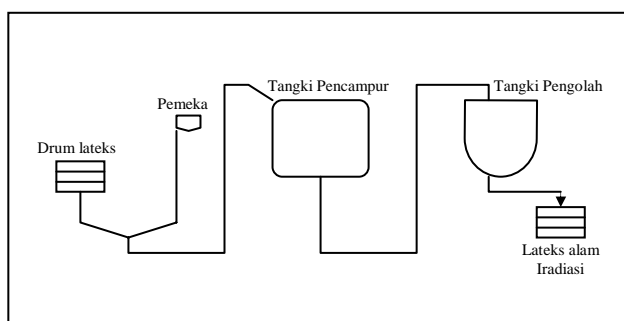


**Gambar 3.** Skema Selubung Air di Permukaan Partikel Karet Alam.

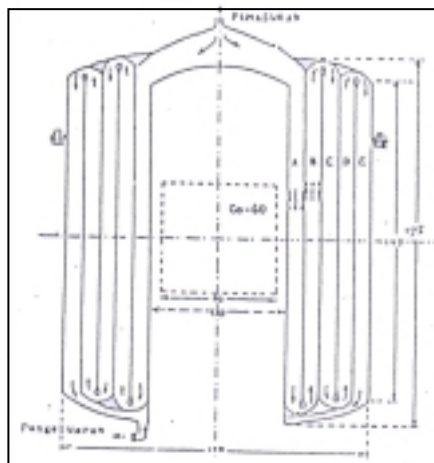
#### b. Sistem.

Pada saat ini sistem 'batch' yang digunakan untuk memproduksi lateks alam iradiasi skala pilot diagramnya disajikan di Gambar 4. Dari hasil pengalaman selama 11 tahun (1984-1995) menunjukkan bahwa untuk memompa

lateks dari tangki 'mixing tank' ke 'vulcanization reactor' dibutuhkan waktu 1-1,5 jam. Kemudian untuk mengeluarkan lateks hasil vulkanisasi radiasi dari 'vulcanization reactor' ke drum diperlukan waktu sekitar 1,5 jam. Jadi jumlah kehilangan waktu selama penggantian 'batch' sekitar 3 jam, sehingga kapasitas produksinya pun berkurang 25-30%. Untuk mengantisipasi hal tersebut, maka ada dua gagasan yang dapat dilakukan yaitu 'vulcanization reactor' bentuknya diubah sama sekali seperti Gambar 5, atau reaktor tersebut disempurnakan, yaitu dengan memberi saluran keluar seperti Gambar 6. dari gambar ini menunjukkan bahwa saluran masuk, sedang saluran keluar diletakkan di bagian atas reaktor. Namun yang menjadi masalah adalah di mana letak saluran keluar yang paling tepat sehingga didapat waktu tinggal cairan selama mungkin.



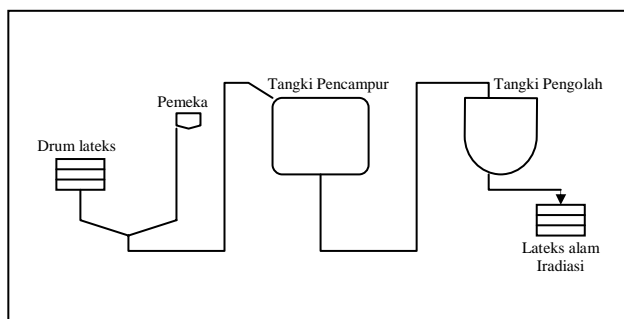
**Gambar 4.** Diagram Alir Proses Vulkanisasi Radiasi Lateks Alam Skala Pilot dengan Sistem 'Batch'.



**Gambar 5.** Reaktor Vulkanisasi Radiasi dengan Sistem Kontinu<sup>(8)</sup>.

c. *Waktu tinggal.*

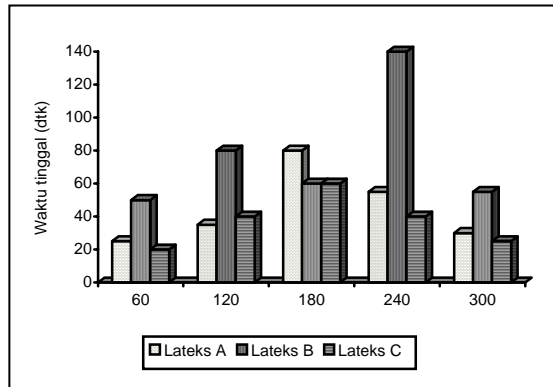
Waktu tinggal adalah waktu yang diperlukan partikel karet di dalam reaktor yang di mulai dari saluran masuk, dan diakhiri ke saluran keluar. Makin lama partikel karet berputar di dalam reaktor, semakin homogen dosis radiasi yang diserap oleh partikel karet tersebut. Hal ini akan berakibat lateks alam hasil vulkanisasi radiasi lebih homogen kualitasnya. Untuk mengetahui distribusi waktu tinggal dalam reaktor ada tiga faktor yang perlu dievaluasi yaitu letak saluran masuk-keluar. Kecepatan pengadukan dan kepekatan lateks yang rinciannya sebagai berikut.



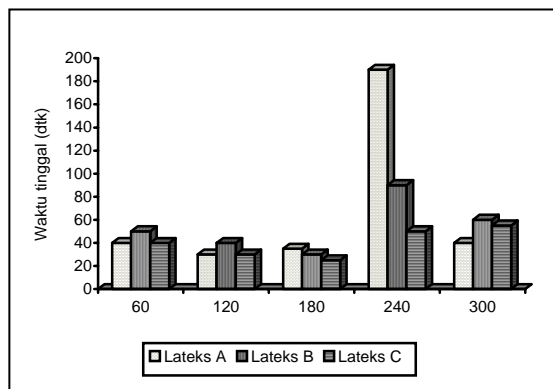
**Gambar 6.** Diagram Alir Proses Vulkanisasi Radiasi Lateks Alam Sistem Kontinu.

d. *Letak saluran masuk-keluar.*

Gambar 7,8,9 dan 10 menyajikan hubungan antara letak saluran (sudut antara waktu tinggal, detik. Sudut antara saluran masuk dan ke luar) terhadap waktu tinggal lateks dalam reaktor diaduk dengan kecepatan berturut-turut 0, 25, 50 dan 75 putaran per menit. Dari gambar-gambar ini menunjukkan bahwa makin besar sudut antara saluran masuk dan keluar, waktu tinggal meningkat, kemudian menurun lagi setelah sudut tertentu. Hal yang sangat adalah bahwa makin tinggi kecepatan putar pengaduk dalam reaktor (misalnya pada Gambar 10 dengan kecepatan sudut 50 dan 75 putaran per menit). Waktu tinggal maksimum yang dicapai makin sama. Hal ini disebabkan karena partikel lateks yang masuk dalam model reaktor berputar melingkar ke atas. Pola arah aliran partikel lateks yang melingkar ke atas ini sangat dipengaruhi oleh arah putaran pengaduk dan daya dorong partikel lateks dari saluran masuk. Tetapi arah ini dibelokkan oleh dinding tempat sumber radiasi. Sehingga membentuk aliran baru. Dengan demikian dapat dimengerti bahwa waktu tinggal maksimum bukannya di sudut  $180^0$ , melainkan di sudut  $240^0$ . Jadi letak saluran keluar adalah bersudut  $240^0$  terhadap saluran masuk.

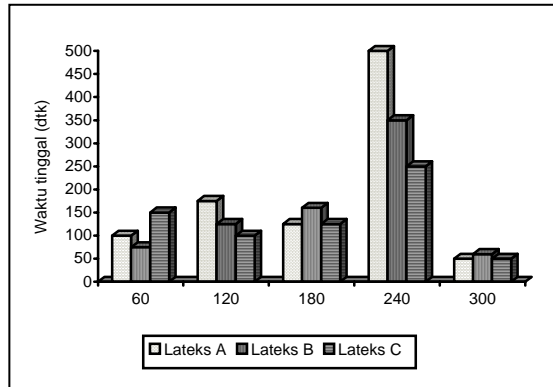


**Gambar 7.** Pengaruh Letak Saluran Keluar Waktu Tinggal dalam Reaktor, pada Kecepatan Pengadukan 0 rpm.

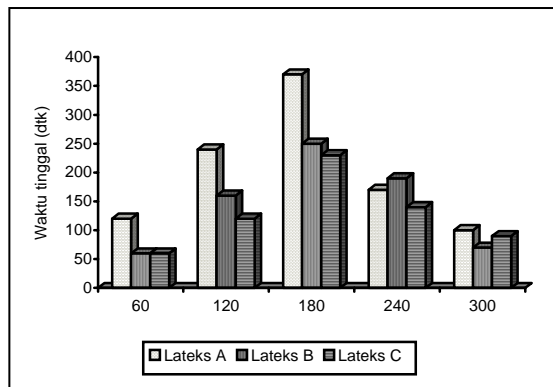


**Gambar 8.** Pengaruh Letak Saluran Ke Luar Terhadap Waktu Tinggal Partikel Karet dalam Reaktor, pada Kecepatan Pengadukan 50 rpm.





**Gambar 9.** Pengaruh Letak Saluran Ke Luar Terhadap Waktu Tinggal Partikel Karet dalam Reaktor pada Kecepatan Pengadukan 50 rpm.

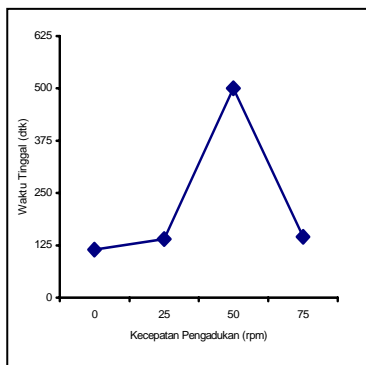


**Gambar 10.** Pengaruh Letak Saluran Ke Luar Terhadap Waktu Tinggal Partikel Karet dalam Reaktor dengan Kecepatan Pengadukan 75 rpm.

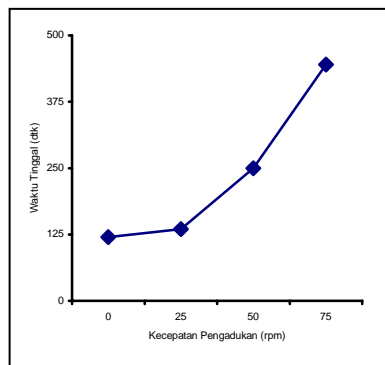
*e. Kecepatan pengadukan.*

Secara umum pengadukan dibutuhkan supaya lateks yang berada dalam reaktor mendapat dosis serap yang sama. Sedang kecepatan pengadukan yang terlalu tinggi dapat merusak kualitas lateks <sup>(9)</sup>. Untuk menjaga supaya kualitas lateks dalam reaktor masih baik, maka pengaruh kecepatan pengadukan terhadap waktu tinggal perlu dievaluasi. Yanti S. <sup>(10)</sup> melaporkan bahwa untuk mendapatkan nilai kestabilan radiasi yang baik, maka kecepatan pengadukan dalam model reaktor tidak boleh lebih dari 75 putaran per menit. Hasil pengamatan hubungan antara kecepatan pengadukan dengan waktu tinggal partikel lateks dalam model reaktor vulkanisasi radiasi dengan sistem kontinu disajikan di Gambar 11. Dari gambar ini menunjukkan bahwa dengan naiknya

kecepatan pengadukan, waktu tinggal meningkat, kemudian menurun setelah kecepatan pengadukan 50 putaran per menit. Jadi nilai optimum kecepatan pengadukan adalah 50 putaran per menit. Hal ini mencirikan bahwa kecepatan pengadukan sangat berpengaruh pada waktu tinggal partikel lateks dalam reaktor.



**Gambar 11.** Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap Waktu Tinggal Partikel Karet dalam Reaktor. Letak Saluran Keluar  $240^{\circ}$ .



**Gambar 12.** Pengaruh Kekentalan Terhadap Waktu Tinggal Tangki dalam Reaktor. Letak Saluran  $240^{\circ}$ . Kecepatan Pengadukan 50 rpm.

#### f. Kekentalan.

Pada umumnya kekentalan lateks alam dipengaruhi oleh kadar karet kering. Kadar karet kering lateks alam yang diperdagangkan nilainya sekitar 60% dengan kekentalan bernilai antara 60-90Cp. Pada proses vulkanisasi radiasi kadar karet kering dari lateks alam yang akan diiradiasi sekitar 58% dengan kekentalan antara 30 s/d 60 Cp. Pengaruh kekentalan terhadap waktu tinggal lateks dalam reaktor disajikan di Gambar 12. Ternyata ada kecenderungan bahwa dengan naiknya kekentalan, waktu tinggal meningkat. Hal ini logis, karena lateks yang lebih kental akan mengandung partikel karet lebih banyak, sehingga kecepatan gerakannya akan lebih lambat.

## IV. KESIMPULAN

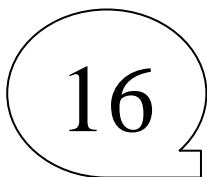
Dari uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa faktor-Fktor lletak sudut antara saluran masuk dan keluar. Kecepatan pengadukan. Serta kekentalan lateks

dapat mempengaruhi waktu tinggal lateks dalam reaktor. Dengan distribusi waktu tinggal bervariasi tergantung pada ketiga faktor tersebut.

Untuk mendapatkan waktu tinggal lateks di dalam model reaktor vulkanisasi semaksimal mungkin sebaiknya saluran masuk diletakan di bagian bawah tangki, sedang saluran keluar di bagian atas reaktor. Dengan sudut antara saluran masuk dengan ke luar  $240^0$  dan kecepatan penagdukan sekitar 50 putaran per menit.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Minoura. Y. and Asao M., Studies on the Gamma Irradiation of Natural Rubber Latex. The Effect of Aromatic Hologen Compounds on Crosslinking by Gamma Irradiation. J.App. Polym. Sci.5 (1961) 401.
2. Puig. J.R. Radiation Curing of Natural Rubber Latex. CAPRI, CEN, CEA Saclay (1970) 373.
3. Sundardi F. Marga Utama dan Sumarno K., Radiasi Gamma Co-60 pada lateks karet alam. Majalah Batan IX4 (1976) 11-23.
4. Makuuchi K. and Markovic V. radiation Processing of Natural Rubber Latex, IAEA Bulletin. 1 (1991) 25.
5. Marga Utama. Application and Future Prospect of Irradiated Natural Rubber Latex. The 3 rd asia Pasific Plastic and Rubber Conference on Markets Trends and Advances in materials. Machinery and Technology, CES, PRI. Singapore 17-18 June 1993.
6. Annonime. Manual of RVNRL in Pilot Plan, PAIR-BATAN. Jakarta, 1984 (tidak diterbitkan).
7. Levenspiel .O., Chemical Reaction Engineering, John willey and Son, Inc., New York (1962).
8. Sugiarto Danu, M. Bunyamin, dan Marsonngi. Model reaktor kontinu latek vulkanisasi radiasi. Risalah lokakarya komputasi dalam sains dan teknologi nuklir BATAN. Jakarta (1995) 191.



## PILOT SCALE PRODUCTION OF IRRADIATED NATURAL RUBBER LATEX AND ITS DIPPING PRODUCTS

Marga Utama<sup>1</sup>, Meri Suhartini<sup>1</sup>, Herwinarni<sup>1</sup>, Siswanto<sup>2</sup>, Yoharmus S.<sup>3</sup>, H.Sundaru<sup>4</sup>, H.M.Halik<sup>5</sup>, Prayitno<sup>6</sup>, H.M.Muklis<sup>7</sup>, Sunardi Ruslim<sup>8</sup>.

1. Center for R&D of Isotopes and Radiation Technology, National Nuclear energy Agency, Jakarta.
2. Indonesian Biotechnology Research Institute for Estate Crops, Bogor.
3. Bogor Research Center for Rubber Technology.
4. Faculty of Medicine, Indonesian University, Jakarta.
5. Government-owned Esatae VIII (PTPN VIII), Bandung.
6. PT. Mitra Rajawalli Banjaran, Bandung.
7. PT. Sugih Instrumendo Abadi, Padalarang.
8. PT. Laxindo Utama, Serang, Banten.

### ABSTRACT

The production of irradiated natural rubber latex (INRL) prepared from field latex or centrifuged natural rubber latex after adding with normal butyl acrylate (n-BA) as sensitizer then irradiated by gamma irradiation on pilot scale had been carried out. The quality of (INRL) or pre-vulcanized natural rubber latex (PVNRL) prepared by radiation vulcanization or radiation vulcanized natural rubber latex (RVNRL) and its dipping product such as condom, sphygmomanometer, and gloves were evaluated. The economical aspect parameters on the production of INRL by  $\gamma$  irradiator 200 kCi, and electron beam machine (EBM) 250 keV/10 mA, such as payback period (PP), net present value (NPV), profitability index (PI) and internal rate of return (IRR) of INRL with capacity production 1000 ton INRL/year were evaluated. The results showed that the latex properties of INRL such as DRC, TSC, KOH, VFA, and MST number are not only found to the requirement of the ISO 2004 standard but also the latex has low protein, lipid, and carbohydrate content. The physical and mechanical properties (tensile strength, modulus, and elongation at break) of rubber dipping products such as condom, gloves, and sphygmomanometer are not only found to the requirement of ISO 4074, ISO 10282, and ANSI/AAMI SP-1994 standards, but also the allergic response tested clinical latex-sensitive protein allergen by ELISA test on gloves, and by SPT test on condom are found to be negative. It indicates that production of INRL or PVNRL or RVNRL by EBM 250 keV/10 mA, was more cheap than by using gamma  $\gamma$  irradiator 200 kCi, or sulfur vulcanization. The value of PBP (payback period) was 2,1 years, NPV (net present value) was 4,250 US \$, PI (profitability index) 1,06 and IRR (internal rate of returns) was 25,0%.

## I. INTRODUCTION

Indonesia is the second largest of rubber production country in the world with total production in 2003 was around 1.589 million ton, but the local consumption of rubber around 116.000 ton or 7.3 % from the total of Indonesian production<sup>[29]</sup>. The production of rubber dipping products increased from year to year such as in 2000 the total production of gloves was 5.2 million pcs., in 2001/2001 6 pcs., and in October 2003 increases 15% about 6.2 million pcs<sup>[1]</sup>.

Natural rubber latex (NRL) has a specific competitive against latex synthetic since it lower in price, renewable, good in wet strength and elastic as well as good in barrier properties, and it due widely used in medical devices such as for anesthesia (heating circuit, indotracheal tubes) for dumbel (bite, block, dental dum, etc), for general medical (medical gloves, hot water bottle, blood pressure cuft etc.) , for surgical /urological (arterial and venous catheter, surgical gloves, etc.), and in various field such as : sealing compound adhesive, sphymomanometer, condom, and like<sup>[5,8,13,31]</sup>.

The pre-dominant use of NRL is in the production of dipped goods, where its superior film forming ability, excellent gel strength and high tensile strength and elongation required for the finish product are essential. How ever the incidence of latex allergy associated with water-extractable protein in gloves, of Type I hyper-sensitivity has posed a serious challenge to latex dipping products manufactures<sup>[17-28]</sup>.

The Indonesian Nuclear energy Agency has established a commercial pilot plant for producing irradiated natural rubber latex (INRL)) by gamma irradiation as a energy for vulcanization since 1983<sup>[26,27,30,34]</sup>. This INRL has used for production of condom, examination gloves, foam rubber, and rubber thread, in factory scale<sup>[20,21,22,23,25]</sup>. The physical and mechanical properties of film from rubber products such as condom, examination gloves, were satisfy to standards requirement, but the sticky problem among rubber products during production was occur. The maximum volume for producing rubber foam was 9 times, and for improvement the modulus of rubber treat the compound should be bland with natural rubber grafted methyl methacrylate copolymer (NR-g-MMA).

This paper describes a trial production of INRL and its rubber dipped product which has been carried out in factory scale through the National Cooperation between R&D Indonesia Governments Institutions with the Indonesian Rubber Industries. The purpose of this study is to prove that the process for production of INRL can be produced in pilot scale, with good quality of its rubber products, and the economical aspect is competitive compared with sulfur vulcanization method.

## II. MATERIAL AND METHOD

**Material.** The material for implementation this research divided into 5 kinds : 1)The raw material for producing INRL such as field natural rubber latex with concentration of ammonia was around 1-2%, and high ammonia (HA) centrifuged latex were prepared Jalupang centrifuged NRL factory PTP VIII Subang, Bandung, West Jawa, Indonesia. 2)The chemicals for producing INRL such as: nonionic soap, KOH, nBA (normal butyl acrylate) etc.were prepared by National Nuclear energy Agency (BATAN) Jakarta, 3)The chemical for producing condom such as : antitack G, antitack K, silicon oil etc. were prepared by condom factory PT MRB Bandung 4)The chemical for producing sphigmomanometer such as calcium nitrate, ammonia, etc. were prepared by sphigmomanometer factory PT.SIA Padalarang, 5)The chemical for producing gloves such as calcium nitrate, non ionic soap, etc.prepared by golves factory PT. Laxindo Utama Serang Banten and the chemical for response analysis of allergic such as acrylamide, glycerol, etc. were prepared by Indonesian Biotechnology Research Institute for Estate Crops, Bogor. and Faculty of Medicine, Indonesian University, Jakarta.

**Apparatus.** There are 5 kinds apparatus for implementation the research :1) Latex irradiator prepared by Center for R&D of Isotopes and Radiation Technology, National Nuclear energy Agency, Jakarta, 2) The Condo factory prepared by at PT.Mitra Rajawali Banjaran Bandung, 3) The Sphygmomanometer factory prepared by PT. Sugih Instrumendo Abadi Padalarang Bandung, 4) The Gloves factory prepared by PT. Laxindo Utama Serang Banten, and 5) Apparatus for testing of allergic response, quality of latex and its rubber products, prepared by Indonesian Biotechnology Research Institute for Estate Crops, Research Center for Rubber Technology Bogor, and Faculty of Medicine, Indonesian University, Jakarta.

**The research strategy.** The research strategy implementation for this project is shown on Figure 1. This project has been carried out in 2001 to 2004 through the National Cooperation between R&D Indonesia Governments Institutions with the Indonesian Rubber Industries (RUKI 2001-2002 and IPTEKDA-BATAN 2003-2004).

**Evaluation the quality of INRL and its rubber products.** The procedure for evaluation the quality of INRL and its rubber product were carried out according to the references number of 2,3,4,7,14,15.

**Method for techno-economic of INRL.** The first step was to know the price of machine for producing INRL such as : latex irradiator, electron beam machine, etc. as an fix capital. Then to calculate the payback period (PP), net present value (NPV), profitability index (PI) and internal rate of return (IRR) of INRL with capacity production 1000 ton INRL/year according to reference number 24.

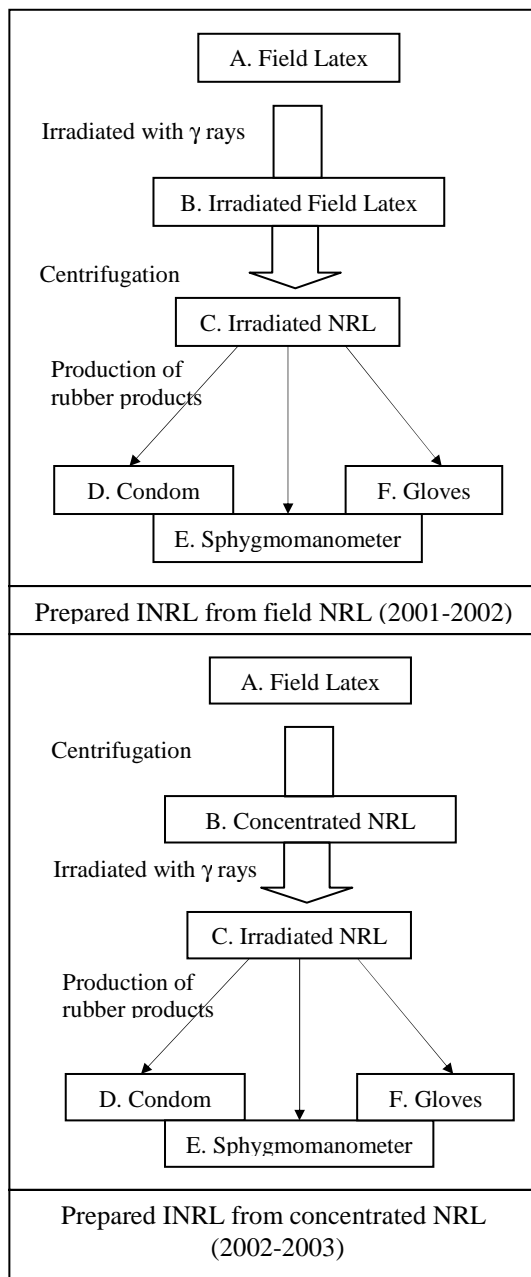


Figure 1. Strategy of trial production of INRL from field and concentrated NRL, and its rubber product in pilot scale.

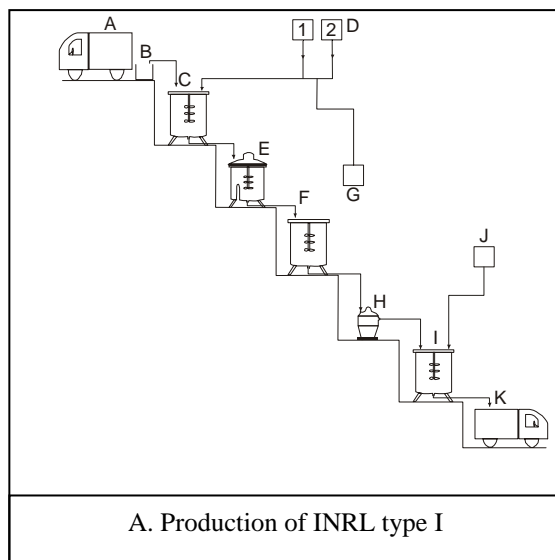
### III. RESULTS AND DISCUSSION

#### Trial production of INRL.

Effect of ionizing radiation (gamma rays or electron beam) on polymeric materials has been studied since for over than 40 years a go by a number of investigators. It was reported that the effect on polymeric materials are degradation and cross-linking. Both degradation and cross-linking may occur simultanously. In cross-linking occur at a high yield appear chain scission in the same polymer, the polymer is classified as a cross-linking polymer. On the other hand of the chain scission yield is higher than cross-linking in the same polymer, the polymer is classified as a degradable polymer<sup>[10-23]</sup>.

The effect of gamma irradiation or electron beam on field NRL not only occur cross-link among cis 1,4 poly-isoprene, but also degradation on non rubber constituent. So it can be called that NRL after irradiation is irradiated natural rubber latex.

Field NRL is a suspension of cis 1,4 poly-isoprene (30-35%) of natural rubber particle which range in diameter from 0.5  $\mu$  to 2.0 $\mu$  in non rubber constituent. The non rubber constituent in field NRL are protein (1-2%), lipids (1-2%), phospholipid (0,5-1%), carbohydrate (1.5-2.0%), and water 65-70%)<sup>[29-31]</sup>. There are two types INRL can be produced by irradiation technique namely INRL Type I and INRL Type II (Figure 2).





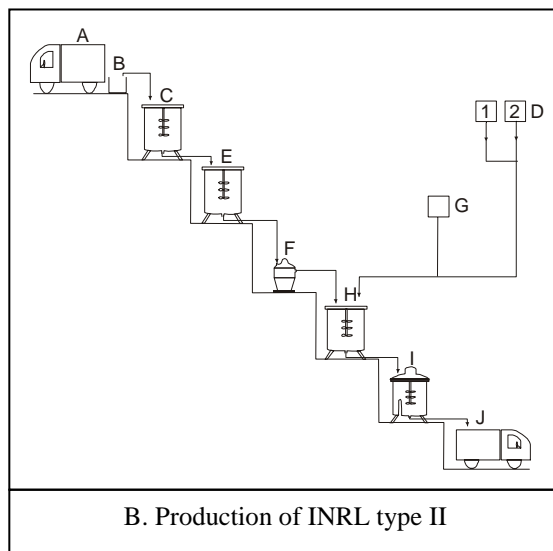


Figure 2. Production of INRL Type I and Type II, by gamma irradiation technique.

**Trial production of INRL Type I.** The diagram for producing of INRL Type I is shown Figure 2A: The fresh field latex with total solid content (TSC) 30% from the truck (A), was transferred into bulb vessel (B), and diluted up to 28% in sediment vessel tank (C) with 1% ammonia (D1), and stabilized by 0,2-0,5 phr (part hundred ratio of rubber) of 20% solution of KOH (D2), then added with 3 phr of nBA (G) as sensitized. The mixture of fresh field latex from vessel (C) is pumped into reaction vessel (E) and irradiated at 25 kGy by gamma ray from cobalt-60, then transferred into sediment tank vessel (F). The INRL Type I from storage tank (I) can be obtained after irradiated field NRL from sediment tank (F) was centrifuged by centrifuge machine (H), and added with sodium laurate 0.02 phr (J)

**Trial production of INRL Type II.** The trial production of INRL Type II is shown on Figure 2B. The INRL Type II can be obtained is as follows : The centrifuged NRL with total solid content 60% from reaction vessel (H) was diluted up to 56-57 % with 1% solution of ammonia (D1), then stabilized with 0,2-0,5 phr of 20% solution of KOH (D2), left over night, and then added with 3 phr of 50% emulsion of nBA from reaction vessel (G), and irradiated by gamma ray from cobalt-60.

**The quality of INRL Type I and II.** The quality of INRL Type I and Type II are shown on Table 1. It indicates that the DRC of INRL Type I is higher than INRL Type II, while the other parameter such as alkalinity, mechanical stability time, coagulant content are quite the same. So INRL Type I is quite the same with the quality of ISO standard.

If the INRL was compared with sulfur compound (Table 2), it indicates that key feature of INRL are absence of accelerators, zinc oxide and amine-based accelerator.

Absence of the conventional sulfur compound latex accelerators (dithio carbamates and thiazoles) sulfur from INRL ensure that products made from INRL will not caused any dermatitis / allergic reaction associated with these chemicals. Dermatitis (irritation of the skin) from the accelerators, zinc oxide and amine-based accelerator, may be responsible for much of the tissue irritation experienced by patients who have to have latex urinary catheters implanted for long periods.

**Table 1. Quality of INRL**

Characteristic	INRL		ISO 2004 Standard
	Type 1	Type 2	
1. Total solid content (TSC), %.	61.5	58.5	61.5*
2. Dray rubber content (DRC), %.	60.0	57.0	60.0*
3. Non-rubber content (TSC-DRC)	1.5	1.5	2.0
4. Alkalinity (as NH <sub>3</sub> ), % on latex.	0.77	0.70	0.6
5. Mechanical stability time (MST), second.	1500	1500	650*
6. Coagulum content, %.	0.04	0.04	0.05**
7. Copper content, mg/kg.	2	3	8**
8. Magnesium content, mg/kg.	2	2	8**
9. Sludge content, %.	0.10	0.10	0.10**
10. Volatile fatty acid number (VFA).	0.023	0.024	0.20**
11. KOH number.	0,8	0,8	1.0**
12. Color on visual inspection.	No pronounced blue/gray		
13. Odor after netralization with boric acid	No pronounced of pure active		

\*\* Maximum, \* Minimum.

The absence of zinc and zinc-bearing accelerators eliminates the problem associated with minimizing zinc contents in order to meet regulatory limits for zinc in babies bottle teats, and soothers. The absence of zinc also removes the possibility of trace contamination by lead and cadmium often found in teats and soother.

The absence of amine-based accelerators further means that the possibility of forming nitrosamines during the production of process is eliminated.

The low modulus of INRL film is some advantage for articles such as gloves and toy balloons, where high modulus is not desirable. However, the cross-link density will need to be sufficient to prevent distortion of the product on removal from the former. So the modulus value cannot be too low.

**Tabel 2. Formulation, curing, and properties of INRL film compared with sulfur vulcanization film.**

<b>Formulation/curing/ properties</b>	<b>Radiation vulcanization</b>		<b>Sulfur vulcanization</b>
<b>Formulation</b>			
60% HA Latex	100		100
10% KOH	0.2		0.3
20% K.Laurate	0.2		0.3
25% Non ionic soap	-		0.12
50% Sulfur	-		0.7
50% ZDEC	-		0.4
50%ZMBT	-		0.3
50% ZnO	-		0.5
50% Antioxidant	1.0		1.0
50% nBA	3.0		
<b>Curing</b>			
Dose of radiation, kGy.	25 kGy		3
Time of maturation, dys.	-		3
Temperature of curing, °C.	30		120
Time of curing, minutes.	10' for EBM, 10 hours for gamma ray		15
<b>Properties of vulcanizate film</b>	<b>INRL Type I</b>	<b>INRL Type II</b>	
Modulus 600%, Mpa.	1.8-2.0	1.8-2.0	3.0-4.0
Tensile strength, Mpa.	25 -26	25-26	25-30
Elongation at break, %.	900	900	700
Non rubber content *.			
• Total protein content, %.	0.080	0.085	0.29
• Extractable protein content, mg/kg.	<100	<100	1000-2000
• Lipids content, %.	3.67	3.36	6.36
• Carbohydrate content, %.	0.027	0.030	0.041

\*leaching in amonia 1% for 15 minutes.

Product from INRL should have high transparency, due to the absence of curing ingredients, and this is desirable for products such as teats and soothers and some catheters. Additionally, their should be very pole since they do not need of heated to high temperature for further vulcanization .

Product form INRL should be totally free of the “bloom” problem that are often encountered in conventionally vulcanized, because these blooms are normally the results of excessive level of accelerator or sulfur in the formulation.

Low protein, lipids and carbohydrate content to ensure that the finished articles have the minimal amount of residual protein containing the allergens and safe for use.

From these advantages characteristic of INRL, it can be recommended that the potential application of INRL are good for production of medical/surgical products, condom, teats, balloons, and gloves for food contact

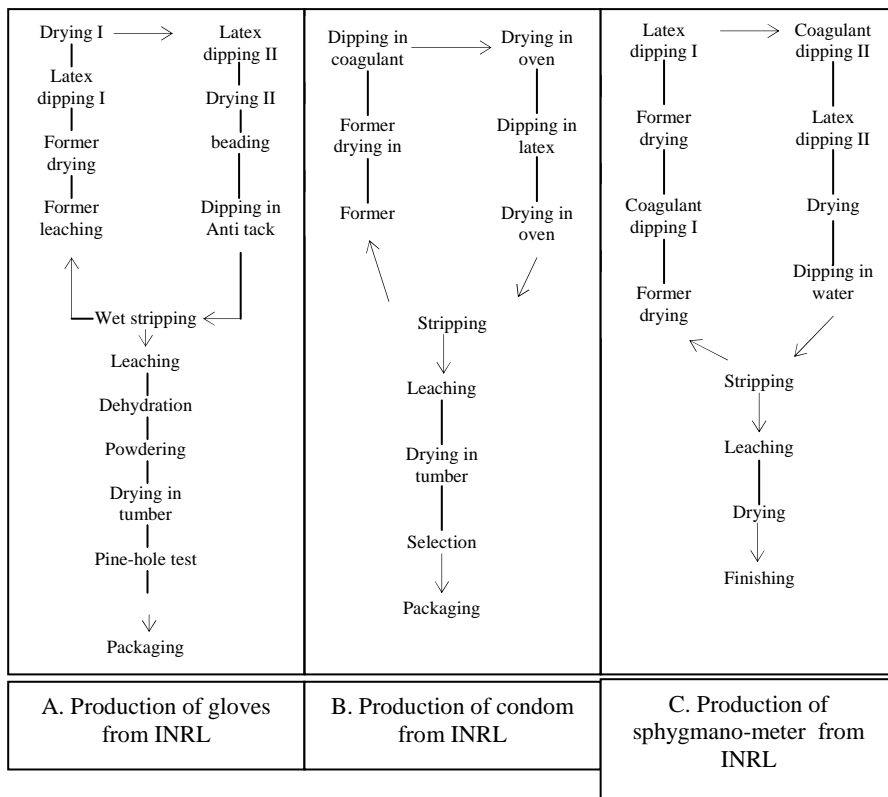


Figure 3. Trial production of gloves, condom, and sphygmomanometer from INRL on factory scale.

### Trial production of dipped products from INRL.

The diagram for production these dipped products are shown on Figure 3, with INRL compound formulation presented in Table 3.

**Table 3. Formulation of INRL compound for producing condom, surgical gloves, and rubber for sphygmomanometer.**

Chemical	Part hundred ratio of rubber (phr)		
	Condom	Surgical gloves	Sphygmomanometer
60% INRL Type I	100	-	100
55% INRL Type II	-	100	-
20% Sodium laurate	0.2	-	0.2
50% antioxidant	1.0	1.0	1.0

**Trial production of condom in factory scale.** Straight dipping for production of condom is the simplest type of dipping process. The thickness of the rubber deposit obtained by this method is dependent only on the total solid content of the latex and its viscosity. Figure 3A shows the diagram of condom production in factory scale. The clean former of condoms immersed into the first INRL compound. The deposit is dried, then immersed again into the second INRL latex compound., dried again, then striped from the former with wet stripping method. The wet condoms are leached, dehydrated, dried in tumbler, dried in air condition, pine hole test selection, lubrication and then packaged. Table 4 shows the relation of condom thickness with total solid content and viscosity of INRL compound . It indicates that for obtaining thickness of condom 50-60 micron, the total solid content should be around 51%.

**Table 4. Thickness of condom from INRL with on difference total solid content. (The speed production of condom was 50 gross/hours).**

Total solid content, %	Viscosity, cP.	Thickness, $\mu$ .	Pine hole, %.
50	24	40-44	0,99
51	26	50-60	0,05
52	37	65-75	0

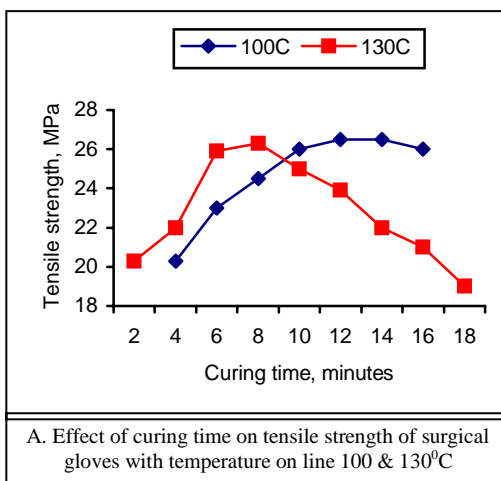
Condom from INRL produced in factory scale with extractable protein content 116  $\mu\text{g/g}$  showed to give negative response (Table 5). The negative response to Skin-Prick Test of condom prepared from INRL due to the degradation of non rubber content such as extractable protein by gamma radiation<sup>[32,35]</sup>.

**Table 5. Summary of skin-prick test (SPT).from 11 patients the allergic response by latex hypersensitive individual.**

Samples	EP C, $\mu\text{g}$	Individuals hypersensitive SPT, number of patient.											Average, Au.	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Control	no data	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.1
Standard hypersensitivity latex	no data	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2.1
Condom from sulfur vulcanization	115	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.4
Condom from irradiated natural rubber latex	116	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

EPC = Extractable protein content, Maximum the allergic level response = 4 Au/g. Au = allergy unit.

**Trial production of surgical gloves in factory scale.** Figure 3B shows that after leaching and heating, the former is first coated with a layer of coagulant by dipping into a solution of  $\text{CaNO}_3$ . The coated former then dipped into irradiated natural rubber latex compound. On coming into contact with the coagulant, the latex is gelled and as diffuses away from the former the gelled layer becomes thicker. The thickness of rubber film produce therefore depends on the dwell time in the latex, concentration and viscosity of coagulant use as well as on the rubber content and viscosity of the latex.



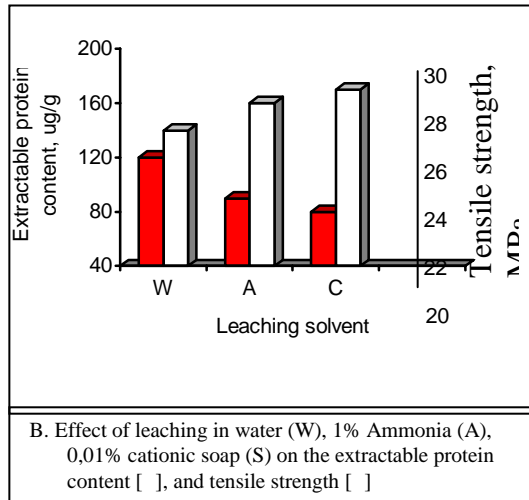
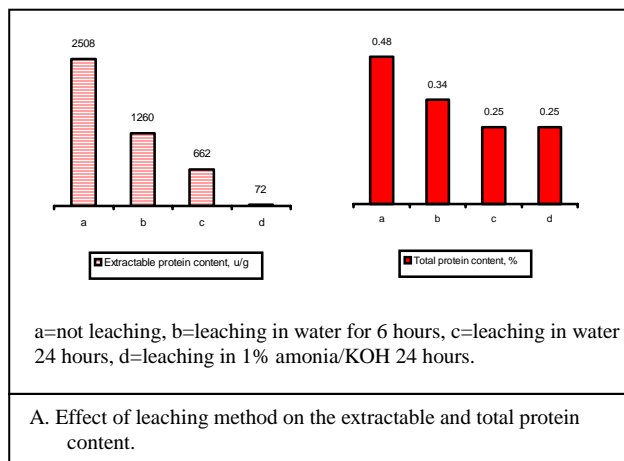


Figure 4. Effect of temperature and heating time on tensile strength (A) and effect of leaching methods on extractable and total protein content (B).

Two factors has been carried out namely: effect of curing time during processing line and effect of leaching time of surgical gloves after powdering and stripping. The results indicates that the optimum drying time in oven with temperature of 100°C during processing line is 10 minutes (Figure 4A), and the cationic soap is better solvent for leaching minimized because it can the extractable protein content (Figure 4B).



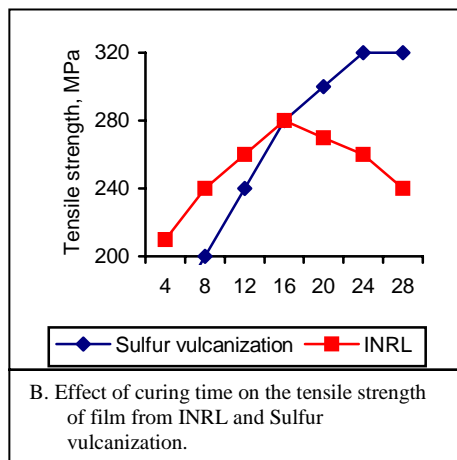


Figure 5. The effect of leaching methods on the extractable and total protein content (A), and the effect of curing time on the tensile strength of bulb sphygmomanometer (B).

#### **Trial production of rubber for sphygmomanometer in factory scale.**

There are three kinds of rubber sphygmomanometer has been prepared, namely: bulb, bladder, and tube. The procedure for production of the rubber for sphygmomanometer is coagulant dipping method with two time of dipping in coagulant, and in latex (Figure 3C). The thickness of rubber deposit depends on the dipping time and concentration of coagulant of the second coagulant. The factors such as heating time and leaching of the products has been carried out. The results showed that the leaching agent for production of rubber products was 1% of ammonia solution (Figure 5A) was the better compared with the other leaching agent such as KOH and water. The heating time of rubber products from INRL is more shorter than sulfur vulcanization (Figure 5B).

**The quality of rubber product from INRL.** The quality of condom, surgical gloves, and sphygmomanometer produced in factory scale are shown Table 6. They indicate that the physical of condom, surgical gloves, and sphygmomanometer are not only found to the requirement of ISO 4074-9, ISO 4074-9, and ANSI/AAMI SP-1994 standards, but also the allergic response tested clinical latex-sensitive protein allergen by ELISA test on gloves and sphygmomanometer produced in factory scale are shown Table 6. They indicate that the physical of condom, surgical gloves, and sphygmomanometer are not only found to the requirement of ISO 4074-9, ISO 4074-9, and ANSI/AAMI SP-1994 standards, but also the allergic response tested clinical latex-sensitive protein allergen by ELISA test on gloves, and by SPT test on condom are found to be negative. Its means that condom, gloves, and rubber for sphygmomanometer are safe for user.



**Table 6. The quality of condom, surgical gloves, and rubber for sphygmomanometer from INRL produced in factory scale.**

Properties	Treatment	Condom		Surgical gloves			Sphygmomanometer bulb	
		ISO 4074-9	INRL	ISO 4074-9		INRL	ANSI	INRL
				Type I	Type II			
Tensile strength, MPa.	A	20	22	23	17	25	Nr	22
	B	17	18	17	12	20	Nr	20
Elongation at brak, %.	A	750*	1000	700*	550*	900	Nr	1000
	B	650*	900	560*	490*	900	Nr	1000
Modulus 500%, MPa.	A	-	-	3**	-	-	-	-
Bursting strength, liter.	A	20*	25	-	-	-	-	-
Response against Type I allergic by ELISA test.	-	-	-	-	-	negative	-	-
Response against Type I allergic by SPT test.	-	-	negative	-	-	-	-	-

A = before aging, B = after aging 70°C/7days, \* minimum, \*\* maximum, Nr = no requirement,

### Economical aspect.

Several attempts have been done to evaluate cost production of INRL, which is very important factor before transferring this technology to industry. A few pilot plants have been constructed to prove the economic feasibility of the INRL process by gamma rays and electron beam irradiation at BATAN Jakarta Indonesia in 1983, Rubber Board Kottayam India in 1992, MINT Bangi Malaysia in 1996, Chulalongkorn University Bangkok Thailand in 1997, and TRCRE-JAERI Takasaki, Japan in 2000 (Table 7). It had been reported that irradiation cost, which was excluded the sensitizer and antioxidant cost varied large from one country to another, although the method used was almost the same.

### Cost analysis of INRL.

Production cost of INRL by using normal butyl acrylate 3 phr as sensitizer has been done based on the latex Latex Irradiator ( $\gamma^{60}\text{-Co}$  200 kCi) pilot plant in Jakarta Indonesia [34], and IMB 250 keV/10 mA in a Southeast Asian country [35] are shown on Table 8. The importance factor for cost analysis of INRL are : Fixed capital investment, variable cost, and fixed cost.

**Table 7. List of INRL pilot plants using gamma rays and electron beam**

Institute	BATAN Jakarta, Indonesia	Rubber board Kottayam, India	MINT Bangi, Malaysia	Chulalongkorn University, Bang kok, Thailand.	TRCRE- JAERI Takasaki, Japan.
Installation year	1883	1992	1996	1997	2001
Size	Commercial	Commercial	Commercial	Laboratory scale	Commercial
Process	Batch	Batch	Continuous	Batch	Continuous
Designed by	Japan	India	Germany	Hungary	Japan
Reactor type	Vessel	Vessel	Tube	Vessel	Vessel
Source arrangement	Inside reactor	Inside reactor	Outside reactor	Outside reactor	Outside reactor
Number of reactor	1	1	1	4	1
Source storage type	Wet	Wet	Dry	Dry	Dry
Cobalt-60/EB *Maximum capacity *Initial loading	1 MCi 225 kCi	0,1 MCi 10 kCi	2 MCi 150 kCi	10 kCi 10 kCi	300 keV, 10 mA
INRL capacity	1,7 ton/batch	1ton/batch	0,2-1,0 ton/h	120 liter/batch	90 liter/h

Source : Marga Utama and Herwinarni, 2003

**Fixed capital investment.** The fixed capital investment for producing INRL by Latex Irradiator ( $\gamma$   $^{60}\text{Co}$  200 kCi) is higher than by using MBE 250 keV/10 mA, because the price investment equipments of Latex Irradiator (1,620,000 US \$) is higher than MBE such as : the price of water treatment, source handling, mixing tank, reaction vessel, hoist, control panel, source storage, radiation monitor is 550,000 US \$, the budged for building with heavy concrete is 450,000 US \$, and the price of cobalt-60 source is 350,000 US \$, with contingency about 20% is 270,000.US \$. While the price of EMB 250 keV/10 mA only 400,000 US \$.

**Variable cost.** Variable cost for producing INRL by Latex Irradiator ( $\gamma$   $^{60}\text{Co}$  200 kCi) is lower than by using MBE 250 keV/10 mA, because by using Latex Irradiator does not need defoamer and the consumption of n-BA only 3 phr, while using MBE is 5 phr.

**Fixed cost.** The fixed cost for producing INRL INRL by Latex Irradiator ( $\gamma$   $^{60}\text{Co}$  200 kCi) is higher than by using MBE 250 keV/10 mA, because Latex Irradiator is not only high price, but also needs a budged for replenishment of  $^{60}\text{Co}$  12,5% per year.

**Table 8. Fixed investment and production cost for 1,000 ton / y of INRL (dry rubber base) Type II\* produced by Electron Beam Machine 250 keV/10 mA and <sup>60</sup>Co Latex irradiator 200 kCi**

Cost item	Unit consumed per kg product		US \$ /unit	EMB 300 keV/10 mA, US \$	Gamma Irradiator 200 kCi, US \$
	MBE	<sup>60</sup> Co			
<b>A. Fixed capital investment</b>				<b>400,000</b>	<b>1,620,000</b>
<b>I. Variable cost (a+b)</b>				<b>1,187,850</b>	<b>1,157,850</b>
<b>a. Row material</b>				<b>1,165,450</b>	<b>1,135,450</b>
- NRL	1.62 kg	1.62 kg	0.62	1,004,400	1,004,400
- Liquid ammonia	0.002 kg.	0.002 kg.	0.65	1,300	1,300
- KOH	0.002 kg.	0.002 kg.	1.8	9,000	9,000
- Emulsifier	0.005 kg.	0.005 kg.	1.5	7,500	7,500
- n-BA**	0.05 kg.	0.03 kg.	1.5	75,000	75,000
- Antioxidant	0.002 kg.	0.002 kg.	15	30,000	30,000
- Defoamer	0.002 kg	0	15	30,000	0
- Process water	0.165 kg	0.165 kg	0.05	8,250	8,250
<b>b. Utilities</b>				<b>22,400</b>	<b>22,400</b>
- Electricity, kWh.	30 kWh	180.000	0.08	14,400	14,400
- Water	10 kg	kWh	0.00008	8,000	8,000
<b>II. Fixed cost (a+b.. +g)</b>				<b>190,000</b>	<b>495,200</b>
<b>c. Labor</b>				<b>40,000</b>	<b>40,000</b>
- 3 operators				15,000	15,000
- ½ supervisor				10,000	10,000
- 1/3 overall supervisor				5,000	5,000
- Direct labor				30,000	30,000
- Labor overhead				10,000	10,000
<b>d. Maintenance</b>				<b>12,000</b>	<b>12,000</b>
<b>e. Plant overhead</b>				<b>18,000</b>	<b>18,000</b>
<b>f. Depreciation of equipment (10 years for EBM,15 years for gamma)</b>				<b>40,000</b>	<b>36,700</b>
<b>g. Depreciation of building.</b>				<b>0</b>	<b>22,500</b>
<b>h. <sup>60</sup>Co replenishment (12,5%)</b>				<b>0</b>	<b>42,000</b>
<b>i. Bank interest (20% A)</b>				<b>80,000</b>	<b>324,000</b>
<b>B. Production cost (I+II)</b>				<b>1,377,850</b>	<b>1,653,050</b>
<b>Company overhead (j+k+l)</b>				<b>44,000</b>	<b>44,000</b>
j. Administration				10,000	10,000
k. R & D				30,000	30,000
l. Insurance				4,000	4,000
<b>Plan Total production cost.</b>				<b>1,421,850</b>	<b>1,697,050</b>

\*The procedure for production INRL Type II is on Figure 3B, \*\* nBA is the sensitizer for EMB 5 phr, irradiation dose 1.5 kGy, sensitizer for Lateks irradiator 3 phr, irradiation dose 25 kGy.

Source: Makuuchi 2003. and Marga Utama and Herwinarni, 2003.

**Production cost of INRL.** From this calculation there is indication that the production cost of INRL Type II (with 60% DRC) prepared by EMB (1,422 US \$) is lower than by <sup>60</sup>Co (1,700 US \$), or by sulfur vulcanization (1,443 US \$) prepared in India [36]. By using this data, the pay back period (PBP) for producing INRL Type II prepared by EMB 250 keV/10 mA with the sale price like of conventional pre-vulcanized NRL in global market around US \$1.5-2.0/dry kg is shown on Table 9. It indicates that if the sale price of INRL 1.7 US \$, the IRR (internal rate of return) is 25,0% , the PBP is 2,1 years and the net present value (NPV) is 4,250 US \$ and the profitability index (PI) is 1,06

**Table 9. The internal rate of return (IRR) and payback period (PBP) production of INRL type II with variation sale price [35].**

Sales price, US \$.	Profit before tax (A), US \$.	Profit after taxes 30% (B), US \$.	Total fixed and working capital (C), US \$.	Internal Rate of Return (B/C), %.	Payback period, year.
1.5	75,000	52,500	755,140	7,0	7,6
1.6	175,000	122,500	763,473	16,0	3,3
1.7	275,000	192,500	771,807	25,0	2,1
1.8	375,000	262,500	780,140	33,6	1,6
1.9	475,000	332,500	788,473	42,2	1,3
2.0	575,000	402,500	796,807	50,5	1,1
2.1	675,000	472,500	805,140	58,7	0,9

Source: Makuuchi, 2003.

**Producing cost rubber products from INRL.** The experiences results after trial production of rubber products (condom, or sphygmomanometer) in factory scale showed that the production cost of condom decreased around 30% , and production cost of rubber for sphygmomanometer decreased around 40% .

It is understood that one of the main purpose of this paper is the study of feasibility of manufacturing INRL special emphasis is put on the evaluation of methods to utilized local raw materials such as natural rubber latex. The requirements of quality improved and it is therefore assumed that the technical problem are already solved, the economical aspect has been mentioned above, where these technology are going to implementation to industry.

#### IV. CONCLUSION

From these study it can be concluded that the production of INRL (irradiated natural rubber latex) and its rubber products in factory scale has been carried out. The quality of latex INRL is not only found to requirements of ISO 2004, but also have low protein, lipid and carbohydrate. The quality of rubber products from INRL such as condom, gloves, and rubber for sphygmomanometer are not only found to requirement of ISO 40074, ISO 10282, and ANSI/AAMI

SP-1994 standards, but also free from nitrosamines and protein allergen. It indicates that for production of INRL or PVNRL or RVNRL by EBM 250 keV/10 mA, is more cheap than by using gamma  $\gamma$  irradiator 200 kCi, or sulfur vulcanization. The value of PBP (payback period) 2,1 years, NPV (net present value) 4,250 US \$, PI (profitability index) 1,06 and IRR (internal rate of returns) is 25,0%.

## V. REFERENCES

1. ASTA, Produksi sarung tangan Indonesia, [WWW.nafed-go.id](http://WWW.nafed-go.id), October 2003.
2. ASTM, Standard specification for latex concentrated, ammonia preserved, creamed, and centrifuging latex, ASTM D 412-2002.
3. ASTM, Standard test method for rubber properties in tension, ASTM D 412-2002.
4. ASTM, Standard test method for analysis of protein in natural rubber latex and its product, ASTM D 5712-95.
5. Abdul Aziz bin S.A. Kadir. (1993) Natural Rubber (Current Developments in Product Manufacture and Application), RRIM, Kuala Lumpur .
6. Abdul Aziz S.A.Kadir. (1994). Latex Protein and Glove Industry, RRIM, Kuala Lumpur . 104 pp.
7. American national Standard Institute. (1994)., ANSI/AAMI SP9-1994.
8. Bridson. (1988). Rubbery Materials and Their Compounds, Elsevier Applied Science, London (1988).
9. Champetier,G. and L.Monnerie (1969). Introduction a la Chimie Macromoleculaire, Massoon 24 Cie Editeurs, Paris.
10. Collyer.A.A. (1991) Irradiation Effect on Polymers, Elsevier Applied Sci., London .
11. Dalrymple. S.J. and B.G.Audley. (1992), Allergenic protein levels, Rubber Developments, Vol. 45 no.213, NR. Technology `1414 : 51-60
12. Eirich, f. R. (1978). Science and Technology of Rubber, Academic Press, London.
13. Hofman W. (1967), Vulcanization and vulcanizing agents, Maclaren and sons Ltd., London (1967).
14. ISO. Rubber Condom , ISO 40074 ;1996,.
15. ISO. Single-uses steril surgical rubber gloves-Specification, ISO 10282 – 1994
16. Khairinagdi. (1993), Rubber as an Engineering Materials (Guideline for User), Hansr Publisher, New York .
17. Leherman E. and B.G.Audley. (1996). Selecting the Righ Gloves, <http://www.imune.com/rubber/nr3.html>, August 29, 1996.
18. Makuuchi.K. (2003<sup>a</sup>)AKUUCHI, An Introduction to RVNRL, T.R.I. Global Co. Ltd., Bangkok (2003).

19. Makuuchi.K. (2003b).. EB System Corporation, 1233 Watanuki, Takasaki, Cunma, 370-1207 Japan (2003).
20. Marga-Utama. (1992). Production of rubber foam using radiation vulcanization technique, Proc. of The Second ASEAN-JAPAN Symposium. On Polymers, JICA-LIPI, Bandung.p.29.
21. Marga-Utama (1994<sup>a</sup>), Trial Production of condom from INRL on Factory Scale, Frontiers of Polymers and Advantages Materials, Edited by Paras N Prasad, Plenum Press, New York 627.
22. Marga –Utama. (1994<sup>b</sup>), Trial Production of examination gloves from INRL on Factory Scale, Frontiers of Polymers and Advantages Materials, Edited by Paras N Prasad, Plenum Press, New York 649. of Polymers and
23. Marga-Utama. (1996). Production of RVNRL and its rubber products, Presented at the fourth mission on RVNRL at PNRI, Quezon City Philippines, on 28 October – 9 November 1996
24. Marga-Utama, herwiarni, Economical analysis for production of INRL and adhesive by gamma irradiation in pilot scale, KMNRT, Jakarta (2003). Technical report 6 pages.
25. Marga-Utama, Yanti-Sabarina, M.T. Razzak, Sari-Kusumawati, T.Haryanto. (1996). Production of rubber thread from the mixture of RVNRL and MG latex, Proc. International Symposium on RVNRL, MINT, Kuala Lumpur p. 159
26. Marga-Utama, H.M.Halik, Siswanto, Y.Syamsyu, H.Herwinarni, Suharyanto, B.Handoko. (2004<sup>a</sup>), Trial Production of Low Protein INRL in Factory Scale by Gamma Irradiation Technique, The 2003 A Workshop on The Utilization of Research Reactors. Jakarta-Serpong, January 12-16, 2004 (6 pages).
27. Marga-Utama, herwinarni, Made-sumarti, F.X.Marsongko., W.Herawan, S.Mudjib.(2004<sup>b</sup>) Production of pre-vulcanized natural rubber latex in factory scale, Proc. National Seminar on The Forth Chemical Process Technology, Faculty of Technology, Indonesia University, Jakarta March 31, 2004.
28. Morales.C, Abasoma, J.Carrbira, A.Sastre, (1989). Anaphylaxis produced by rubbe gloves contanct, Cure report and immunological identification of antigens involved, Chemical and Experimental Allergy, vol 19: 425-430.
29. Pusat Penelitian Karet (2003).. Laporan Tahunan Medan,p 60-62
30. Ridwan.M. (1985), Pilot scale experiments on RVNRL, Radiation Phys. Chem., vol.25 (4-6): 887-892.
31. SBP.(2000) Hand Book of Rubber Technology with Product Formulation, SBP Industrial Technology Books Series No.72, BPP Consultant and Engineers Ltd. New Delhi.
32. Soebianto Y.S., U.M.Ratnayake, K.Makuuchi, F.Yoshii, T.Kume (2003), Extractable protein of RVNRL, Proc. of Radiation Processing of Natural Polymer, JAEI-Conf. 2000-2003, Takaskai.p: 49-55.

33. Spinks J.W.T.and R.J.Wood (1926) , An Introduction to Radiation Chemistry, John Wiley & Sons, New York.
34. Sundardi.F.(1985), Review of radiation processing for NRL in Indonesia, Plastic Rubber processing and Application, vol. 5 (1985) 119-123.
35. Vargese,S.,Y. Katsumura, K.Makuuchi, F.Yoshii. (2000). Production of soluble protein free latex by irradiation process, Rubber Chemistry and Technology, vol.73 (1): 80-88
36. White J.L. (1995), Rubber Processing (Technology-Material Principles), Hanser Publication, New York.

Marga Utama  
 Center for the Application of Isotopes and Radiation,  
 Indonesian Atomic Energy Agency.(PAIR-BATAN)  
 Jl.Cinere Ps. Jumat P.O. Box 7002/JKSKAL, Jakarta 12070.

**ABSTRACT**

**INRL AND ITS FEATURE.** The production of INRL in pilot scale has been carried out since 1984 at the Indonesian Atomic Energy Agency (BATAN). The properties of INRL and its rubber product (gloves and condom) were evaluated. It is indicates that the higher cost of INRL with sulfur vulcanized latex is disadvantage, but the high value that western countries place on safety and environmental protection may be well over-ride this cost for many application.

**I. INTRODUCTION**

Early work on radiation vulcanization of natural rubber latex (RVNRL) or irradiated natural rubber latex (INRL) in Indonesia was carried out in 1972. After years of study a positive results was shown, and finally in 1983 a pilot plant for producing INRL was installed (Figure 1) at the Center for the Application of Isotopes and Radiation, National Atomic Energy Agency (P3TIR-BATAN) Jakarta Indonesia under cooperation with IAEA/UNDP <sup>(1-5)</sup>.

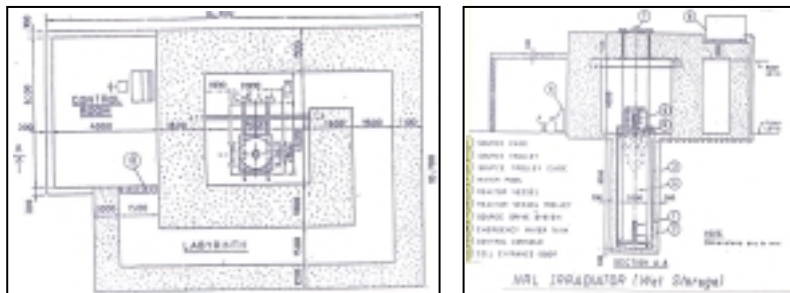


Figure 1. A pilot scale plant of latex irradiator for producing INRL.



During the period of 1983-1986, this pilot plant had been used for training and demonstration of the INRL technology to industry. Up to now INRL produced by P3TIR-BATAN are being use for the experiment of producing condom, gloves, adhesive, rubber tread, etc.<sup>(6-8)</sup>.

INRL is prepared by exposing natural rubber latex (NRL) to gamma ray from  $^{60}\text{Co}$  or electron beam from an accelerator beam machine. It is save for handle and easy to process into finished products such as dipped rubber goods using similar technique for manufacture of latex products using conventional NRL compounds

This paper introduce the INRL as new material latex compound for producing rubber products. The preparation, properties of latex and its rubber products, and feature of INRL will be discussed in this conference.

## II. PREPARATION.

Figure 2 shows the production of INRL in pilot scale. The capacity of production is around 1000 ton/years. Latex from drum (Figure 2A), is pumped into the mixing tank (Figure 2B or Figure 3), and added with normal butyl acrylate as sensitizer (Figure 2C). After mixing the mixer is pumped into the reaction vessel tank (Figure 2 D or Figure 4), then irradiated by gamma  $^{60}\text{Co}$  at 25 kGy. After irradiation the INRL is transferred into drum (E).



Figure 3. Mixing tank.



Figure 4. Reaction vessel.

### III. PROPERTIES

#### Latex properties.

Generally the properties of INRL is quite the with the High Ammonia Centrifuge Natural Rubber Latex (HA) , with excellent mechanical stability (Table 1). The Total solid content (TSC) and dry rubber content (DRC) are little lower than HA Latex, but the ammonia content more than 0,7% of latex, with the viscosity is around 60 cP. The advantages of INRL are : no added an accelerators which causing nitrosamine content and better stability latex (3-4).

**Table 1. A typical technical specification of INRL**

Technical specification	Storage time, month.		
	0	6	12
• Total solid content (TSC), %.	59,5	59,5	59,5
• Dry rubber content (DRC),%.	58,2	58,2	58,2
• Viscosity, cP.	62	63	66
• Ammonia content, % weight of latex.	1,01	1,00	1,00
• Mechanical stability time (MST), second.	>1800	>1800	>1800

**Table 2. The physical and mechanical properties of Ifilm from NRL and sulfur vulcanization.**

Properties	INRL	Sulfur vulcanization.
• Modulus 300%, MPa.	0.9-1.0	1.4-2.0
• Modulus 600%, MPa.	2.1-2.6	2.8-3.5
• Tensile strength, MPa.	22-27	25-35
• Elongation at break,%.	900-100	600-800
• Nitrosamin analysis of teat.		
- Nitrosammin, ppb.	0.2-2	5-10
♦ BGA method.	2	2-5
♦ FDA method		
- Nitrosatable aine, ppb.		
♦ FDA method	3-6	10-60
• Ash gasses content, mg/g.	0.05	2.2
- SO <sub>2</sub>	1.0	19
- HCl	0.014	0.15
- HCN	0.5	300
- CO		

**Film properties.**

Table 2. Shows the generally properties of INRL and sulfur vulcanization film. Its indicates that the ash content of film from INRL is very lowest and also the corrosive gases such as SO<sub>2</sub> and CO evolved from combustion (6,7). Excellent latex films are normally obtained by casting or dipping process and drying. They are soft and silky, and are also more transparent. The elongation at break generally higher than of sulfur vulcanized compound. The modulus at given strain is however lower, with tensile strength is between 22-27 MPa.

**Rubber goods properties.**

Rubber examination gloves prepared from INRL has been tried in factory scale (Figure 5), the properties of gloves met either Indonsian Standard (SII), Ammerican Standard (ASTM), or British Standard (BS) (Table 3).

A Study production of condom using INRL has ben carried out since 1987 (Figure 6) at Banjaran Condom Factory (PT. Kimia Farma). Several times test production in factory scale has been carried out. The results showed that condom from INRL meet both BSI or JIS standard (Tabel 4).



Figure 5. Production of gloves.



Figure 6. Pine hole test of condom.

**Table 3. Properties of examination gloves from INRL and SII/ASTM/BS standard.**

Properties	INRL	SII/ASTM/BS
• Thickness, mm.	0.07-0.10	0.08
• Modulus 300%, MPa.	0.9-1.1	2**
• Tensile steength, MPa.		
(A) Before aging	22-26	20*
(B) After aging 70°C/166 h.	22-24	16*
• Elongation at break, %.		
(A) Before aging	900-1000	700*
(B) After aging 70°C/166 h.	800-950	500*

**Table 4. Typical properties of condom from INRL and BS or JIS standard.**

Properties	INRL	BS	JIS
• Thickness, mm.	0.05	0.04-0.07	-
• Weight, gram.	1.15	1.10-1.50	-
• Width, mm.	49	49±2	-
• Length, mm.	185	180 ± 10	-
• Tensile strength, Mpa.			
(A) Before aging.	24	20	20
(B) After aging, 70°C/72 h.	22*	17*	-
Elongation at break, %.			
(A) Before aging	1000	650	600
(B) After aging 70°C/72 h.	980*	-	540*
Bursting strength, liter of air.	34	-	25

**Key feature**

Table 5 shows that there are some key features of INRL. These are summarised as follows (8-10).

Absence of the conventional sulfur compound latex accelerators (dithio carbamates and thiazoles) sulfur from INRL ensure that products made from INRL will not caused any dermatitis / allergic reaction associated with these chemicals. Dermatitis (irritation of the skin) from the accelerators, zinc oxide and amine-based accelerator, may be responsible for much of the tissue irritation experienced by patients who have to have latex urinary catheters implanted for long periods.

The absence of zinc and zinc-bearing accelerators eliminates the problem associated with minimizing zinc contents in order to meet regulatory limits for zinc in babies bottle teats, and soothers. The absence of zinc also removes the possibility of trace contamination by lead and cadmium often found in teats and soother.

The absence of amine-based accelerators further means that the possibility of forming nitrosamines during the production of process is eliminated.

**Table 5. Key feature of INRL.**

Item	Useful for
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Absence of accelerators</li> <li>• Absence of zing oxide</li> <li>• Absent of amine</li> <li>• Low modulus</li> <li>• High trasparancy</li> <li>• Degradable</li> <li>• Absence of acid</li> <li>• Combustion product</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• medical gloves, condom, teats, balloons, catheters.</li> <li>• Teats, soothers.</li> <li>• Human gut, teats, balloons, gloves, foot contact.</li> <li>• Toy balloons</li> <li>• Soothers.</li> <li>• Toy, advertising, or meteorological balloons.</li> <li>• All medical or surgical products.</li> </ul>

The low modulus of INRL film is some advantage for articles such as gloves and toy balloons, where high modulus is not desirable. However, the cross-link density will need to be sufficient to prevent distortion of the product on removal from the former. So the modulus value cannot be too low.

Product from INRL should have high transparency, due to the absence of curing ingredients, and this is desirable for products such as teats and soothers and some catheters. Additionally, they should be very pale since they do not need to be heated to high temperature for further vulcanization.

Product from INRL should be totally free of the "bloom" problem that are often encountered in conventionally vulcanized, because these blooms are normally the results of excessive level of accelerator or sulfur in the formulation.

#### **IV. CONCLUSION.**

There is considerable potential for the usage of INRL, particularly in medical/surgical products that also in other items such as balloons.

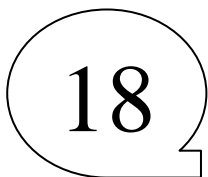
Realization of this potential, however, requires a determined effort to capitalize upon the basic work done to date and to establish sufficient production of INRL to enable development and evaluation work to be carried out on large scale.

The higher cost of INRL with sulfur vulcanized latex is disadvantage, but the high value that western countries place on safety and environmental protection may be well over-ride this cost for many applications.

#### **V. REFERENCES.**

1. SUMARNO KARTOWARDOYO, SUNDARDI FL., Study on the preparation and uses of  $^{60}\text{Co}$  gamma ray irradiation natural rubber latex, *J.App. Polym.*, XXI (1977) 3077.
2. MARGA UTAMA, Vulkanisasi radiasi lateks alam dengan sinar gamma  $^{60}\text{Co}$ , Symposium Polimer Indonesia, ITB, Bandung, 7-8 Maret 1979.
3. MARGA UTAMA, Lateks alam radiasi sebagai bahan dasarmurah untuk pembuatan sarung tangan secara sederhana, *Majalah BATAN XVI No.1* (1983).
4. MARGA UTAMA, Produksi lateks alam pra-vulkanisasi dengan menggunakan teknik radiasi, *Majalah BATAN XVIII 3* (1985) 56.
5. SUNDARDI FL., Review of radiation processing for natural rubber in Indonesia, *Plastics and Rubber Processing and Application V* (1985) 119.

6. MARGA UTAMA, Production of rubber foam using radiation vulcanization technique, Proc. of The Second ASEAN-JAPAN Symposium. On Polymers, JICA-LIPI, Bandung. (1992) p.29.
7. MARGA UTATAM, Trial Production of condom from INRL on Factory Scale, Frontiers of Polymers and Advantages Materials, Edited by Paras N Prasad, Plenum Press, New York (1994) 627.
8. MARGA UTAMA, Trial Production of examination gloves from INRL on Factory Scale, Frontiers of Polymers and Advantages Materials, Edited by Paras N Prasad, Plenum Press, New York (1994), 649.



# TRIALED PRODUCTION OF LOW PROTEIN IRRADIATED NATURAL RUBBER LATEX IN FACTORY SCALE BY GAMMA IRRADIATION TECHNIQUE

Marga Utama<sup>1</sup>, H.M.Halik<sup>2</sup>, Siswanto<sup>3</sup>, Y. Syamsu<sup>4</sup>, Herwinarni S<sup>1</sup>., Suharyanto<sup>3</sup>, B. Handoko<sup>4</sup>.

1. Center for the Application of Isotop and Radiation Technology, National Nuclear Energy Agency, Jl. Cinere Ps. Jumat PO Box 7002 JKSKL, Jakarta Indonesia.
2. PTPN VIII(State Owned Enterprice), Jl. SindangsirnaNo.4 Bandung, Indonesia.
3. Biotechnology Research Unit of Estate Crop. Jl. Taman Kencana No.1 Bogor 16151, Indonesia.
4. Rubber Technology Research Division, Jl. Salak No.2 Bogor 16151,Indonesia.

## ABSTRACT

Tried Production Of Low Protein Irradiated Natural Rubber Latex By Gamma Irradiation Technique In Factory Scale, Four tons fresh field natural rubber latex (FNRL) with total solid content 30 % were added with 2 phr (part hundred ratio of rubber) normal butyl acrylate (nBA) then irradiated by gamma rays at 25 kGy kGy. The irradiated FNRL was centrifuged, then the properties of irradiated centrifuged natural rubber latex (INRL) and its film were measured before and after storage for 5 months. It is found that the INRL is stable latex during storage in 5 months, with lowest protein, and free nitrosamin content. The tensile strength of INRL film was 24-27 MPa, and modulus 600% was 1,5-2,0 MPa, elongation at break was 900%, and hardness was 27-29 Shore A, while the extractable protein content less than 100 µg/g.

## I. INTRODUCTION

A serious problem of dipping product from natural rubber latex especially in the medical product field is Type I and IV allergy was reported since 1993. These allergies causes by the extractable protein content and nitrosamin content in NRL products such as gloves, condom, etc <sup>[1-4]</sup>

According to these problems, several methods used to reduced water extractable protein content in the latex dipping such as clorination, effect of drying and leaching during production, enzymatic, and radiation vulcanization methods have been carried out. The results showed that the extractable protein content in the dipping products such as gloves could be decrease from 2000 to less than 150 µg/g<sup>[5-7]</sup>

Study on the reducing of water extractable protein content by irradiation technique and combination of heating and leaching temperature of dipping latex product showed that the INRL prepared by electron gamma irradiation at 35 kGy reduced to the extractable protein content to 50 µg/g [8-9] and by electron beam irradiation at 200 kGy reduced the extractable protein content less than 5 µg/g.[10-11]

This paper reported the trial production of low protein content on INRL by gamma irradiation technique in factory scale which has been carried out at Center for the Application of Isotop and Radiation Technology, National Nuclear Energy Agency (P3TIR-BATAN) Jakarta, and NR latex factory at Jalupang , Subang, PTPN VIII (State Owned Enterprise), Bandung, Indonesia.

The hypothesis of the research is to prove that the gamma irradiation technique can be applied for producing INRL in factorial scale.

## II. EXPERIMENTAL

**Material.** Fresh field NRL from Jalupang NRL factory PTPN VIII, Subang, Bandung Indonesia, nBA (normal butyl acrylate) was used as sensitizer. The chemical for analysis of extractable protein, carbohydrate, and lipid content such as : BSA, sulfuric acid, hydrochloric acid, etc.

**Apparatus:** The pilot scale Latex Irradiator of gamma <sup>60</sup>cobalt 200 kCi with capacity 1,5 ton/batch located at P3TIR-BATAN Jakarta, factory scale of centrifuge machine of NRL with capacity 500liters/hour located at Jalupang, Subang, PTPN VIII Bandung. The apparatus for measurement the properties of latex and its film located at Biotechnology Research Unit of Estate Crop., and Rubber Technology Research Division, Bogor.

**Method. Production of INRL.** Figure 1 Shows the production flow diagram of INRL in factory scale by gamma irradiation technique. The fresh field NRL (A) with total solid content 30% was soaked in bulb vessel (B), and diluted to 28% in sediment vessel (C) with 1% ammonia (D), and stabilized with 0.2 phr of 20% KOH (E), then added with 2 phr of nBA from vessel (F) as sensitizer. The mixture of field NRL from sediment vessel (C) was pumped into reaction vessel (G) then irradiated by gamma ray cobalt-60 at 25, 35, and 45 kGy. After irradiation the field INRL was soaked in bulb vessel (H) centrifuged by centrifuge machine (I), then the INRL or pre-vulcanized NRL or radiation vulcanized NRL was transferred into the storage tank (J), and the skim latex soaked in bulb vessel (K)

**Analysis.** The procedure to analysis of total protein content, extractable protein, carbohydrate, and lipid content were measured according to manual [12-15].

**The properties of latex and its film.** Then the properties of latex from INRL and its film were measured according to ASTM [16-17].



**The infra red (IR) spectrum.** The IR spectrum of INRL film before and after leaching were measured using Simadzu IR Spectrometer.

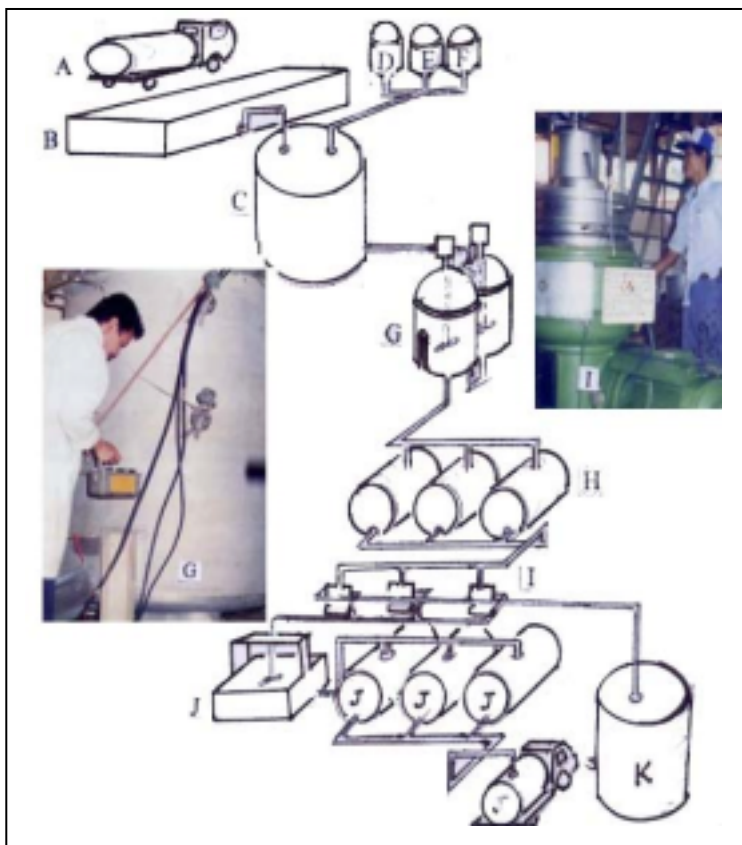


Figure1. Production of INRL in factory scale by gamma irradiation technique.

### III. RESULTS AND DISCUSSION

#### Effect of irradiation dose.

It has been reported that the nitrogen content in rubber film from irradiated NR latex after leaching is lower than that non irradiated [9]. It is clearly that nitrogen containing material removed by leaching of the irradiated NR film. Experimental results showed that water-extractable protein content of INRL film decreased with increasing irradiation dose (Figure 2). It means that during irradiation the protein content of the fresh field NRL is disintegrated,

resulting an increasing water-extractable protein content of INRL. Consequently after centrifugation the residual of water extractable protein content in film decreases .

Some scientist reported that after irradiation on the centrifuged INRL, the cross-link among poly-isoprene in rubber particles occur, and by increasing the irradiation dose, modulus, and cross-link density of irradiated film increases. The maximum tensile strength of irradiated film was obtained around 15 to 35 kGy depend on the concentration of nBA [8-9]. Figure 3 shows that by using 2 phr of nBA, the optimum irradiation dose is around 35 kGy, and by using 3 phr of nBA, the optimum irradiation dose is around 25 kGy. By using this irradiation dose, the tensile strength is 25 MPa.

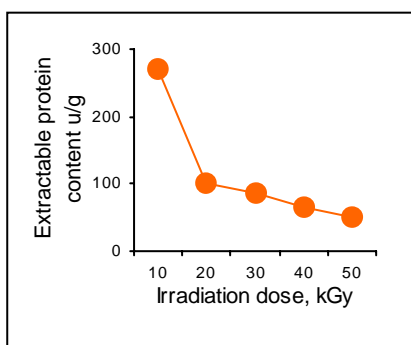


Figure 2. Effect of irradiation dose on extractable protein content.

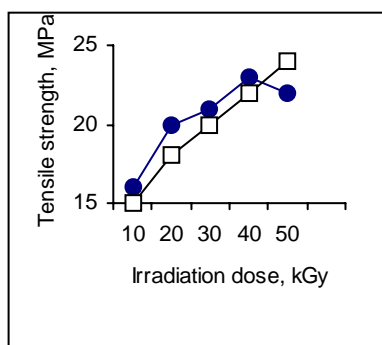


Figure 3. Effect of irradiation dose on mechanical properties of film.

### Effect of storage time.

Figure 4 shows the effect of storage time of latex on extractable protein content and mechanical properties of INRL film before and after adding with antioxidant. It indicates that by increasing of storage time up to 5 months, the extractable protein content decrease sharply, and tensile strength increase from 22 to 25 MPa. It means that during storage of latex, the protein molecules are degraded by it self (auto degradation of protein molecules by auto oxidation), then move during dipping of INRL film in water, consequently the protein content in the INRL film decreases, and the bonding strength among rubber particle of film increases.

The extractable protein content of INRL film after adding with CMC (carboxy methyl cellulose) is lower than that before adding with CMC (Figure 4). It means that the reaction between extractable protein and CMC occur to produce water extractable protein-CMC complexes, and move to the film surface during drying, and they will be leached out during standing in water. The viscosity of latex increase by increasing in storage time (Figure 5). The increasing of viscosity of INRL after adding with CMC, due to the lower of molecular weight of CMC

surrounding on the rubber particle that can produce the sticky of INRL. The MST number of INRL after adding with CMC is higher than before adding, but after storage 2 months decrease sharply. It means that during storage the CMC hydrolysis by ammonia and produce un stable materials.

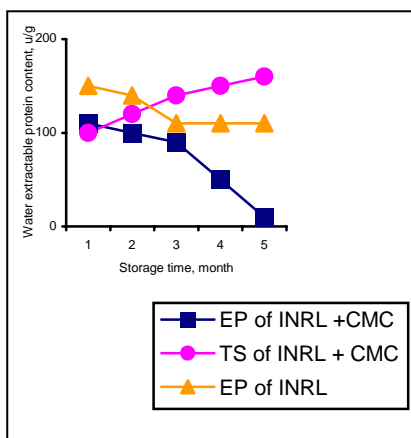


Figure 4. Effect of storage time on extractable protein (EP) and tensile strength (TS)

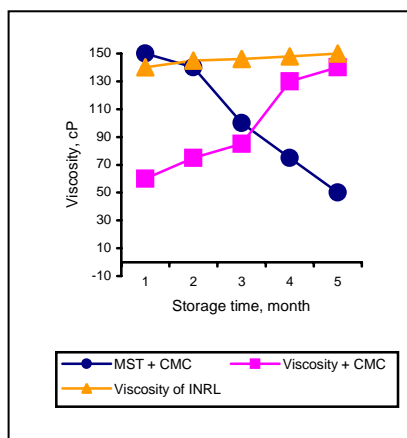


Figure 5. Effect of storage time on viscosity (V) and MST(M number).

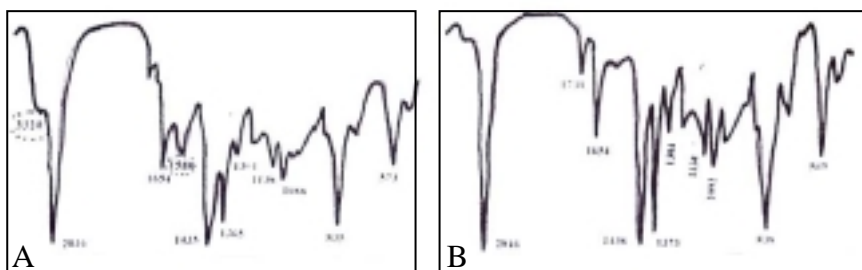


Figure 6. IR spectrum of INRL before (A) and after leaching (B).

### IR Spectrum of INRL film.

Figure 6 shows the IR spectrum of INRL film before and after leaching with water. It indicates that the C=O stretching of ester carbonyl of nBA occurred at the wave length of  $1731\text{ cm}^{-1}$ , while the finger print of INRL at region  $838$  and  $569\text{ cm}^{-1}$ . The wave number of  $3320$  and  $1580\text{ cm}^{-1}$  (Figure 6.B) indicates the characteristic of the protein absorption bonds and after leaching with water, they lost. It means that the INRL film is lowest extractable protein content.

### Quality of INRL

The quality of INRL produced in factory scale is shown on Table 1. It indicates that the extractable protein, carbohydrate, and lipid content of INRL is lower than that from the centrifuged NRL. It is clear that during centrifugation of the field INRL, the non rubber content (protein carbohydrate and lipid) degraded by irradiation and produced degradable non rubber materials, preferred to combine with water, then being absorbed in the skim latex, and exited together with the skim latex. The modulus of INRL film is 1.8-2.0 MPa, elongation at break is 900%, and tensile strength is 24-26 MPa, means that INRL is pre-vulcanized NRL with low modulus, and high elongation at break. It is indicates that the quality of INRL is not only satisfy to ISO 2004, but also satisfy to concentrated NRL for condom with the lowest non rubber content such as extractable protein content, carbohydrate, and lipid content.

Table 1. The quality of INR produced by gamma irradiation technique.

Properties	INRL	Concentrated NRL for condom	ISO 2004
<b>Latex</b>			
• Total solid content (TSC), %.	61.4	61.5	61.5*
• Dray Rubber Content(DRC), %.	60.0	60.5	60.0*
• TSC-DRC	1.4	1.0	2
• Ammonia content, %.	0.9	0.7	0.60*
• Sludge content, %.	0.015	0.10	0.10**
• Coagulum content, %.	0.0065	0.05	0.05**
• KOH number, sec.	0.835	0.08	0.80**
• VFA number, second.	0.014	0.02	0.2**
• Viscosity,cP.	>1800	1200	650*
• Mg content, %.	139	70	-
• pH.	0.0018	0.005	-
• pH.	10.51	-	-
<b>Film.</b>			
• Modulus 600%, MPa.	2.1	-	-
• Tensile Strength, MPa.	24-26	17	-
• Elongation at Break, %.	900	700	-
• Total protein content, %.	0.080	0.290	-
• Extractable protein content, µ/g.	<100	>100	-
• Carbohydrate content, %.	0.027	0.041	-
• Lipid content, %.	3.67	6.36	-
• Nitrosamine content, ppb.	<2	>40	-

\*minimum, \*\*maximum.

## IV. CONCLUSION

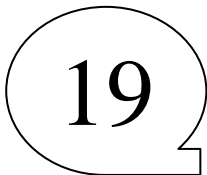
Trial production of low protein of INRL by gamma irradiation technique in factory scale has been carried out by research cooperation between P3TIR-BATAN (Center for the Application of Isotopes and Radiation Technology, National Nuclear Energy Agency) Jakarta, PTPN VIII(State Owned Enterprise) Bandung, Biotechnology Research Unit of Estate Crop Bogor, and Rubber Technology Research Division Bogor.

It is found that the INRL produced in factory scale by gamma radiation technique not only satisfy to ISO 2004, but also satisfy to concentrated NRL for condom with the lowest non rubber content such as extractable protein content, carbohydrate, and lipid content.

## REFERENCE

1. WILFRIED BEST, Status of RVNRL in Germany Latex Industry and introduction in European market, Proc. The Second International on RVNRL, Kuala Lumpur (1996) 121-125
2. KOMMANA A., HANNUK SELA M., Contact utricia to rubber, Donedium '99, (1983) 221-224.
3. TURJAMA A.K., LAUREN K., MAKINEN-KICJUMEN S., Rubber Contact Utricia, Allergenic properties of brands of latex gloves, Contact Deodecium (1998) 362-367.
4. AMIR HASYIM, Effect of leaching on extractable protein content, Proc. Int. Rubber Technology Conference, Workshop on Latex Protein, Kuala Lumpur (1993) 27-31.
5. TAN NEE HONG, NAOYA ICHIKAWA, FONG WENG KONG, SHIN-ICHI NAKADE, YSHIAKI MIYAMOTO, ATSUKO KAWASAKI, Highly deproteinized natural rubber latex examination glove production, Proc. IRC'97, Kuala Lumpur (1997) 331-334.
6. WAN MANSOL W. ZIN, NURUL HUDA OTHMAN, Proc. The Second International on RVNRL, Kuala Lumpur (1996) 115-120.
7. MA'ZAM MD, WAN MANSOL WAN ZIN, Extractable protein content of RVNRL, Proc. The Second International on RVNRL, Kuala Lumpur (1996) 126-132.
8. FERROZA AKHTAR, F.YOSHII, and K.MAKUUCHI, Proc. The Second International on RVNRL, Kuala Lumpur (1996) 133
9. K.MAKUUCHI, U.RATNAYAKE Y.S., YANTI S., F.YOSHII, Effect of water soluble polymer on the physical properties of RVNRL parti II., Second RMC on Improvement of Physical Properties of RVNRL film, TRCRE-JAERI, Takasaki, 15-20 October 2000.

10. SIBY VERGHESE, Y.KATSUMURA, K.MAKUUCHI, F.YOSHII, Production of soluble protein free latex by radiation process, J. Rubb. Chem. and Tech., 73 (2000)80-88.
11. MARGA UTAMA, SISWANTO, Y.SYAMSY, HERWINARNI, SUHARYANTO, B.HANDOKO, Indonesian Patent, No. P00200100906 (2001)
12. pierce, Instruction Micro BCA TM Assay Reagent Kit 23235, 3747 N Meridian Rad, P.O. Box. 117 Rockford IL 61105.
13. ASTM, Standard Test Method for analysis of protein in natural rubber and its product, ASTM D 5712-95.
14. ANNONIME, Determination of Lipid, Manual Book.
15. ANNONIME, Determination of Carbohydrate, Manual Book.
16. ASTM, Standard specification for latex concentrated, ammonia preserved, creamed, and centrifuge natural latex, ASTM D 1076-90.
17. ASTM, Standard test method for tension, ASTM D 412-87.



# TRIAL PRODUCTION OF LOW PROTEIN IRRADIATED NATURAL RUBBER LATEX BY LOW ENERGY ELECTRON BEAM IN PILOT SCALE

Marga Utama<sup>1</sup>, F.Yoshi<sup>2</sup>, T.Kume<sup>2</sup>, K.Ikeda<sup>3</sup>, K.Makuuchi<sup>3</sup>.

1. Center for the Application of Isotopes and Radiation Technology, National Nuclear Energy Agency, Jl.Cinere P.O.Box.7002/JKSKL, Jakarta 12070.
2. Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment, Japan Atomic Energy Institute, 1233 Watanuki, Takasaki Gunma 370-1292 Japan.
3. EB System Corporation, 1233 Watanuki, Takasaki Gunma 370-1207 Japan.

## ABSTRACT

Trial Production Of Low Protein Irradiated Natural Rubber Latex By Low Energy Electron Beam In Pilot Scale. Three importance factors for producing low protein by low energy electron beam (250 keV/10 mA) irradiation in pilot scale (20 liters per bath) with 1,9-nonediol diacrylate (NDA) namely : maturation time of natural rubber latex before irradiation, treatment of irradiated natural rubber latex (INRL) before and after centrifugation, and standard irradiation method has been carried out. The results showed that the optimum irradiation time for producing INRL with 5 phr (part hundred ratio of rubber) of NDA as sensitize agent, and with the rotation speed of agitation 210 rpm (rotation per minutes) was between 20-30 minutes. By using this condition tensile strength of the INRL film was 26 MPa. The maturation of natural rubber latex before irradiation is the key for driving the quality of INRL. Water extractable protein content of INRL after leaching in 1% ammonia solution for 30 minutes at room temperature was around 47  $\mu$ /g, and after adding with 1 phr of PVA (poly vinyl alcohol) or 0.1 phr CMC (carboxy methyl cellulose) the water extractable protein content decrease less than 6  $\mu$ /g.

## I. INTRODUCTION

End use application of natural rubber is tire and related products, latex products, footwear, non automotive engineering, belting etc <sup>[1]</sup>. Dipped latex products (gloves, condom, catheter etc) account for 75% of latex use. For production the dipping latex product, natural rubber latex must be vulcanized or cross-linked, usually by the addition of vulcanizing (curing agent) agent, accelerators, and antioxidant such as sulfur, benzothiazoles, dithiocarbamates, dithiophosphate, guanidine, and phenol or ammine antioxidants. After cross-

linking among the polymers chain, a process referred to as curing or vulcanization the articles more elastic and strong, but the latex products which contact with human body two type of allergic reaction are occur. The first is delayed-type hypersensitivity (Type IV gel and combs-classification) is mainly caused by chemicals that are added during vulcanization, and the second is immediate-type hypersensitivity (Type I gel and combs-classification) which caused by water-extractable protein content in dipped latex product <sup>[2-7]</sup>.

Three methods for reducing extractable protein content in natural rubber latex product i.e. chlorination method, enzyme, and radiation method has been carried out by some researches <sup>[8]</sup>. The results showed that by chlorination method can reduce the extractable protein content from 1200  $\mu\text{g/g}$  to 600  $\mu\text{g/g}$ , and enzymatic method can reduce up to 275  $\mu\text{g/g}$ , and radiation method can reduce up to 190  $\mu\text{g/g}$ .

Recently a pilot plant low energy electron beam machine (EBM) with 250 keV, 10 mA as irradiation source for producing INRL has been installed in TRCRE-JAERI Japan <sup>[9]</sup>. The intensive study to design effective mixing method and testing the physical properties of INRL with NDA as sensitize has been carried out. The results shown that the optimum mixing speed was 210 rpm.

Started from this point, it will be prove that EBM 250 keV/10 mA , can be use for producing low protein INRL in pilot scale.

## II. EXPERIMENTAL

**Material** : Concentrated natural rubber latex (CNRL) from LTX-Microte Malaysia with code no. cc 549 DD 697 produced in January, 2000 was used as latex for experiment. Industrial grade of 1,9 Nonediol acrylate (NDA), de-former BYK-022 produced by BYK Chemical, BCA protein assay reagen kit from Pierce USA used for determination of extractable protein content, and 4,4 butylidene-bis-2-terbutyl-5-methylolphenol (Lowinox 44 B) produced by Great Lake used as antioxidant.

**Apparatus**. EBM 250 keV, 10 mA with capacity production 450 ton latex/year, Toyo Seiki tensile tester , Visconic viscometer, UV spectrometer Hitachi U-2000, and Klaxon stirrer.

**Method**. Figure 1 shows the diagram for producing low protein INRL with EBM 250 keV, 10 mA as radiation source. The procedure for producing INRL in pilot scale are asfollow:

A) **Dilution**. The CNRL with dry rubber content 60% was diluted with 1% ammonia up to dry rubber content 25%, then added with 0.2 phr of KOH, 0,05 phr (part hundred ratio of rubber) de-foamer, 5 phr of NDA.

B) **Irradiation**. The mixture of CNRL number (A) was than irradiated by EBM 250 keV, 10 mA, at the irradiation time 10, 20, 30 and 40 minutes, with speed rotation of agitation 210.



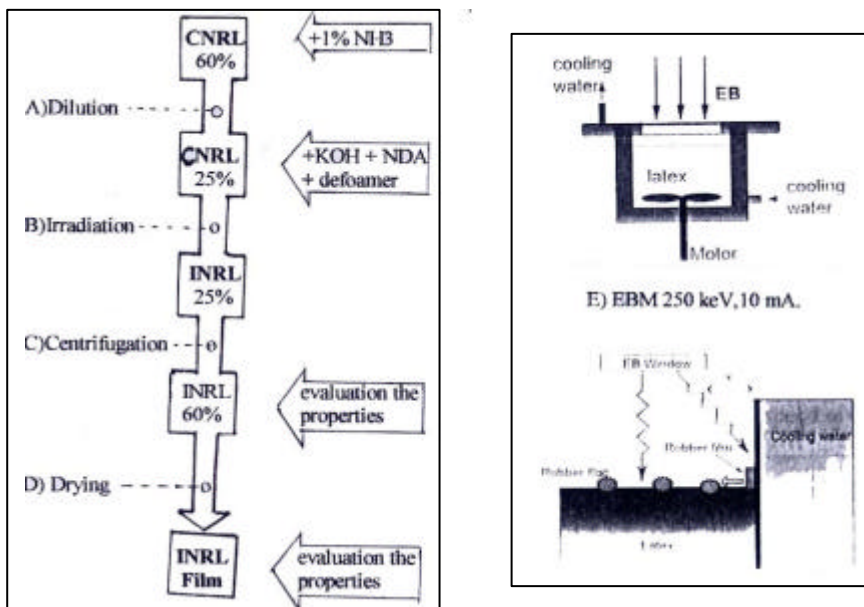


Figure 1. Flow diagram production of INRL (A-D) by EBM 250 keV, 10 mA as source of irradiation (E), and formation of rubber block.

**C) Centrifugation.** The INRL 25% was centrifuged until the dry rubber content was 60% then it was added with 0,2 phr. ammonium lauric, 1 phr. antioxidant and standing over nigh, then it was evaluated the properties. The procedure for measurement the properties of INRL 60% was carried out according to ASTM<sup>[10]</sup>

**D). Drying.** The INRL 60% was dried on plate glass with thickness around 0.5 mm over nigh. After dried, the film was leached with 1% ammonia and heated in oven at 70°C for 1 hour, then it was evaluated the mechanical properties. The procedure for measurement the mechanical properties of INRL film and it extractable content was carried out according to ASTM<sup>[11]</sup>, and manual book<sup>[12]</sup>

### III. RESULT AND DISCUSSION

Three important factors has been evaluated for production of INRL. They are: the maturation of natural rubber latex (NRL), treatment of INRL, and standard irradiation method.

Table 1. The quality of NRL before and after storage in 9 month.

Properties	Storage time, month		
	0	8*	9
Latex			
? Total solid content (TSC), %.	61,7	61,7	61,7
? Dry rubber content (DRC), %.	60,0	60,0	60,0
? Viscosity, cP.	69	80	70
Film.			
? Modulus 600%, MPa.	0,21	0,17	0,27
? Tensile strength, MPa.	1,90	1,50	2,10
? Elongation at break, %.	1200	1200	1200

\* The NRL was storage in drum closed and opened many time.

**Maturation of natural rubber latex.** Table 1 Shows the properties of NRL before and after storage in 8 or 9 months. If the maturation in a good condition such as the contain always closed, storage in room temperature (20-30°C), it indicates that the tensile strength of film from NRL before maturation is lower than after maturation in 9 months. But if the NRL is matured in bad condition such as high temperature storage (35-40°C), and the container was open and closed many times, the tensile strength was lower. The increasing of tensile strength is due to the formation of cross-linking (Figure 2 reaction 7) among poly-isoprene of NRL during maturation more compact and it can produce a good rubber film can be obtained. But if the maturation condition of container is not good, such as maturation temperature is 35-40 °C, and the container is opened and closed many time during maturation, the auto oxidation will be occur (Figure 2. reaction 2). Figure 2 show the auto oxidation of poly-isoprene. In the case of poly-isoprene reaction (2) is the addition of oxygen to natural rubber (NR) radical R. The generated ROO· Abstracts hydrogen from a nearby NR molecule, resulting in the formation peroxide and regeneration of R, ROO, and ·OH. Reaction (2) to (6) are chain reaction. The final products of the auto oxidation of NR are alcohol, ester, carboxylic acid, ketone, etc. which can produced the sticky NR film, and lower tensile strength.

#### **Treatment of NRL after irradiation.**

Three importance treatments of NRL after irradiation has been carried out; 1) adding of water soluble polymer into INRL before centrifuged, 2) adding ammonium lauric and antioxidant into INRL after centrifuged, and study on the leaching effect of INRL film.

**1) Additional of water soluble polymer(WSP) into INRL before centrifuged.** The purpose of this study is to minimize the extractable protein content. Experiment result indicates that by adding PVA into INRL before centrifuged, the extractable protein content decreases from 50 µg/g to 23 µg/g and by adding CMC can decrease from 50 µg/g to 4 µg/g.

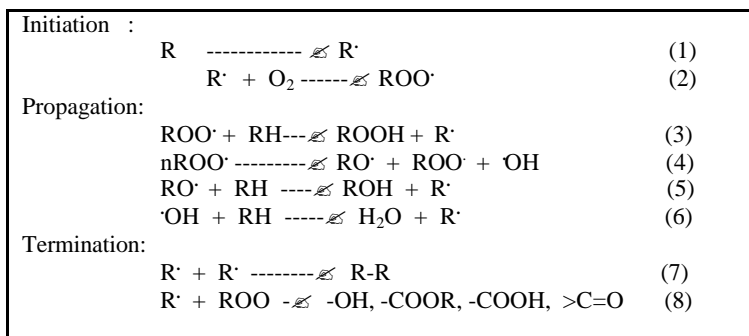


Figure2. Self oxidation of poly-isoprene NRL<sup>[9]</sup>.

**2a) Additional of ammonium lauric.** The purpose of addition ammonium lauric into INRL after centrifugation is to improve stability of INRL. Table 2 indicates that by adding ammonium lauric 0,3 phr into INRL after centrifugation, the mechanical stability of INRL increase from 268 to more than 1800 second. The explanation of this results is very difficult task, because it is depend on the much more detailed understanding of factors that controlled the colloidal stability of the latex.

**2b) Additional of antioxidant into INRL.** The purpose additional of anti oxidant to INRL is to protect of INRL film against oxidation. Table 3 indicates that by adding 4.4 Butilydine-bis-(2-tert butyl-5-methylol phenol (Lowinox 44 B 25) into INRL, the mechanical properties of INRL film more resistant against aging 70°C/166 hours.

Table 2.The MST (second) of INRL additional effect of ammonium lauric

INRL		Additional 10% of lauric acid, phr.			
		0	0.1	0.2	0.3
?	INRL	268	280	310	>1800
?	INRL + PVA	242	450	480	>1800
?	INRL + CMC	313	350	119	>1800

Table 3. Effect of aging (70°C/166 hours) on the physical and mechanical properties of latex gloves from INRL before (A) and after (B) adding with antioxidant.

Properties	Before aging		After aging		% Retention	
	A	B	A	B	A	B
? Modulus 600%, MPa.	2.1	2.1	1.8	2.5	83	125
? Tensile strength, MPa.	26.3	26.8	15.6	23.1	60	87
? Elongation at break, %.	1000	1000	800	1000	80	100
? Permanent set, %.	10	10	20	7	200	70

**3) Leaching of INRL film.** It has been explained above, that end use of INRL is to produce latex product such as gloves, condom, etc. All of this latex products are always contact with human body. In this area aspect of ‘safety’ becomes important, that the absence of harm (irritation, contact allergic to human body) to the user (surgeon, doctor, nurse, etc) should be full fill. So effect of leaching during production of latex products should be done, because it is not only to minimize the harmful such as extractable protein, but also to improve the physical and mechanical properties (Table 4).

Table 4. The extractable protein content and tensile strength of INRL film before (A) and after leaching with 1% ammonia (B).

INRL	Extractable protein content, µg/g		Tensile strength, MPa.	
	A	B	A	B
? INRL	138	47	20.7	22.2
? INRL + PVA	118	6	22.4	25.0
? INRL + CMC	138	5	22.9	26.7

**Standard irradiation method.**

According to ASTM <sup>[13]</sup>, standard recommendation practice for expose of polymeric materials to high energy irradiation namely : type of irradiation source, total dose adsorption, irradiation time, irradiation temperature, should be cleared and reported.

Table 5. The properties of INRL prepared by EBM 250 keV/10 mA and Gamma ray Latex Irradiator of <sup>60</sup>Co.

Item	EBM 250 keV/10 mA	Gamma ray Latex Irradiator of <sup>60</sup> Co,200 kCi
<b>High energy irradiation.</b>		
? Place	TRCRE -JAERI	P3TIR-BATAN.
? Date or irradiation	November 2000	February 2000
? Source	Electron Beam	Gamma ray of <sup>60</sup> Co.
? Sensitize	5 phr NDA	2 phr nBA
? Vulcanization dose	30 minutes	35 kGy
? Capacity of vessel	20 liters	1,5 tons
? Speed of stirrer.	210 rpm	25 rpm
<b>Properties of INRL and its film.</b>		
<b>Latex.</b>		
? Original latex from.	Malaysia	Indonesia (Jalupang)
? pH	9.75	10.3
? Total solid content (TSC),%.	61.7	61.5
? Dry rubber content (DRC),%.	60.0	60.0
? Extractable protein content, µ/g.	4	8
<b>Film.</b>		
? Modulus 600%, MPa.	2.1	2.2
? Tensile strength, MPa.	28	27.0
? Elongation at break,%.	950	1000

Table 2 shows the properties of INRL prepared by low EBM 250 keV/10 mA, gamma ray Latex Irradiator of 200 kCi. It indicates that for obtaining the optimum dose adsorption or vulcanization dose irradiation by EBM was 30 minutes with tensile strength 28 MPa., but by Latex Irradiator the optimum vulcanization doses was 35 kGy with tensile strength was 27 MPa. It is clear that for producing INRL is much depend on the type of irradiation source, kind of sensitize, original of NR such as where it planted, what kind of clones etc. should be standardized. Some problem from the radiation vulcanization of NRL by EBM 250 keV/10 mA formation of rubber block and coagulation occur (Figure 1 F) need further work required to clarify this point.

## CONCLUSION

From these study it can be concluded that three importance factor for producing low protein by low energy electron beam (250 keV/10 mA) irradiation in pilot scale (20 liters per bath) with 1,9-nonediol diacrylate (NDA) namely : storage time of natural rubber latex before irradiation, treatment of irradiated natural rubber latex (INRL) before and after centrifugation , and standard irradiation method has been carried out .

The optimum irradiation time for producing INRL with 5 phr (part hundred ratio of rubber) of NDA as sensitize agent, and with the rotation speed of agitation 210 rpm (rotation per minutes) was between 20-30 minutes. By using this condition tensile strength of the INRL film was 26 MPa.

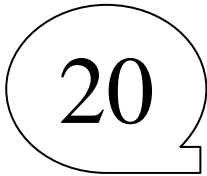
The maturation of natural rubber latex before irradiation, is the key for driving the quality of INRL.

Water extractable protein content of INRL after leaching in 1% ammonia solution for 30 minutes at room temperature was around 47  $\mu$ /g, and after adding with 1 phr of PVA (poly vinyl alcohol) or 0.1 phr CMC (carboxy methyl cellulose) the water extractable protein content decrease less than 6  $\mu$ /g.

## REFERENCES

1. FREDERIC R. EIRICH, Science and Technology of Rubber, Academic Press, New York (1978)
2. WARNER HOFMAN, Vulcanizing and Vulcanizing Agent, Maclaren and Son Ltd., London (1967).
3. JAMES L., WHITE, Rubber Processing (Technology-Material Principles), Hanser Publication, New York (1995).
4. BRIDSON, Rubbery Materials and Their Compound, Elsevier Applied Science, London (1988).

5. JAMES TAYLOR, YUNG-HIAN LEOW, Cutaneous reaction onto rubber, *Rubber Chemistry and Technology*, Vol.73 No.3 (2000) 420-453.
6. M.E.GERSHWIN, *Clinical Reviews in Allergy*, Vol. 11 No.3 (1993) 293-421.
7. B.G.WILOUGHBY and K.N. SCOTT., *Nitrosamines in Rubber*, RAPRA Technology Ltd., 1997 (87 pages)
8. MARGA UTAMA, HERWINARNI, MADE SUMARTI, SISWANTO, Trial production of gloves from INRL, P3TIR-BATAN, Jakarta , 2003 (12 pages).
9. K.MAKUUCHI, *An Introduction to Radiation Vulcanization of Natural Rubber Latex*, T.R.I. Global Co . Ltd., Bangkok (2003).
10. ASTM, Standard specification for latex concentrated, ammonia preserved, creamed, and centrifuging natural latex, ASTM D 1076-95.
11. ASTM, Standard test method for tension, ASTM D 412-95.
12. PIERCE, *Instruction Micro BCA TM Protein Assay Reagent 23235, 3747 N Meridian Road P.O. Box 117 Rockford IL 61105.*
13. ASTM, D 1672-66 (1971).



# OPTIMASI WAKTU TINGGAL BAHAN KIMIA PADA PRODUKSI LATEKS KARET ALAM IRADIASI

Marga Utama, Made Sumarti, dan Fx.Marsongko.  
Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi, BATAN.  
Jl. Cinere Ps. Jumat PO Box 7002/JKSKL Jakarta 12070.

## ABSTRAK

Optimasi Waktu Tenggat Bahan Kimia Pada Produksi Lateks Karet Alam Iradiasi. Faktor penting pada proses produksi lateks alam iradiasi di samping optimasi dosis radiasi, kadar bahan pemantap KOH (kalium hidroksida) dan bahan pemeka normal butil akrilat (normal buthyl acrylate), juga waktu tinggal ke dua bahan kimia tersebut di dalam lateks sebelum diiradiasi. Dalam penelitian ini variasi waktu tinggal KOH dan emulsi nBA dalam lateks, serta waktu tinggal nBA dalam emulsinya, adalah 1-2, 24, dan 48 jam. Sifat mekanik film karet antara lain modulus, tegangan putus, perpanjangan putus, perpanjangant tetap, kekerasan dan spektrum infra merah (IR) film karet dari lateks alam iradiasi telah diukur. Hasilnya menunjukkan bahwa untuk mendapatkan sifat mekanik yang maksimum, maka waktu tinggal KOH dan emulsi nBA dalam lateks karet alam 12 jam, dan waktu tinggal nBA dalam emulsi nBA dapat sampai 48 jam. Pada kondisi optimum tersebut, tegangan putus film karet dari lateks alam iradiasi mencapai maksimum. Hidrolisis nBA akan terjadi, bila waktu tinggal emulsi nBA dalam campuran lateks sebelum diiradiasi lebih dari 2 jam. Hidrolisis nBA terjadi, bila waktu tinggal emulsi nBA dalam campuran lateks alam lebih dari 2 jam.

## ABSTRACT

STANDING TIME OPTIMISTIC OF CHEMICALS IN THE PRODUCTION OF IRRADIATED NATURAL RUBER. The importance factors beside irradiation dose and concentration of KOH (sodium hydroxide) as stabilized and nBA (normal butyl acrylate) as sensitizer on the production of irradiated natural rubber latex is standing time of KOH and nBA into the latex before irradiation. In this research the variation standing time of KOH, and emulsion of nBA in NRL before irradiation, and standing time of nBA in its

emulsion were 1-2 hour, 24 hours, and 48 hours. The mechanical properties of the film from irradiated NRL such as modulus, tensile strength, elongation at break, permanent set, hardness and infra red spectrum were measured. The results showed that the optimum standing time of KOH and emulsion of nBA in NRL before irradiation were 1-2 hour, and the standing time of nBA monomer in its emulsion was 48 hours. By using this optimum standing time, the tensile strength of the film from irradiated NRL was maximum. The hydrolysis of nBA occurred, if the standing time of nBA emulsion in latex mixture before irradiation more than 2 hours.

## I. PENDAHULUAN

Sampai tahun 2004, produksi karet alam Indonesia adalah 1,905 juta ton, masih menempati nomor 2 setelah Thailand sebesar 2,848 juta ton dari produksi karet alam dunia 8,307 juta ton. Diprediksi produksi karet alam Indonesia pada tahun 2005 adalah 2,002 juta ton atau meningkat 4,8% (Budiman, 2004). Namun dari produksi tersebut yang dikonsumsi hanya sekitar 6%, sedang yang 94% diekspor dalam bentuk bahan baku (Anonime, 2003). Sebagian besar pemakaian barang jadi karet adalah untuk ban mobil yaitu sekitar 75,3% , untuk kebutuhan industri dan barang teknik (sabuk karet, sepatu, slang, ban sepeda, dsb) 12,4%, dan untuk barang jadi karet dari lateks (kondom, benang karet, karet busa, sarung tangan, plembungan dsb) sekitar 12,3%.

Diantara barang jadi karet tersebut, yang paling tinggi kandungan karetnya yaitu di atas 90%, adalah barang jadi karet dari lateks. Di samping itu umumnya industri barang jadi karet dari lateks dikerjakan oleh IMK (industri kecil dan menengah), karena tidak memerlukan teknologi yang canggih. Hal ini merupakan peluang bagi masyarakat Indonesia untuk mengembangkan industri barang jadi karet dari lateks yang memiliki jumlah IMK cukup potensial (Nanci, 2001 dan Honggokusumo, 1994).

Kendala yang dihadapi bagi produsen barang jadi karet dari lateks adalah terdapatnya kandungan protein alergen berasal dari lateks alam yang dapat menyebabkan alergi, dan kandungan nitrosamin berasal dari penambahan bahan kimia pada waktu proses vulkanisasi dapat menimbulkan kanker ganas pada tubuh manusia (Siswanto, 1993; Siswanto, 1997; Morales C, 1989; Edward, 1996; Dalrymple, 1992).

Dua cara untuk menghilangkan protein alergen telah dilakukan pertama: dengan membubuhkan enzim pada lateks atau kompon lateks sebelum dibuat barang jadi karet, kemudian mencuci barang jadi karet secermat mungkin, atau proses klorinasi pada barang jadi karet tersebut (Wilfried, 1996). Cara kedua ialah dengan proses vulkanisasi radiasi lateks kebun kemudian dipekatkan, atau lateks pekat itu sendiri yang diiradiasi, kemudian lateks alam iradiasi yang dihasilkan



dibuat barang jadi karet dengan cara pencucian atau klorinasi seperti tersebut di atas (Marga Utama, 2004).

Pada proses vulkanisasi radiasi lateks alam tersebut, secara garis besar ada dua macam bahan kimia penting yang harus ditambahkan yaitu larutan kalium hidroksida dan normal butil akrilat (nBA) dalam bentuk emulsi. Kadar optimum KOH dan nBA pada proses vulkanisasi radiasi telah dilaporkan oleh para peneliti terdahulu yang masing-masing berkadar 0,2 psk dan 3 psk (per seratus bagian berat karet), tetapi hasilnya menunjukkan bahwa ada perbedaan nyata sifat mekanik, terutama tegangan putus (Makuuchi, 2003; Wang Chung Lei, 1996). Hal ini diduga waktu tinggal ke dua bahan kimia tersebut berbeda-beda.

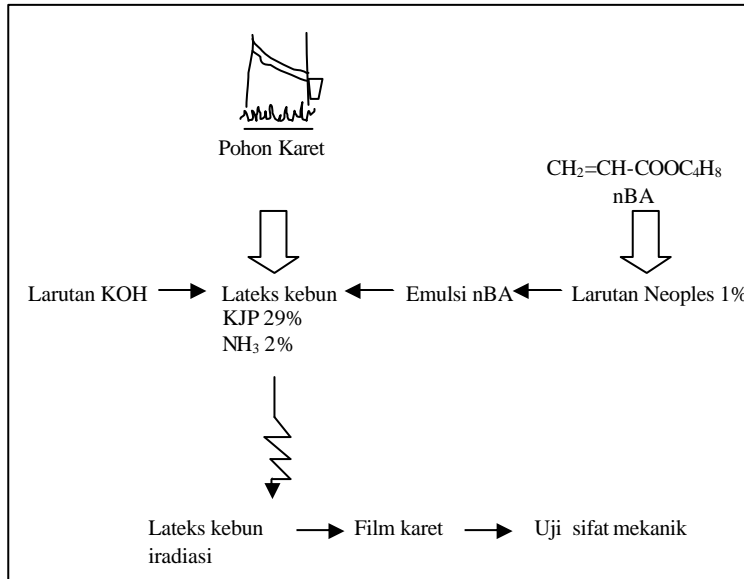
Atas dasar hal tersebut, dalam makalah ini akan dibahas optimasi waktu tinggal KOH dan nBA pada proses vulkanisasi radiasi lateks alam, dengan hipotesa bahwa bila waktu penambahan KOH dan nBA pada proses vulkanisasi tepat, maka diperoleh tegangan putus film karet dari lateks alam iradiasi maksimum.

## II. BAHAN DAN METODE

**Bahan.** Lateks kebun produksi Perkebunan Jalupang PTPN VIII yang dipanen pada tgl.15-17 Desember 2002 dengan kadar amonia 2%, dan kadar jumlah padatan (KJP) 29%, Larutan KOH 20%, monomer normal butil akrilat dan bahan pengemulsi Neopelek FS buatan PT. Polekao.

**Alat.** Irradiator lateks sinar gamma cobalt-60 dengan kapasitas sumber 100 kCi., tensile tester Toyoseiki, pH meter, dan viskometer Visconic.

**Metode.** Gambar 1 menyajikan diagram alir proses vulkanisasi radiasi lateks kebun, yang uraian kerjanya sebagai berikut. Lateks kebun yang baru disadap dengan KJP 29% dan kadar amonia 2%, dibubuhi larutan 20%KOH sebanyak 0,2 psk (per seratus berat karet), kemudian dibiarkan dengan waktu tinggal 1-2 jam, 24 jam, atau 48 jam. Sementara itu dibuat emulsi 50% nBA dalam air dengan menggunakan bahan pengemulsi Neopelek FS, dan dibiarkan 1-2 jam, 24 jam, atau 48 jam sebagai waktu tinggalnya. Kemudian campuran lateks dan KOH setelah disimpan 1-2 jam, 24 jam, atau 48 jam dibubuhi emulsi nBA yang telah disimpan 1-2 jam, 24 jam, atau 48 jam sebagai waktu tinggalnya, Tepat pada waktu tinggal tersebut campuran lateks diiradiasi dengan sinar gamma cobalt-60 dalam irradiator lateks pada dosis 10 kGy. Lateks kebun yang telah divulkanisasi radiasi di buat film, diuji sifat mekaniknya yaity : Modulus 600%, tegangan putus, perpanjangan putus, perpanjangan tetap dan kekerasan sesuai dengan standar ASTM (ASTM,2002). Di samping itu dilihat juga spektrum IR film karet dari lateks alam yang memiliki waktu tinggal optimum, dan yang tidak optimum.



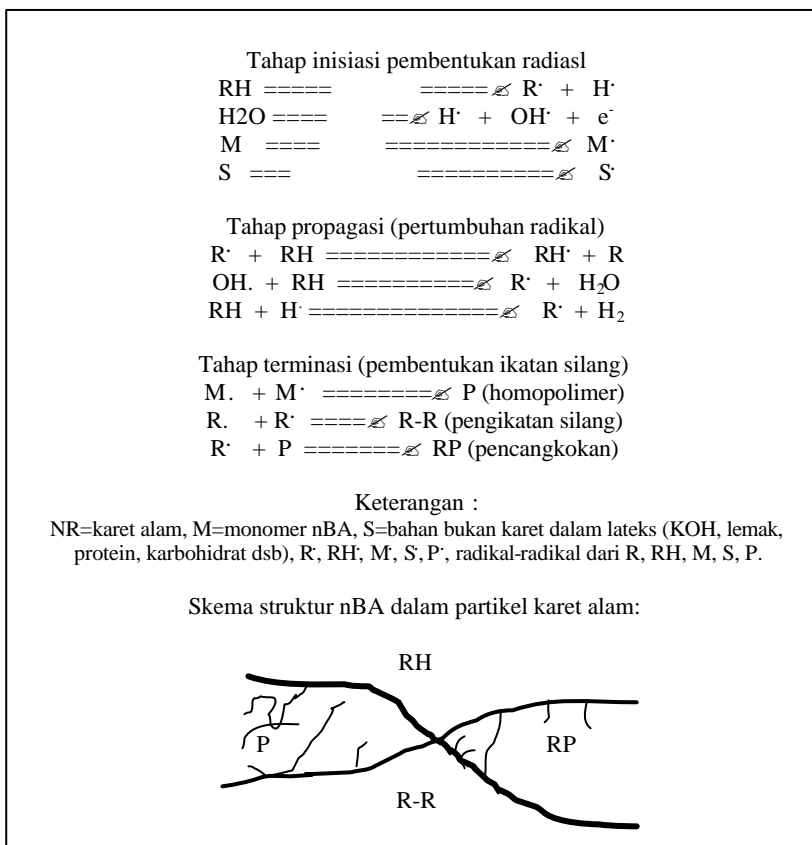
Gambar 1. Diagram alir optimasi waktu tinggal larutan 20%KOH dalam lateks,dan nBA dalam lateks ber KOH (1-2, 24, dan 48 jam) pada proses vulkanisasi radiasi lateks alam.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara garis besar skema mekanisme reaksi yang terjadi pada proses vulkanisasi radiasi lateks alam tertera di Gambar 2. Dari reaksi ini menunjukkan bahwa ada tiga tahap penting yaitu tahap inisiasi atau tahap pembentukan radikal bebas oleh radiasi gamma, propagasi atau perbanyakan radikal bebas, dan tahap terminasi yaitu pembentukan ikatan silang antara poliisopren karet alam atau pencangkakan antara nBA dengan poliisopren karet alam yang merupakan tahap akhir proses vulkanisasi .

Pada tahap pembentukan radikal bebas yang terdiri dari radikal poliisopren P<sup>•</sup> radikal monomer M<sup>•</sup> dan radikal-radikal bukan karet S<sup>•</sup> (radikal KOH, radikal amonnia, radikal air, protein, lemak, karbohidrat, dsb) terjadi apabila campuran lateks lateks tersebut diiradiasi dengan sinar gamma C0-60. Menurut SMITH EDWART dalam F.SUNDARI (Sundardi, 1984), untuk mendapatkan persen konversi yang sama, maka dosis yang diserap oleh monomer (nBA) akan lebih kecil, bila dibuat dalam bentuk emulsi. Dari hasil penelitian pendahuluan menunjukkan bahwa emulsi nBA bersifat asam, sehingga bila ditambahkan ke dalam lateks alam, maka lateks tidak stabil. Untuk mengatasi hal ini, maka perlu dibubuhi KOH sebagai bahan pemantap dengan kadar 0,2 psk. Setelah campuran

lateks ini dibubuhi emulsi nBA 5 psk, lalu diiradiasi dengan dosis vulkanisasi antara 10-15 kGy maka terjadilah lateks alam iradiasi. Namun karena lateks alam iradiasi yang dihasilkan berbau tidak enak, maka karyawan pabrik barang jadi karet dari lateks alam iradiasi ini merasa bekebaran dengan adanya bau yang tidak enak tersebut (Jayakumar, 1996). Hal ini disebabkan karena hanya 60% nBA yang diserap, sedang 40% merupakan residu (Wng Chung Lei, 1996).



Gambar 2. Tahap-tahap reaksi vulkanisasi campuran radiasi lateks alam dengan

Untuk mengantisipasi timbulnya bau tersebut maka dalam penelitian ini kadar nBA diturunkan menjadi 3 psk dan dosis radiasi dinaikan menjadi 25 kGy, yang ternyata bau lateks alam iradiasi yang dihasilkan sangat berkurang, dan sifat tegangan putus film karetnya mencapai maksimum. Namun setelah kondisi optimum proses ini diulangi lagi oleh peneliti lain hasilnya menunjukkan bahwa tegangan putusnya berbeda nyata. Penyebab perbedaan ini diduga waktu tinggal KOH dan nBA dalam lateks alam sebelum diiradiasi berbeda, yang uraiannya sebagai berikut.

**Pengaruh waktu tinggal KOH.** Pengaruh waktu tinggal KOH dalam lateks sebelum diiradiasi terhadap sifat mekanik film karet lateks alam iradiasi hasilnya tertera di Tabel 1. Dari tabel ini menunjukkan bahwa secara umum modulus dan tegangan putus film karet dari lateks alam hasil vulkanisasi radiasi atau lateks alam iradiasi (B) lebih tinggi daripada sebelum diiradiasi (A). Hal ini disebabkan karena terjadinya pengikatan silang antara poliisopren RR dan pencangkakan nBA pada poliisopren RP (Gambar 2).

Selanjutnya bila waktu tinggal KOH dalam lateks sebelum divulkanisasi radiasi ditingkatkan, dari 1-2 jam menjadi 24 jam, dan 48 jam, maka tegangan putus film karet dari lateks alam iradiasi yang dihasilkan menurun, walaupun sifat mekanik lainnya tidak berbeda nyata. Hal ini diduga karena daya kohesi antara partikel karet menurun, akibat terjadinya hidrolisa nBA menjadi asam asetat dan butanol (Gambar 3) yang berada di permukaan partikel karet alam. Oleh sebab itu untuk menjaga agar tegangan putus lateks alam iradiasi tidak turun, sebaiknya waktu tinggal KOH dalam lateks sebelum diradiasi adalah 1-2 jam.

**Tabel 1. Pengaruh waktu tinggal KOH dan dalam lateks alam sebelum divulkanisasi radiasi terhadap sifat mekanik film karet lateks alam iradiasi yang dihasilkan.**

Waktu tinggal KOH dalam lateks, jam.	Jenis lateks	Sifat fisik dan mekanik film karet.				
		Modulus, 600%, MPa	Tegangan putus, MPa.	Perpanjangan putus, %.	Perpanjangan tetap, %.	Kekerasan, shore A
1-2	A	0,48	1,66	983	50	20
	B	1,72	7,27	853	20	27
24	A	0,55	2,21	933	60	23
	B	1,9	3,84	714	27	26
48	A	0,70	1,98	870	57	21
	B	1,9	3,39	683	23	27

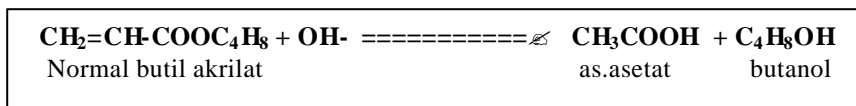
**Pengaruh waktu tinggal nBA dalam emulsi nBA.** Seperti telah diuraikan di atas bahwa nBA dalam proses vulkanisasi radiasi lateks alam harus dalam bentuk emulsi, dengan tujuan agar dosis radiasi yang dibutuhkan lebih rendah daripada dalam bentuk monomer, maka dalam penelitian ini nBA yang akan ditambahkan ke dalam lateks sebelum diiradiasi dibuat dalam bentuk emulsi. Pengaruh waktu tinggal nBA dalam emulsi, dapat di lihat di Tabel 2. Dari tabel ini menunjukkan bahwa dengan naiknya waktu tinggal nBA dalam emulsi nBA, dari 1-2 jam menjadi 24 dan 48 jam, ternyata modulus 600%, dan tegangan putus film karet meningkat, sedang sifat mekanik lainnya yaitu perpanjangan putus, perpanjangan tetap, dan kekerasan relatif sama. Hal ini menunjukkan bahwa nBA yang berbentuk emulsi tidak mengalami hidrolisa, dan lebih homogen keberadaannya dalam lateks, serta lebih kompatibel dengan lateks karet alam, sehingga radikal bebas yang terjadi akan menyebar merata ke seluruh partikel karet dalam lateks alam. Dengan meratanya radikal bebas tersebut, maka pengikatan silang antara piisopren lateks alam dan pencangkakan antara poliisopren dengan nBA akan merata, sehingga daya kohesif antara partikel karet

alam yang telah saling berikatan silang meningkat, akibatnya sifat mekanik film karenyapun meningkat.

**Tabel 2. Pengaruh waktu tinggal nBA dalam emulsi nBA terhadap sifat mekanik film karet lateks alam iradiasi yang dihasilkan.**

Waktu tinggal nBA dalam emulsi, jam.	Jenis lateks	Sifat fisik dan mekanik film karet.				
		Modulus, 600%, MPa	Tegangan putus, MPa.	Perpanjangan putus, %.	Perpanjangan tetap, %.	Kekerasan, shore A
1-2	A	0,43	1,37	890	60	27
	B	1,72	7,,27	850	20	23
24	A	0,56	1,73	900	58	24
	B	1,92	6,22	830	17	24
48	A	0,59	1,83	877	56	23
	B	2,19	10,38	877	17	28

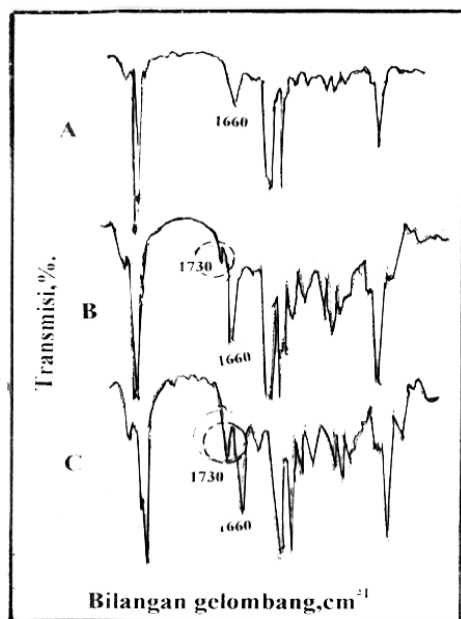
**Pengaruh waktu tinggal KOH dan emulsi nBA.** Pengaruh waktu tinggal KOH dan emulsi nBA dalam lateks alam iradiasi sebelum diiradiasi terhadap sifat mekanik film karenya tertera di Tabel 3. Dari tabel ini menunjukkan bahwa dengan naiknya waktu tinggal KOH dan emulsi nBA dari 1-2 jam menjadi 24, dan 48 jam, dapat menurunkan sifat mekanik secara drastis. Hal ini disebabkan karena emulsi nBA dan KOH yang tinggal dalam campuran lateks alam dan KOH terlalu lama, maka terjadilah hidrolisa sempurna pada nBA oleh ion OH<sup>-</sup> menjadi asam asetat dan butanol (Gambar 3).



Gambar 3. Raksi kimia hidrolisa normal butil akrilat oleh KOH dalam lateks alam.

**Tabel 3. Pengaruh waktu tinggal KOH dan emulsi nBA dalam lateeks alam sebelum divulkanisasi radiasi terhadap sifat mekanik film karet lateks alam iradiasi yang dihasilkan.**

Waktu tinggal		Sifat mekanik				
KOH,jam	Emulsi nBA,jam	Modulus 600%, MPa	Tegangan Putus, MPa	Perpanjangan putus, %	Perpanjangan tetap,%	Kekerasan, Shore A
1-2	1-2	2,2	10,4	887	17	28
	24	1,7	3,0	710	33	25
	48	1,0	1,3	680	33	22
24	1-2	2,1	4,5	724	23	26
	24	1,6	2,5	667	30	22
	48	0,9	1,5	650	33	20
48	1-2	2,1	3,4	700	20	21
	24	1,4	2,4	700	23	23
	48	0,8	1,3	700	40	22



Gambar 4. Spektrum IR film karet dari lateks alam (A) serta lateks alam iradiasi dengan waktu tinggal nBA 48 jam (B), dan 1-2 jam (C).

Seperti telah dilaporkan oleh beberapa peneliti sebelumnya, bahwa nBA merupakan bahan pemeka pada proses vulkanisasi radiasi lateks alam artinya bahan yang dapat menurunkan dosis radiasi vulkanisasi karena memiliki radikal bebas jauh lebih banyak daripada karet alam. Akibat diiradiasi dengan dosis vulkanisasi tersebut maka tegangan putus film karet dari lateks alam iradiasi yang dihasilkan meningkat bahkan mencapai maksimum<sup>[10-13]</sup>. Dengan berkurangnya nBA, maka ikatan silang yang terjadi antara poliisopren R-R (Gambar 2) akan berkurang. Akibatnya sifat mekanik film karet yang dihasilkan khususnya tegangan putus dan modulus akan berkurang juga. Berkurangnya kadar nBA dalam partikel karet alam ini dapat dibuktikan dengan menggunakan spektrum IR yang disajikan di Gambar 4.

Dari gambar ini menunjukkan bahwa intensitas transmisi spektrum IR dari nBA pada bilangan gelombang pada  $1730\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya gugus akrilat dari film karet lateks alam iradiasi yang waktu tinggal emulsi nBA dan KOH 48 jam (Gambar 4B) transmisinya sangat rendah bila dibandingkan dengan film karet dari lateks alam iradiasi yang waktu tinggal nBA dan KOH 1-2 jam (Gambar 4 C), bahkan hampir sama dengan transmisi lateks alam tanpa nBA (A). Sementara itu gugus alkohol dari butanol, dan gugus asetat dari asam asetat tidak nampak jelas karena tercuci dan menguap pada waktu pembuatan film karet.

Jadi dapat dikatakan bahwa pada proses vulkanisasi radiasi lateks alam yang menggunakan KOH sebagai bahan pemantap, dan emulsi nBA sebagai bahan pemeka sebaiknya waktu tinggal KOH dan emulsi nBA dalam lateks alam sebelum diiradiasi tidak boleh lebih dari 2 jam.

Selanjutnya dengan menggunakan kondisi waktu tinggal KOH dan emulsi nBA dalam lateks alam sebelum diiradiasi optimum, yaitu 1-2 jam dan dengan menggunakan dosis vulkanisasi 25 kGy, dibuatlah lateks kebun iradiasi skala pilot yaitu 1,5 ton. Kemudian lateks kebun iradiasi yang dihasilkan

dipekatkan dalam skala pabrik, maka diperoleh lateks alam iradiasi atau lateks pekat pra-vulkanisasi (Lampiran 1) dengan sifat mekanik seperti Tabel 4. Dari tabel ini menunjukkan bahwa tegangan putus film karet dari lateks alam iradiasi adalah 24-26 Mpa.

**Tabel 4. Spesifikasi teknis lateks alam iradiasi yang diproduksi skala pilot dengan menggunakan kondisi optimum waktu tinggal KOH dan nBA dalam lateks kebun sebelum diiradiasi.**

Waktu tinggal			Sifat mekanik				
KOH	Emulsi nBA	nBA dalam emulsi nBA	Modulus 600%, MPa.	Tegangan Putus, MPa.	Perpanjangan putus, %.	Perpanjangan tetap, %	Kekerasan, shore A.
1-2	1-2	1-2	2,0	24	900	10	29
		24	1,9	25	900	10	29
		48	2,1	26	900	10	29

Oleh karena sifat fisik tersebut cukup baik, maka lateks alam iradiasi atau lateks alam pra-vulkanisasi tersebut dibuat sarung tangan, karet untuk tensimeter, dan kondom, dalam skala pabrik (Lampiran 1). Ternyata sifat fisik dan mekanik barang jadi karet tersebut di samping memenuhi standar pemakaian, juga bebas nitrosamin dan protein alergen.

#### IV. KESIMPULAN

Dari uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa dalam proses produksi lateks alam iradiasi yaitu proses vulkanisasi radiasi lateks alam dengan menggunakan bahan pemantap KOH 0,2 psk, bahan pemeka nBA 3 psk, dan dosis radiasi 25 kGy, maka waktu tinggal KOH dan emulsi nBA dalam lateks sebelum diiradiasi adalah 1-2 jam, sementara itu emulsi nBA yang akan digunakan dapat disimpan selama 48 jam.

Lateks alam iradiasi yang diproses pada kondisi optimum tersebut, diperoleh sifat mekanik optimum dengan tegangan putus film karet maksimum yaitu antara 24-s/d 26 Mpa, sehingga dapat digunakan untuk produksi sarung tangan, karet untuk tenimeter, dan kondom dengan kualitas memenuhi standar pemakaian.

## V. DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, (2003) Laporan Tahunan, Pusat Penelitian Karet, Medan, 60-62.
2. ASTM, (2002) Standard Test Method for Rubber Properties In Tension, ASTM d 412-2002.
3. Budiman A.F.S. (2004),: Current Development and Future Prospect The Global NR Industry, International
4. Rubber Conference and Production Exhibition 2004, Jakarta 13-15 December 2004.
5. Dalrimple S.J. and B.G. Audley,(1992) Allergenic protein levels, Rubber Developments, Vol. 45 no.213,
6. NR.Technology `1414, 51-60.
7. Edward L. and B.G.Audley,(1996), Selecting the Righ Gloves, <http://www.imune.com/rubber/nr3.html>, August 29.
8. Honggokusumo S. (1994), Perkembangan Industri Barang Jadi Karet di Indonesia, Monografi Penelitian dan
9. Pengembangan Karet No.2, Pusat Penelitian Karet, Medan, 50 halaman.
10. Jayakumar C and Joy J (1996), Proc. The International Symposium on RVNEL, MINT, Kuala Lumpur,
11. 168-172.
12. Marga U.,(2004) Trial Production of Irradiated Natural Rubber Latex and It Dipping Products on Factory Scale; Quality and Techno-Economical Aspect, International Rubber Conference and Production 2004
13. 10 page.
14. Makuuchi K.,(2003) An Introduction to RVNRL, TRI Global Co.Ltd., Bangkok.
15. Morales C ORALES, Abasoma, J.Carbira, A. Sastre,(1989), Anaphylaxis Produced by Rubber Gloves
16. Contact, Cure Report And Immunological Identification Of Antigens Involved, Chemical and
17. Experimental Allergy, Vol 19, 425-430
18. Nancy C., D. Suwardin dan M. Supriadi, (2001), Kajian Mengenai Pemasaran Lateks : Profil Petani, Industri
19. Lateks Pekat, dan Industri Barang Jadi Lateks, Jurnal Penelitian Karet, Vol 19 No.1-3, 54-76.
20. Siswanto U., (1993), Tantangan Industri Lateks Pekat dan Barang Jadi Lateks Di Masa Mendatang, Warta
21. Perkaretan, Vol 12 No.2, Pusat Penelitian Karet, 9-14.
22. Siswanto, (1997). Extraction of Protein From The Inner And Outer Surface of Medical Gloves With Successive
23. Washing Technique, Menara Perkebunan, Vol.69 No.2, 75-84.



24. Sundardi F and Kadariah,(1984), Radiation Grafting of Methyl Methacrylate Monomer On Natural Rubber
25. Latex, J. Appl. Polym., Sci., Vol 19, 1515-1521.
26. WangCung Lei,(1996), Reduction of Residual Normal Butyl Acrylate As Sensitizer In Radiation Vulcanization of NRL, Proc. The International Symposium on RVNEL, MINT, Kuala Lumpur, 252.

Lampiran 1.

**BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL**  
**PRODUKSI LATEKS PEKAT PRA-VULKANISASI SERTA BARANG JADI LATEKS BERAS NITROSAMIN DAN PROTEIN ALERGEN\***

Kepulauan Riau: Kantor BATAN 740000000  
 1. Padang: Kantor BATAN 740000000  
 2. DITP: Direktorat Teknologi dan Inovasi  
 3. Balai Besar Teknologi dan Inovasi BATAN  
 4. Balai Besar Teknologi dan Inovasi BATAN  
 5. PT. Pabrik Kertas Tjiwi Seroja (PTPS), Bandung  
 6. Dinas Perindustrian dan Perdagangan Provinsi  
 7. PT. Sinar Harapan (Sinar Harapan), Bandung  
 8. PT. Indah Intermedia Asia Pacific  
 9. PT. Jember Makmur, Jember  
 10. PT. Jember Makmur, Jember  
 11. PT. Jember Makmur, Jember  
 12. PT. Jember Makmur, Jember

1. Perkebunan karet (rubber plantation) yang dikelola oleh petani di kawasan perkebunan karet di provinsi Jawa Barat.

2. Proses pengolahan karet (rubber processing) yang melibatkan pemisahan lateks dari getah karet, pengolahan lateks menjadi lembaran, dan pemrosesan akhir menjadi barang jadi.

**LATEKS KEBUN**

=====

**VULKANISASI RADIASI**

=====

**PEMEKATAN LATEKS KEBUN IRADIASI**

=====

**LATEKS PEKAT PRA-VULKANISASI**

=====

**BARANG JADI KARET**  
BERAS NITROSAMIN DAN PROTEIN ALERGEN

3. Proses produksi lateks (rubber production) yang melibatkan pemisahan lateks dari getah karet, pengolahan lateks menjadi lembaran, dan pemrosesan akhir menjadi barang jadi.

4. Proses produksi lateks (rubber production) yang melibatkan pemisahan lateks dari getah karet, pengolahan lateks menjadi lembaran, dan pemrosesan akhir menjadi barang jadi.

5. Proses produksi lateks (rubber production) yang melibatkan pemisahan lateks dari getah karet, pengolahan lateks menjadi lembaran, dan pemrosesan akhir menjadi barang jadi.

6. Proses produksi lateks (rubber production) yang melibatkan pemisahan lateks dari getah karet, pengolahan lateks menjadi lembaran, dan pemrosesan akhir menjadi barang jadi.

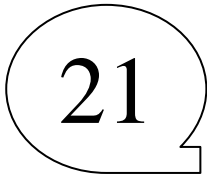
7. Proses produksi lateks (rubber production) yang melibatkan pemisahan lateks dari getah karet, pengolahan lateks menjadi lembaran, dan pemrosesan akhir menjadi barang jadi.

8. Proses produksi lateks (rubber production) yang melibatkan pemisahan lateks dari getah karet, pengolahan lateks menjadi lembaran, dan pemrosesan akhir menjadi barang jadi.

9. Proses produksi lateks (rubber production) yang melibatkan pemisahan lateks dari getah karet, pengolahan lateks menjadi lembaran, dan pemrosesan akhir menjadi barang jadi.

10. Proses produksi lateks (rubber production) yang melibatkan pemisahan lateks dari getah karet, pengolahan lateks menjadi lembaran, dan pemrosesan akhir menjadi barang jadi.

\* Keterangan lebih lanjut: PUSLITBANG TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI BATAN, Jl. Cisarua Pa. Jurnan, P. O. Box 7002/JKSR-L Jakarta 12070. Telp. (021) 7997079, Fax. (021) 7997007/7513270, U.P. Bapak. Marga Utama



# DISTRIBUSI KUALITAS LATEKS ALAM IRADIASI YANG DIPRODUKSI SKALA PILOT

Marga Utama  
Pusat aplikasi isotop dan radiasi, BATAN

## ABSTRAK

Distribusi kualitas lateks alam iradiasi yang diproduksi skala pilot. Dua faktor penting yang perlu diteliti untuk mendapatkan lateks alam iradiasi yang kualitasnya homogen ialah waktu tinggal bahan pemeka  $\text{CCl}_4$  dalam lateks sebelum diiradiasi 5, 10, dan 20 jam dan kecepatan pengadukan lateks selama proses vulkanisasi radiasi berlangsung 25, 50, dan 75 ppm (putaran permenit) telah dilakukan. Beberapa parameter penting untuk mengetahui kualitas lateks alam iradiasi misalnya pH dan kekentalan lateks, modulus, tegangan putus, dan perpanjangan putus film karet telah dievaluasi. Ternyata untuk mendapatkan lateks alam iradiasi dengan bahan pemeka  $\text{CCl}_4$  5 psk. pada dosis iradiasi 45 kGy yang homogen kualitasnya waktu tinggal optimum bahan pemeka dalam lateks 5 jam, dan kecepatan pengaduan 25 putaran permenit. Kualitas lateks alam iradiasi yang diproduksi skala pilot tergantung dari kualitas lateks alam sebelum diiradiasi.

## ABSTRACT

Quality Distribution of Irradiated latex produced by pilot scale. Two important factors for producing an homogeneous irradiated latex c.g. standing time of sensitizer in latex before irradiation (5, 10, and 20 hours), and speed of agitation during radiation vulcanization (25, 50, and 75 rotation per minute) has been studied. The important parameter for identification of irradiation of irradiated latex such as pH and viscosity of latex, modulus, tensile strength, and elongation at break of film from irradiated latex has been evaluated. The results showed that for producing an homogeneous irradiated latex with 5 phr  $\text{CCl}_4$ , and irradiation dose of 45 kGy, the optimum standing time was 5 hour, and the speed of rotation was 25 rotation per minutes. The quality of irradiated latex produced by pilot scale depends on the quality of natural rubber latex before irradiation.

## I. PENDAHULUAN

Sejak pelita VI, BATAN telah menghasilkan lateks alam iradiasi, yaitu lateks alam yang divulkanisasi dengan menggunakan sinar gamma Co-60 dengan aktivitas 75 kCi, dan dapat menghasilkan lateks alam iradiasi sebanyak 240 kg/20 jam<sup>(1)</sup>. Kemudian dengan adanya kerjasama antara BATAN, dengan UNDP dan IAEA, pada awal 1983 dibangun sebuah radiator lateks dengan aktivitas terpasang 200 kCi di PAIR-BATAN. Radiator tersebut merupakan radiator pertama di dunia, yang dapat memproduksi lateks alam iradiasi antara 800-3200 ton pertahun, tergantung jenis bahan pemeka yang digunakan. Tujuan pendirian radiator tersebut, ialah untuk mempelajari aspek ekonomi lateks alam iradiasi<sup>(2-4)</sup>.

Pengaruh pengadukan pada kestabilan mekanik dan sifat fisik film karet dari lateks alam iradiasi dalam skala laboratorium menunjukkan bahwa kecepatan pengadukan sampai dengan 125 putaran permenit (ppm), meskipun tidak mengganggu MST (Mechanical Stability of Time) lateks, dapat menurunkan tegangan putus film karet. Hal ini diduga karena terjadinya peningkatan pelarutan oksigen selama pengadukan<sup>(5)</sup>.

Guna mencegah terjadinya penyakit AIDS, maka kebutuhan sarung tangan eksamen pada awal 1988 meningkat dengan drastis, yaitu sampai 10 milyar. Hal ini mengakibatkan pertumbuhan industri sarung tangan di Indonesia meningkat pula, yaitu dari sekitar 4 pabrik menjadi 140 pabrik terpasang pada tahun 1988<sup>(6)</sup>.

Berdasarkan data tersebut, maka dalam tulisan ini dilaporkan hasil penelitian tentang distribusi kualitas lateks alam iradiasi yang diproduksi skala pilot, dengan waktu tinggal bahan pemeka CCl<sub>4</sub> dalam lateks dan kecepatan pengadukan yang bervariasi. Tujuan penelitian ini, ialah mencari kondisi optimum proses untuk mendapatkan lateks alam iradiasi yang kualitasnya homogen.

## II. BAHAN DAN METODE

### Bahan :

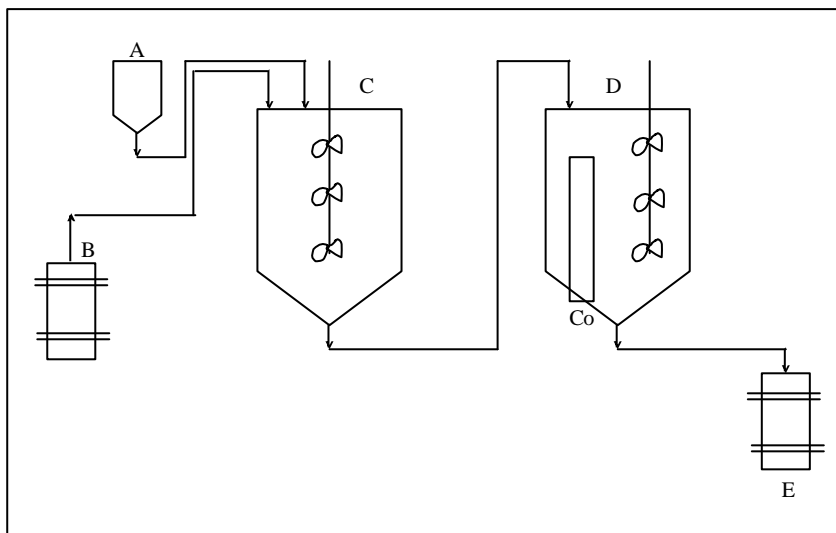
Lateks alam pekat produksi PTP XI, yang dipanen bulan oktober 1986, November 1987, dengan spesifikasi teknik seperti pada Tabel 1. Karbon tetraklorida teknis, buatan Jerman, dan detergen Dino buatan Uniliver Indonesia.

**Tabel 1. Spesifikasi Lateks Alam yang Digunakan Untuk Percobaan.**

Sifat	Nilai
1. Kadar padatan, %	62.0 – 63.0
2. Kadar karet kering, %	60.8 – 61.9
3. Kadar amonia, %	1.70 – 2.22
4. Kekentalan, cp	39 – 52
5. Bilangan VFA	0.01 – 0.06
6. Bilangan MST, detik	1800

Alat :

Iradiator lateks dengan aktivitas terpasang 200 kCi pada tahun 1983 (Gambar 1), yang dapat memproduksi lateks alam iradiasi sebanyak 1000 ton pertahun dengan pemeka CCl<sub>4</sub>. Di samping itu, digunakan alat-alat untuk menentukan kualitas lateks alam iradiasi, yaitu pH meter buatan Begman, viskometer Viconic buatan Jepang, Instron tester buatan Amerika, dan peralatan laboratorium lainnya.



**Gambar 1.** Diagram Alir Pembuatan lateks Alam Iradiasi Skala Pilot.

Keterangan :

A = Tangki pengemulsi, B = Lateks alam, C = Tangki pencampur,  
D = Tangki pengolahan, E = Lateks alam iradiasi, Co = Cobalt 60.

Metode:

Diagram alir pembuatan lateks alam iradiasi skala pilot disajikan pada Gambar 1. Gambar ini menerangkan, bahwa 1400 kg lateks dari 7 drum dipindahkan ke dalam tangki pencampur, dengan cara pemompaan tekan.

Kemudian lateks tersebut diberi bahan pemeka  $\text{CCl}_4$  berupa emulsi sebanyak 5 psk dan diaduk selama 1 jam, kemudian dibiarkan selama 5 atau 10 atau 20 jam untuk memberi kesempatan  $\text{CCl}_4$  masuk ke dalam partikel karet sesempurna mungkin. Campuran lateks dan emulsi  $\text{CCl}_4$  setelah periode tersebut dimasukan ke dalam tangki pengolah dan diiradiasi dengan dosis 45 kGy. Selama proses vulkanisasi radiasi berlangsung, lateks dalam keadaan teraduk dengan kecepatan 25 atau 50 atau 75 ppm, dalam suasana gas nitrogen. Lateks yang sudah diiradiasi, dimasukan ke dalam drum lagi, kemudian lateks di masing-masing drum diuji kualitasnya yang prosedurnya disesuaikan dengan standar ASTM<sup>(7)</sup>.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mendapatkan distribusi kualitas lateks alam iradiasi yang diproduksi skala pilot sehomogen mungkin, maka dipelajari dua faktor penting, yaitu waktu tinggal bahan pemeka  $\text{CCl}_4$  ke dalam lateks alam sebelum diiradiasi dan kecepatan pengadukan lateks alam selama proses vulkanisasi radiasi berlangsung. Pengaruh kualitas lateks alam iradiasi yang dihasilkan dengan menggunakan perlakuan-perlakuan tersebut hasilnya disajikan di Tabel 2 sampai dengan 6.

**Tabel 2. pH Lateks alam Iradiasi yang Dihasilkan Skala Pilot pada Waktu Tinggal  $\text{CCl}_4$  dan Kecepatan Pengadukan yang Bervariasi.**

Waktu tinggal $\text{CCl}_4$ , jam	Kecepatan pengadukan, ppm	Nomor drum									
		1	2	3	4	5	6	7	x	d	
5	25	10.38	10.38	10.38	10.36	10.37	10.38	10.36	10.37	10.37	0.009
	50	10.30	10.41	10.42	10.34	10.37	10.36	10.31	10.35	0.04	
	75	10.21	10.40*	10.35	10.33	10.34	10.34	10.32	10.33	0.06	
10	25	10.25	10.35	10.30	10.37	10.21*	10.34	10.17	10.28	0.07	
	50	10.26	10.27	10.31	10.37**	10.18	10.29	10.18	10.27	0.06	
	75	10.21	10.24	10.19	10.30*	10.16	10.30	10.18	10.23	0.07	
20	25	9.93	9.77*	9.78	9.90	9.93	9.78	9.85*	9.95	0.08	
	50	9.86	9.58	9.90	9.91	9.73	9.55	9.54	9.74	0.06	
	75	9.82	9.61	9.74	9.74	9.63	9.69	9.73	9.71	0.07	

*Keterangan :*

\* Berbeda nyata pada taraf  $P = 0.05$  dengan rata-rata.

\*\* Berbeda sangat nyata pada taraf  $P = 0.05$  dengan rata-rata.

x Nilai rata-rata.

d Standar deviasi.

Tabel 2 menunjukkan, bahwa dengan naiknya waktu tinggal  $\text{CCl}_4$  dalam lateks sebelum diiradiasi, maka pH lateks alam iradiasi turun. Hal yang sama terjadi pula pada kenaikan kecepatan pengadukan, misalnya pada waktu tinggal  $\text{CCl}_4$  dalam lateks sebelum diiradiasi selama 5 jam dan dengan kecepatan pengadukan 25 ppm. Didapat nilai pH lateks 10,37, tetapi bila waktu tinggal

dinaikan menjadi 20 jam, maka pH menjadi 9,85. bilangan ini akan menurun lagi bila kecepatan pengadukan dinaikan sampai 75 ppm, yaitu menjadi 9,71. hal ini disebabkan karena dengan naiknya waktu tinggal atau kecepatan pengadukan, maka kesempatan amonia untuk menguap lebih besar, sehingga pH turun. Di samping itu, ada kecenderungan bahwa pada pengadukan pelan-pelan, misalnya dengan kecepatan 25 ppm kekentalan lateks alam iradiasi yang dihasilkan lebih homogen daripada yang diaduk lebih cepat (Tabel 3).

**Tabel 3. Kekentalan Lateks Alam Iradiasi yang Diproduksi Skala Pilot, dengan Waktu Tinggal CCl<sub>4</sub>, dan Kecepatan Pengadukan yang Bervariasi.**

Waktu tinggal CCl <sub>4</sub> , jam	Kecepatan pengadukan, ppm	Nomor drum									
		1	2	3	4	5	6	7	x	d	
5	25	61	61	61	61	61	60	60	60.7	0.45	
	50	59	59	50	60	61	60	60	59.9	0.64	
	75	60	60	59	60	59	62**	60	60.0	1.15	
10	25	60	59	58	60	61	61	60	59.9	0.99	
	50	59	60	61	62	60	62	61	61.4	1.05	
	75	60	60	60	60	59	62	61	60.3	0.88	
20	25	58	54	58	60	54	57	59	57.1	2.17	
	50	63	67	62	62	65	71**	61	64.4	3.2	
	75	57	58	59*	58	57	58	57	57.7	1.0	

Hal ini diduga, bahwa dengan rendahnya pengadukan benturan antara partikel karet tidak terlalu sering, sehingga timbulnya peristiwa prakoagulasi selama proses vulkanisasi radiasi lebih kecil, sehingga timbulnya peristiwa prakoagulasi selama proses vulkanisasi radiasi lebih kecil, maka distribusi partikel karet lebih homogen, akibatnya kekentalannya lebih merata. Standar deviasi pH dan kekentalan lateks alam iradiasi yang diperoleh pada waktu tinggal 5 jam dengan kecepatan pengadukan 25 ppm lebih rendah daripada perlakuan lain-lainnya, yaitu masing-masing 0.009 dan 0.45. dengan rendahnya nilai standar deviasi tersebut, maka film karet yang dihasilkan lebih homogen, sehingga modulus dan tegangan putusnyapun homogen pula (Tabel 4 dan 5). Jadi dapat dikatakan, bahwa dengan waktu tinggal bahan pemeka CCl<sub>4</sub> di dalam lateks sebelum diiradiasi selama 5 jam, dengan kecepatan pengadukan selama proses vulkanisasi radiasi berlangsung sebesar 25 ppm, akan merupakan kondisi optimum proses, karena di samping film karet yang dihasilkan mempunyai modulus, tegangan putus, dan perpanjangan putus (Tabel 6) lebih homogen dari perlakuan lainnya, juga pemakaian energi listrik lebih rendah dari yang lainnya.

**Tabel 4. Modulus 600% (MPa) Lateks Alam Iradiasi yang Diproduksi Skala Pilot dengan Waktu Tinggal CCl<sub>4</sub> dan Kecepatan Pengadukan yang Bervariasi.**

Waktu tinggal CCl <sub>4</sub> , jam	Kecepatan pengadukan, ppm	Nomor drum									
		1	2	3	4	5	6	7	x	d	
5	25	2.3	2.3	2.3	2.3	2.4	2.3	2.3	2.35	0.04	
	50	2.2	2.2	2.5	2.3	2.6	2.4	2.2	2.35	0.15	
	75	2.1	2.4	2.3	2.3	2.4	2.2	2.3	2.28	0.10	
10	25	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	2.2	2.3	2.25	0.09	
	50	2.4	2.2	2.3	2.3	2.2	2.4	2.3	2.30	0.08	
	75	2.3	2.3	2.4	2.1*	2.3	2.6	2.4	2.34	0.14	
20	25	2.1	1.8	1.8	1.9	1.8	1.8	1.9	1.72	0.10	
	50	2.4	2.4	2.2	2.4	2.2	2.3	2.6	2.35	0.13	
	75	2.6	2.9	2.8	2.4	2.0	1.9**	2.2	2.54	0.36	

**Tabel 5. Tegangan Putus (MPa) Film Karet lateks Alam Iradiasi yang Diproduksi Skala Pilot pada Waktu Tinggal CCl<sub>4</sub> dan Kecepatan Pengadukan yang Bervariasi.**

Waktu tinggal CCl <sub>4</sub> , jam	Kecepatan pengadukan, ppm	Nomor drum									
		1	2	3	4	5	6	7	x	d	
5	25	21.6	22.6	22.6	22.6	22.7	21.5	22.7	21.8	0.4	
	50	21.7	22.4	22.8	20.0	22.1	22.3	21.6	21.7	1.2	
	75	21.9	18.9**	22.3	22.1	22.5	22.4	22.1	21.7	1.2	
10	25	23.1	22.4	22.3	22.3	22.1	22.7	22.3	22.5	0.7	
	50	21.9	20.8*	22.1	22.1	22.0	22.4	22.7	22.1	0.6	
	75	22.3	22.7	22.3	22.4	18.3	22.3	22.5	22.4	1.5	
20	25	21.6	20.3	18.8*	20.6	21.1	21.3	21.5	20.7	0.9	
	50	19.0	21.3	20.2	20.6	22.5	21.7	22.5	21.3	1.2	
	75	23.8	22.8	23.2	21.1	21.8	21.3	18.9**	22.1	1.5	

**Tabel 6. Perpanjangan Putus (%) Film Karet Lateks Alam Iradiasi yang Diproduksi Skala Pilot dengan Waktu Tinggal CCl<sub>4</sub> dan Kecepatan Pengadukan yang Bervariasi.**

Waktu tinggal CCl <sub>4</sub> , jam	Kecepatan pengadukan, ppm	Nomor drum									
		1	2	3	4	5	6	7	x	d	
5	25	993	967	989	978	967	978	972	998	9	
	50	990	967	970	970	980	990	990	979	9	
	75	990	980	990	991	990	980	970	984	10	
10	25	990	990	980	971*	990	982	983	1005	11	
	50	975	980	980	980	978	978	984	959	10	
	75	980	980	970	975	983	983	970	973	12	
20	25	800	989	1000	1000	1011	1017	1017	1005	12	
	50	939	956	967	973	967	953	956	959	11	
	75	972	956**	967	972	989	983	972	973	11	

Selanjutnya, dengan menggunakan kondisi optimum tersebut, pembuatan lateks alam iradiasi dikerjakan lagi sampai 7 kali ulangan kualitas lateks yang dihasilkan tertera di Tabel 7. Tabel ini menunjukkan bahwa di pH, kadar NH<sub>4</sub>, bilangan VFA lateks dan perpanjangan tetap film karet sebelum diiradiasi lebih kecil daripada lateks sebelum diiradiasi lebih kecil daripada lateks sebelum diiradiasi, sedangkan kekentalan, modulus, dan tegangan putus film karet mempunyai nilai lebih besar daripada lateks sebelum diiradiasi. Juga nilai

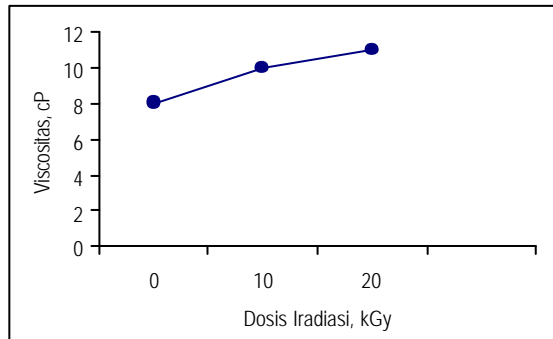


kualitas lateks yang dihasilkan sangat bervariasi, karena distribusi lateks alam sesudah diiradiasi sangat bervariasi. Jadi jelaslah, bahwa kualitas lateks alam iradiasi bergantung dari lateks alam sebelum diiradiasi misalnya lateks alam yang bilangan VFA-nya tinggi, misalnya 0.6 maka setelah diiradiasi akan menghasilkan lateks yang bilangan VFA-nya tinggi pula. Dengan tingginya bilangan VFA, maka tegangan putus film karet lateks alam iradiasi rendah, yaitu 17 MPa. Hal ini sesuai dengan hasil percobaan skala laboratorium yang dilaporkan terdahulu<sup>(10)</sup>.

**Tabel 7. Sifat Lateks Alam dan Lateks Alam Iradiasi yang Diproduksi Skala pilot, dengan Menggunakan Kondisi Optimum Proses yaitu Waktu Tinggal CCl<sub>4</sub> 5 jam dengan Kadar 5 psk, dan Kecepatan Pengadukan Selama Proses 25 ppm.**

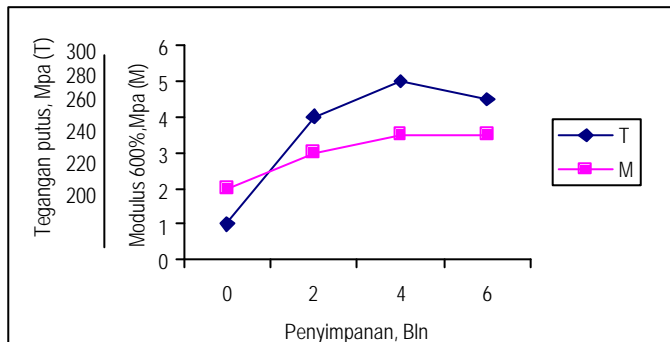
Sifat		Nomor batch						
		1	2	3	4	5	6	7
1. pH	A	10.30	10.75	10.79	10.80	10.79	10.80	10.80
	B	10.50	10.75	10.62	10.62	10.68	10.80	10.34
2. Kadar NH <sub>3</sub> , %	A	1.71	1.75	1.77	1.76	2.03	1.79	2.22
	B	1.30	1.50	1.43	1.43	1.66	1.86	1.68
3. Kadar padatan, %	A	62.0	62.0	62.0	62.0	63.0	63.0	63.0
	B	61.0	60.0	61.0	61.0	62.0	62.0	61.0
4. Kadar karet kering, %	A	60.4	60.0	60.0	90.0	61.0	62.0	61.0
	B	59.0	59.0	59.0	59.0	60.0	60.0	59.0
5. Kekentalan, Cp	A	40	39	39	39	52	51	45
	B	54	52	52	51	72	101	61
6. Bilangan VFA	A	0.03	0.03	0.03	0.06	0.10	0.11	0.6
	B	0.02	0.03	0.05	0.06	0.09	0.12	0.6
7. Modulus 600%, MPa	A	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
	B	2.3	2.4	2.1	2.2	2.2	2.4	2.4
8. Tegangan putus, MPa	A	2.4	2.5	2.7	3.2	1.6	1.8	2.0
	B	21.4	20.6	2.22	19.7	19.7	21.8	17.6
9. Perpanjangan putus, %	A	1093	1106	1125	1200	1043	1100	1083
	B	973	993	1003	973	989	986	953
10. Perpanjangan tetap, %	A	60	62	62	63	60	58	57
	B	13	13	12	13	13	10	9

Lebih kecilnya pH disebabkan karena dengan adanya radiolisa lateks, maka protein, lemak, dan karbohidrat dalam serum lateks tersebut akan mengalami dekomposisi, dan menghasilkan asam-asam amino yang sifatnya lebih asam, sehingga lateksnyapun lebih asam sedikit, akibatnya pH menurun. Lebih besarnya kekentalan, disebabkan karena di samping mengalami dekomposisi akibat iradiasi, juga mengalami denaturasi, sehingga protein tersebut sedikit lebih pekat. Untuk membuktikan hal ini, pada Gambar 2 disajikan hubungan antara dosis radiasi dengan kekentalan casein 1% yang diiradiasi dengan sinar gamma <sup>60</sup>Co. Hasilnya menunjukkan, dengan naiknya dosis iradiasi, kekentalan meningkat.



**Gambar 2.** Pengaruh Dosis Iradiasi Terhadap Kekentalan Casein 1%.

Lebih besarnya modulus dan tegangan putus, disebabkan karena adanya reaksi pengikatan silang antara poliisopren akibat iradiasi lateks alam, sehingga lateks akan mengadakan ikatan 2 dimensi, akibatnya film karet akan lebih kenyal dan kuat <sup>(8,9)</sup>. Sifat mekanik ini akan meningkat terus apabila lateks alam iradiasi disimpan sampai beberapa bulan (Gambar 3). Hal ini diduga masih adanya reaksi berantai antara rantai poliisopren, setelah lateks alam iradiasi tersebut disimpan beberapa bulan.



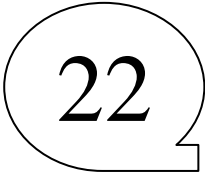
**Gambar 3.** Pengaruh Waktu Penyimpanan Lateks Alam Iradiasi Terhadap Tegangan Putus, dan Modulus Film Karet Lateks Alam Iradiasi.

## IV. KESIMPULAN

Dari uraian tersebut dapat disimpulkan, bahwa untuk mendapatkan lateks alam iradiasi yang homogen, pada proses vulkanisasi radiasi lateks alam dengan menggunakan  $\text{CCl}_4$  5 psk sebagai bahan pemeka, dan dengan dosis iradiasi 45 kGy, maka waktu tinggal  $\text{CCl}_4$  di dalam lateks sebelum diiradiasi sebaiknya 5 jam, dan kecepatan pengadukan selama proses vulkanisasi radiasi 25 ppm, karena pada kondisi tersebut baik pH, kekentalan, modulus, tegangan putus film karet yang dihasilkan sudah homogen. Tinggi rendahnya kualitas lateks alam iradiasi yang diproduksi skala pilot bergantung pada kualitas lateks alam sebelum diiradiasi.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Utama, M., Lateks Iradiasi Sebagai Bahan Murah Untuk Pembuatan Sarung Tangan Secara Sederhana, *Majalah BATAN*, XVI (1983) 99.
2. Hilmy, N., *Proses Radiasi Dalam Industri*, Pameran RISTEK, Jakarta (1990).
3. Sundardi, F., Review of Radiation Processing For Natural Rubber Latex In Indonesia, *Plastic And Rubber Processing Application V* (1985) 119.
4. Utama, M., Pengolahan Dan Teknologi Lateks Alam Iradiasi, *Buletin BATAN I* (1988) 1.
5. Sabarinah, Y., Utama, M., Dan Suyitno, Pengaruh Pengadukan Pada Kestabilan Mekanik Dan Sifat Fisik Film Karet Lateks Alam Iradiasi, *Proses Radiasi, Risalah Seminar Nasional (Ris. Sem. Nas., Jakarta 1986)*, PAIR-BATAN, Jakarta (1986) 199.
6. Annonime, Ekspor Lateks Indonesia Masih Ketinggalan Dari Singapura, *Kompas*, Jakarta, Tanggal 25 Juli 1988.
7. American Standar Testing For Materials. ASTM D 412-83, And 1076-80, *Annual Book At ASTM 0902* (1984).
8. Gazeley, K.F., And Pendle T.D., Technological Evaluation of Radiation Pre-Cured NR Latex, *Proceeding of The International Symposium on Radiation Vulcanization of Natural Rubber Latex, JAERI-M 89-228*, Tokyo (1990) 189.
9. Shukri Bin HJ. AB. Wahab, Makuuchi, K., Devendra, , R., Effect of Heating And Leaching on Mechanical Properties of RVRN Latex Film, *Proceeding of The International Symposium on Radiation Vulcanization of NR Latex, JAERI-M 89-228*, Tokyo 91990) 216.
10. Utama. M., Kemungkinan Pemakaian Lateks Alam Iradiasi Untuk Bahan Dasar Kondom, *Hasil Penelitian 1981-1987*, PAIR-BATAN (1988) 15.



## **KAJI ULANG PRODUKSI LATEKS PEKAT PRA-VULKANISASI RADIASI SKALA PABRIK**

Marga Utama<sup>1</sup>, Herwinarni<sup>1</sup>, Made Sumarti<sup>1</sup>, Fx. Marsongko<sup>1</sup>  
Wawan Herawan<sup>2</sup>, Slamed Mudyib<sup>2</sup>

1. Puslitbang Teknologi Isotop dan Raiasi, BATAN, Jakarta.  
2. Perkebunan Karet Jalupang, Subang. PTPN VIII, Bandung.

### **ABSTRAK**

Kaji Ulang Produksi Lateks Pekat Pra-Vulkanisasi Radiasi Skala Pabrik. Dalam rangka menuju komersialisasi hasil litbang tentang lateks pekat pra-vulkanisasi bebas nitrosamin dan rendah protein, maka kajian proses produksi ulang lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi dari lateks kebun dalam skala pabrik sebanyak dua kali di Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional (P3TIR-BATAN) Jakarta dan Pabrik Lateks Pekat Jalupang Subang PTPN VIII Bandung pada tanggal 23 Desember 2002 sampai dengan 8 Januari 2003 telah dilakukan. Caranya adalah sebagai berikut: lateks kebun dari Perkebunan Jalupang setelah dibubuhi bahan pemeka normal butil akrilat (nBA) sebanyak 3 psk (perseratus bagian berat karet) lalu diiradiasi dengan sinar  $^{60}\text{Co}$  pada dosis 25 kGy di P3TIR-BATAN Jakarta. Lateks kebun hasil iradiasi ini kemudian dipekatkan di pabrik lateks pekat Jalupang Subang PTPN VIII Bandung, maka terjadilah lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi. Parameter uji lateks pekat pra-vulkanisasi yang sesuai dengan standar ISO 2004 antara lain KKK, KJP, viskositas, kadar amonia dan sebagainya, setelah dievaluasi. Hasilnya menunjukkan bahwa sifat lateks pekat pra-vulkanisasi tersebut disamping kualitasnya masih konsisten bila dibandingkan dengan kualitas lateks pekat pra-vulkanisasi. Radiasi yang dicoba dalam skala pabrik sebelumnya, juga memenuhi standar pemakaian untuk barang jadi karet antara lain kondom, sarung tangan, karet untuk tensi meter, dan sebagainya.

## I. PENDAHULUAN

Lateks pekat pra-vulkanisasi adalah lateks pekat yang sudah divulkanisasi, dan langsung dapat digunakan barang jadi karet (kondom, spygmanometer, sarung tangan, dsb) tanpa penambahan bahan vulkanisasi. Sampai saat ini ada dua jenis lateks pekat pravulkanisasi yaitu lateks pekat pra-vulkanisasi belerang yang sudah digunakan oleh industri perkaretan sejak 1 abad yang lalu sampai sekarang, dan lateks pra-vulkanisasi non belerang yang belum digunakan oleh industri secara luas. Lateks pekat pra-vulkanisasi non belerang terdiri dari 2 macam yaitu: lateks pekat pra-vulkanisasi peroksida, dan lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi<sup>(1)</sup>.

Lateks pekat pra-vulkanisasi belerang dibuat dengan cara membubuhkan dispersi belerang sebagai bahan vulkanisasi, ZDC sebagai bahan pencepat, dan ZnO sebagai bahan penggiat, lalu diperam pada suhu 40<sup>0</sup>C, selama 3-4 hari<sup>(2)</sup>.

Lateks pekat pra-vulkanisasi peroksida dibuat dengan cara mengiradiasi lateks pekat atau lateks kebun dengan sinar gamma atau berkas elektron pada suhu kamar selama beberapa jam atau menit, tergantung sumber iradiasi yang digunakan. Untuk menurunkan dosis vulkanisasi radiasi perlu ditambahkan bahan pemeka (misalnya monomer mono atau polifungsional dsb) ke dalam lateks sebelum diiradiasi dengan sinar gamma atau berkas elektron. Ada dua cara memproduksi lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi yaitu: cara pertama ialah lateks pekat yang diiradiasi, sedangkan cara kedua lateks kebun yang diiradiasi, kemudian dipekatkan<sup>(4)</sup>.

Beberapa peneliti melaporkan bahwa proses produksi lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi lebih hemat bahan kimia dan energi panas bila dibandingkan dengan proses produksi lateks pekat pra-vulkanisasi belerang atau lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi selain bebas nitrosamin (bahan penyebab kanker), juga bebas dari protein alergen<sup>(5-8)</sup> sehingga lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi merupakan produk baru masa depan.

Telah disebutkan di atas bahwa untuk memproduksi lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi ada dua cara yaitu: lateks pekat yang diiradiasi, dan cara lain adalah lateks kebun yang diiradiasi, kemudian dipekatkan. Dari dua proses ini dapat menghasilkan lateks pekat pra-vulkanisasi yang berbeda kualitasnya yaitu: pada cara pertama menghasilkan lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi berkadar karet kering (KKK) 55%, sedang pada cara kedua menghasilkan KKK 60%<sup>(4)</sup>.

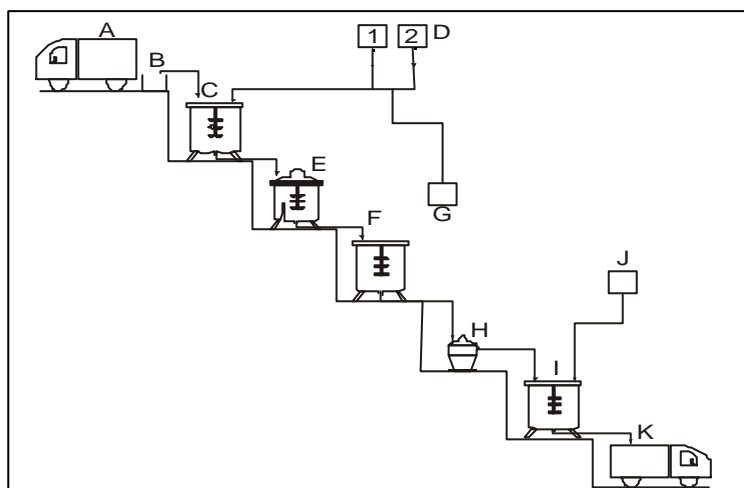
Selanjutnya sebelum proses produksi lateks pekat pra-vulkanisasi dilakukan dalam skala industri, maka dalam makalah ini akan dilaporkan kajian proses produksi lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi skala pabrik dengan menggunakan cara kedua yaitu lateks kebun ditambah bahan pemeka, diiradiasi dengan sinar gamma, kemudian dipekatkan dengan hipotesa akan membuktikan konsistenitas kualitas lateks pekat pra vulkanisasi radiasi yang dihasilkan.

## II. METODE

**Bahan.** Lateks kebun berasal dari perkebunan karet jalupang, Subang PTPN VIII, Bandung dipanen tanggal 23 dan 27 Desember 2002 dengan kadar karet kering masing-masing 28 dan 29%, kadar amonia 1.97 dan 1.92%. Bahan lainnya ialah: gas amonia, KOH, normal butil akrilat (nBA), dan DAP (diamonium phospat) semuanya berkualitas teknis.

**Alat.** Iradiator lateks skala semi pilot beserta peralatannya yang berada di Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi (P3TIR), BATAN, Jakarta. Peralatan pemekatan lateks skala pabrik dan peralatan uji kualitas lateks di pabrik lateks pekat Jalupang, Subang, PTPN VIII Bandung, sedangkan uji sifat film karet di P3TIR BATAN Jakarta.

**Metode.** Ada dua tahap yang dilakukan dalam uji coba produksi lateks pekat pra-vulkanisasi yaitu tahap pertama proses produksi lateks pekat pra-vulkanisasi, dan tahap kedua uji kualitas lateks pra-vulkanisasi yang dihasilkan.



Gambar 1. Diagram Alir Produksi Lateks Pekat Pra-vulkanisasi Radiasi Skala Pabrik.

**Produksi lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi skala pabrik.** Gambar 1 & 2 menyajikan proses produksi lateks pekat pravulkanisasi radiasi dkala pabrik, dengan cara sebagai berikut. Lateks kebun sebanyak 4 ton atau kelipatannya yang baru disadap dari perkebunan Jalupang Subang PTPN VIII Bandung, setelah dikumpulkan di tempat pemungutan hasil (TPH) yang berada

dalam truk pengangkut (A), dituangkan dalam bakpenampung (B), dan langsung dialirkan ke tangki pengendap (C), kemudian diukur kadar amoniaknya dan diinfus dengan gas amonia sampai kadarnya mencapai 2%, lalu dituangkan ke dalam 20 buah drum yang sudah disiapkan dalam truk untuk diiradiasi ditangki (E) yang terletak di P3TIR BATAN Jakarta. Sebelum diiradiasi pada dosis vulkanisasi (27 kGy) lateks kebun tersebut ditambah dahulu dengan larutan 20% KOH sebanyak 0.2 psk dari tangki D1, dan emulsi 50% nBA sebanyak 3 psk dari tangki D2 yang masing-masing berfungsi sebagai bahan pemantap dan pemekat.

Kemudian lateks kebun hasil vulkanisasi radiasi tersebut di bawa ke Jalupang lagi yang langsung dituangkan ke dalam tangki pengendap (F). setelah diendapkan dengan DAP dari tangki (G) selama 6 s/d 16 jam yang jumlahnya sesuai dengan pesanan kandungan ion  $Mg^{++}$  yang diinginkan, kemudian lateks kebun iradiasi ini dipekatkan dengan mesin pemekat (H) berkapasitas 630 liter/jam. Lateks pekat pra-vulkanisasi yang dihasilkan langsung ditampung di tangki (I), lalu ditambah larutan kalium laurat 20% sebanyak 4 liter/ton lateks pekat dari tangki (J), dan dievaluasi kualitasnya. Bila KKK lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi melebihi standar, misalnya KKK=62%, maka lateks pekat pra-vulkanisasi tersebut diencerkan dengan air sampai mencapai KKK=60%.

Di samping itu bila kadar amonia lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi ini belum mencapai standar yang diperlukan. Kemudian setelah kadar lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi tersebut kualitasnya sudah memenuhi standar, maka langsung dikirim ke pabrik dengan menggunakan truk (K) yang selanjutnya dipakai sebagai bahan baku pembuatan barang jadi karet misalnya: kondom, sarung tangan, spygmomanometer, dan sebagainya, tanpa menambahkan bahan pemvulkanisasi, pencepat, ata bahan penggiat ke dalam lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi kecuali bahan antioksidan.

**Uji kualitas lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi.** Untuk mengetahui kualitas lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi dan film karetnya digunakan prosedur ASTM<sup>(9-10)</sup>.



Gambar 2. Lateks kebun yang dipanen tanggal 23 & 27 Desember 2002 dari Perkebunan Jalupang PTPN VIII (A), divulkanisasi radiasi dengan sinar  $^{60}\text{Co}$  di P3TIR BATAN Jakarta (B), lalu dipekatkan di Pabrik Lateks Pekat Jalupang (C), maka terjadilah lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi yang langsung dikirim ke pabrik tensimeter PT.SIA Padalarang, tanggal 1 Januari 2003, dan pabrik kondom Banjaran PT. MRB Bandung tanggal 8 Januari 2003.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Ada dua faktor penting yang harus dilakukan pada pemantauan kondisi peralatan proses produksi ini yaitu: kebersihan dan kelancaran alat yang akan digunakan dalam proses. Oleh karena keduanya saling terkait yaitu walaupun peralatan yang akan digunakan berjalan dengan baik, tetapi bila tidak bersih keadaannya maka akan menghasilkan lateks pra-vulkanisasi yang kualitasnya tidak prima. Adapun cara pengontrolan peralatan yang akan digunakan dalam proses produksi lateks pekat pra-vulkanisasi mulai dari penyadapan, proses

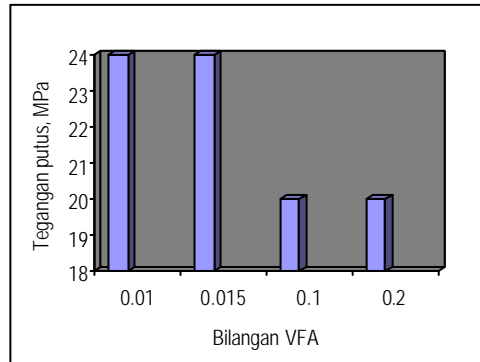


vulkanisasi, proses pemekatan, sampai ke pengangkutan hasil, tertera di Tabel 1. Dari tabel ini menunjukkan bahwa semua peralatan proses penyadapan, pemekatan, dan proses vulkanisasi radiasi dalam keadaan baik dan bersih. Karena bila tidak diyakini bahwa peralatan tersebut baik, lancar dan bersih, maka akan dapat menurunkan kualitas lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi yang dihasilkan.

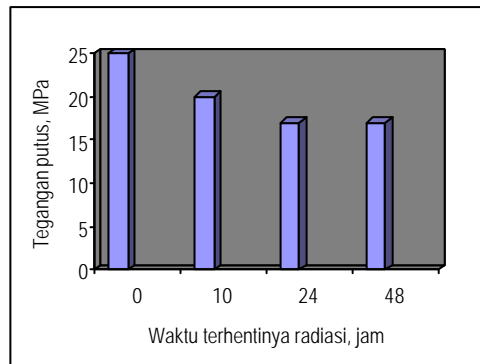
Tabel 1. Pengontrolan keadaan alat sesuai dengan jaminan mutu pengoperasian alat di pabrik lateks pekat PTPN VIII, Jalupang, Subang dan P3TIR BATAN Jakarta.

Nama Alat	Penggunaan	Baik	Lancar	Bersih	Kotor
Proses penyadapan dan pemekatan di kebun dan pabrik lateks pekat Jalupang.					
1. Peralatan penyadapan	Penyadapan	Ya	Ya	Ya	-
2. Wadah lateks kebun di TPH	Penampung	Ya	Ya	Ya	-
3. Tangki pengangkut ke pabrik	Penampung	Ya	Ya	Ya	-
4. Bak penampung di pabrik	Penampung	Ya	Ya	Ya	-
5. Talang	Pengaliran	Ya	Ya	Ya	-
6. Tangki pengendap	Penampung	Ya	Ya	Ya	-
7. Mesin pemekat	Pemekat	Ya	Ya	Ya	-
8. Slang penghubung	Pengaliran	Ya	Ya	Ya	-
9. Wadah DAP, drum, dsb	Penampung	Ya	Ya	Ya	-
Proses vulkanisasi radiasi di P3TIR BATAN.					
1. Tangki pencampur	Penampung	Ya	Ya	Ya	-
2. Slang pemindah lateks	Pencampur	Ya	Ya	Ya	-
3. Pompa lateks	Pemindah	Ya	Ya	Ya	-
4. Tangki pengolah	Vulkanisasi	Ya	Ya	Ya	-
5. Wadah lateks hasil iradiasi	Penampung	Ya	Ya	Ya	-

**Kebersihan.** Gambar 3 adalah salah satu contoh peranan kebersihan yang harus diperhatikan dengan baik. Dari gambar ini menunjukkan bahwa tegangan putus film karet dari lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi yang disimpan dalam wadah plastik bersih lebih tinggi daripada yang disimpan dalam wadah plastik kotor. Menurunnya tegangan putus film karet dari lateks pra-vulkanisasi radiasi yang disimpan di wadah kotor disebabkan karena terjadinya kontaminasi mikroba terhadap lateks yang disimpan tersebut. Dari hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pada umumnya lateks yang sudah terkontaminasi berat dengan mikroba, baunya akan busuk dan bilangan VFA-nya meningkat drastis, sehingga dapat menyebabkan penurunan kualitas lateks yang ditandai dengan warnanya agak kecoklatan dan berbau busuk. Bau busuk lateks akibat dari proses degradasi bahan-bahan bukan karet (le mak, karbohidrat, protein dsb) membentuk senyawa hidrogen sulfida<sup>(11)</sup>. Oleh karena proses degradasi pada protein dapat menghasilkan asam lemak eteris, maka terjadilah proses pra-coagulasi antara partikel karet, sehingga bila dibuat film karet maka pembentukan film karet tidak sempurna yaitu masih ada rongga di dalamnya yang mengakibatkan tegangan putus film karet yang dihasilkan menurun.



Gambar 3. Pengaruh bilangan VFA terhadap tegangan putus film karet lateks pra-vulkanisasi radiasi<sup>(11)</sup>.



Gambar 4. Pengaruh waktu terhentinya radiasi selama proses terhadap tegangan putus film karet lateks pra-vulkanisasi radiasi<sup>(12)</sup>.

**Kelancaran peralatan proses.** Tabel 1 menyajikan suatu pernyataan bahwa semua peralatan yang akan digunakan baik untuk proses penyadapan, pemekatan, dan vulkanisasi radiasi berjalan baik. Namun demikian kendala mungkin saja terjadi antara lain listrik dari PLN tiba-tiba padam, sehingga proses vulkanisasi radiasi lateks kebun terhenti, padahal waktu iradiasi masih kurang separuh dari waktu yang ditentukan. Berdasarkan peristiwa ini dipilih 2 alternatif yaitu proses digagalkan atau dilanjutkan. Dari hasil pengamatan lapangan menunjukkan bahwa apabila padamnya listrik itu mencapai 24 jam, maka walaupun iradiasi lateks dilanjutkan sampai memenuhi dosis yang ditentukan, maka tidak dapat menghasilkan tegangan putus film karet seperti tegangan putus film karet dari lateks pra-vulkanisasi yang diiradiasi pada dosis vulkanisasi secara terus menerus (Gambar 4). Hal ini diduga karena adanya reaksi peroksidasi pada

radikal yang terbentuk akibat terhentinya proses iradiasi, menyebabkan terbentuknya peroksida karet. Film karet dari lateks yang mengandung peroksida karet memiliki sifat dan mekanik lebih rendah daripada film karet yang poliisoprennya saling berikatan silang<sup>(12)</sup>.

### Formulasi Pada Proses Produksi

Penambahan bahan kimia tepat dosis dan tepat waktu ke dalam lateks mulai dari proses penyiapan lateks kebun, sampai dengan ke proses pemekatan lateks kebun merupakan hal yang harus diperhatikan dengan sungguh-sungguh dalam menyusun formulasi produksi lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi. Tabel 2 menyajikan kronologis produksi lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi mulai dari persiapan lateks kebun, penambahan bahan kimia pada vulkanisasi radiasi lateks kebun, pemekatan dan penambahan bahan pematap adalah sbb:

**Persiapan lateks kebun.** Dalam persiapan lateks kebun sekali lagi semua peralatan yang digunakan mulai dari penyiapan sampai ke pabrik pemekatan lateks senantiasa harus dijaga kebersihannya. Selanjutnya lateks yang akan diolah harus dalam keadaan baik dengan bahan pengawet sesuai takaran yang ditentukan. Untuk menghindari tercampurnya lateks dengan bahan pengganggu, maka lateks kebun sebelum dialirkan ke dalam bak penerima perlu disaring terlebih dahulu dengan saringan 80 mesh atau lebih. Selanjutnya lateks dalam bak penerima setelah diaduk, maka diambil dahulu contohnya untuk memastikan kadar amonia dan kadar karet kering sudah sesuai persyaratan yang ditentukan atau belum.

Tabel 2. Formulasi produksi lateks pra-vulkanisasi radiasi skala pabrik.

Tempat kegiatan & persiapan bahan	Lateks kebun		Lateks iradiasi		Lateks pekat	
	For 1	For 2	For 1	For 2	For 1	For 2
Persiapan lateks kebun di Jalupang						
- KKK, %	28	29	28	29	60.59	60.98
- Kadar Amonia, %	1.97	1.92	1.52	1.41	0.83	0.69
Vulkanisasi radiasi di P3TIR Jakarta						
- 20% larutan KOH, psk	0.2	0.2	-	-	-	-
- 50% emulsi nBA, psk	3	3	-	-	-	-
- Kadar bahan pengemulsi, psk	0.03	0.01	-	-	-	-
- Dosis vulkanisasi, kGy	26-27	26-27	-	-	-	-
- Waktu, jam	48	48	-	-	-	-
Pemekatan di Jalupang PTPN VIII						
- Larutan 10% DAP, lt/ton	-	-	10	> 10	-	-
- Larutan 20% kalium laurat, lt/ton	-	-	4	> 4	0.0147	0.0062

**Kadar amonia.** Takaran larutan amonia yang harus dimasukan ke dalam mangkuk sadap yang bersih adalah 1cc larutan amonia 1% untuk 100cc lateks kebun. Apabila penambahan amonia ke dalam mangkuk sadap tidak tepat

dosis, maka lateks yang dihasilkan akan menggumpal selama perjalanan dari tempat pengumpulan hasil sampai ke pabrik pemekatan lateks, akibatnya kualitas lateks pekat yang dihasilkan berbau busuk, dan kualitasnya menurun. Hal ini disebabkan karena amonia di samping merupakan bahan pemantap pada lateks kebun, juga bersifat antiseptik, maka bila penambahannya kurang tepat waktu, kemungkinan besar akan terjadi proses pembusukan oleh bakteri, yang mengakibatkan kenaikan bilangan VFA cukup drastis. Untuk mengantisipasi hal ini, maka agar lateks kebun selalu stabil dalam perjalanan mulai dari tempat penyadapan sampai ke bak penerima lateks kebun di pabrik pemekatan lateks (Gambar 1B), maka sekali lagi penambahan larutan amonia di mangkuk sadap dan di TPH harus sesuai dengan takaran yang ditentukan yaitu lateks kebun tersebut diberi amonia sampai kadarnya mencapai 0.4-0.6%. Setibanya di tangki penerima lateks kebun tersebut segera dialiri gas amonia sampai kadarnya mencapai sekitar 2% (Tabel 2, formula 1= 1.97%, formula 2= 1.92%). Hal ini harus dilakukan karena lateks kebun yang akan diiradiasi sebelumnya menempuh perjalanan cukup lama yaitu sekitar 24 jam. Data lapangan menunjukkan bahwa lateks kebun sebelum divulkanisasi radiasi harus disimpan dulu antara 24-116 jam. Hal ini disebabkan karena di samping tempat proses vulkanisasi radiasi jauh yang memakan waktu 10-20 jam, juga kecepatan dosis radiasi di iradiator lateks saat ini rendah sekali yaitu 0.06 kGy/jam, sehingga untuk mencapai dosis vulkanisasi sebesar 27 kGy diperlukan waktu sekitar 48 jam per 1.5 ton. Dengan demikian apabila proses vulkanisasi mendapat giliran batch yang ketiga, maka lateks tersebut harus dulu selama 116 jam. Dari data lapangan menunjukkan bahwa lateks kebun berkadar amonia 1.97% setelah divulkanisasi radiasi kadar amonianya turun menjadi 1.52 dan dari 1.92% turun menjadi 1.41 (Tabel 2 formula 1,11 pada lateks kebun sebelum dan sesudah diiradiasi), selanjutnya kadar amonia dari lateks kebun yang telah dipekatkan menjadi lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi, kadar amonianya turun menjadi 0.83% untuk formula 1 dan 0.69% untuk formula 2 (Tabel 2). Hal ini mencirikan bahwa selama proses vulkanisasi radiasi di P3TIR BATAN Jakarta dan pemekatan di perkebunan Jalupang penurunan kadar amonia berkisar antara 1.14 s/d 1.28%. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kadar amonia lateks kebun sebelum diiradiasi sebaiknya antara 1.95 – 2.00%.

**Kadar Karet Kering (KKK).** KKK lateks kebun yang akan divulkanisasi radiasi hendaknya tidak boleh berubah-ubah dari hari ke hari, karena bila KKK berubah disamping mempersulit penyusunan resep berikutnya, juga lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi yang akan dihasilkan memiliki KKK yang berbeda-beda. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2 yang akan menunjukkan bahwa bila menggunakan KKK lateks kebun 28% maka KKK lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi yang akan dihasilkan adalah 60.59%, tetapi bila menggunakan lateks kebun ber-KKK 29%, KKK lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi yang dihasilkan 60.98%. Oleh karena persyaratan lateks pekat menurut SNI minimum adalah 60% maka sebaiknya KKK lateks kebun yang digunakan pada proses produksi lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi adalah 28%.

## **Vulkanisasi Radiasi**

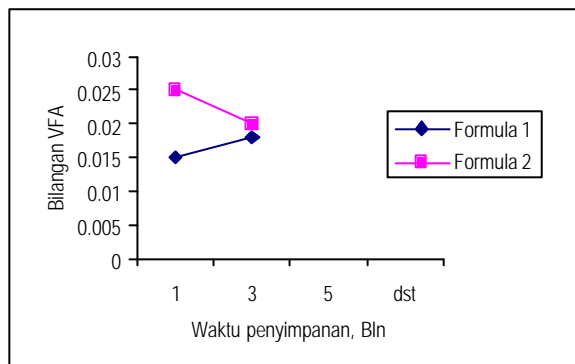
**Persiapan.** Dalam proses vulkanisasi radiasi lateks kebun, kebersihan alat proses terutama alat yang langsung berhubungan dengan lateks harus diperhatikan baik-baik. Ada dua macam bahan kimia yang ditambahkan ke dalam lateks kebun sebelum di vulkanisasi radiasi yaitu: larutan KOH 20% sebanyak 0.2 psk, dan emulsi normal butil akrilat 50% sebanyak 3 psk. Penambahan larutan KOH dilakukan terlebih dahulu, kemudian setelah 1 jam dibiarkan, baru ditambahkan emulsi nBA. Tujuan ditambahkan KOH adalah sebagai bahan pemantapan artinya agar tidak terjadi penggumpalan awal (pracoagulasi) pada lateks kebun saat ditambah emulsi nBA, karena bila terjadi pracoagulasi pada lateks kebun dikhawatirkan akan terjadi penggumpalan selama proses vulkanisasi radiasi berlangsung. Fungsi nBA adalah sebagai bahan pemeka atau bahan yang dapat menurunkan dosis vulkanisasi yang diperlukan adalah 150 kGy, tetapi bila ditambah dengan bahan pemeka nBA, dosis vulkanisasinya turun menjadi 26 kGy. Disamping itu untuk menghindari terjadinya proses oksidasi oleh oksigen udara, maka selama proses vulkanisasi radiasi yang lateksnya selalu dalam keadaan teraduk selama 48 jam, hendaknya tuang di tangki pengolah dialiri gas nitrogen. Hal ini perlu diperhatikan, karena dari hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa apabila terjadi oksidasi oleh udara, maka sifat film karet yang dihasilkan menurun sampai 30% daripada sifat aslinya<sup>(12)</sup>. Setelah diyakini bahwa persiapan formulasi lateks kebun yang telah diuraikan tersebut benar-benar berjalan sesuai rencana, maka kompon lateks kebun ini dipompakan ke dalam tangki pengolah.

**Proses vulkanisasi radiasi.** Sebelum proses vulkanisasi radiasi lateks kebun tersebut dilakukan, hendaknya diyakini bahwa kompon lateks kebun tersebut benar-benar tidak ter-parcoagulasi. Selama proses iradiasi kompon lateks kebun tersebut harus dalam keadaan teraduk dengan kecepatan pengadukan sekitar 25 rpm. Dari hasil pengamatan lapangan menunjukkan bahwa suatu saat terjadi penyumbatan lateks dilubang kran keluar dari tangki pengolah (Gambar 1E) akibatnya lateks kebun yang sudah divulkanisasi radiasi tidak bisa keluar. Untuk mengatasi hal ini gumpalan lateks yang berada di kran tersebut dicabut dengan kawat yang memerlukan waktu 5 jam. Berdasarkan pengalaman ini, untuk menghindari terjadinya penggumpalan pada saat proses vulkanisasi radiasi berlangsung, maka sekali lagi diingatkan bahwa lateks kebun sebelum masuk tangki pencampur dan pengolah disaring terlebih dahulu dengan saringan 80mesh atau lebih, agar bahan pengganggu yang dapat menyebabkan penggumpalan pada proses vulkanisasi radiasi berlangsung dapat dihindarkan. Di samping itu selama proses vulkanisasi radiasi berlangsung, di dalam tangki pengolah harus dikontrol aliran gas nitrogennya apakah masih berjalan dengan baik atau tidak.

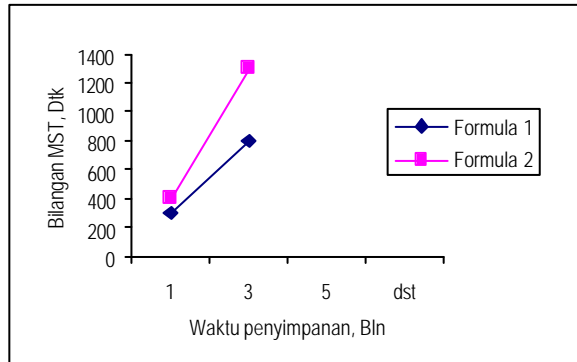
## **Pemekatan**

**Kadar  $Mg^{++}$  dan penambahan DAP (diamonium phosphat).** Hal penting yang harus dilakukan sebelum pemekatan lateks kebun iradiasi dilakukan adalah pengendalian kadar  $Mg^{++}$ . Kadar  $Mg^{++}$  dalam lateks pekat yang terlalu

tinggi dapat menyebabkan kenaikan bilangan VFA secara drastis setelah penyimpanan selama 1 bulan (Gambar 5). Oleh sebab itu ion  $Mg^{++}$  dalam lateks kebun iradiasi sebelum dipekatkan harus ditentukan terlebih dahulu kadarnya, lalu dihitung jumlah DAP yang harus ditambahkan untuk mendapatkan kadar  $Mg^{++}$  yang dikehendaki. Secara teori jumlah DAP yang ditambahkan untuk setiap penurunan 1 gram ion  $Mg^{++}$  adalah 4.75 gram <sup>(13)</sup>. Namun demikian tidak akan mungkin membuat kadar  $Mg^{++}$  dalam lateks pekat sama dengan nol, karena ion  $Mg^{++}$  yang berada didalam lateks kebun iradiasi, tidak saja berada di dalam serum, melainkan juga berada dalam partikel karet. Dalam uji produksi ini penambahan DAP dilakukan sesuai dengan jenis lateks pekat pra-vulkanisasi yang digunakan tensimeter yaitu lateks pekat pra-vulkanisasi formula 1 dengan penambahan larutan DAP 10% sebanyak 10 liter per ton lateks kebun iradiasi, sedang lateks pra-vulkanisasi radiasi yang akan digunakan untuk kondom yaitu lateks pra-vulkanisasi formula 2 dengan penambahan larutan DAP 10% sebanyak 10 liter setiap ton lateks kebun iradiasi. Ternyata dengan menggunakan formula tersebut diperoleh kadar  $Mg^{++}$  dalam lateks pekat pravulkanisasi radiasi pada formula 1 dan 2 masing-masing bernilai 0.0147% dan 0.0062% (Tabel 2). Dari hasil pengukuran pengaruh penyimpanan 1 bulan terhadap bilangan VFA lateks pra-vulkanisasi formula 1 dan 2 (Gambar 5) menunjukkan bahwa kenaikan bilangan VFA dari lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi formula 1 lebih tajam dari pada formula 2. Hal ini diduga karena ion  $Mg^{++}$  bertindak sebagai katalis pada pembentukan asam lemak eteris dari protein lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi, yaitu dengan lebih banyaknya ion  $Mg^{++}$  dalam lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi, jumlah asam lemak eteris yang terbentuk lebih banyak.



Gambar 5. Pengaruh waktu penyimpanan lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi terhadap bilangan VFA.



Gambar 6. Pengaruh waktu penyimpanan lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi terhadap bilangan MST.

**Penambahan kalium laurat.** Tujuan penambahan kalium laurat ke dalam lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi adalah untuk meningkatkan bilangan kestabilan mekanik lateks pekat tersebut. Mekanisme yang terjadi akibat penambahan kalium laurat ke dalam lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi adalah sebagai berikut: kalium laurat merupakan garam yang berasam lemah dan berbasas kuat, jadi muatan ionnya negatif. Lateks karet alam adalah emulsi partikel karet dalam bahan bukan karet yaitu: karbohidrat, lemak, protein dan ion-ion logam. Bahan bukan karet tersebut mengelilingi partikel karet alam berupa mantel yang bermuatan negatif. Apabila mantel yang bermuatan negatif ini diberi muatan negatif lagi dari kalium laurat, maka kestabilan lateks akan meningkat karena bertambahnya ion negatif dari kalium laurat tersebut. Ion negatif kalium laurat makin lama makin menyatu dengan ion dari partikel karet sehingga gaya tolak antara partikel karet didalam lateks akan meningkat. Akibatnya lateks makin stabil artinya antara partikel karet tidak mudah melekat satu sama lain walaupun mendapat perlakuan mekanik tinggi, misalnya diaduk dengan kecepatan 14.000 rpm. Dengan alasan tersebut maka lateks yang baru dipekatkan langsung tidak dapat digunakan produk celup lateks karena kestabilan mekanik lateks tersebut rendah, sehingga apabila ditambah bahan kimia kemudian di aduk, maka dikhawatirkan lateks akan mudah menggumpal. Namun apabila diberi kalium laurat, kemudian di biarkan 2 minggu, maka bilangan MST meningkat, sehingga pada waktu pemberian bahan kimia dengan cara pengadukan maka komponen lateks tidak mudah menggumpal. Standar ASTM menentukan bahwa kestabilan mekanik minimum lateks pekat adalah 650 detik, sementara itu lateks berkualitas kondom harus memiliki kestabilan mekanik minimum 1200 detik. Dari hasil penelitian lapangan menunjukkan bahwa untuk mencapai kestabilan mekanik 650 detik atau 1200 detik, maka lateks pra-vulkanisasi yang sudah ditambah 20% larutan kalium laurat sesuai takaran, perlu disimpan dulu beberapa minggu atau bulan. Dan hasil pengamatan hubungan antara waktu penyimpanan dengan

bilangan MST disajikan pada Gambar 6. Ternyata setelah disimpan 1 bulan, lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi formula 1 memiliki bilangan MST sekitar 650 detik, dan lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi formula 2 memiliki bilangan MST 1200 detik. Jadi sebaiknya lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi baik formula 1, maupun 2 baru layak dipakai. Untuk pembuatan barang jadi lateks untuk tensimeter dan kondom setelah disimpan 1 bulan. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi yang baru diproduksi, tidak dapat langsung dipakai untuk membuat barang jadi lateks, melainkan harus disimpan beberapa minggu sampai bilangan MST lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi tersebut mencapai standar yang disyaratkan untuk barang jadi lateks yang bersangkutan.

### Kualitas lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi

Tabel 3 menyajikan kualitas lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi setelah disimpan 24 jam. Dari tabel ini menunjukkan bahwa secara umum kualitas lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi formula 1 dan 2 masih konsisten bila dibandingkan dengan hasil produksi sebelumnya yaitu memenuhi SNI, bahkan untuk formula 2 kualitasnya memenuhi standar lateks kualitas kondom. Hanya saja bilangan MST belum diuji karena lateks pekat pra-vulkanisasi tersebut baru berumur 24 jam, namun setelah disimpan 1 bulan (4 minggu), nilai MST memenuhi standar pemakaian tensimeter (formula 1) dan kondom (formula 2).

Tabel 3. Sifat lateks dan film karet dari lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi yang di produksi skala pabrik pada tanggal 1 & 8 Januari 2003 di Perkebunan Jalupang PTPN VIII, dan P3TIR-BATAN, Jakarta.

Sifat	Hasil th 2001	Formula 1	Formula 2	SNI	Kondom
Sifat lateks					
- kadar karet kering (KKK), %	60.0	60.59	60.98	60.0*	60*
- kadar jumlah padatan (KJP), %	61.5	61.82	62.32	61.5*	61.5*
- KJP-KKK, %	1.5	1.23	1.34	2**	2**
- Kadar amonia, %	1.9	0.83	0.77	0.7	1-2
- Bilangan VFA	0.04	0.0223	0.0109	0.08*	0.02**
- Bilangan MST, detik	1800	-	-	-	120
- Bilangan KOH, %	0.835	0.63	0.60	650	0.08
- pH	10.51	10.12	10.04	0.80	10.5
- kadar $Mg^{++}$ , %	0.0018	0.0147	0.0062	-	0.005
- kekentalan alat Broke Field, cP	139	355	350	-	70-90
Film karet					
- modulus 600%, MPa	2.1	1.7	1.7	-	1.6
- tegangan putus, MPa	24-26	22	22	-	20*
- perpanjangan putus, %	900	960	960	-	900*
- perpanjangan tetap, %	8	8	8	-	-
- kekerasan, Shore A	29	29	29	-	-
- hambatan jenis pada 900 volt, $10^{12} \Omega \text{ cm}$	13.7	14.1	14.0	-	0.06

Kondom: sifat lateks sebelum dibuat kompon vulkanisasi belerang, sifat film kondom vulkanisasi belerang.

\* nilai minimum ; \*\* nilai maksimum



### **Keunggulan lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi**

Bila dibandingkan dengan lateks pekat pra-vulkanisasi belerang maka keunggulan lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi yang dihasilkan, antara lain<sup>(14)</sup>:

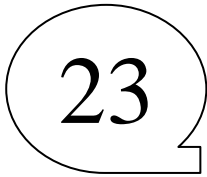
- ✍ Lateksnya memiliki daya simpan lama yaitu sekitar 12 bulan.
- ✍ Lateksnya bebas dari nitrosamin dan tidak toksis.
- ✍ Lateksnya bebas dari bahan pencepat yang dapat menyebabkan alergi tipe IV.
- ✍ Lateksnya memiliki kadar protein, karbohidrat dan lemak rendah serta tidak menimbulkan alergi tipe I.
- ✍ Film karetinya lebih transparan dan memiliki modulus rendah misalnya modulus 600% bernilai 1.5 – 2 MPa serta perpanjangan putus tinggi yaitu 960%.
- ✍ Dapat digunakan barang jadi lateks yang sekali pakai buang, karena sampahnya dapat didegradasi oleh alam.
- ✍ Bila barang jadi lateks dibakar tidak menimbulkan hujan asam, karena kadar karbon disulfida yang dihasilkan jauh lebih rendah yaitu: seperduapuluh lebih rendah daripada lateks pra-vulkanisasi belerang.
- ✍ Dapat digunakan untuk isolator di industri kelistrikan karena hambatan jenis film karetinya tinggi yaitu  $1,4 \cdot 10^{12}$  cm pada beda potensial 900 volt.

## **IV. KESIMPULAN**

1. Dari uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa, kaji ulang teknologi produksi lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi secara pabrik **telah dikuasai dengan baik** oleh Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional (P3TIR-BATAN) Jakarta dan Perkebunan Jalupang PTPN VIII, Subang, Bandung Jawa Barat dari tanggal 23 Desember s/d 8 Januari 2003.
2. Proses produksinya adalah sebagai berikut: lateks kebun yang dipanen dari perkebunan Jalupang sekitar 8 ton, setelah diberi bahan pemantap dan pemeka lalu divulkanisasi radiasi dengan sinar gamma Cobalt-60 pada dosis vulkanisasi di P3TIR-BATAN. Lateks kebun hasil vulkanisasi radiasi ini dipekatkan di Pabrik Lateks Pekat Jalupang, kemudian lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi yang dihasilkan dikirim ke pabrik tensimeter PT. Sugih Intrumendo Abadi Padalarang (tanggal 1-1-2003), dan ke pabrik kondom PT. Mitra Rajawali Banjaran Bandung (tanggal 8-1-2003) setelah dianalisis sifat lateksnya.
3. Ternyata kualitas lateks pekat pra-vulkanisasi tersebut masih konsisten bila dibandingkan dengan produksi tahun 2001 yaitu memenuhi standar SNI dan persyaratan pembuatan kondom dan karet tensimeter skala industri (sedang dikaji)

## DAFTAR PUSTAKA

1. Frederick R. Eirich, *Science and Technology of Rubber*, Academic Press, New York (1978).
2. Barbara Gordon ADT, *Blue Book 1995*, Lipocont & Peto Inc., Akron (1995) 510.
3. Sudrajat I, K. Makuuchi, F. Yoshii, *New Vulcanization Process of Nature Rubber Latex by Using a Combination of Redox Catalyst and monomer I*, First ASEAN-JAPAN Symposium on Polymers, JICA-LIPI, Bandung (1991) 127-135.
4. Marga Utama, dan Herwinami, *Perhitungan Teknoekonomi Produksi Lateks Pekat Pra-vulkanisasi dan Perekat dari Kopolimer Lateks Karet Alam*, Laporan Teknik RUK VII 2001-2002 (belum dipublikasikan).
5. Chyragrit S., *Properties of RVNRL*, National EMS on RVNRL., Jakarta 3-4 September 1990.
6. Wilfried Bez, *Status of RVNRL in Germant Latex Industry and Its Introduction to European Market*, International Symp. On RVNRL, Kuala Lumpur, 15-17 July 1996.
7. Makuuchi K., Yoshii F., Siby V., K. Yosuke, US Patent US6090328 (2000).
8. Siby V., Y. Katsumura, K. Makuuchi, F. Yoshii, *Production of Soluble Free Latex by Radiation Process*, *Rubber Chemistry and Technology* vol 73 No.1 (2001) 80-88.
9. ASTM, *Standar Specification of Rubber Concentrated Ammina Preserved, Creamed and Centrifuged NRL*. ASTM D 1076-95.
10. ASTM, *Standar Test Methodfor Tension*, ASTM D 412-87.
11. Marga Utama, *Pengaruh Bilangan Asam Lemak Eteris pada Kualitas Lateks Alam Iradiasi*, *Majalah BATAN XXIV*, I (1990) 22.
12. Marga Utama, *Kemungkinan Lateks Alam Iradiasi untuk Bahan Dasar Kondom*, Hasil Penelitian. PAIR-BATAN, Jakarta (1985) 1.
13. Sugianto, *Pengolahan Lateks Pekat*, *Kursus Pengolahan Lateks Pekat dan Pembuatan Kompon Sarung Tangan*, BPP Bogor, 23 Januari s/d 4 Februari 1989 (tidak di publikasikan).
14. Marga Utama, Siswanto, Y. Syamsu, H. Sundaru, *Produksi Lateks Pekat Pra-vulkanisasi serta Barang Jadi Lateks Bebas Nitrosamin dan Protein Alergen*, KRT, Jakarta 18 Oktober 2002. (belum dipublikasikan).



# LATEKS RADIASI SEBAGAI BAHAN DASAR MURAH UNTUK PEMBUATAN SARUNG TANGAN SECARA SEDERHANA

Marga Utama  
Pusat aplikasi Isotop dan radiasi, BATAN

## ABSTRAK

Lateks radiasi sebagai bahan dasar murah untuk pembuatan sarung tangan secara sederhana. Proses vulkanisasi radiasi dengan metoda pengadukan pada dosis 3 Mrad telah dikerjakan. Produksi sarung tangan dalam skala 'Home Industry' dapat diterapkan secara komersial. Sifat fisik dan mekanik, misalnya modulus, tegangan putus, 'permanent set' dan perpanjangan putus dapat memenuhi persyaratan standar.

## ABSTRACT

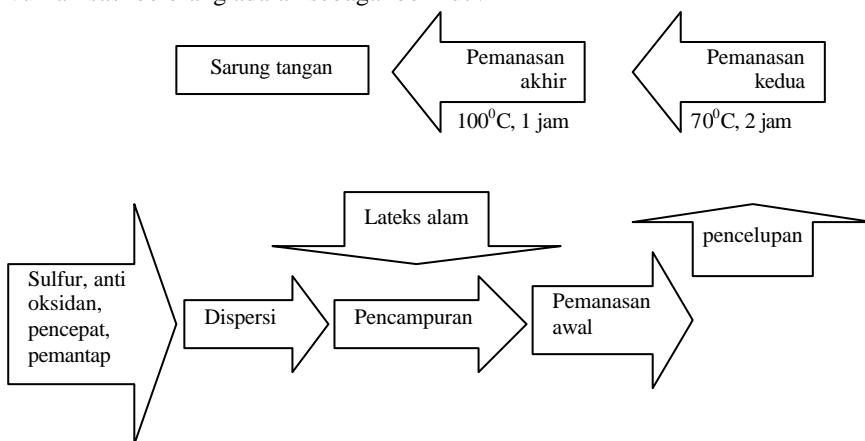
Irradiated latex as economical Raw material for making gloves with a simple technique. The radiation vulcanization process with stirring method at 3 Mrad irradiation dose has been done. Glove production at 'Home Industry' scale be commercially applied. The physical and mechanical properties, such as modulus, tensile strenght, permanent set, and elongation at break, of the gloves can satisfy the standard requerements.

## I. PENDAHULUAN

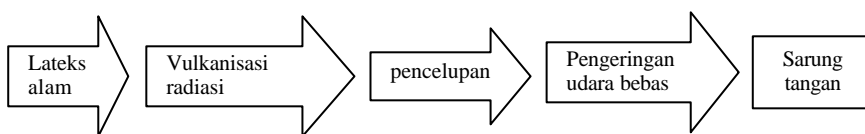
Pembuatan barang karet dari lateks alam radiasi sudah dilakukan oleh pusat aplikasi isotop dan radiasi sudah dilakukan oleh pusat aplikasi isotop dan radiasi, badan tenaga atom nasional sejak tahun 1975. hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa film barang karet yang dihasilkan metode pencelupan dengan memakai bahan penggumpal lebih baik daripada tanpa bahan penggumpal, yaitu kekuatan tarik lebih tinggi, 'permanent set' lebih rendah dan film karet yang diperoleh lebih rata<sup>(1)</sup>.

Pada waktu itu pekerjaan yang dilakukan masih dalam skala laboratorium, yaitu sekali proses radiasi hanya dihasilkan 2 liter lateks, dan barang karet yang dibuat hanya beberapa lembar/pasang saja. Tetapi dengan adanya iradiator panorama  $^{60}\text{Co}$  yang baru, dengan kapasitas 75.000 curie pada tahun 1979, maka kegiatan tersebut lebih ditingkatkan yaitu pada setiap kali radiasi dihasilkan 250 kg lateks vulkanisasi radiasi, dan pembuatan barang karet (khusus sarung tangan) dapat mencapai 20 pasang/orang/hari.

Secara konvensional pembuatan sarung tangan dengan metoda vulkanisasi belerang adalah sebagai berikut :



Sedang pembuatan sarung tangan dengan metoda vulkanisasi radiasi adalah sebagai berikut :



Dari kedua proses tersebut terlihat bahwa pembuatan sarung tangan dengan metoda vulkanisasi radiasi lebih sederhana daripada dengan vulkanisasi belerang<sup>(2)</sup>. Menurut Ridwan (3, p, 11), dengan menggunakan iradiator  $^{60}\text{Co}$  yang berkapasitas 400.000 Curie pada proses vulkanisasi radiasi akan diperoleh lateks vulkanisasi radiasi berharga \$ 0,99 tiap kilogramnya, sedang dengan vulkanisasi belerang pada skala pabrik, lateks vulkanisasi yang dihasilkan berharga \$ 1,08 tiap kilogramnya. Disamping itu lateks vulkanisasi radiasi dapat disimpan jauh lebih lama daripada lateks vulkanisasi belerang. Hal ini membuktikan bahwa pembuatan sarung tangan dari lateks radiasi di samping lebih sederhana juga lebih murah.

Dalam tulisan ini dibahas cara pembuatan sarung tangan dari lateks alam yang diradiasi serta evaluasi sifat-sifat fisik dan mekanis sarung tangan tersebut, dengan tujuan membimbing para pengrajin pembuat barang karet, khususnya sarung tangan, dalam skala 'Home Industry' untuk lebih mengenal lateks radiasi.

## II. BAHAN DAN METODE

### Bahan :

Lateks pekat dengan kadar karet kering (KKK) 60%, kadar amonia 1% dan kadar amonium laurat 0,2%. Karbon tetra klorida teknis, kalsium klorida, alkohol teknis dan ionol.

### Alat :

Cetakan sarung tangan yang terbuat dari porselin atau kayu. Iradiator panorama  $^{60}\text{Co}$  dengan kapasitas 75.000 curie pada tahun 1979. perlengkapan kapan alat pengaduk yang dapat diatur kecepatannya, dan peralatan penguji sifat fisik dan mekanis film karet sarung tangan.

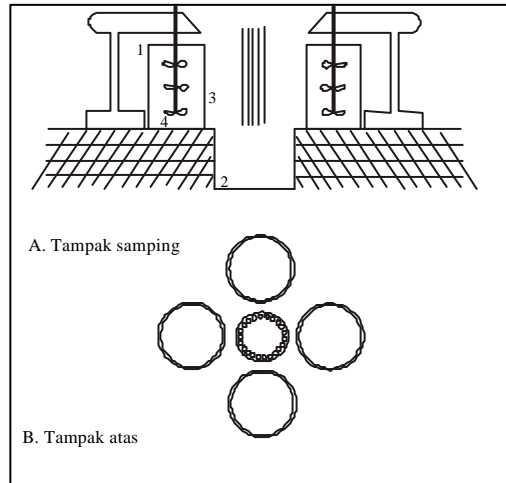
### Metoda :

#### **Pembuatan lateks alam vulkanisasi**

Dua ratus lima puluh kilogram lateks pekat diberi emulsi  $\text{CCl}_4$  sebanyak 4 psk. campuran tersebut diaduk dengan kecepatan 100-150 rpm. Dalam keadaan teraduk diradiasi dengan dosis 3 Mrad. Tangki temp at lateks tersebut terbuat dari aluminium dengan tebal ? 1? mm. Proses vulkanisasi radiasi lateks alam dengan metoda pengadukan berlangsung seperti pada Gambar 1. Lateks yang sudah diradiasi disebut lateks vulkanisasi radiasi.

#### **Pembuatan sarung tangan dari lateks alam vulkanisasi radiasi**

Cetakan sarung tangan dibersihkan, dicelup ke dalam cairan bahan penggumpal yang terdiri atas campuran kalsium klorida, alkohol dan air dengan perbandingan berat 1:3:3, diangkat dan dikeringkan. Setelah kering cetakan dicelupkan ke dalam lateks radiasi selama 5-10 detik, diangkat, diangin-anginkan sampai kering udara. Pekerjaan ini diulang lagi apabila menghendaki sarung tangan yang lebih tebal. Sarung tangan kemudian dikelupas dengan menggunakan bedak talk. Sarung tangan yang sudah dikelupas direndam dalam air dingin selama 2-3 hari, dikeringkan, setelah kering sarung tangan tersebut dimasukan ke dalam kantong plastik dan siap untuk dipakai.



**Gambar 1.** Proses Vulkanisasi Radiasi Lateks Alam Dengan Metoda Pengadukan. (1 = Sumber Sinar  $^{60}\text{Co}$ , 2 = Wadah Sumber, 3 = Tangki Aluminium Berkapasitas 65 Kg Lateks, 4 = Batang Pengaduk, 5 = Motor).

### Uji sifat fisik dan mekanis film karet sarung tangan

Pengujian sifat fisik dan mekanik film karet sebelum dan sesudah pengusangan, seperti modulus, perpanjangan putus, tegangan putus dan 'permanent set' sesuai dengan metoda ASTM<sup>(4)</sup>.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Kestabilan Mekanis*

Pada sistem pengadukan pada proses vulkanisasi radiasi lateks alam, faktor kestabilan mekanis memegang peranan penting. Dalam percobaan ini digunakan kecepatan pengadukan antara 100-150 putaran tiap menit, sedang waktu radiasi 22-24 jam. Lateks dengan kestabilan mekanis rendah, yaitu di bawah 500 detik, akan menggumpal pada waktu radiasi proses vulkanisasi radiasi dilakukan. Oleh sebab itu bahan pengawet sekunder perlu ditambahkan ke dalam lateks tersebut sebelum diradiasi. Salah satu bahan pengawet yang digunakan dalam penelitian ini ialah amonium laurat. Dengan penamabahan bahan pengawet, maka kestabilan mekanis naik menjadi 700 detik, sehingga lateks tidak menggumpal, walaupun diaduk selama proses. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Kestabilan Mekanis Lateks Alam Pekat Sebelum Diiradiasi Selama Pengadukan Pada Berbagai Macam Kadar Amonia.**

Jenis bahan pengawet	Umur lateks dalam bulan	Kestabilan mekanis dalam jam	Lama pengadukan dalam jam	Keadaan lateks selama diaduk	Ket.
0.6% NH <sub>3</sub>	1	120	17	Menggumpal	Banyak
0.8% NH <sub>3</sub>	1	340	22	Menggumpal	Banyak
1.0% NH <sub>3</sub>	1	460	22	Menggumpal	sedikit
0.8% NH <sub>3</sub> + 0.2% amonium laurat	1	700	22	Stabil	
idem	2	900	22	Stabil	
idem	4	1200	22	Stabil	

*Catatan* : Kecepatan pengadukan 100-150 putaran tiap menit, lateks yang diaduk sebelumnya diberi bahan pemeka CCl<sub>4</sub>.

Disamping itu Tabel 2 menunjukkan bahwa kestabilan lateks vulkanisasi radiasi lebih tinggi daripada lateks tanpa radiasi. Hal ini disebabkan karena antara partikel molekul poliisopren yang satu dengan yang lainnya dalam lateks alam yang sudah ter Vulkanisasi tidak mudah bergabung, sehingga lebih stabil.

**Tabel 2. Kestabilan Lateks Alam Pekat Sebelum Dan Sesudah Diradiasi Dengan Sinar <sup>60</sup>Co Pada Selang Waktu Penyimpanan Lateks Yang Berbeda-Beda.**

Lama penyimpanan lateks dalam bulan	Kestabilan mekanis dalam detik	
	Sebelum radiasi	Sesudah radiasi
2	900	1200
4	1200	1700

*Catatan* : Bahan pengawet lateks 0.8% NH<sub>3</sub> dan 0.2% amonium larut, diberi CCl<sub>4</sub> dalam bentuk emulsi 4 psk., diiradiasi dengan dosis 3 Mrad, waktu radiasi lateks diaduk dengan kecepatan pengadukan 100-150 putaran tiap menit, lama pengadukan 22 jam.

### **Pembuatan sarung Tangan**

Dalam percobaan pendahuluan dikerjakan beberapa cara pembuatan sarung tangan, yaitu dengan cara pencelupan tanpa memakai bahan penggumpal dan dengan memakai bahan penggumpal pada cetakannya. Cara terakhir ini terdiri atas 2 cara yaitu ; pertama cetakan dicelupkan ke dalam bahan penggumpal. Kedua cetakan dicelupkan ke dalam bahan penggumpal, dikeringkan, setelah kering dicelupkan ke dalam lateks. Ternyata cara terakhir lebih cocok daripada cara yang pertama karena di samping lebih mudah juga diperoleh film karet yang lebih merata. Keuntungan lain adalah tegangan putus lebih tinggi dan "permanen set" lebih rendah. Hal ini terlihat pada Tabel 3. Tabel tersebut menunjukkan bahwa tegangan putus dan "permanen set" dengan cara penggumpalan masing-masing 245 kg/cm<sup>2</sup> dan 7 %, sedang dengan cara tanpa bahan penggumpal masing-masing 190 kg/cm<sup>2</sup> dan 10% keunggulan ini disebabkan karena dengan cara penggumpalan partikel poliisopren dipaksa melengket satu sama lain sehingga daya kohesi antara masing-masing partikel

dalam partikel karet lebih kuat bila dibandingkan dengan cara tanpa penggumpalan. Untuk menghilangkan bahan bukan karet yang ada film karet sarung tangan direndam dalam air dingin. Ternyata dengan cara perendaman di samping film karetnya lebih transparan, juga tegangan putusnya lebih tinggi daripada sebelum direndam. Hal ini dapat dilihat dalam Tabel 4. Tabel ini menunjukkan bahwa waktu perendaman 3 hari ialah waktu yang optimum, karena baik tegangan putus maupun modulus naik, yaitu dari 245 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 278 kg/cm<sup>2</sup>, dan dari 10.8 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 15.2 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabel 3. Sifat Fisis Dan Mekanis Film Karet Sarung Tangan Dari Lateks Vulkanisasi Radiasi Pada Berbagai Metode Pembuatan.**

Jenis Penguji	Pembuatan sarung tangan dengan metode pencelupan	
	Tanpa bahan penggumpal	Dengan bahan penggumpal
Modulus 300%, kg/cm <sup>2</sup>	6.2	7.5* 7.6**
Modulus 600%	11.8	15.2* 14.8**
Tegangan putus, kg/cm <sup>2</sup>	117	217 215
Perpanjangan putus, %	1042	1014 1100
“Permanent set”, %	10	7.6 7.8

*Catatan :* \* Cetakan dicelupkan dalam lateks, dibolak-balik kemudian dicelupkan dalam bahan penggumpal, diangin-anginkan sampai kering.

\*\* Cetakan dicelupkan dalam bahan penggumpal, dikeringkan, dicelupkan dalam lateks, diangin -anginkan sampai kering.

**Tabel 4. Sifat Fisis Dan Mekanis Film Karet Sarung Tangan Dari Lateks Vulkanisasi Radiasi Pada Variasi Waktu Perendaman Dalam Air Dingin.**

Jenis Pengujian	Lama perendaman sarung tangan dalam air						
	0	1	2	3	4	8	12
Modulus 300%, kg/cm <sup>2</sup>	7.2	7.3	7.4	7.5	8.2	7.8	8.6
Modulus 600%	10.8	13.6	15.5	15.3	14.9	13.3	17.2
Tegangan putus, kg/cm <sup>2</sup>	213	253	270	278	277	277	280
Perpanjangan putus, %	1042	1071	1042	1071	1040	1043	1014
“Permanent set”, %	7.1	7.1	7.0	7.0	7.0	7.0	3.8

Dari pengamatan pada beberapa pabrik pengrajin karet, khususnya pada pembuatan sarung tangan dari lateks radiasi secara industri rumah, dengan menggunakan metode terakhir ini seorang tenaga pencelup dapat menghasilkan sarung tangan sebanyak 25 pasang/hari, sedang dengan cara vulkanisasi belerang 7 pasang/hari. Hal ini menunjukkan bahwa pembuatan sarung tangan dari lateks radiasi, di samping murah bahan dasarnya, mudah metodenya, juga meningkatkan produktivitasnya.

#### **Daya Tahan Sarung Tangan Terhadap Penyimpanan Dan Pemanasan**

Sarung tangan yang disimpan dalam udara bebas selama beberapa bulan, atau dipanaskan selama beberapa jam, di samping warnanya berubah, juga sifat fisis dan mekanisnya berbeda dari aslinya, misalnya tegangan putus menurun. Hal



ini disebabkan karena peroksida yang terbentuk akibat oksidasi udara bebas <sup>(5)</sup>. Tetapi bila penyimpanannya dilakukan dalam ruang hampa udara dan tidak terkena langsung cahaya matahari, maka kelemahan sifat tersebut dapat berkurang. Pada Tabel 5 ditunjukkan sifat fisis dan mekanis sarung tangan yang telah disimpan selama 12 bulan dalam kantong plastik tertutup rapat dan tidak terkena langsung sinar matahari, ternyata baik modulus, tegangan putus dan perpanjangan putus tidak berbeda nyata dari sifat fisis dan mekanis sebelum penyimpanan.

**Tabel 5. Sifat Fisik Dan Mekanis Sarung Tangan Setelah Disimpan 12 Bulan Dalam Kantong Plastik Tertutup Dan Terbuka.**

Jenis penguji	Lama penyimpanan dalam bulan				
	0		12		
			Dalam kantong plastik		Dalam kantong plastik terbuka
	A	B	A	B	
Modulus 500%, kg/cm <sup>2</sup>	9.05	9.00	9.40	9.00	9.00
Tegangan putus, kg/cm <sup>2</sup>	254	215	216	200	175
Perpanjangan putus, %	1155	1100	1155	1050	1100

A = Sarung tangan berasal dari lateks radiasi yang disimpan 0 bulan.

B = Sarung tangan berasal dari lateks radiasi yang disimpan 6 bulan.

Tetapi bila penyimpanan dilakukan dalam udara bebas maka tegangan putusnya menurun, yaitu 253 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 175 kg/cm<sup>2</sup>, sedang modulus dan perpanjangan putusnya hampir sama. Pada Tabel 5 juga ditunjukkan sifat fisis dan mekanis sarung tangan yang berasal dari lateks radiasi yang telah disimpan 6 bulan; ternyata tegangan putusnya menurun dari 215 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 174 kg/cm<sup>2</sup>, bila sarung tangan tersebut disimpan dalam udara bebas selama 12 bulan. Jadi dari data tersebut terlihat bahwa penyimpanan sarung tangan dalam plastik tertutup rapat lebih baik daripada dalam plastik terbuka.

Pada pengujian sifat fisis dan mekanis sarung tangan terhadap udara kering yang bersuhu 70<sup>0</sup>C selama 7 hari, hasilnya terlihat di Tabel 6. Pada tabel tersebut ditunjukkan bahwa baik modulus, maupun perpanjangan putus, nilainya tidak berbeda nyata dari sebelum dipanaskan, tetapi tegangan putusnya menurun dari 253 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 185 kg/cm<sup>2</sup>. Namun demikian turunnnya tegangan putus masih memenuhi standar pemakaian sarung tangan <sup>(6,7,8)</sup>.

Bila pemanasan dilakukan dalam air yang sedang mendidih baik tegangan putus maupun modulus bertambah besar, yaitu pada pemanasan 1 jam tegangan putusnya naik dari 253 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 278 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan modulus 500% naik dari 15 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 18 kg/cm<sup>2</sup>. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 7. jadi dengan pemanasan sarung tangan dalam air mendidih ada dua keuntungan yaitu: di samping sarung tangan lebih transparan dan tahan terhadap jamur juga kekuatan fisik mekaniknya lebih baik.

**Tabel 6. Tegangan Dan Perpanjangan Putus Film Karet Dari Lateks Radiasi Dan Beberapa Macam Standar Spesifikasi Sarung Tangan.**

Jenis pengujian	Sarung tangan dari lateks radiasi	Nilai menurut beberapa macam standar sarung tangan										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tegangan putus, kg/cm <sup>2</sup> persentase penurunan	257-285 85	135 65	180 85	140 80	140 85	175 65	175 75	210 50	250 75	240 70	170 75	240 85
Perpanjangan putus, % Persentase penurunan	1000-1200 100	400 65	700 70	600 80	600 85	750 80	600 75	700 100	800 100	800 87	600 70	750 85
Kondisi pengusangan	70 ± 2°C 162 jam	70 ± 2°C 162 jam	70 ± 2°C 240 jam	150-120°C 20'	70 ± 2°C 162 jam	70 ± 2°C 162 jam	-	-	-	100°C ± 24 jam	70 ± 2°C 162 jam	70 ± 2°C 162 jam

Keterangan :

1. South Africa Std. 416-1973 Chemical Resistance Gloves (NR)
2. IS 4148 Surgical Gloves
3. IS 4149 Postmortem Rubber Gloves (latex dipped)
4. IS 4770 Rubber Gloves for Electrical Purposes
5. NZS 1988 Industrial Protective Gloves
6. Fed. Specification Electrical Gloves
7. Federal Specification Gloves Surgeon
8. Fed. Specification Gloves Autopsi
9. South African Std 1155. Surgical Rubber Gloves
10. BSI 4005, 1977
11. ASTM D 3577, 1978

**Tabel 7. Sifat Fisik Dan Mekanik Sarung Tangan Setelah Direbus Dalam Air Mendidih Dalam Waktu Yang Berbeda.**

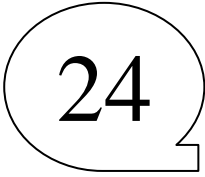
Jenis pengujian	Lama perebusan dalam air mendidih dalam jam					
	0	1	2	3	5	
Modulus 500%, kg/cm <sup>2</sup>	15.0	17.3	18.5	18.4	18.0	
Tegangan putus, kg/cm <sup>2</sup>	253	264	278	277	270	
Perpanjangan putus, %	1155	1105	1105	1100	1105	

## KESIMPULAN

Proses vulkanisasi radiasi dalam skala lebih besar, yaitu 250 kg lateks sekali radiasi, dengan metoda pengadukan di mana sinar  $\gamma$  cobalt-60 sebagai sumber radiasi, dapat diterapkan dengan baik.

Untuk melakukan hal tersebut, maka lateks sebelum diradiasi harus diberi bahan pengawet sekunder misalnya amonium laurat sebanyak 0,2%, dengan tujuan supaya tidak terjadi penggumpalan selama proses, karena lateks tersebut cukup stabil.

Cara pencelupan dengan memakai bahan penggumpalan pada cetakan sarung tangan, merupakan cara terbaik pada pembuatan sarung tangan dari lateks vulkanisasi radiasi.



# TEKNOLOGI LATEKS ALAM IRADIASI SIAP PAKAI UNTUK INDUSTRI KARET

Marga Utama  
Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi

## ABSTRAK

Lateks alam yang diiradiasi dengan sinar gamma cobalt-60 dengan dosis vulkanisasi, telah diproduksi oleh PAIR-BATAN, dalam skala pilot sejak 1983. baik kondisi proses pengolahan, sifat-sifat lateks dan film karetinya, serta pemakaian pembuatan produk karet dalam skala industri telah dilakukan sejak 1982. ternyata lateks alam iradiasi merupakan lateks pravulkanisasi siap pakai untuk industri karet dalam pembuatan barang karet, misalnya : sarung tangan, kondom, dan lain-lain yang mengandung residu toksis dan nitrosamin sangat rendah.

## I. PENDAHULUAN

Dalam upaya mendukung program pemerintah untuk meningkatkan ekspor non migas, peningkatan produktivitas karet alam sebagai bahan baku dan penggunaan teknologi baru yang dapat mengilahkan lateks alam menjadi lateks alam pravulkanisasi perlu mendapat perhatian khusus, karena dapat meningkatkan nilai tambah bahan baku tersebut<sup>(1)</sup>.

Beberapa negara di Eropa, misalnya : Jerman, Denmark, dan lain-lain, mulai mulai memperhatikan toksisitas dan kadar nitrosamin (penyebab penyakit kanker) dalam barang-barang karet. Atas dasar tersebut maka mencari alternatif untuk memproduksi barang karet yang mempunyai kadar nitrosamin dan residu bertoksik serendah mungkin. Salah satu alternatif ialah lateks alam iradiasi yaitu lateks alam yang divulkanisasi secara radiasi sinar gamma cobalt-60 atau berkas elektron<sup>(2)</sup>.

Penelitian dan pengembangan lateks alam iradiasi yang meliputi pengolahan, teknologi, dan pengamatan karakteristik lateks alam iradiasi di Indonesia telah diteliti sejak tahun 1973. ternyata hasil yang diperoleh positif,

maka Indonesia Atomic Energy Agency (IAEA) dan United Nation Development Programme (UNDP) memberikan kepercayaan kepada pemerintah Indonesia untuk mendirikan Irradiation Latex di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, Badan Teknologi Atom Nasional (PAIR-BATAN) pada 1983. Tujuan Irradiation Latex atau iradiator lateks ini ialah di samping untuk kursus regional (negara-negara Asia-Pasifik) tentang Vulkanisasi Radiasi Lateks Alam, juga untuk mempelajari aspek ekonomi produksi lateks alam iradiasi skala pilot<sup>(3-4)</sup>.

Makalah ini menyajikan hasil penelitian lapangan tentang kesiapsiagaan teknologi lateks alam iradiasi untuk industri karet di Indonesia yang dikerjakan sejak 1982 sampai 1991. Beberapa faktor penting yaitu pengolahan, teknologi pembuatan barang karet, serta kualitasnya akan dibahas secara terinci dalam makalah ini.

## II. BAHAN DAN METODA

### *Bahan :*

Bahan yang digunakan ialah lateks karet alam pekat produksi Perkebunan Karet Pasir Waringin, Serang, PTP XI, dengan kualitas kondom dan ASTM (Tabel 1), dan bahan kimia lainnya untuk proses pengolahan lateks alam iradiasi misalnya karbon tetraklorida, normal butil akrilat, dan lain-lain, yang semuanya berkualitas teknis. Di samping itu digunakan juga bahan-bahan untuk membuat produk karet dari lateks alam iradiasi misalnya kalsium nitrat, kalsium karbonat dan lain-lain, yang semuanya bersifat teknis juga.

**Tabel 1. Spesifikasi Lateks Alam Perkebunan Pasir Waringin, PTP XI, Dengan Kualitas ASTM Dan Kondom.**

Sifat	ASTM	Kondom
Kadar Karet Kering (KKK), %	60.51	60.53
Kadar Padatan (KP), %	61.80	61.79
KP – KKK, %	1.5**	1.5**
PH	10.54	10.54
Kekentalan, Cp	76	61
Bilangan MST, detik	1100	1100
Bilangan KOH	0.4	0.21
Bilangan VFA	0.03**	0.21**

### *Alat :*

Irradiator latex buatan Jepang dengan sinar gamma cobalt-60 sebagai sumber iradiasi yang beraktivitas 215.530 Ci pada bulan April 1983, digunakan untuk mengolah lateks alam iradiasi sebanyak 1.000 ton per tahun. Peralatan lain yang digunakan ialah peralatan untuk memproduksi barang karet dan dari lateks

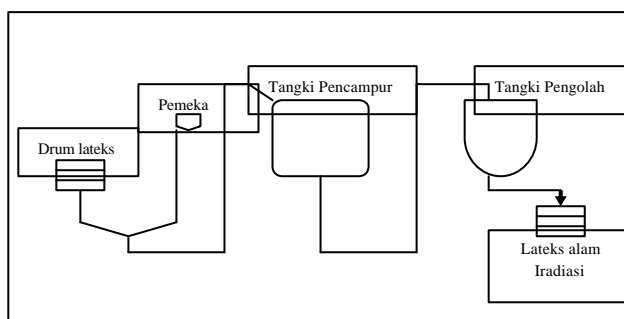
alam iradiasi, misalnya Instron Tensile Tester type 1122, Klaxon stirrer, Visicometer Visconic, dan lain-lain.

#### Metoda :

Ada tiga tahap yang dilakukan yaitu : Pengolahan lateks alam iradiasi di PAIR BATAN, pembuatan produk karet dari lateks alami iradiasi di Industri rumah tangga dan pabrik yang berlokasi di DKI dan Jawa Barat, dan uji kualitas lateks alam iradiasi dan produk barang jadi karetnya di laboratorium PAIR BATAN.

#### ***Pengolahan lateks alam iradiasi.***

Gambar 1 menyajikan cara pengolahan lateks alam iradiasi skala pabrik. Gambar ini menunjukkan bahwa lateks pekat dimasukkan ke dalam tangki pencampur C, dicampur dengan bahan pemeka, lalu diaduk beberapa jam sampai rata. Setelah itu campuran tersebut diiradiasi dengan dosis vulkanisasi , lalu lateks alam yang sudah diiradiasi atau lateks alam iradiasi dimasukkan ke dalam drum-drum yang siap digunakan untuk barang-barang karet di industri rumah tangga atau pabrik.



**Gambar 1.** Skema Pengolahan Lateks Alam Iradiasi Skala Pilot Di PAIR-BATAN.

#### ***Pembuatan barang lateks alam iradiasi.***

Ada tiga macam cara pembuatan barang karet dari lateks alam iradiasi yang telah diaplikasikan oleh industri, yaitu cara tuang, celup dan semprot.

##### **1. Cara tuang :**

Produk karet yang dihasilkan dengan cara ini antara lain kulit tiruan dan topeng. Carannya ialah mula-mula lateks alam iradiasi diberi bahan pewarna dengan kadar 0, 1-0.5 psk (per seratus bagian berat karet), lalu diaduk sampai rata dan diberi bahan pengisi dalam bentuk pasta, misalnya kaolin dengan kadar 10-100 psk. Kemudian campuran lateks alam iradiasi tersebut

dituangkan ke dalam acuan yang terbuat dari batu gips, dibiarkan sampai kering, lalu dikelupas. Maka akan diperoleh produk karet secara tuang. Untuk membuat barang karet yang berongga, lateks yang berada di dalam acuan dituang keluar sebelum mengering.

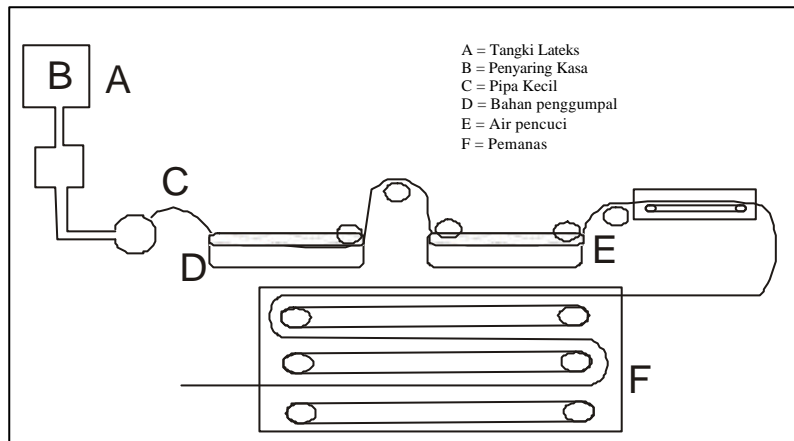
## 2. Proses celup.

Produk karet yang dihasilkan dengan proses ini antara lain sarung tangan dan kondom. Caranya ialah : mula-mula lateks alam iradiasi diberi bahan pewarna secukupnya, diaduk sampai rata, disaring, diberi sedikit (1 psk ) dispersi antioksidan, lalu dibiarkan semalam. Cetakan sarung tangan atau kondom, dicelupkan kedalam lateks alam iradiasi tersebut. Cetakan yang sudah basah dengan lateks diangkat dengan kecepatan tertentu, kemudian dibiarkan sampai tetesan terakhir. Lalu cetakan dibalik dikeringkan pada suhu tertentu sampai film karet kering. Produk karet yang diperoleh dicuci, dan dikeringkan, diberi bedak dan digulung.

## 3. Proses Semprot (Gambar 2)

Barang karet yang diproduksi dengan menggunakan proses semprot ialah benang karet. Lateks yang berbeda dalam tanki dilewatkan melalui lobang kecil (berdiameter 0.2-2 mm). Lateks yang keluar dari lubang tersebut digumpalkan dengan asam asetat atau asam format. Barang karet yang terjadi kemudian ditarik, dicuci dengan air, dikeringkan, diberi bedak dan digulung.

Uji kualitas lateks alam iradiasi dan produk barang karet yang dihasilkan disesuaikan dengan standar BSI, JIS, ASTM, ISO atau SII<sup>(5-8)</sup>.



**Gambar 2.** Skema Pembuatan Benang Karet Lateks Alam Iradiasi Skala Pabrik.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### *Pengolahan*

Yang dimaksud dengan pengolahan lateks alam iradiasi ialah bagaimana cara membuat lateks alam menjadi lateks alam iradiasi. Tiga faktor penting yang berpengaruh dalam proses pengolahan lateks alam iradiasi ialah dosis iradiasi, jenis dan kadar bahan pemeka, serta kecepatan pengadukan.

#### *Dosis Iradiasi*

Tabel 2 menunjukkan sifat lateks alam yang diiradiasi pada dosisi yang berbeda-beda. Tabel ini menunjukkan bahwa dengan naiknya dosis iradiasi, baik pH, maupun bilangan MST menurun, sedang kekentalan, bilangan KOH, dan bilangan VFA naik, sementara itu kadar padatan relatif sama. Turunnya pH dan bilangan MST disebabkan karena adanya radiolisa protein, lemak, dan karbohidrat menghasilkan asam. Lateks sedikit bersifat asam, maka pH dan kadar NH<sub>3</sub> menurun, akibatnya lateks kurang stabil selama pengadukan dengan kecepatan tinggi, sehingga MST turun.

**Tabel 2. Sifat Lateks Alam Iradiasi Dengan Berbagai Macam Dosis Iradiasi.**

Sifat	0	50	100	150	200
PH	10.54	10.25	10.14	10.10	9.90
Kekentalan, Cp	1100	1100	1010	1000	1000
Bilangan MST, detik	76	78	90	90	100
Bilangan KOH	0.40	0.45	0.49	0.49	0.51
Bilangan VFA	0.3	0.04	0.04	0.04	0.05
Kadar padatan, %	60.1	60.2	60.1	60.2	60.2

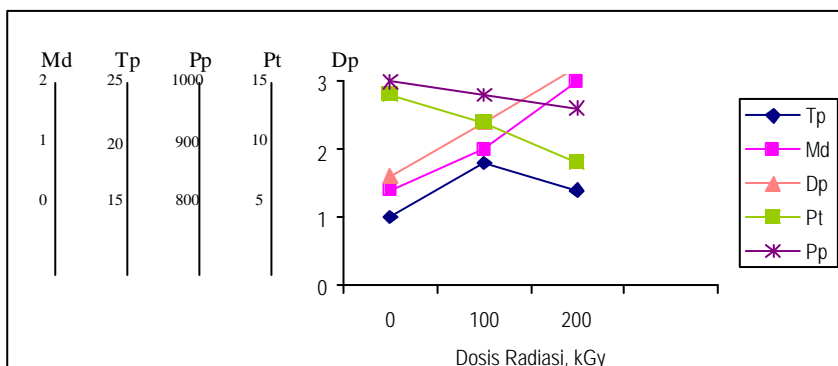
Sifat film karet lateks alam iradiasi dengan bermacam-macam dosis iradiasi disajikan pada Gambar 3.

Ternyata baik jumlah ikatan silang maupun modulus meningkat terus dengan naiknya dosis iradiasi, sedang tegangan putus naik hanya sampai dosis vulkanisasi, kemudian menurun lagi. Hal ini sesuai dengan teori yang mengatakan bahwa naiknya dosis iradiasi akan meningkatkan radikal yang terbentuk, akibatnya jumlah ikatan silang lebih banyak. Lebih banyak jumlah ikatan silang, maka modulus meningkat<sup>(9-10)</sup>. Sedangkan turunnya tegangan putus diduga karena daya adhesif antara partikel karet turun, akibat degradasi bahan baku karet oleh sinar gamma cobalt-60.

#### *Pengaruh Bahan Pemeka*

Sampai saat ini ada dua macam bahan peka yang cukup efisien untuk proses vulkanisasi radiasi yaitu : karbon tetraklorida dan normal butil akrilat. Dengan menggunakan kedua macam bahan kimia ini, dosis optimum turun

drastis. Gambar 4 menyajikan pengaruh dosis iradiasi terhadap tegangan putus film karet alam iradiasi dengan dan tanpa menggunakan bahan pemeka.



**Gambar 3.** Pengaruh Dosis Iradiasi Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Film Karet Lateks Alam Iradiasi.

Keterangan:

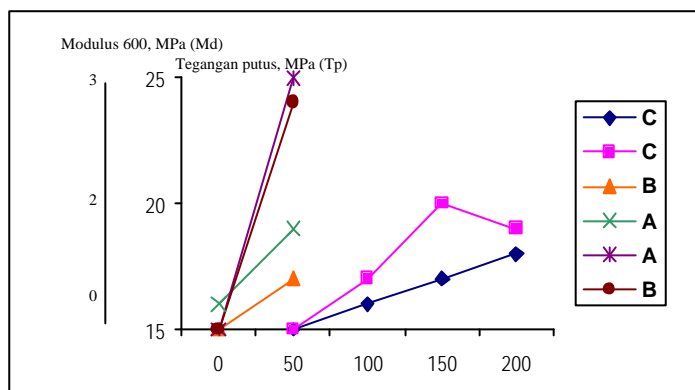
Tp = Tegangan putus, MPa

Md = Modulus 600, MPa

Dp = Derajat pengikatan silang  $\times 10^{19}$

Pt = Perpanjangan tetap, %

Pp = Perpanjangan putus, %



**Gambar 4.** Tegangan Putus Dan Modulus Film Karet Lateks Alam Iradiasi Yang Menggunakan Bahan Pemeka CCl<sub>4</sub> 5 Psk (A), Nba : Ccl + 4 = 1 : 1 Psk (B), Dan Tanpa Bahan Pemeka (C) Pada Dosis Iradiasi Yang Berbeda-Beda.



Terlihat bahwa dengan menggunakan  $\text{CCl}_4$  5 psk atau campuran nBA :  $\text{CCl}_4 = 1: 1$  psk, dosis optimum turun dari 150 kGy menjadi 25-45 kGy. Hal ini disebabkan karena adanya peningkatan nilai G value campuran lateks dan bahan pemeka. Dengan bertambahnya G value, maka kesempatan mengadakan reaksi pengikatan silang antara poli isoprena lebih besar. Akibatnya modulus maupun tegangan putus jadi lebih besar pula, walaupun dosis yang diserapnya sama. Tetapi bila terlalu banyak pemakaian bahan pemeka, akan mengakibatkan lateks menjadi kurang stabil, karena kekentalan meningkat dengan drastis. Hal ini disamping pemborosan, juga dapat menurunkan kualitas lateks alam iradiasi.

### ***Pengaruh Pengadukan***

Parameter penting yang digunakan untuk menentukan kesetabilan mekanik lateks terhadap perlakuan mekanik misalnya kecepatan pengadukan selama proses vulkanisasi iradiasi berlangsung ialah bilangan MST (Mechanical Sytability of Time). Hasil percobaan menunjukkan bahwa lateks yang bilangan MST-nya di bawah 700 detik, akan mengalami prakogulasi selama peroses vulkanisasi iradiasi berlangsung (Tabel 3).

**Tabel 3. Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap Kesetabilan Lateks Alam Iradiasi. Dosis Iradiasi 45 Kgy, Bahan Pemeka  $\text{Ccl}_4$  4 Psk, Bahan Pengemulsi Neopelek 0.01 Psk.**

Kecepatan pengadukan, rpm	Bilangan MST, detik				
	400	700	1000	1400	1800
25	-	+	+	+	+
50	-	+	+	+	+
75	-	-	+	+	+

*Keterangan : + = stabil ; - = prakogulasi*

Hal ini terjadi karena kesetabilan lapisan pelindung partikel karet terganggu, bukan saja karena adanya pengadukan, tetapi akibat iradiasi, lateks sedikit lebih asam. Oleh sebab itu sebaiknya bilangan MST lateks sebelum diiradiasi lebih besar dari pada 700 detik. Pengadukkan yang terlalu cepat, di samping pemakaian energi listrik tinggi, juga peluang terjadinya peristiwa oksidasi pada partikel karet alam lebih besar, yang mengakibatkan sifat fisik dan mekanik film karet menurun (Tabel 4). Oleh sebab itu kecepatan pengadukan pada proses vulkanisasi radiasi lateks alam tidak perlu terlalu tinggi cukup 25 putaran tiap menit sudah cukup untuk membuat homogen kualitas lateks alam iradiasi.

**Tabel 4. Sifat Fisik Dan Mekanik Film Karet Lateks Alam Iradiasi Yang Diproses Dengan Kecepatan Pengadukan Berbeda-Beda. Dosis Iradiasi 40 Kgy, Bahan CCl<sub>4</sub> 4 Psk, Bahan Pengemulsi 0.01 Psk.**

Kecepatan pengadukan, rpm	Module 600 %, MPa	Tegangan Putus, MPa	Perpanjangan Putus, %	Perpanjangan Tetap, %
50	1.2	22.9	1100	12
75	1.3	23.7	1100	12
100	1.3	15.9	1100	12
125	1.1	14.5	1100	12

Dengan berpedoman pada data tersebut, maka dalam produksi lateks alam iradiasi skala pilot, digunakan kondisi optimum proses, yang rinciannya adalah sebagai berikut:

Bahan pemeka : CCl<sub>4</sub> 5 psk atau campuran CCl<sub>4</sub> dan nBA dengan kadar = 1 : 1 psk.  
 Dosis iradiasi : 25 – 45 kGy  
 Kecepatan pengadukan : 25rpm.

Resep tersebut merupakan formula yang siap pakai untuk memproduksi lateks alam iradiasi secara pabrik, pemakaian bahan pemeka dan dosis iradiasi disesuaikan dengan kebutuhan produk karet yang diinginkan, misalnya untuk sarung tangan atau kondom, bahan pemeka yang digunakan campuran CCl<sub>4</sub> dan nBA, tetapi untuk perekat cukup dengan CCl<sub>4</sub> saja.

### *Spesifikasi*

Spesifikasi lateks alam iradiasi yang dihasilkan dalam skala pilot baik yang menggunakan CCl<sub>4</sub> atau campuran CCl<sub>4</sub> dan nBA sebagai bahan pemeka tertera di tabel 5.

**Tabel 5. Spesifikasi Lateks Alam Iradiasi Kualitas ASTM Dan Kondom Yang Diolah Oleh PAIR-BATAN Dalam Skala Pilot.**

Sifat	ASTM	Kondom
<b>Lateks</b>		
Kadar Karet Kering (KKK), %	57.5**	57.5**
Kadar Padatan (KP), %	59**	59**
KP- KKK, %	1.5	1.5
PH	10.5	10.5
Viskositas, Cp	60**	60**
Bilangan MST, detik	1800	1800
Bilangan VFA	0.03*	0.02*
Bilangan KOH	0.4	0.3
<b>Film Karet</b>		
Module 300 %, MPa	1.0	1.0
Module 600 %, MPa	1.8	1.8
Tegangan Putus, MPa	25	25
Perpanjangan Putus, %	1000	1000
Perpanjangan Tetap, %	7	7

Keterangan : \* nilai minimum ; \*\* nilai maksimum.

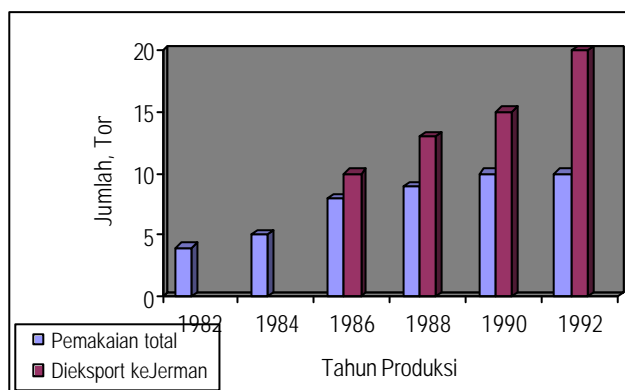
Dari tabel ini diperoleh keterangan sebagai berikut :

- Lateks alam iradiasi.
- Film karet lateks alam iradiasi mempunyai modulus rendah, perpanjangan putus tinggi, sementara itu tegangan putusnya antara 22 – 27 MPa.

Dari hasil pengamatan beberapa tahun menunjukkan bahwa penyebab yang dapat menurunkan kualitas lateks alam iradiasi antara lain wadah penyimpanan terlalu panas.

### ***Teknologi pembuatan barang karet***

Secara umum pembuatan barang karet dari lateks alam iradiasi tidak jauh berbeda dengan cara konvensional. Oleh sebab itu industri barang karet dapat langsung menerima lateks alam iradiasi. Tabel 6 menunjukkan jumlah industri serta jenis barang karet lateks alam iradiasi yang diproduksi oleh baik industri rumah tangga maupun pabrik yang tersebar di 6 kota. Namun pemakaian lateks alam iradiasi di dalam negeri jauh lebih sedikit dibandingkan dengan yang dikirim ke Jerman (Gambar 5).



**Gambar 5.** Jumlah Pemakaian Lateks Alam Iradiasi 1982 – 1992.

Hal ini diduga di samping belum adanya informasi tentang lateks alam iradiasi secara luas, juga Jerman sudah mematuhi peraturan tentang jumlah nitrosamin yang diperkenankan di Eropa (Tabel 7), sedang di Indonesia belum. Oleh karena di tahun-tahun mendatang akan menghadapi era globalisasi dan pasar tunggal Eropa, maka hal ini harus diperhatikan, khususnya barang karet yang langsung berhubungan dengan tubuh.

**Tabel 6. Sepuluh Jenis Produk Karet Alam Iradiasi Yang Telah Diproduksi Oleh Beberapa Industri Karet Di DKI Dan Jawa Barat.**

No.	Jenis barang karet	Tahun	Kota
1	Sarung tangan industri	1982	Cianjur
2	Balon udara	1983	Bogor
3	Bola bleder	1984	DKI
4	Sarung jari	1985	DKI
5	Topeng	1985	DKI, Bandung
6	Perekat	1985	Bandung
7	Benang karet	1985	DKI, Bekasi
8	Sarung pupuk	1986	Cianjur
9	Kondom	1987	Banjaran
10	Sarung tangan eksamen	1989	Bekasi

**Tabel 7. Kadar Nitrosamin Yang Diperbolehkan Dalam Dot Bayi Di Eropa.**

	Jerman	Belanda	Denmark	Inggris	LAI
Nitrosamin	10	1	5	15	2*
Nitrosatable Amine	200	20	60	50	5**

Keterangan : \*\* nilai maksimum LAI = Lateks alam iradiasi PAIR-BATAN

Bila ditinjau dari segi kualitas produk karet yang dihasilkan (Tabel 8 –10), maka barang karet dari lateks alam iradiasi, memenuhi standar pemakaian, baik menurut ASTM, BS, JIS, maupun SII, bahkan bila ditinjau dari kadar nitrosamin dan residu bertosksid jauh lebih sedikit. Hal ini memberikan harapan bahwa pemakaian lateks alam iradiasi untuk barang-barang karet yang langsung berhubungan dengan tubuh manusia akan meningkat.

**Tabel 8. Sifat Fisik Dan Mekanik Sarung Tangan Industri Sebelum Dan Sesudah Disimpan 5 Tahun.**

Sifat	0 tahun	5 tahun
Modulus 600%, MPa	2.0	2.3
Tegangan Putus, %	22.0	21.7
Perpanjangan putus, %	1000	950
Perpanjangan tetap, %	8	9

**Tabel 9. Kualitas Kondom Lateks Alam Iradiasi Yang Diproduksi Skala Pabrik Dan Standar ASTM, BSI, JIS.**

Sifat		LAI	ASTM	BSI	JIS
1	Warna	<b>K u n i n g k e c o k l a t a n</b>			
2	Tebal, mikron	58	40-49	-	-
3	Lebar, mm	49	52 ? 2	-	-
4	Panjang, mm	185	180 ? 10	-	-
5	Tegangan putus, %	A	24	20	20
		B	22	17	650*
6	Perpanjangan putus, %	A	850	650*	540*
		B	900	540*	20
7	Daya rekah, liter udara	35	-	-	-
8	Jumlah kebocoran tiap 100				
	Kondom yang mewakili 10000	2.4	-	3**	-

Keterangan : \* nilai minimum ; \*\* nilai maksimum ; A Sebelum pengusangan ; B sesudah pengusangan 70°C, 22 jam.

**Tabel 10. Sifat Fisik Dan Mekanik Sarung Tangan Eksamen Lateks Alam Iradiasi (LAI) Dibandingkan Dengan SII.**

Sifat		LAI	SII
1	Tebal ujung jari, mm	0.24	0.08*
	Telapak , mm	0.23	0.08*
2	Modulus 300 %, MPa	A	1.3
		B	1.0
3	Tegangan putus, MPa	A	25
		B	22

Beberapa kesan para pengrajin karet dari kalangan industri kecil dan menengah di DKI dan Jawa Barat yang berhasil dimonitor adalah sebagai berikut :

- Cara pembuatan barang karet dari lateks alam iradiasi mudah dikerjakan, tidak memerlukan keahlian; sehingga anak putus sekolahpun dapat melakukannya.
- Sisa lateks yang sudah digunakan tidak membeku, sehingga masih dapat digunakan lagi untuk pembuatan barang karet berikutnya.
- Tidak perlu menambahkan bahan kimia untuk vulkanisasi, sehingga mengurangi biaya produksi, akibatnya harga dasar barang karet yang dihasilkan lebih murah.
- Dengan mudahnya metoda, produktifitas tiap orang meningkat, mis alnya setiap orang menghasilkan 21 pasang sarung tangan lateks alam iradiasi. Sedangkan bila menggunakan cara vulkanisasi belerang hanya 7 pasang seharinya.

Sedangkan kesan industri besar adalah sebagai berikut :

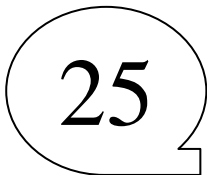
- Pemakaian energi panas dan bahan kimia lebih hemat.
- Sisa lateks alam iradiasi tetap baik, walaupun telah dipakai selama 2 bulan untuk pembuatan produk karet.

#### **IV. KESIMPULAN**

Ditinjau dari pengolahan dan kualitas lateks alam iradiasi serta teknik pembuatan barang karet lateks alam iradiasi serta kualitasnya, maka teknologi lateks alam iradiasi sudah siap pakai baik untuk industri hilir yaitu PTP, dan industri hulu yaitu industri pembuatan barang karet dari lateks alam, karena lateks alam iradiasi merupakan lateks yang siap pakai untuk membuat barang-barang karet tanpa menambah bahan vulkanisasi dengan kualitas cukup memadai. Di samping tidak mengandung residu bertoksis serta nitrosamin-nya sangat rendah, juga dapat disimpan lama.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

1. alam, Solihin G P, Pidato Pengarahan “Seminar Karet YAKINDO “, Jakarta, 8 November 1991.
2. Harald Niepel, RVNRL In Erope, JAERI-M 81,228, Tokyo, 1990, 111.
3. Makuuchi, K. And Markovic, V., Radiation Processing Of Natural Rubber Latex, IAEA Bulletin, No. 1, Viena, 1991, 25.
4. JIS, Rubber Condom, T9111-1985.
5. BSI, Spesification For Rubber Condoms, BS 3704, 1979.
6. ASTM, Annual Book Of ASTM Standards, D 412-83, D 1076-80, D 107-71, D 412, New York , 1984.
7. SII, Spesifikasi Sarung Tangan Eksamen, Spesifikasi Kondom, Deperind 1990, Belum Terbit.
8. Marga Utama, Teknologi Lateks Karet Alam Iradiasi, Presentasi Ilmiah Di PAIR-BATAN, 8 Desember 1990.
9. Sundardi, Marga Utama, Sumarno K, Radiasi Gamma Cobalt-60 Pada Lateks Karet Majalah BATAN< Xi 4, Jakarta, 1976, 11.



# KEMUNGKINAN PEMAKAIAN LATEKS KARET ALAM-IRADIASI UNTUK BAHAN DASAR KONDOM

Marga Utama  
Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN

## ABSTRAK

Kemungkinan pemakaian lateks karet alam-iradiasi untuk bahan dasar kondom. Proses vulkanisasi radiasi lateks karet alam dengan menggunakan  $^{60}\text{Co}$  sebagai sumber radiasi gamma dalam skala pilot telah dilakukan sejak awal Februari 1984. Dosis iradiasi yang digunakan ialah 20 dan 30 kGy, dan bilangan asam lemak eteris lateks alamsebelum diiradiasi sebesar 0,01; 0,02; 0,04; dan 0,06%. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa lateks yang divulkanisasi radiasi atau lateks karet alam iradiasi merupakan lateks yang dapat langsung digunakan untuk barang-barang karet, misalnya kondom, tanpa penambahan zat kimia lain sehingga lebih sedikit mengandung bahan kimia tambahan. Untuk mendapatkan film karet yang mempunyai tegangan putus tinggi, yaitu diatas  $250 \text{ kg/cm}^2$  diperlukan lateks alam yang memiliki bilangan asam eteris rendah, yaitu di bawah 0,02%.

## ABSTRACT

The possibility of using irradiated natural rubber latex for rubber condom material. Radiation vulcanization of NR latex in pilot scale using J rays from a  $^{60}\text{Co}$  source has been carried out since February 1984. The irradiation doses used were 20 and 30 kGy and the volatile fatty acid numbers of the NR latex before irradiation were 0.01; 0.02; 0.04; and 0.06%. The results showed that the irradiated NR latex can be used directly to produce rubber film condom without chemical additive. For producing a high tensile strength rubber film from irradiated latex, namely higher than  $250 \text{ kg/cm}^2$ , the volatile fatty acid number of NR latex used must be lower than 0.02%.

## I. PENDAHULUAN

Dalam upaya mencukupi keperluan alat kontrasepsi di dalam negeri, Badan Koordinasi Keluarga Berencana Nasional (BKKBN) merencanakan akan mendirikan pabrik kondom di daerah Banjaran Bandung, dan direncanakan sudah beroperasi dalam tahun 1986, bahan bakunya ialah lateks pekat yang didapat dari perkebunan Pasir Waringin, PTP XI. Untuk mendirikan pabrik tersebut, BKKBN akan bekerjasama dengan PT Kimia Farma dan Samito Concertium dari Jepang<sup>(1)</sup>.

Diperkirakan bahwa peserta keluarga berencana yang menggunakan alat kontrasepsi sekitar 400.000 orang yang memerlukan kondom sekitar 500.000 gros/tahun atau 120 ton lateks pekat per tahun<sup>(2)</sup>.

Lateks iradiasi merupakan lateks alam yang telah divulkanisasi secara radiasi, dengan menggunakan <sup>60</sup>Co sebagai sumber iradiasi. Lateks iradiasi ini memiliki sifat seperti lateks yang divulkanisasi belerang, tetapi tidak mengandung bahan penyebab vulkanisasi, sehingga lebih sedikit mengandung zat kimia tambahan. Di samping itu lateks tersebut dapat disimpan beberapa bulan, dan dapat digunakan langsung untuk membuat barang karet, misalnya sarung tangan dan kondom<sup>(3-5)</sup>.

Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Atom Nasional Jakarta dewasa ini telah memiliki radiator lateks yang dapat mengolah lateks alam menjadi lateks iradiasi dengan kapasitas produksi sekitar 500 ton lateks iradiasi setiap tahun. Oleh karena itu bila lateks iradiasi akan dipakai sebagai bahan dasar pembuatan kondom, maka bahan dasarnya sudah tidak menjadi masalah lagi.

Pengolahan lateks alam menjadi lateks iradiasi cukup sederhana, mudah dikontrol, hemat energi, dan lebih sedikit menggunakan bahan kimia<sup>(6-7)</sup>. Sehingga pemakaian lateks iradiasi untuk bahan dasar kondom karet sangatlah memungkinkan.

Berdasarkan data tersebut, maka dalam makalah ini dibahas kemungkinan pemakaian lateks alam iradiasi yang diproduksi dalam skala pilot untuk bahan dasar kondom. Faktor dosis iradiasi dan kadar asam lemak eteris di dalam lateks sebelum diiradiasi merupakan faktor yang diamati dalam penelitian ini.

Tujuan penulisan makalah ini ialah untuk memberikan gambaran tentang cara pengolahan lateks iradiasi dan sifat lateks serta film karet dari lateks iradiasi, sehingga dapat menjadi bahan pertimbangan untuk berdirinya pabrik kondom karet yang akan datang.

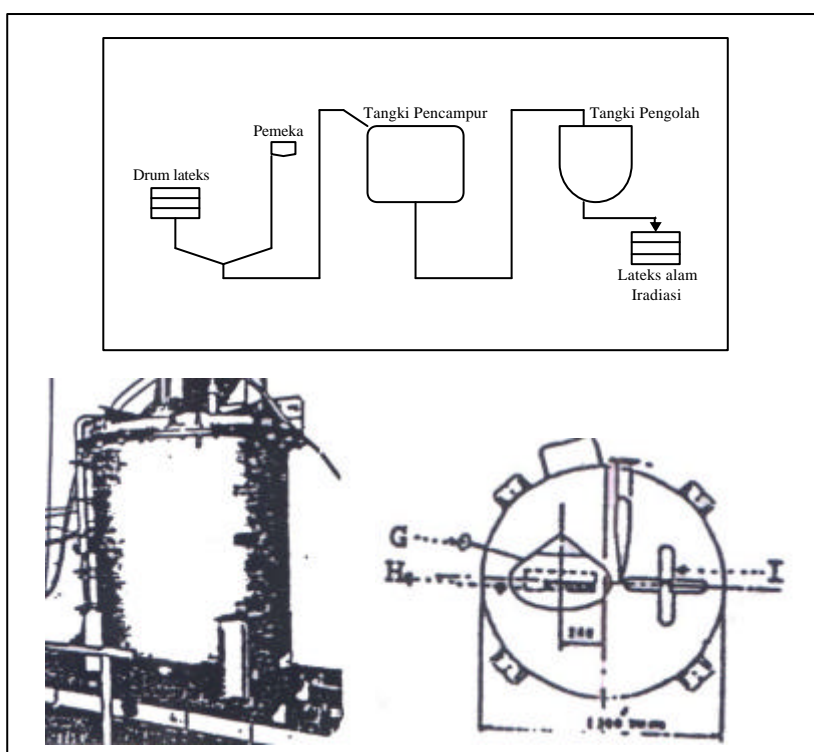
## II. BAHAN DAN METODA

**Bahan.** Sebagai bahan digunakan lateks alam pekat dari perkebunan Pasir Waringin, PTP XI yang dipanen pada bulan Februari dan Agustus 1984.



Karbon tetraklorida sebagai bahan pemeka, dan ditergen Dino sebagai bahan pengemulsi.

**Alat.** Irradiator lateks alam dengan kapasitas produksi 500ton/tahun yang digunakan, yang dilengkapi tangki vulkanisasi yang berkapasitas 1,6m<sup>3</sup>. Kapasitas sumber radiasi gama<sup>60</sup>Co sekitar 191 kCi. Semua peralatan terbuat dari baja tahan karat. Peralatan alat penguji kualitas lateks dan film karet terdiri atas Instor tester tipe 1122, klaxon stirer, viskometer tipe EMD Sn, pH meter Fisher Equipment model 230A, dan peralatan gelas. Di samping itu, untuk mengetahui besarnya partikel karet alam digunakan eletron mikroskop tipe JEOL dengan perbesaran 10.000 kali.



Gambar 1. Atas: Diagram Pengolahan Lateks Alam Bawah: Tangki Pengolah Berkapasitas 1,6m<sup>3</sup>, G=Termometer, H=<sup>60</sup>Co; I=Pengaduk.

**Proses pembuatan lateks iradiasi.** Gambar 1 menunjukkan proses pengolahan lateks alam menjadi lateks iradiasi. Lateks alam dengan kadar asam lemak eteris 0.01; 0.02; 0.04; dan 0.06% yang berada dalam tangki pencampur, setelah diberi bahan pemeka karbon tetraklorida sebanyak 4 psk (perseratus bagian berat karet), kemudian karet diaduk beberapa menit. Setelah rata,

campuran tersebut dipompakan ke dalam tangki pengolahan dan diiradiasi dengan sinar gama  $^{60}\text{Co}$  selama 10 dan 15 jam atau dengan dosis sekitar 20 dan 30 kGy. Selama proses vulkanisasi berlangsung, lateks dalam keadaan teraduk dan selalu dalam lingkungan gas nitrogen. Selesai diiradiasi, lateks dimasukan kembali ke dalam drum, dan siap untuk dipakai sebagai bahan pembuat barang karet tanpa memerlukan penambahan bahan kimia vulkanisasi.

**Uji kualitas lateks iradiasi dan film karetnya.** Prosedur pengujian baik untuk sifat lateks maupun sifat film karet dari lateks alam iradiasi, disesuaikan dengan standar ASTM<sup>(8)</sup>. Parameter yang diuji untuk lateks alam baik sebelum maupun sesudah iradiasi, ialah pada karet kering yang akan datang, kadar  $\text{NH}_3$  padatan, bilangan KOH, bilangan VFA, bilangan MST dan viskositas, sedang untuk film karet dari lateks iradiasi ialah modulus 600%, tegangan putus, dan perpanjangan putus. Disamping itu, besarnya diameter partikel karet alam juga diamati. Untuk setiap parameter pengujian dilakukan 3 kali.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 menunjukan sifat karet lateks alam sebelum di iradiasi, sifat lateks alam iradiasi, dan sifat mekanik film karet dari lateks iradiasi. Secara umum, sifat lateks sebelum dan sesudah diiradiasi, yaitu kadar karet kering, kadar padatan, kadar  $\text{NH}_3$ , dan bilangan VFA tidak berbeda nyata. Tetapi bilangan mechanical stability time (MST) lateks iradiasi lebih besar daripada lateks alam yang tidak diiradiasi. Hal ini disebabkan disamping akibat penambahan pengemulsi sebelum lateks diiradiasi, juga karena partikel karet di dalam lateks setelah divulkanisasi radiasi menjadi lebih kenyal, sehingga waktu diaduk dengan kecepatan tinggi, yaitu 14.000 putaran/menit, tidak mudah saling melengket. Akibatnya bilangan MST-nya lebih tinggi.

Tegangan putus film karet dari lateks yang dibuat secara penuangan sekitar 200-240  $\text{kg/cm}^2$ , modulus 600% sekitar 15-20  $\text{kg/cm}^2$ , dan perpanjangan putus sekitar 1000%. Tetapi bila pembuatan film karetnya dilakukan secara pencelupan diikuti dengan penggumpalan, maka sifat mekaniknya meningkat yaitu tegangan putus menjadi 220-270  $\text{kg/cm}^2$ , modulus 600% menjadi 17-25  $\text{kg/cm}^2$ , sementara perpanjangan putus relatif sama. Sifat mekanik film karet yang dibuat dengan cara terakhir ini cukup memenuhi persyaratan untuk kondom karet menurut ASTM, yaitu tegangan putus film karet rata-rata 240  $\text{kg/cm}^2$ .

Oleh karena tegangan putus beberapa macam kondom yang diimpor cukup tinggi, yaitu sekitar 250-300  $\text{kg/cm}^2$  (Tabel 2), maka perlu adanya perbaikan tegangan putus film karet dari lateks iradiasi salah satu cara untuk mengatasi kelemahan tersebut ialah menurunkan bilangan asam lemak eteris atau bilangan VFA (volatile fatty acid) lateks alam sebelum diiradiasi, karena makin tinggi kadar VFA lateks alam yang digunakan, makin rendah tegangan putus film karet dari lateks iradiasi yang dihasilkan seperti terlihat pada Gambar 2. Hal ini

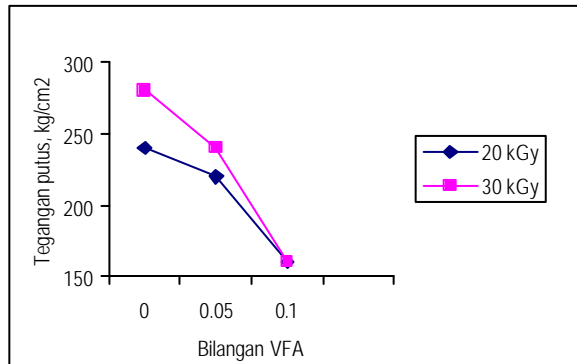
disebabkan oleh asam lemak eteris, yaitu format, asetat, dan propionat yang timbul dari perombakan karbohidrat, gula fruktosa dan glukosa yang menyebabkan prekoagulasi lateks. Akibatnya pada pembuatan film karet, susunan partikel karet tidak teratur, sehingga luas permukaan yang saling melengket antara partikel karet kecil. Hal ini menyebabkan daya adhesi antara partikel karet kurang efektif, sehingga tegangan putusnyapun lebih kecil (Gambar 3 dan 4).

**Tabel 1. Sifat Lateks Alam dan Lateks Iradiasi Serta Sifat Mekanik Film Karet dari Lateks Iradiasi.**

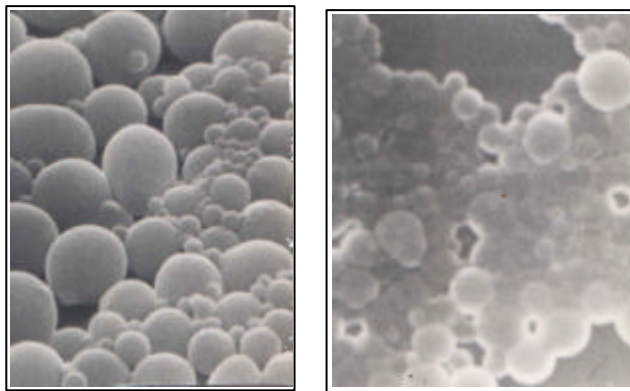
Sifat	Lateks Alam		Lateks Iradiasi	
	Max	Min	Max	Min
<u>Lateks</u>				
1. Kadar karet kering, %	60.1	60.5	60.0	60.3
2. Kadar padatan, %	61.2	62.0	61.0	61.8
3. Kadar NH <sub>3</sub> , %	0.7	0.8	0.7	0.8
4. Bilangan KOH, %	0.6	0.8	0.6	0.8
5. Bilangan VFA, %	0.01	0.06	0.01	0.06
6. Bilangan MST, detik	980	1100	1200	1900
7. Viskositas, cp	60	65	55	75
<u>Film karet</u>				
1. Modulus 600%, kg/cm <sup>2</sup>				
- Film karet tuang	4	7	15	20
- Film karet celup	5	8	17	25
2. Tegangan putus, kg/cm <sup>2</sup>				
- Film karet tuang	15	19	200	240
- Film karet celup	17	22	220	270
3. Perpanjangan putus, kg/cm <sup>2</sup>				
- Film karet tuang	900	1100	980	1100
- Film karet celup	900	1100	980	1000

**Tabel 2. Nilai Rata-rata Sifat Mekanik Kondom Karet dari Berbagai-macam Merk yang DiImpor dari berbagai Negara.**

Merk	Asal Negara	Tebal, mm	Modulasi 600%, kg/cm <sup>2</sup>	Teg. Putus, kg/cm <sup>2</sup>	Perp. Pustus, %
Kohim	India	0.063	49	272	780
Rostek	Korea	0.064	43	254	820
Sweetheart	Korea	0.056	52	274	820
Maximum	-	0.056	65	302	820
Millon	-	0.048	43	257	820
Kondom KB	Jepang	0.051	74	261	770



Gambar 2. Hubungan antara Bilangan VFA dengan Tegangan Putus Film Karet (secara tuang) dari Lateks Alam Iradiasi.

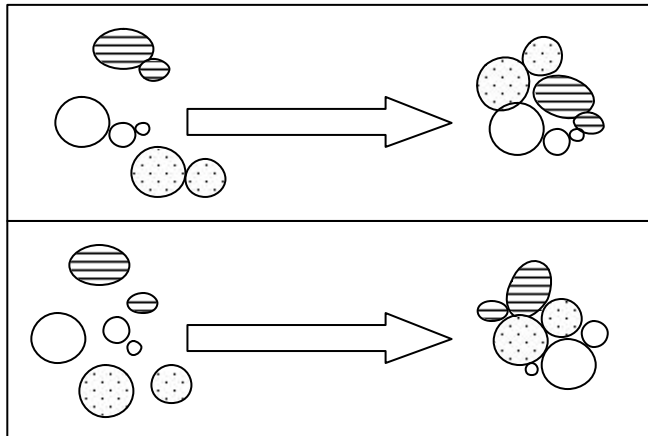


Gambar 3. Partikel Karet Alam di dalam Lateks Alam Iradiasi dilihat dengan Alat ‘Scanning Electron Microscope’ dengan Perbesaran 10.000 kali (1cm=1 $\mu$ m).

*Keterangan :*

Kiri: belum mengalami prakoagulasi.

Kanan: mengalami prakoagulasi.



Gambar 4. Pembentukan Film Karet dari Lateks Alam Iradiasi secara Pengeringan/Pemanasan.

*Keterangan:*

Atas: Lateks iradiasi ber -VFA tinggi.

Bawah: Lateks alam iradiasi ber-VFA rendah.

Diameter partikel karet: 0,1-1 mikrometer.

Tebal film kondom karet yang paling tipis: 10 mikrometer.

Setiap kondom akan tersusun dari 10-100 butir partikel.

#### IV. KESIMPULAN

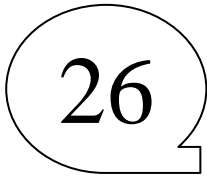
Proses vulkanisasi radiasi lateks alam dalam skala pilot, yaitu 1,5 ton lateks setiap kali proses, dapat dilaksanakan dalam iradiator lateks dengan aktivitas sumber gamma  $^{60}\text{Co}$  sekitar 191 kCi, pada laju dosis 20 kGy/jam.

Lateks yang diiradiasi dengan dosis 30 kGy, merupakan lateks yang sudah divulkanisasi yang langsung dapat digunakan untuk pembuatan barang karet, misalnya kondom, tanpa penambahan zat kimia lain.

Untuk mendapatkan film karet dari lateks iradiasi dengan tegangan putus cukup tinggi, yaitu diatas  $250 \text{ kg/cm}^2$ , bilangan VFA lateks alam sebelum diiradiasi harus serendah mungkin yaitu di bawah 0,02%. Jadi lateks alam iradiasi yang berbilangan VFA rendah kemungkinan besar dapat digunakan sebagai bahan dasar kondom karet berkualitas tinggi.

## V. DAFTAR PUSTAKA

1. American Standar Testing and Materials, 1984, D 412-83, Annual Book of ASTM Standars, ASTM.
2. Annonim, Jakarta Post, 9 Oktober 1985.
3. Arope, Ani Bin, Dulngali, S., and Ma'jam, N., 1983. Radiation Pravulcanization of Natural Rubber Latex Second Accelerated Test-Evaluation Program, Rim Kuala Lumpur.
4. Kartowardoyo, S., and Sundardi, F., 1978. Studies On The Preparation and Use of  $^{60}\text{Co}$  Gamma Ray Radiated Natural Latex, Majalah BATAN IXI .50.
5. Ridwan, M., 1982.  $^{60}\text{Co}$  Plant for Radiation Vulcanization Natural Rubber Latex, First Undp. Industrial Technology Transfer Workshop, BATAN, Jakarta. Tidak diterbitkan.
6. Sundardi, F., Utama, M., dan Kartowardoyo, S., 1976. Radiasi Gamma  $^{60}\text{Co}$  pada Lateks Karet Alam, Majalah BATAN XI 4. 11.
7. Triwijoso, S.U., Sugianto., dan Amir, E., 1985. Saran Perbaikan Sarana pengolahan Lateks Pekat di Pabrik Pasir Waringin Ptp XI, BPP Bogor. Tidak diterbitkan.
8. Utama, M., 1983. Lateks Radiasi Sebagai Bahan Dasar Murah untuk Pembuatan Sarung Tangan secara sederhana, Majalah BATAN XVI 1. 96.



# **STUDI PEMAKAIAN LATEKS ALAM IRADIASI UNTUK PEMBUATAN BARANG KARET DI TUJUH PENGRAJIN KARET**

Marga Utama  
Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN

## **ABSTRAK**

Studi Pemakaian Lateks Alam Iradiasi Untuk Pembuatan Barang Karet Di Tujuh Pengrajin Karet. Penelitian lapangan tentang pembuatan barang karet dari lateks alam iradiasi, misalnya balon udara, sarung tangan, sarung jari, bola bleder, topeng, dan benang karet, serta aspek ekonominya di tujuh pengrajin karet yang berlokasi di Jakarta dan Jawa Barat telah dipelajari. Kestabilan lateks alam iradiasi dan sifat mekanik barang karet dari lateks alam iradiasi telah dievaluasi. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa lateks alam iradiasi masih tetap stabil walaupun telah melalui perjalanan beberapa jam. Sifat mekanik barang karet memenuhi beberapa standar pemakaian. Biaya pembuatan barang karet lebih murah daripada secara konvensional sehingga dapat dijangkau oleh pengrajin golongan ekonomi lemah.

## **ABSTRACT**

Study on The Use of Irradiated Latex for Making Rubber Goods In Seven Companies. The use of Irradiated latex to produce rubber goods, such as balloon, gloves, finger ring, bladder ball, doll, and rubber thread, as well as its economic aspect have been evaluated in seven companies in Jakarta and West Java. The stability of irradiated latex, i.e. mechanical properties of rubber goods produced from the irradiated latex were measured. The results showed that irradiated latex was still stable after several hours of transportation. Mechanical properties of rubber goods prepared from the irradiated latex were also found to meet standard requirements. The production cost of rubber goods prepared from irradiated latex was lower than that of the conventional product, so that it can be applied by small rubber goods industries.

## I. PENDAHULUAN

Data tahun 1983 menunjukkan bahwa produksi karet alam di Indonesia mencapai 990.000 ton. Sebagian besar karet alam tersebut diekspor, karena industri barang karet di negara kita hanya sedikit. Oleh sebab itu pemikiran penggunaan karet alam untuk industri barang karet di dalam negeri dengan mengikutsertakan industri rumah tangga merupakan hal yang perlu mendapat perhatian<sup>(1)</sup>.

Salah satu faktor yang menentukan kesinambungan industri rumah tangga ialah bahan baku yang mudah didapat, sedang faktor lain misalnya kemudahan proses, peralatan yang sederhana, dan pemasaran hasil produksi yang meluas dengan harga yang dapat dijangkau oleh masyarakat, merupakan faktor yang tak kalah pentingnya<sup>(2)</sup>.

Lateks alam iradiasi adalah lateks alam pravrulkanisasi radiasi, bersifat stabil dalam penyimpanan dan lebih sedikit mengandung bahan kimia bukan karet bila dibandingkan dengan lateks alam yang divulkanisasi belerang. Secara laboratorium lateks alam iradiasi dapat langsung digunakan untuk pembuatan barang karet, misalnya sarung tangan dan kondom dengan sifat mekanik yang memenuhi beberapa persyaratan standar<sup>(3-5)</sup>.

Tulisan ini merupakan hasil penelitian lapangan selama 3 tahun, yaitu mulai awal 1982 sampai dengan akhir 1984, tentang pemakaian lateks alam iradiasi di tujuh pengrajin karet yang berlokasi di Jakarta dan Jawa Barat. Pendekatan metode dilakukan dengan dua cara, yaitu kemudahan proses pembuatan barang karet yaitu balon udara (“plembungan”), sarung tangan, sarung jari, bola bleder, boneka, topeng, dan barang karet yang dikerjakan oleh para pengrajin, dan aspek ekonominya. Kedua masalah ini akan dibahas secara terperinci, untuk bahan informasi kepada masyarakat perkaretan, dan diharapkan dapat merangsang pertumbuhan pengrajin/industri karet alam.

## II. BAHAN DAN METODE

### Bahan :

Bahan yang digunakan ialah lateks, alam iradiasi produksi Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN, dengan spesifikasi seperti terlihat pada Tabel 1. Bahan-bahan lain yang digunakan ialah bahan penggumpal berupa campuran  $\text{CaCl}_2$ , alkohol, dan air dengan perbandingan berat 1: 3 : 3, dan beberapa macam bahan pewarna karet.



**Tabel 1. Sifat Lateks, Lateks Alam Iradiasi, dan Sifat Mekanik Film Karet dari Lateks Alam Iradiasi.**

Sifat	Lateks alam		Lateks alam iradiasi	
	Min	Maks	Min	Maks
Lateks				
1. Kadar karet	60.1	60.5	60.0	60.5
2. Kadar padatan, %	61.2	62.0	61.0	61.8
3. Kadar NH <sub>3</sub> , %	0.7	0.8	0.8	0.8
4. Bilangan KOH, %	0.6	0.8	0.6	0.8
5. Bilangan VFA, %	0.038	0.059	0.039	0.059
6. Bilangan MST, dt	980	1100	1200	1900
7. Viskositas, cp	60	65	55	75
Film karet				
1. Modulus 600%, kg/cm <sup>2</sup>	A		15	20
	B		17	25
2. Tegangan putus, kg/cm <sup>2</sup>	A		200	240
	B		220	270
3. Perpanjangan putus, %	A		980	1100
	B		980	1000

*Keterangan : A = Film karet tuang ; B = Film karet celup.*

#### Alat:

Alat yang digunakan ialah berbagai cetakan sarung tangan, sarung jari, “plembungan”, dan bola bleder yang terbuat dari kayu, kaca, atau porselen dan tempat acuan untuk membuat boneka atau topeng yang terbuat dari bahan gips. Peralatan lain, yaitu bak plastik untuk tempat lateks alam iradiasi dan bak pencucian barang karet yang semuanya berada di lokasi pengrajin karet. Instron tester tipe 1122 buatan Inggris untuk menguji sifat mekanik barang karet misalnya modulus, tegangan putus, dan perpanjangan putus, serta klaxon stirer untuk menguji kestabilan mekanik lateks, keduanya berada di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN.

#### Metode :

Metode pembuatan barang karet dari lateks alam iradiasi ada tiga cara, yaitu :

##### **1. Proses Tuang**

Proses ini dikerjakan oleh pengrajin karet di Jakarta. barang karet yang dihasilkan dengan menggunakan proses ini ialah kulit tiruan, topeng, dan tangan tiruan (Gambar 1). Caranya ialah: mula-mula lateks alam iradiasi diberi bahan pewarna dengan kadar 0,1 – 0,5 psk (perseratus bagian berat karet), lalu diaduk sampai rata dan diberi bahan pengisi dalam bentuk pasta, misalnya kaolin dengan kadar 10-100 psk. Kemudian campuran lateks alam iradiasi tersebut dituangkan ke dalam acuan yang terbuat dari batu gips, dibiarkan sampai kering, lalu dikupas. Maka akan diperoleh topeng atau boneka. Untuk membuat berongga, lateks, yang berada di dalam acuan dituang keluar sebelum kering.



**Gambar 1.** Barang Karet yang Dihasilkan dengan menggunakan proses tuang.

**Gambar 2.** Barang yang Dihasilkan dengan menggunakan proses celup dan caranya.

## 2. Proses Celup

Proses ini dikerjakan oleh pengrajin karet di Jakarta, Bogor, dan Cianjur. Bahan karet yang dihasilkan dengan menggunakan proses ini ialah sarung jari, arung tangan, “plembungan”, bola bladder, dan dot bayi (Gambar 2). Caranya ialah: mula-mula lateks alam iradiasi diberi bahan pewarna secukupnya, diaduk sampai rata, diasaring, diberi sedikit (0,2 psk) dispersi belerang dan ZnO, lalu dibiarkan semalam. Cetakan sarung tangan, sarung jari, “plembungan”, bola bladder atau dot bayi dicelupkan ke dalam lateks alam iradiasi tersebut. Cetakan yang sudah basah dengan lateks diangkat pelan-pelan, kemudian dibiarkan sampai tetesan terakhir. Lalu cetakan tersebut dibalik, dikeringkan di udara bebas, dikupas, direndam di dalam air dingin selama 24 jam atau air mendidih selama 1 jam, akhirnya dikeringkan. Untuk membuat barang celup karet yang lebih tebal, lapisan lateks di cetakan yang masih basah dicelupkan lagi ke dalam lateks alam iradiasi, sampai mencapai tebal yang dikehendaki.



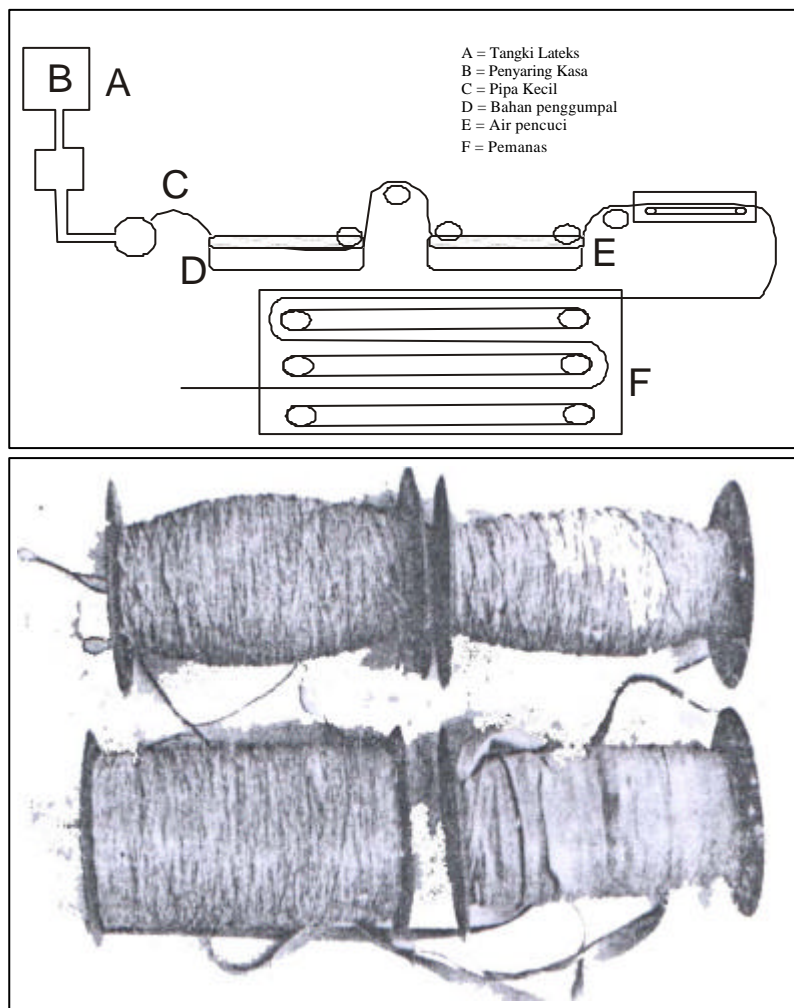
Gambar 2. Cara Pembuatan Barang karet dari lateks alam iradiasi dengan proses celup dan hasilnya.

### 3. Proses Semprot

Proses ini akan dikomersialkan oleh industri karet alam di Jakarta. Barang karet yang dihasilkan dengan menggunakan proses ini ialah benang karet (Gambar 3). Produksi pendahuluan, dengan kapasitas 50 kg/jam benang karet telah berhasil baik, karena benang karet yang dihasilkan mempunyai sifat mekanik yang memenuhi standar <sup>(6)</sup>. Caranya ialah: lateks alam iradiasi setelah diberi bahan pewarna dan kompon lateks belerang dengan perbandingan 1:1, dimasukkan ke dalam tangki penyemprot berkapasitas 200 kg, yang di atasnya ada penyaring. Lateks yang keluar dari alat penyemprot digumpalkan dengan asam asetat, sehingga terbentuk barang karet. Barang karet yang masih basah dicuci, dikeringkan dan akhirnya digulung.

#### *Uji Kualitas Lateks Alam Iradiasi dan Produk Akhir*

Untuk menguji kestabilan mekanik lateks alam iradiasi digunakan alat klaxon stirer yang prosedurnya disesuaikan dengan standar ASTM D 1076-80<sup>(7)</sup>. Untuk menguji sifat mekanik film karet dari lateks alam iradiasi digunakan alat Instron tester yang prosedurnya disesuaikan dengan standar ASTM D 412-80<sup>(8)</sup>, dan untuk benang karet disesuaikan dengan standar ASTM D 2433-83<sup>(9)</sup>.



**Gambar 3.** Cara Pembuatan Barang Karet dari Lateks Alam Iradiasi dengan Proses Semprot (atas) dan Benang Karet yang Dihasilkannya (bawah).

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### *Spesifikasi Lateks Alam Iradiasi*

Lateks alam iradiasi mulai diproduksi oleh PAIR-BATAN awal 1982. pada saat itu sumber radiasi gamma yang digunakan ialah iradiator panorama dengan kapasitas 45.000 Curie, yang dapat memproduksi lateks alam iradiasi sebanyak 240 kg/20 jam. Kemudian dengan adanya iradiator yang lebih besar (191.000 Curie pada tahun 1983), produksi lateks alam iradiasi dapat ditingkatkan sampai 1.700 kg/16 jam. Spesifikasi lateks alam iradiasi tersebut tertera di Tabel 1. Dari Tabel ini diperoleh beberapa keterangan, yaitu:

1. Lateks alam iradiasi masih mempunyai sifat seperti lateks alam, yang spesifikasinya bergantung pada lateks alam sebelum iradiasi.
2. Film karet dari lateks alam iradiasi mempunyai modulus rendah, yaitu sekitar 16 kg/cm<sup>2</sup> untuk modulus 600% dan perpanjangan putus tinggi, yaitu sekitar 1000%. Tegangan putusnya sekitar 250-3000 kg/cm<sup>2</sup>.
3. Lateks alam iradiasi yang disimpan 6 bulan masih stabil, dan sifat film karetinya masih baik.

#### *Lokasi Pengrajin Karet yang Menggunakan Lateks Alam Iradiasi*

Tujuh tempat yang menggunakan lateks alam iradiasi sebagai bahan baku, berjarak 15-150 km dari tempat produksi lateks alam iradiasi. Oleh sebab itu lateks harus stabil terhadap guncangan selama perjalanan melalui darat. Untuk mengetahui kestabilan lateks tersebut, maka pada Tabel 2 tertera nilai waktu kestabilan mekanik lateks alam iradiasi yang dinyatakan dalam detik, baik sebelum maupun sesudah perjalanan darat dengan menggunakan mobil, pada jarak beberapa ratus km. Dari tabel ini terlihat bahwa walaupun lateks alam iradiasi mengawali perjalanan darat sejauh 450 km, keadaan lateks masih stabil karena bilangan MST-nya tinggi. Sifat film karetinya pun masih baik karena baik tegangan putus, modulus, perpanjangan putus, maupun perpanjangan tetapnya tidak berbeda nyata dengan sebelum mengalami perjalanan jauh. Hal ini disebabkan disamping penambahan bahan pemantap sebelum lateks diiradiasi, juga karena partikel karet yang divulkanisasi radiasi lebih kenyal, sehingga walaupun lateks dalam keadaan bergoncang selama perjalanan, antara partikel karet tidak mudah saling melengket. Akibatnya peristiwa prakoagulasi terhindar.

**Tabel 2. Kestabilan Lateks Alam Iradiasi dan Sifat Mekanik Film Karetinya Sebelum dan Setelah Mengalami Perjalanan Darat.**

Jenis pengujian	Jarak yang ditempuh				
	0	90	180	360	450
MST, detik	1800	1800	1800	1800	1800
Modulus 600%, kg/cm <sup>2</sup>	17	17	17	17	17
Tegangan putus, kg/cm <sup>2</sup>	199	190	197	194	190
Perpanjangan putus, %	1000	1050	1010	1000	1070
Perpanjangan tetap, %	9.7	9.5	9.8	8.9	9.2

### Metode Pembuatan Barang Karet

Tiga macam pembuatan barang karet telah dikerjakan oleh beberapa pengrajin dan industri karet di Cianjur, Bogor, dan Jakarta, yaitu proses tuang, celup, dan semprot. Jenis barang karet yang dibuat oleh para pengrajin tersebut tertera pada Tabel 3. dari tabel ini terlihat masing-masing metode digunakan untuk pembuatan barang karet tertentu, misalnya untuk sarung tangan harus digunakan metode pencelupan, sedang untuk benang karet dengan metode penyemprotan. Tabel ini juga menunjukkan bahwa enam dari tujuh pengrajin tidak menggunakan pemanasan.

**Tabel 3. Metode Pembuatan Beberapa Macam Barang Karet Dari Lateks Alam Radiasi yang Diproduksi Secara Komersial Oleh Beberapa Pengrajin Karet.**

Metode pembuatan barang karet	Jenis barang karet yang diproduksi	Lokasi pengrajin	Perlakuan tambahan
Pencelupan	Sarung tangan	Bandung	Perendaman air dingin selama 24 jam
	Sarung jari "Plembungan"	Bandung, Jakarta Bogor	
	Bola bladder	Bandung, Jakarta	
Penuangan	Topeng Kulit buaya tiruan	Jakarta Jakarta	
Penyemprotan	Benang karet	Jakarta	pemanasan

Pada pembuatan benang karet digunakan pemanasan  $100^{\circ}\text{C}$  selama 60-90 menit, dengan tujuan supaya benang tidak melengket satu sama lain waktu digulung. Pada pembuatan sarung tangan, perlu adanya pencucian atau perendaman dalam air dingin selama semalam, untuk menghilangkan bahan kimia bukan karet dan menaikkan kekuatan sarung tangan tersebut. Setelah perendaman, tegangan putus naik dari 245 menjadi 278  $\text{kg}/\text{cm}^2$ , dan modulus 600% naik dari 10,8 menjadi 15,2  $\text{kg}/\text{cm}^2$ .

Beberapa kesan para pengrajin yang berhasil dimonitor adalah sebagai berikut.

1. Cara pembuatan barang karet dari lateks alam iradiasi mudah dikerjakan dan tidak memerlukan keahlian, sehingga anak yang putus sekolahpun dapat melakukannya.
2. Sisa lateks yang sudah digunakan tidak lekas beku, sehingga masih dapat digunakan untuk pembuatan barang karet berikutnya.
3. Tidak perlu menambahkan bahan kimia untuk vulkanisasi, sehingga mengurangi biaya produksi.
4. Dengan mudahnya metode, produktivitas tiap orang meningkat, yaitu dari 7 pasang, menjadi 21 pasang s etiap hari.

Dari kesan-kesan tersebut terbukti bahwa pembuatan barang karet dari lateks alam iradiasi merupakan teknologi tepat guna, sehingga dapat merangsang pertumbuhan pengrajin dari karet dari golongan ekonomi lemah.

#### *Sifat Mekanik Barang Karet*

Tabel 4 memperlihatkan sifat mekanik beberapa jenis barang karet yang dibuat dari lateks alam iradiasi.

1. “Plembungan” memiliki modulus rendah dan perpanjangan putus tinggi. Hal ini memungkinkan “plembungan” tersebut mudah ditiup sampai besarnya 100 kali besar semua. Hasil pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa anak berumur 4-5 tahun dengan mudah dapat meniup “plembungan” dari lateks alam iradiasi yang diproduksi oleh pengrajin karet di Bogor.
2. Sarung tangan yang diproduksi, disamping memiliki sifat mekanik yang cukup memenuhi standar pemakaian, juga kekerasannya rendah yaitu sekitar 35 skala shore A. Hal ini memungkinkan lateks alam iradiasi dapat digunakan untuk sarung tangan bedah atau karet KB (kondom), karena film karet dari lateks alam iradiasi lebih empuk. Di samping itu dengan sedikitnya bahan kimia yang ditambahkan, barang karet tersebut lebih higienis.
3. Bola bleder memiliki sifat mekanik seperti sarung tangan. Hal yang perlu diperhatikan untuk bola bleder ialah tebal setiap bagian bola sama, sehingga menghasilkan sudut pantul yang sama dengan sudut datang. Hasil pengamatan tebal film di seluruh permukaan bola tertera pada Tabel 5, yang secara statistik dapat disimpulkan bahwa tebal film di seluruh permukaan bola sama.
4. boneka dan barang-barang kesenian dari karet alam iradiasi tidak memerlukan persyaratan mekanik tinggi, asalkan bila jatuh barang tersebut tidak pecah. Yang perlu diperhatikan ialah keindahan atau nilai seni yang sesuai dengan selera konsumen.
5. Benang karet dari lateks alam iradiasi memiliki sifat mekanik yang cukup memenuhi persyaratan standar ASTM dan BS, bahkan perpanjangan putusnya lebih baik, yaitu sekitar 900%.

**Tabel 4. Sifat Mekanik Barang Karet dari Lateks Alam Iradiasi yang Diproduksi Oleh Beberapa Pengrajin Karet di DKI dan Jabar Dibandingkan dengan Beberapa Standar.**

Jenis barang	Modulus 600%, kg/cm <sup>2</sup>	Tegangan putus, kg/cm <sup>2</sup>	Perpanjangan putus, %	Perpanjangan tetap, %	Kekerasan shore A
"Plembungan"	11-13	200-235	1000	7.8	35
Sarung tangan:					
- industri	15-20	199-250	990	6.8	36
- bedah	16-19	220-255	990	6.7	35
Sarung jari	19-21	200-230	1000	7.5	35
Bola bladder	16-20	200-243	900	5.8	35
Benang karet	92	280-340	900	3-5	-
Sarung tangan					
- ASTM (II)	-	210*	700*	-	-
Benang karet					
- ASTM, ISO, BS (12)	40*	300*	600*	-	-

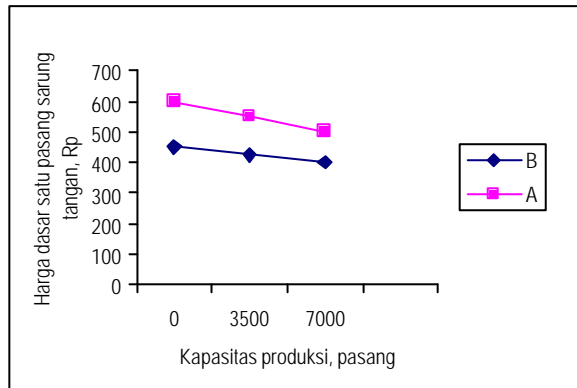
**Tabel 5. Hasil Perhitungan Harga Sepasang Sarung Tangan yang Telah Dikerjakan oleh Pengrajin Karet Cianjur, Menurut Metode Vulkanisasi Radiasi, dan Vulkanisasi Belerang.**

Jenis Kebutuhan	Dari Lateks Vulkanisasi Belerang		Dari Lateks Vulkanisasi Radiasi	
	Harga satuan	Harga total	Harga satuan	Harga total
A. Tanah dan bangunan.				
- Tanah (200 m <sup>2</sup> )	5.000	1.000.000	5.000	1.000.000
- Bangunan (70 m <sup>2</sup> )	50.000	4.500.000	50.000	4.500.000
		4.500.000		4.500.000
B. Mesin dan Peralatan				
- Gilingan peluru (1set)	400.000	400.000	20.000	20.000
- Timbangan sederhana (1 buah)	20.000	20.000	20.000	800.000
- Cetakan sarung tangan (40 pasang)	20.000	800.000	2.500	25.000
- Bak plastik (10 buah)	2.500	25.000		
- Lemari pemanas (1 buah)	200.000	200.000		
- Bak pencuci dari beton (5 lubang)	10.000	30.000	10.000	30.000
- Ruang pengeringan (1 ruangan)	100.000	100.000	100.000	100.000
- Peralatan tak terduga	100.000	100.000	100.000	100.000
		1.675.000		1.075.000
C. Biaya Operasi selama 3 Bulan				
- Lateks (1.500 kg)	750	1.125.000	1.100	1.650.000
- Penggumpal (10 kg)	900	9.000	900	9.000
- Pewarna (1,5 kg)	8.000	12.000	8.000	12.000
- Air bersih (100 m <sup>3</sup> )	200	20.000	200	20.000
- Pemeliharaan B (1/bln)	16.750	50.250	10.750	32.250
- Penyusutan A (5/thn)		56.250		56.250
- Ongkos penjualan dsb.		180.000		180.000
- Ongkos (10 orang untuk VB)	600.000	1.800.000	4 orang	720.000
- Bahan pemvulkanisat (30 kg untuk VB)	2.000	60.000		
- Listrik		60.000		15.000
		3.372.500		2.694.500
Produksi Sarung Tangan Selama 3 Bulan 7000 pasang.	3.372.500		2.694.500	
Jadi harga sarung tangan setiap pasang.	7000	481.80	7000	384.92

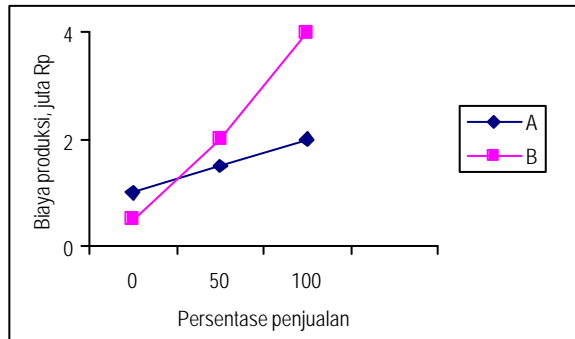


*Aspek Ekonomi*

Beberapa peneliti melaporkan bahwa harga lateks alam iradiasi antara 0.99 sampai 1.10 dolar Amerika, bila harga lateks alam 0,75 dolar/kg<sup>(9,10)</sup>. Hasil perhitungan harga dasar sarung tangan yang diproduksi oleh pengrajin karet yang telah sepuluh tahun bekerja dengan menggunakan vulkanisasi belerang, kemudian sejak awal 1982 sampai sekarang menggunakan lateks alam iradiasi tertera pada Tabel 6. Dari tabel ini terlihat bahwa harga dasar sarung tangan dari lateks alam iradiasi Rp. 384.93/pasang, sedang dengan vulkanisasi belerang Rp. 481.80/pasang. Harga yang lebih murah ini karena pada penggunaan lateks alam iradiasi lebih sedikit menggunakan bahan kimia, energi panas, tenaga kerja, dan modal kerja. Selanjutnya hubungan antara kapasitas produksi dengan harga sarung tangan tiap pasang secara industri rumah tangga terlihat pada Gambar 4. Dari gambar ini terlihat bahwa dengan menggunakan 4 tenaga kerja, misalnya ayah, ibu, dan dua orang putranya akan menghasilkan sarung tangan sekitar 2000 pasang/bulan, dengan penghasilan Rp.240.000,-/bulan. Bila sarung tangan tersebut laku lebih dari 40% dari kapasitas produksi, akan didapat keuntungan tambahan, karena break even point-nya sekitar 40% (Gambar 5). Break even point, yaitu besarnya persentase penjualan dari kapasitas produksi, yang tidak menandatangani keuntungan.



**Gambar 4.** Hubungan Antara Kapasitas Produksi dengan Harga Dasar 1 ps. Sarung Tangan. A= menggunakan lateks vulkanisasi belerang, B=menggunakan lateks alam iradiasi.



**Gambar 5.** Hubungan Antara Persentase Penjualan dengan Biaya Produksi (A), dan Volume Penjualan (B). P = “break even point”

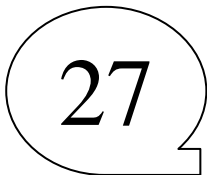
## KESIMPULAN

1. Lateks alam iradiasi merupakan lateks alam pravulkanisasi radiasi, sehingga langsung dapat digunakan oleh pengrajin karet untuk barang-barang karet. Misalnya: sarung tangan, sarung jari, bola bleder, “plembungan”, boneka, topeng, dot bayi, dan barang karet.
2. Lateks tersebut di samping dapat disimpan lama (lebih dari 6 bulan), juga tahan terhadap guncangan selama perjalanan, dan sifat mekanik barang karet yang dihasilkan tidak berubah.
3. Pembuatan barang karet dari lateks alam iradiasi caranya mudah dan sederhana hemat bahan kimia dan energi panas, dan sifat mekanik barang karet yang dihasilkan memenuhi standar.
4. Biaya pembuatan barang karet dari lateks alam iradiasi dalam skala industri rumah tangga relatif rendah, sehingga dapat dijangkau pengrajin karet dari golongan ekonomi lemah.

## DAFTAR PUSTAKA

1. KANWIL DPRIN JABAR dan BPEN, “Bahan Karet Setengah jadi Merupakan Bahan Pendorong Pertumbuhan Indusrti Kecil”, Seminar Master Batch Carbon Black, BPP, Bogor 16 Februari 1984.
2. Brench, E.F.L., What Is Your Business, Kanisius, Yogyakarta (1975)

3. Sundardi, F., Marga Utama, dan Soeparmo, H., Pembuatan Barang-barang Karet Dari pada Latex Alam Pekat Yang Divulkanisasi secara radiasi (PPPJ/T.43/1974). Pusat Penelitian Pasar Jumat, BATAN (1974).
4. Sundardi, F. Marga Utama, dan Soeparmo, H., Pembuatan Barang-barang Karet Dari Kebun yang Divulkanisasi Radiasi Sinar Gamma Cobalt-60 PPPJ/T70/1975). Pusat Penelitian Pasar Jumat, BATAN (1975).
5. Marga Utama, Lateks Radiasi Sebagai Bahan Dasar Rumah untuk Pembuatan Sarung Tangan Secara Sederhana, Majalah BATAN XVI I (1983) 99.
6. ASTM, Standard Methods for Testing. Rubber Thread. D 2433-83 (1984).
7. ASTM, Standard Spesification for Rubber Concentrated, Ammonia Preserved, Creamed and Centrifuged Natural Rubber Latex, D 1076-80 (1984).
8. ASTM, Standar Test Methods for Rubber Properties in Tension, D 412-83 (1983).
9. Ridwan, M., "Co-60 Plant for Irradiation Vulcanization on Natural Rubber Latex", First UNDP Industrial Technology Transfer Workshop, BATAN, Jakarta (1982).
10. ASTM, Standar Spesification for Rubber Examination Gloves, D 3578-77 (1984).
11. Calvert, K.O., Polymer Latices and Their Application, Appl. Sci. Publisher Ltd., London (1983).



# STUDI PEMBUATAN BENANG KARET DARI CAMPURAN LATEKS ALAM IRADIASI DAN LATEKS ALAM KOMPONEN BELERANG

Marga Utama  
Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN

## ABSTRAK

Studi Pembuatan Benang Karet Dari Campuran Lateks Alam Iradiasi Dan Lateks Alam Komponen Belerang. Beberapa faktor penting dalam pembuatan benang karet, yaitu susunan campuran kompon, bahan penggumpal, dan waktu vulkanisasi telah dipelajari. Sifat mekanik benang karet yang dihasilkan skala pabrik misalnya tegangan putus, modulus perpanjangan putus, dan perpanjangan tetap telah dievaluasi. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa untuk mendapatkan benang karet yang memenuhi persyaratan standar (American Society for Testing and Materials) diperlukan kondisi proses sebagai berikut : (i) perbandingan campuran lateks alam iradiasi dan lateks alam kompon belerang = 1:1 bagian berat, dengan menggunakan penggumpalan asam asetat, (ii) suhu vulkanisasi 100°C selama 60 – 90 menit benang. Karet yang dihasilkan dengan menggunakan kondisi tersebut memiliki tegangan putus 340 kg/cm<sup>2</sup>, modulus 600%=92 kg/cm<sup>2</sup>, perpajangan putus 950%, dan perpanjangan tetap 4? %.

## ABSTRACT

Study On The Production Of Rubber Thread From A Mixture of Irradiated Natural Latex And Natural Latex Sulphur Compounding. Some importance factors for producing the rubber thread e.g. the composition of compounding, coagulant, and time of vulcanization have been studied. The mechanical properties of rubber thread such as tensile strength, modulus, elongation at break, and permanent set have been measured. The results showed that for producing the rubber thread which meet ASTM (American Society for Testing and Materials) requirements, it need the following conditions : (i) The ratio between irradiated natural latex and natural latex sulphur compounding are

1:1 by weight, with acetic acid as a coagulant. (ii) Temperature of vulcanization is 100°C for 60 – 90 minutes. The tensile strength of rubber thread produced by those condition of processing is 340 kg/cm<sup>2</sup>, modulus 600% is 92 kg/cm<sup>2</sup>, elongation at break is 95%, and permanent set is 4? %.

## I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara penghasil karet alam kedua di dunia. Produksi karet alam dari tahun ke tahun meningkat. Hal ini disebabkan karena area perkebunan karet bertambah dengan adanya sistem PIR (Perkebunan Inti Rakyat). Direncanakan produksi karet alam di Indonesia pada tahun 1985 mencapai 981.653 ton, tahun 1986 meningkat menjadi 1.033.409 ton, dan tahun 1988 menjadi 1.313369 ton <sup>(1)</sup>. Dari hasil wawancara kami dengan pengusaha industri karet di beberapa tempat di Jawa mengatakan bahwa Indonesia masih mengimpor benang karet, karena sampai saat ini belum berkembang industri pembuatan benang karet <sup>(2)</sup>.

Pembuatan benang karet berdiameter 0.2-0.3 mm dari lateks alam yang di vulkanisasi belerang telah lama dikenal orang. Mereka menggunakan belerang, ZMBT, ZDBC, TMTD, ZDEC sebagai bahan pemvulkanisasi, dan KOH sebagai bahan pematap. Dari susunan kompon ini di diperoleh benang karet dengan tegangan putus 300 kg/cm<sup>2</sup>, dan perpanjangan putusnya berkisar 600%. <sup>(3)</sup>

Sejak Februari 1984, Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, telah berhasil mengola lateks alam menjadi lateks alam iradiasi dalam skala pilot, yaitu sekali pengolahan dihasilkan 1.7 ton lateks alam iradiasi. Lateks hasil pengolahan dengan radiasi ini tahan disimpan selama 6 bulan dan merupakan lateks yang sudah divulkanisasi <sup>(4)</sup>.

Dalam penelitian ini akan dibahas proses pembuatan benang dari campuran lateks alam iradiasi dan kompon lateks belerang, dengan tujuan ingin mengetahui sejauh mana, lateks alam iradiasi dapat dipakai untuk membuat benang karet. Beberapa faktor penting yang mempengaruhi proses pembuatan benang, yaitu jenis bahan penggumpal, waktu dan suhu vulkanisasi, susunan campuran lateks alam iradiasi, dan kompon lateks belerang telah dipelajari dan sifat mekanik benang karetanya dievaluasi.

## II. BAHAN DAN METODE

### Bahan :

Lateks alam iradiasi produksi Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi-BATAN, yang spesifiknya seperti Tabel 1. Bahan pemvulkanisasi, yaitu MBT, ZDC, TMTD, dan bahan pemantap KOH. Bahan penggumpalan formiat dan asam asetat. Semua bahan kimia tersebut berkualitas teknis.

**Tabel 1. Spesifikasi Lateks Alam Iradiasi Hasil Produksi Skala Pilot, 1700 Kg/18 Jam.**

Jenis pengujian	Nilai
A. Lateks	
Kadar padatan, %	61.50
Kadar NH <sub>3</sub> , %	0.70
Kestabilan mekanik, detik	1800
Kadar asam lemak eteris, %	0.04
Kekentalan, cp	69 – 90
B. Film karet secara tuang	
Modulus 600%, kg/cm <sup>2</sup>	15
Tegangan putus, kg/cm <sup>2</sup>	202
Perpanjangan putus, %	1082
Perpanjangan tetap, %	9.7

### Alat:

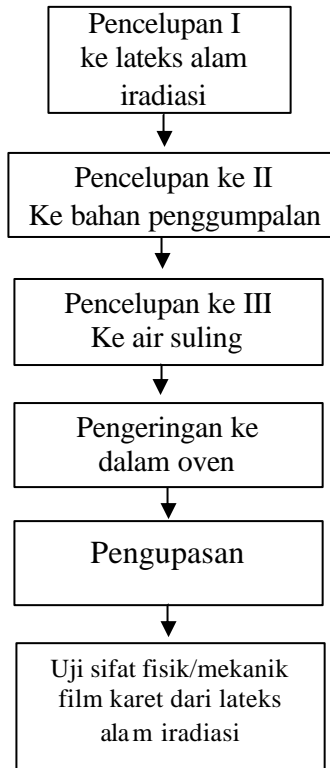
Mesin pembuat benang dan kapasitas 40 kg benang/jam milik PT.INKLINDO Jakarta, Instron tester untuk menguji sifat mekanik benang karet, dan beberapa peralatan yang digunakan untuk pembuatan film karet yang dimiliki oleh PAR-BATAN, Jakarta.

### Metode:

Untuk memperkecil kegagalan dalam pembuatan benang karet skala besar, maka dalam penelitian ini dilakukan dua tahap, yaitu :

#### ***Tahap pembuatan film karet***

Yang dilakukan dalam skala laboratorium, dengan tujuan mencari kondisi optimum pemakaian bahan penggumpal, pengaruh suhu vulkanisasi, susunan campuran lateks alam iradiasi dan lateks alam kompon belerang serta daya simpan campuran lateks tersebut. Adapun urutan cara pembuatannya disesuaikan dengan cara pembuatan benang karet, yaitu penggumpalan, pencucian dan pemanasan (Gambar 1).



**Gambar 1.** Urutan Pembuatan Film Karet Dari Lateks Alam Iradiasi Yang Disesuaikan Dengan Urutan Pembuatan Benang Karet.

Acuan yang dibuat dari kaca dicelupkan ke dalam lateks, kemudian ke bahan penggumpal, dan dicuci dengan air, dengan cara dicelupkan berkali-kali. Setelah dilm karet bebas dari asam yang berasal dari bahan penggumpalan, maka dikeringkan dengan suhu dan waktu bervariasi. Film karet yang dihasilkan diuji sifat fisik dan mekaniknya.

***Tahap pembuatan benang karet***

Yang dilakukan dalam skala pabrik, yaitu sekali pembuatan dibutuhkan lateks 200 kg. Kondisi pembuatan benang yang dilakukan di sini sesuai hasil optimal kondisi yang diperoleh skala laboratorium. Caranya adalah sebagai berikut (Gambar 2).

Dua ratus kg lateks dimasukkan ke dalam tangki A, melalui penyaring B. kemudian secara otomatis lateks tersebut tersemprot melalui lubang C, yang diameternya dapat diatur. Lateks yang keluar dari lubang ini akan menggumpal setelah melalui bahan penggumpal di bak D. Selanjutnya benang karet yang

masih basah dicuci di bak E. Benang karet yang telah melalui ruang pemanas F akan kering,, kemudian digulung, maka benang ini siap dipasarkan.

Untuk menguji sifat mekanik film di benang karet prosedurnya disesuaikan dengan standar ASTM<sup>(5, 6)</sup>.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Sifat Film Karet

##### *Jenis bahan penggumpal*

Dua jenis bahan penggumpal, yaitu asam asetat dan asam formiat dengan bermacam-macam kadar asam telah diteliti. Difat film karet yang diperoleh dengan menggunakan kedua jenis bahan tersebut tertera di Tabel 2. Tabel ini menunjukkan bahwa baik modulus, perpanjangan putus, perpanjangan tetap, dan tegangan putus tidak berbeda nyata pada taraf 95%. Hal ini membuktikan bahwa dengan kadar asam 10% pun sudah cukup untuk menggumpalkan lateks yang tebalnya sekitar 0.5 mm.

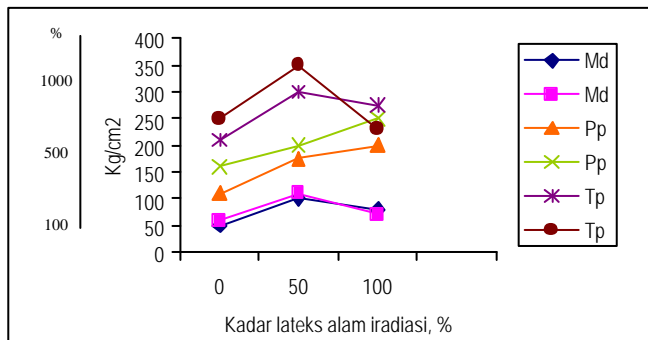
**Tabel 2. Sifat Mekanik Film Karet Dari Lateks Alam Iradiasi Hasil Produksi Skala Pilot Bulan Februari 1984, 1700 Kg/ 12 Jam.**

Jenis bahan	Kadar (%)	Modulus 600% (kg/cm <sup>2</sup> )	Tegangan putus (kg/cm <sup>2</sup> )	Perpanjangan	
				Putus (%)	Tetap (%)
Asam asetat	40	23.4	207	1052	8.05
	20	22.2	208	1071	7.90
	10	23.0	208	1062	8.10
Asam forminat	40	22.9	206	1016	7.81
	20	22.6	199	1080	8.31
	10	21.8	210	1033	8.61

##### *Komposisi campuran lateks alam iradiasi dan kompon lateks belerang*

Kompon lateks belerang yang digunakan di dalam penelitian ini dibuat berdasarkan kompon lateks khusus untuk membuat benang karet. Selanjutnya kompon lateks belerang tersebut dicampur dengan lateks alam iradiasi. Perbandingan campuran antara lateks alam iradiasi dengan kompon lateks alam belerang ialah : 0, 33, 67, dan 100%. Sifat film karet yang diperoleh dari campuran tersebut terlihat di Gambar 3.



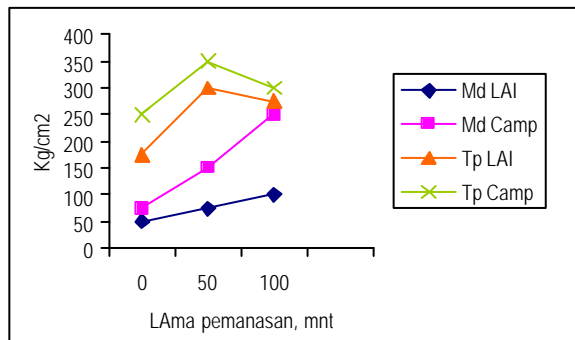


**Gambar 3.** Hubungan Antara Kadar Lateks Alam Iradiasi Dalam Kompon Lateks Belerang Dengan Modulus 600% Dan Tegangan Putus Film Karet. Bahan Pnggumpalan Asam Asetat, Suhu Pemanasan 100°C Dengan Waktu 30 Menit Dan 60 Menit .

Dari gambar ini menunjukkan bahwa modulus 600%, naik dengan naiknya kadar lateks alam iradiasi, tetapi pada kadar lateks alam iradiasi 100% menurun, baik pada pemanasan 100°C selama 30 menit maupun 60 menit maupun 60 menit. Hal yang sama terjadi pula pada tegangan putus. Sedang pada perpanjangan putusnya naik. Secara umum baik modulus maupun tegangan putus film karet yang dibuat dari campuran lateks alam iradiasi dan kompon lateks belerang saja. Diduga hal ini disebabkan karena di dalam campuran tersebut terdapat dua macam ikatan silang, C-C pada lateks alam iradiasi, dan ikatan silang C-S-C pada komponen lateks belerang. Dengan demikian jumlah ikatan silang antara poliisopren di dalam campuran tersebut lebih banyak sehingga modulus lebih tinggi<sup>(8)</sup>.

#### *Suhu vulkanisasi*

Secara konvensional untuk mendapatkan tegangan putus yang maksimal dari kompon lateks belerang, maka pemanasan dilakukan tiga tahap, yaitu pemanasan awal 40 – 50°C selama 2 – 3 hari, pemanasan kedua 70°C selama 2 jam, dan pemanasan akhir 100°C selama 1 jam<sup>(7)</sup>. Pemanasan awal dan kedua bertujuan membuat kompon tersebut menjadi kompon pravulkanisasi, sedang pemanasan akhir merupakan tahap penyempurnaan. Oleh karena campuran lateks alam iradiasi dan kompon lateks belerang merupakan kompon lateks pravulkanisasi, maka penelitian ini hanya dilakukan pemanasan tahap akhir, yaitu 100°C dengan waktu bervariasi 30, 60, 90, dan 120 menit, dengan tujuan mencari waktu vulkanisasi yang optimal. Hasil sifat mekanik yang diperoleh terlihat di Gambar 4.



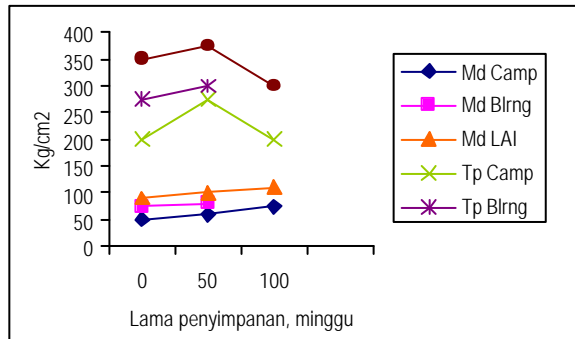
**Gambar 4.** Hubungan Antara Waktu Pemanasan Dengan Modulus 600% Dan Tegangan Putus Film Karet. Bahan Penggumpalan Asam Asetat, Suhu 100°C. Campuran Lateks Alam Iradiasi Dan Kompon Lateks Belerang. Lateks Alam Iradiasi.

Gambar ini menunjukkan bahwa waktu vulkanisasi optimal 60 –90 menit, karena pada saat tersebut diperoleh tegangan putus maksimal yaitu 320 kg/cm<sup>2</sup>, dengan modulus 600% berkisar 90 kg/cm<sup>2</sup>. Jadi suatu hal yang menguntungkan pada pemakaian campuran lateks alam iradiasi dan kompon lateks belerang ialah tanpa melakukan pemanasan awal dan kedua, sehingga lebih menghemat tenaga panas.

#### *Daya simpan kompon lateks*

Sifat mekanik film karet dari campuran lateks alam iradiasi dan kompon lateks belerang setelah disimpan beberapa minggu tertera pada Gambar 5.

Pada gambar ini terlihat bahwa pada kompon lateks belerang tegangan putus film karetnya mengalami penurunan setelah minggu kedua, sedang pada campuran lateks alam iradiasi dan kompon lateks belerang turun setelah minggu ke-5, sementara lateks alam iradiasi saja sampai minggu ke-24, bahkan minggu ke-12 mengalami kenaikan. Turunnya tegangan putus film karet disebabkan karena daya adhesif antara partikel karet berkurang, sedang naiknya modulus disebabkan karena jumlah pengikat silang antara poliisopren karet alam bertambah. Sifat ini sangat bermanfaat, karena walaupun lateks alam iradiasi sudah disimpan selama 6 bulan, namun bila dicampurkan dengan kompon lateks belerang, sifat mekanik film karetnya masih baik, yaitu tegangan putus sekitar 326 kg/cm<sup>2</sup>, modulus 600% berkisar 83 kg/cm<sup>2</sup>, perpanjangan putus berkisar 928%, dan perpanjangan tetap berkisar 4% (Tabel 3).



**Gambar 5.** Hubungan Antara Lama Penyimpanan Lateks Alam Iradiasi Dengan Modulus 600% Dan Tegangan Putus Film Karet Dari Berbagai Macamkompon Campuran Lateks Alam Iradiasi Dan Kompon Lateks Belerang. Kompon Lateks Belerang, Lateks Alam Iradiasi.

**Tabel 3.** Sifat mekanik film karet dari campuran lateks alam iradiasi dan kompon lateks belerang dengan perbandingan 1 : 1 bagian berat. Lateks alam iradiasi telah disimpan 3, 6, dan 9 bulan. Bahan penggumpalan asam asetat, dengan waktu pemanasan 90 menit pada suhu 100°C.

Sifat mekanik	Lama penyimpanan			
	0	3	6	9
Modulus 600%, kg/cm <sup>2</sup>	46	77	83	89
Tegangan putus, kg/cm <sup>2</sup>	249	298	326	225
Perpanjangan putus, %	925	780	928	813
Perpanjangan tetap, %	7.0	4.5	3.8	3.7

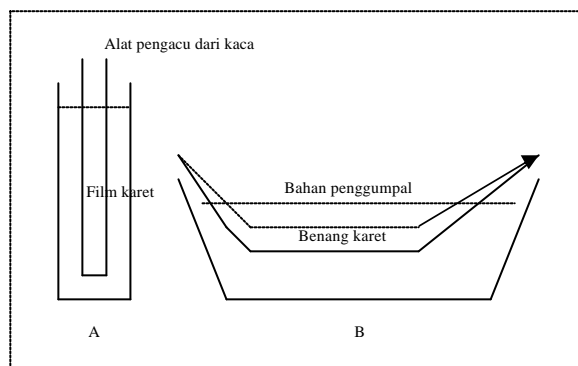
#### *Sifat Benang Karet*

Pembuatan benang karet yang dilakukan skala pabrik dan kondisinya disesuaikan dengan kondisi optimal pembuatan film karet, yaitu susunan campuran lateks alam iradiasi dan kompon lateks belerang 1 : 1 bagian berat, suhu pemanasan 100°C selama 60 menit, dengan bahan penggumpalan asam asetat. Hasil sifat mekanik benang karet misalnya modulus 600%, tegangan putus, perpanjangan putus, dan perpanjangan tetap tertera pada Tabel 4.

**Tabel 4. sifat mekanik karet yang dibuat skala pabrik dan sifat mekanik film karet yang dibuat skala laboratorium**

Sifat mekanik	Kompon lateks belerang	Campuran lateks alam iradiasi + kompon lateks belerang		Lateks alam iradiasi
		Benang	Film	
Diameter, mm	0.55 – 0.64	0.44 – 0.48	-	0.38 – 0.42
Modulus 600%, kg/cm <sup>2</sup>	62	92	80	20
Tegangan putus, kg/cm <sup>2</sup>	290	360	318	245
Perpanjangan putus, %	850	950	975	1000

Tabel ini menunjukkan bahwa baik tegangan putus, maupun modulus karet dari campuran lateks alam iradiasi dan kompon lateks belerang saja. Di samping itu tegangan putus benang karet yang dihasilkan dengan menggunakan skala pabrik lebih besar daripada tegangan putus film karet dengan menggunakan skala laboratorium. Hal ini disebabkan karena proses penggumpalan benang karet lebih sempurna daripada proses penggumpalan terjadi di seluruh permukaan, sedang pada film karet hanya terjadi pada permukaan luar saja, sehingga daya adhesif antara partikel karet di dalam benang karet lebih kuat (Gambar 6).



**Gambar 6. Proses penggumpalan film karet (A)  
Proses penggumpalan benang karet (B)**

#### *Daya Tahan Benang Karet Terhadap Pemanasan*

Sifat mekanik benang karet setelah dipanaskan pada suhu 70°C selama 166 jam tertera di Tabel 5.

**Tabel 5. sifat mekanik benang karet dari campuran lateks alam iradiasi dan kompon lateks belerang dengan perbandingan 1 : 1 bagian berat, sebelum dan sesudah pemanasan 70°C selama 166 jam**

Sifat mekanik	Sebelum pemanasan	Sesudah pemanasan 70°C, 166 jam	Persentase penurunan (-) kenaikan (+)
Modulus 600%, kg/cm <sup>2</sup>	92	75	-18.5
Tegangan putus, kg/cm <sup>2</sup>	360	323	-11
Perpanjangan putus, %	950	1060	+12
Perpanjangan tetap, %	4.5	2.7	-44

*Kompon belerang*

Sulfur	50%	=	1.8	kg
ZEDC	50%	=	1.2	kg
ZMBT	50%	=	0.9	kg
BHT	50%	=	1.2	kg
Titan	50%	=	12	kg
Lateks alam		=	100	kg

Tabel ini menunjukkan bahwa dengan adanya pemanasan baik modulus maupun tegangan putus mengalami penurunan masing-masing 18,5% dan 11%. Hal ini masih memenuhi persyaratan standar ASTM. Di samping itu perpanjangan putus mengalami kenaikan, sedangkan perpanjangan tetap mengalami penurunan. Hal ini malah menguntungkan karena benang tersebut lebih elastis dan tidak mudah kendur.

#### IV. KESIMPULAN

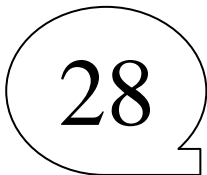
Campuran lateks alam iradiasi dan lateks alam kompon belerang dapat digunakan untuk pembuatan benang karet dalam skala pabrik, dengan mutu memenuhi persyaratan standar ASTM.

Untuk mendapatkan benang karet yang sifatnya mekaniknya memenuhi persyaratan tersebut, kondisi optimalnya sebagai berikut :

- Campuran lateks alam iradiasi dengan lateks kompon belerang 1 : 1 bagian berat karet, dengan bahan penggumpalan asam asetat.
- Suhu pemanasan 100°C selama 60 – 90 menit.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Darmanto, Final Report on the Regional (RCA) Industrial-Demonstration of Radiation Vulcanization of NR Latex, PAIR-BATAN, Jakarta, September (1984). Tidak dipublikasikan.
2. Ketua Asosiasi Pengusaha Karet Indonesia (1984), Komunikasi pribadi.
3. K.O. Calvert, "Polymer Latice and Their Application", Appl. Sci. Publisher Ltd., London (1981)
4. Marga Utama, "Review Experiment Results of UNDP Regional (RCA) Industrial Training-Demonstration on Radiation Vulcanization of NR Latex, 2<sup>nd</sup> April – 20<sup>th</sup> September 1984", Technical Review Meeting of UNDP/RCA Project on RVNRL, Jakarta 6 – 9 May (1985). Tidak dipublikasikan.
5. ASTM, D 412 – 83 (1984)
6. ASTM, D 2433 – 83 (1984)
7. Marga Utama, Majalah BATAN XVI<sub>1</sub> (1983) 96
8. S.O. Pinner, International Journal of Applied Radiation and Isotopes, V (1959) 121



# PRODUCTION OF RUBBER FOAM BY USING RADIATION VULCANIZATION TECHNIQUE

Marga Utama  
Center for the Application of Isotopes and Radiation, National Atomic Energy Agency, Indonesia

## ABSTRACT

Three important factors involve in the production of rubber foam by radiation vulcanization of natural rubber latex (NRL). These are variation of total solid content of NRL (40, 50, 55 %), agitation speed (500, 1000, 1500 rpm), and irradiation technique (before or after latex foaming). The properties of rubber foam obtained from two different processes (latex irradiation before foaming) is more effective in producing stable rubber foam than the second process (irradiation after foaming). The optimum condition in the first process are irradiation dose of 15 kGy, 100 rpm speed on beating, and total solid content 45%. Under this condition the rubber foam has a low modulus (modulus 300% = 0.2 MPa), high elongation at break (560%), and tensile strength of approximately 0.4 MPa.

## I. INTRODUCTION

Currently, the average consumption of NR foam in the world is about 50,000 ton (1988) with the increasing rate of 2% per year. In Europe foam rubber producers are experiencing a resurgence of demand for their products and seem to have good prospects for the future <sup>(1)</sup>. NR foam is a flexible cellular material. The term “cellular materials” is defined by ASTM as a generic term for materials containing many cells (either open, closed, or both) dispersed throughout the mass. There are currently two major methods of producing latex foam. First is chemical foaming, which proposes to use every possible reaction for generating gas in the latex compound (latex + sulfur + antioxidant + accelerator) to cause it to foam; and second method is then vulcanized by heating <sup>(2)</sup>. This experiment used the second method, with irradiated latex as a compound latex without adding any vulcanizing chemicals. The objective of this experiment is to do

determine the optimum processing condition for producing NR foam by radiation vulcanization.

## II. EXPERIMENTALS

### *Materials*

The natural rubber latex (NRL) was obtained from Pasir Waringin Rubber Plantation, Serang, West Jawa. The specification of this NR latex is presented in Table 1.

**Table 1. Specification of centrifuge NR latex from Pasir Waringin Rubber Plantation.**

Properties	Value
Total Solid Content (TSC) (%)	61.5
Dry Rubber Content (DRC) (%)	60.2
Ammonia content (% weight of latex)	0.8
Volatile Fatty Acid Number	0.03
Mechanical Stability Time (Sec.)	1200
PH	10.2
Viscosity (Cp.)	71

Ammonium oleate, Zinc oxide, normal butyl acrylate, carbon tetrachloride, dephenyl guanidine (DPG), sodium silico fluoride (SNF) used in this experiment are of technical grade.

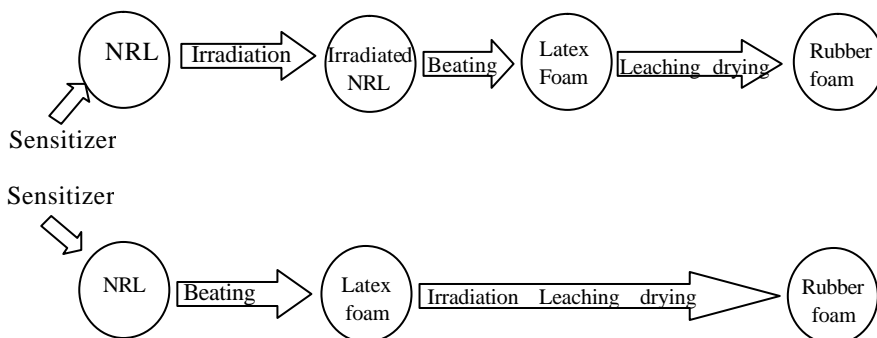
### *Apparatus*

Panoramic cobalt-60 Irradiation of 80 kCi, Instron Tester type 1122, hand mixer, etc.

### *Methods*

The schematic diagram of the experiment to produce rubber foam is given in Figure 1, and the formulation is described in Table 2.





**Figure 1.** Schematic Diagram Experiment.

**Table 2. Formulation Rubber Foam From Irradiation Latex.**

Materials	Par by weight g.	
	Wet	Dry
NR latex or irradiated latex (5% DRC)	170	100
7.5% solution of ammonium oleate	6	0.8
20% solution of ammonium chloride	1	0.2
25% dispersion of dephenyl guanidine	3.5	0.88
50% dispersion of zinc oxide (ZnO)	5	2.5
15% dispersion of natrium silicofluoride	1.5	0.1

One hundred part by weight of NR latex with 40, 45, 50 or 55 % total solid content was added with 6 ml of 7.5% ammonium oleate and 1 ml of 20% ammonium chloride. The mixture was then beaten at various speeds (500, 1000, or 1500 rpm) for several minutes. One minute before adding into the mould, 3.5 ml NSF solution, were added into the latex foam. Finally the latex foam was poured onto the mould and heated. NR latex was irradiated before and after foaming at 12, 25 and 35 kGy. The properties of rubber foam were determined according to the ASTM or BSI standards<sup>(3-5)</sup>.

### III. RESULTS AND DISCUSSION

#### *Effect of total solid content*

Table 3 shows the stability of latex foam as affected by different total solid content and beating time. It was found that the stable latex foam can be obtained at 45% total solid content. There is an indication that a large bubble foam will appear when the total solid content is lower than 45%.

**Table 3. Effect Of Total Solid Content And Beating Time On The Stability Of Latex Foam And Its Buble. Speed Of Beating = 750 Rpm.**

Beating time (minutes)	Total solid content (%)							
	40		45		50		55	
	A	B	A	B	A	B	A	B
1	NS	LB	S	LB	S	SB	S	SB
2	NS	LB	S	LB	S	SB	S	SB
3	NS	LB	S	LB	S	SB	S	SB
4	NS	LB	S	LB	S	SB	S	SB
5	NS	LB	S	LB	S	SB	S	SB

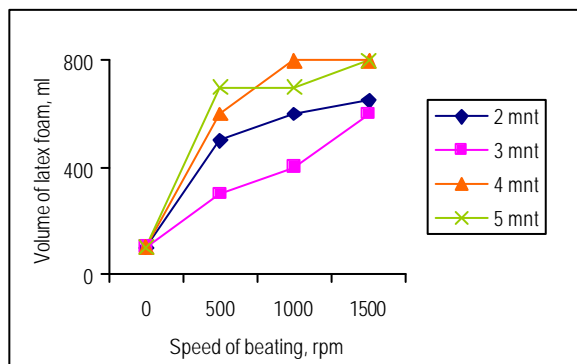
Note : NS = not stable, S = stable, LB = large bubble, SB = small bubble

#### *Effect of beating speed*

The simplest procedure for producing latex foam is to beating the compounded latex by the rotation action of a wire cage rotating with a planetary motion. The machine was of the type commonly used in home bakery industry. The beating speed were 500, 1000, and 1500 rpm (rotation per minutes). The beating time is varied from 1 to 5 minutes. Figure 2 shows the effect of beating speeds on the volume of latex foam increases. This may be due to the increased amount of air penetrated into the mixture. At the speeds higher than 500 rpm and 4 minutes the volume of the latex foaming is quite stable. The high speed of beating will increase the production of latex foam. However, the speed should be kept not too high to avoid large bubble formation and reduce the porosity of the foam.

#### *Radiation technique*

Latex foam products are normally vulcanized ("cured") by heating in the mould in which they are formed. In the case of radiation technique, the purpose of heating is only to remove water. The irradiation was applied in two different processes. In the first process the NRL was irradiated before foaming at 15, 25, and 35 kGy, then latex foam was heated in the oven at 100°C for 30 to 35 minutes. In the second process, irradiation was carried out after foaming of NRL.



**Figure 2.** Effect Of Beating Speed On The Volume Of Latex Foam, At Different Beating Time.

**Table 4. Physical And Mechanical Properties Of Rubber Foam Produced By Different Methods.**

Properties,MA	Method	Irradiation dose kGy		
		15	25	35
Modulus 100% (MPa)	I	0.25	0.22	0.21
	II	0.21	0.20	0.19
Tensile strength (MPa)	I	0.42	0.37	0.36
	II	0.38	0.28	0.29
Elongation at break (%)	I	556	526	552
	II	556	560	550
Hardness (kg/cm <sup>2</sup> )	I	1.129	1.110	0.102
	II	0.110	0.099	0.095
Density (g/cm <sup>2</sup> )	I	0.218	0.214	0.214
	II	0.210	0.215	0.214

Note : I = first method =NRL, irradiation, faming.

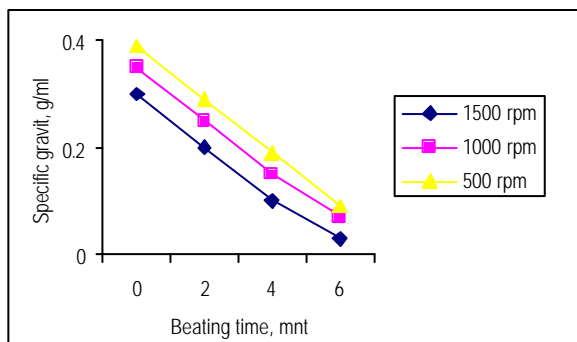
II = second method = NRL, foaming, irradiation.

Table 4 describes the physical and mechanical properties of the rubber foam resulted from the two different processes. The stable latex foam was only obtained from the first processes. The tensile strength or modulus of the rubber

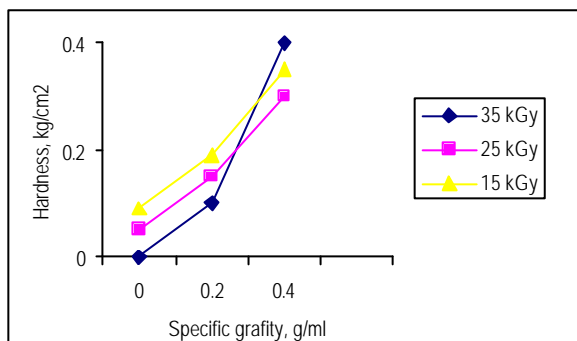
foam from the first process. This means that irradiation dose absorbed from the first process was more effective as compared to the second proces.

### Control Of Density

The simple procedure for controlling the density of latex foam is to prolong the time of beating. The effect of beating time on density is shown in Figure 3. it indicates that by increasing of beating time, the density of latex foam decreases and as a consequence the hardness will also decrease (Figure 4).



**Figure 3.** Effect Of Beating Time On Specific Gravity Of Rubber Foam From Irradiated Latex At Different Speeds Of Rotation.



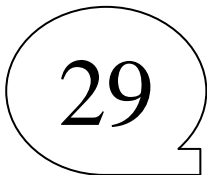
**Figure 4.** Coleration Between Specific Gravity And Hardness Of Rubber Foam From Irradiation Doses.

## IV. CONCLUSION

Two different processes of producing latex foam by radiation vulcanization have been developed at PAIR-BATAN. Irradiation was applied before foaming in the first process and after foaming in the second one. Results suggested that irradiation before foaming is better and more effective in producing a stable foam. The optimum condition of the process are : irradiation dose 15 kGy, speed of beating 1000 rpm, and total solid content of latex is 45%. Under this condition the latex foam has a low modulus (Modulus 300% = 0.2 MPa), high elongation at break (560%), tensile strength of approximately 0.4 MPa.

## REFERENCES

1. Pendle, T.D., Trends And Growth In The Latex Industry, RTG On RVNRL, Jakarta, June 26 July 10, 1991, CAIR-NAEA, Jakarta (1991).
2. Calvert K.O., Polymer Laties And Their Applications, Applied Science Publisher Ltd., London (1983).
3. ASTM, Latex Foam Rubbers D 1055-69 (1975).
4. BSI, Latex Foam Rubber For Hospital Mattres, BS.3093 (1959).
5. BSI, Latex Foam Rubber Components For Transport Seating, B.S.3175 (1960).



# TRIAL PRODUCTION OF CONDOMS FROM IRRADIATED NATURAL RUBBER LATEX ON A FACTORY SCALE

Marga Utama  
Centre for the Application of Isotopes and Radiation National Atomic Energy

## ABSTRACT

Trial Production Of Condoms From Irradiated Natural Rubber Latex On A Factory Scale. Irradiation of latex was carried out using gamma rays from  $^{60}\text{Co}$  at 20 kGy in the presence of 1 phr (part hundred ratio of rubber) of normal butil acrylate (nBA), and 1 phr of carbon tetrachloride ( $\text{CCl}_4$ ). A straight dipping process for producing condom with various processing condition, i.e. total solid content of irradiated latex (50, 51, 52 %), and speed of production (45, 46, 47 gross/hour) was applied. The results show that by increasing total solid content speed of production, the tickness and weight of condom increase. Condom from irradiated latex has low modulus, high elongation at break and high bursting volume. The condom from irradiated latex can satisfy the standard requirement.

## I. INTRODUCING

It has been reported earlier that radiation vulcanization of natural rubber latex can be sensitized by normal butil acrylate (nBA) and carbon tetrachloride ( $\text{CCl}_4$ ). The irradiated latex can be used for producing rubber latex is not cytotoxic and free from nitrosamines<sup>(4-5)</sup> so irradiated natural rubber latex will be an alternative to conventional basic substance especially for the production of consumer goods being in contact with human body, such as surgical gloves, and condom.

A condom plant in Indonesia is in operation since 1987. the designed capacity of this plant is 900 000 gross/year, using three lines of molding systems<sup>(6)</sup>.

This paper presents the results of trial production of condom from irradiated natural rubber latex in factory scale, for preparation of commercial production of condom from irradiated latex.

## II. EXPERIMENTAL

### *Materials*

High ammonia type centrifuged natural rubber latex from Pasir Waringin Rubber Plantation. PTP XI, West Jawa, Indonesia was used (Table 1). Carbon tetrachloride and normal butil acrylate were used as sentizer. Nocract 300 was used as antioxidant. All the chemicals were technical grade without further purification.

**Table 1. Properties Of Centrifuged Natural Rubber Latex For The Experiment.**

Properties	Value	Condom Spect.
Total solid content (TS), %.	62.40	61.5
Dry rubber content (DRC), %	60.90	60.5
TS-DRC	1.5	1.5**
Total NH, % weight of latex.	0.7	1.0-2.0
Viscosity, Cp.	100	120**
VFA number	0.018	0.02**

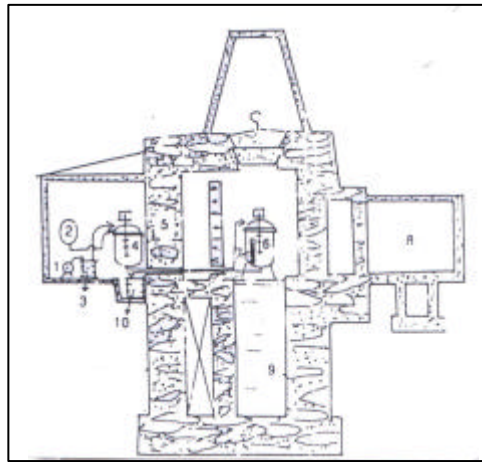
\*\* *Maximum*

### *Apparatus*

A latex irradiation with activity 110 kCi  $^{60}\text{Co}$  was used for producing the irradiated natural rubber latex. Automatic dipping condom machine with capacity 45-50 gross/hour was used for producing condom. Apparatus for testing latex and condom were pH meter. Instron tester type 1122, etc.

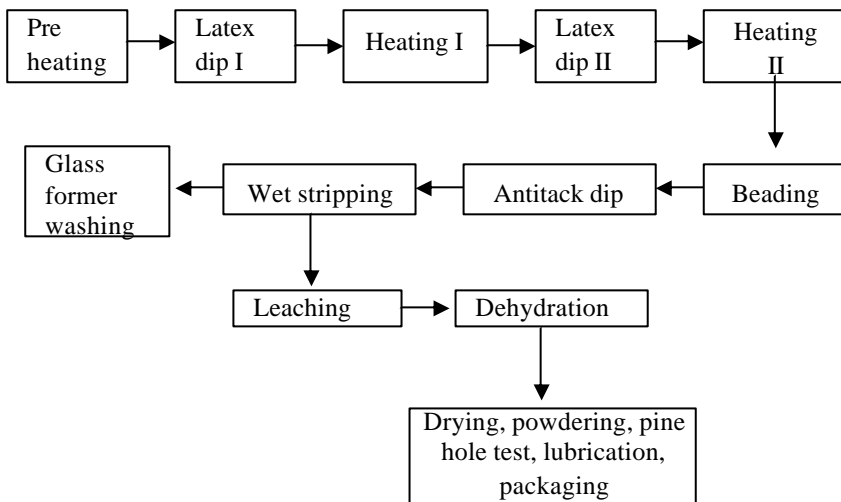
### *Method*

One hundred and fifty kg of natural rubber latex emulsion containing 1 phr of nBA, and 1 phr of  $\text{CCl}_4$  were pumped into a mixing tank (Figure 1). After mixing it was pumped into a reaction vessel. and irradiated with total irradiation dose of 20 kGy. The average dose rate measured using red respex dosimeter was 1.21 kGy. An antioxidant 0.5 phr of Nocract 300



**Figure 1.** Cross-Section Of Latex Irradiation Pilot Plant At CAIR-BATAN, Jakarta, Indonesia.

- |                             |                         |
|-----------------------------|-------------------------|
| 1. Compression pump         | 6. Reaction vessel      |
| 2. Sensitizer tank          | 7. Gamma ray Cobalt -60 |
| 3. Latex before irradiation | 8. Water treatment room |
| 4. Mixing tank              | 9. Water pool           |
| 5. Concrete shield          | 10. irradiated NRL      |



**Figure 2.** Schematic Diagram Of Trial Production Of Condom.



Was the added into the irradiated natural rubber latex. Condom were made using automatic dipping machine at Bajaran Condom Factory. Glass former were dipped into the irradiated natural rubber latex with various total solid content (50, 52, and 52 %) and various production capacity (45, 46, and 47 gros condom/hour). The whole procedure is illustrated in Figure 2. The physical and mechanical properties of condom produced were measured according to ASTM, JIS, or BS standards<sup>(7-9)</sup>.

## II. RESULT AND DISCUSSION

### *Effect of Heating Process*

The physical properties of condom made of irradiated NRL with various heating temperature before leaching, and various heating time at 80° C after leaching are shown in Table 2. The modulus increase with increasing temperature of heating time, but the tensile strength decreases, while the elongation at break dose not change so much. The increase of crosslink density among polyisoprene molecules. The decreasing of tensile strength is caused by prolongation of heating time. So, by using the drying temperature 50 °C for condom before leaching, and heating time of condom after leaching 1.5 hour at 80 °C the highest tensile strength can be obtained.

### *Effect of Total Solid Content*

The correlation between total solid content and the tickness of condom and viscosity of radiated NRL is shown in Figure 3. It is appears that by increasing the total solid content of irradiated NRL, the viscosity and tickness of condom increase, but the bursting strength and pinhole of condom decrease (Figure 4), while modulus 600%, tensile strength and elongation at break are not so much affected (Table 2). It is clear that physical properties of condom made of irradiated NRL do not affected by the total solid content. So, for producing condom with normal thickness, i.e. around 0.05 mm, the total solid content of latex should be around 51%.

### *Thickness of Condom*

The thickness distribution and weight of condom obtained from irradiated latex with different total solid content are shown in Figure 5 and 6. Figure 5 indicates that for obtaining a stable weight of condom, it need about 4 hours after starting the operation. The normal thickness distribution of condom is shown in Figure 6. Figure 7 indicates that thickness of condom increase of condom increase with increasing distance of the open end.

**Table 2. Mechanical Properties Of Condom From Irradiated Latex Using Various Processing Condition.**

Total Solid Content, %.	Heating temp. of condom before leaching, °C.	Heating time of condom after leaching at 80°C, hr.	Modulus 300%, MPa.	Tensile Strength, MPa.	Elongation at break, %.
50	50	1.5	4.1	24.0	950
		3.0	4.8	23.1	950
	90	1.5	5.7	21.0	890
51	50	3.0	6.8	20.8	800
		1.5	4.2	25.0	990
	90	3.0	4.8	24.0	990
52	50	1.5	5.5	21.2	880
		3.0	6.6	20.9	800
	90	1.5	4.0	24.0	975
		3.0	4.9	23.5	890
		1.5	5.0	22.5	846
		3.0	5.9	21.0	800

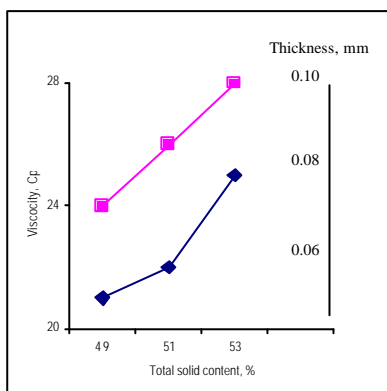


Figure 3. Effect Of Total Solid Content On Viscosity and Thickness Of Condom.

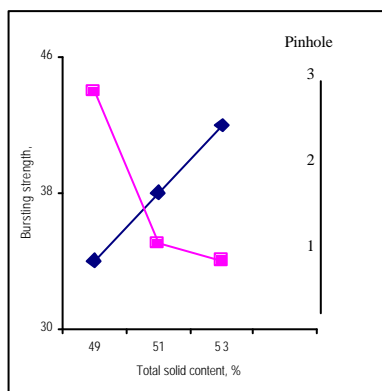


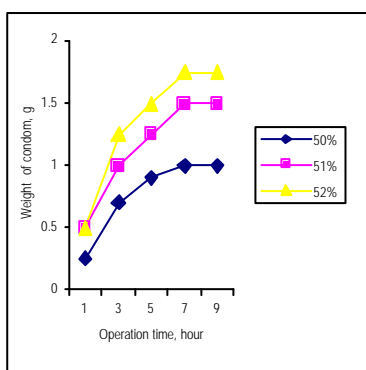
Figure 4. Effect Of Total Solid Content On Bursting Strength, And Pinhole.

***Effect of Producing Capacity***

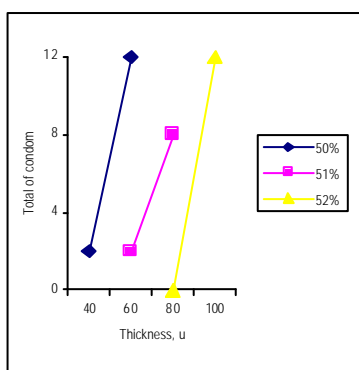
Figure 8 shows the effect of dipping speed of condom former on the thickness and weight of condom. It indicates that by increasing the speed of condom former on the thickness and weight of condom increase. Maybe it is because by increasing the speed, the irradiated latex which was caught by glass former was coagulated by air, so the condom produce become thicker.

### Effect of Storage Time

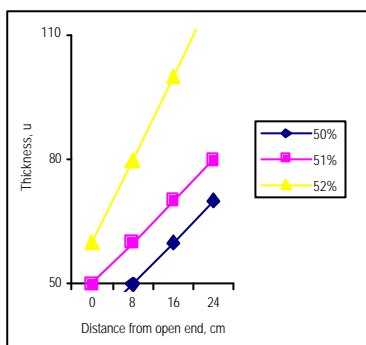
Table 3 shows the effect of storage time of irradiated NR latex on viscosity, wet tensile strength, and stickness among condoms. There is an indication that by increasing storage time of latex, the viscosity increase, while wet tensile strength and stickness among condoms decrease. For instance, by increasing the storage time from 0 to 3 months the viscosity increases from 60 to 67 cp. And the wet tensile strength decreases from 6.0 to 4.3 MPa, which can reduce the percentage of sticky from 100 to 96%. By using 0.025% antitack Quartimin D 86 P. percentage of sticky decreased from 94 to 87%, then the sticky will become 6%, if antitack G was used.



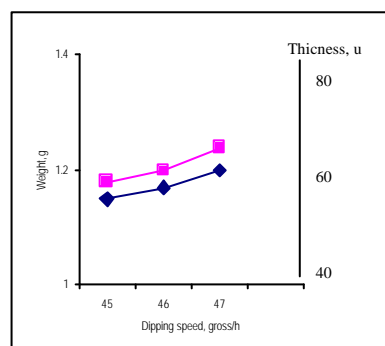
**Figure 5.** Correlation Between Operation Time And Weight Of Condom.



**Figure 6.** Thickness Distribution Of 5 Condom From Irradiated Natural Rubber Latex.



**Figure 7.** Correlation Between Distance From Open End And The Tickness Of Condom.



**Figure 8.** Effect Of Dipping Speed/Production Speed Of Weight And Tickness Of Condom.

**Table 3. Effect Of Storage Time On Viscosity, Wet Tensile Strength, And Percentage Of Sticky.**

Item	Storage time of latex, month.			
	0		3	
	I	II	I	II
Antitack				
- Antitack G	0	0	0	0
- Quartamin D 86 P	0.005	0.025	0.005	0.025
Viscosity, cp.	60	60	67	67
Wet tensile strength, MPa.	6.0	6.0	4.3	4.3
Sticky, %.	100	97	87	6

*I = First operation II = second operation*

### **Quality of Condom**

The quality of condom from irradiated NR latex which was produced in factory scale meets the ASTM, BS, and JIS standards requirements (Table 4).

**Table 4. The Quality Of Condom From Irradiated Latex, Which Was Produced In Factory Scale, And ASTM, BS, And JIS Standards.**

Properties	Condom from RVNRL	ASTM	BSI	JIS
Length, mm.	185	180 + 10	-	-
Width, mm.	49	52 + 2	-	-
Thickness, mm.	0.058	0.04-0.09	-	-
Weight, gram.	1.10+05	1.7**	-	-
Tensile strength, MPa.	22-28	24	20*	20*
Elongation at break, %.	900-1000	750	650*	650*
Blowing strength, liters.	35	-	-	25*

\* *minimum*

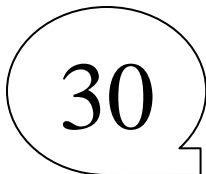
\*\* *maximum*

## **III. CONCLUSION**

Irradiated NR latex can be used directly to produce condom in factory scale. The condoms produced have low modulus, high elongation at break and high bursting volume. The overall quality meets the standard requirements.

## REFERENCE

1. Yanti Sabrinah And F. Sundari. "Bahan Pemeka Untuk Vulkanisasi Radiasi Lateks Alam I, Kombinasi Akriat Monofungsional-Karbon Tetraklorida", Pertemuan Ulmiah Proses Radiasi Dalam Industri, Sterilisasi, Dan Aplikasi Teknik Nuklir Dalam Hidrologi, Jakarta Desember 1988.
2. Marga Utama, "Studi Pemakaian Lateks Alam Iradiasi Untuk Pembuatan Barang Jadi Karet Di Tujuh Pengrajin Karet", (Risalah Seminar Nasional Proses Radiasi, Jakarta 1986), PAIR-BATAN, Jakarta (1986) 87.
3. Sundardi, F. , Marga Utama, Made Sumarti, And Siti Umisolikhat I, Test Production of Condom From Irradiated NR Latex, Third Expert Advistory Group Meeting on RVNR Latex, Jakarta, 9-11 February 1987.
4. Harald Nieple, RVNRL In Eroupe (Proceeding of The International Symposium on RVNRL, 1989), JAERI M89-228, Tokyo (1990)
5. Akitada Nakamura, Ikarashi, Y., Tsuchihina, T., And Anikawa, M., RVNRL Is Not Cytotoxide (Proceeding of The International Symposium on RVNRL, 1989), JAERI M 89-228, Tokyo (1990).
6. Annonymous, First Condom Factory To Be Inaguarted In Bandung, The Indonesian Times, 23 February (1987).
7. ASTM, Standar Spesification For Rubber Contraceptives (Condom), ASTM D 3492-82, Phildelphia (1984).
8. JIS, Rubber Condom, T911-1986 (1986).
9. BSI, Specification For Rubber Condom, BS 3704, (1979).



## PRODUKSI KONDOM BEBAS NITROSAMIN DAN PROTEIN ALERGEN SKALA PABRIK

Marga Utama<sup>1</sup>, Herwinarni<sup>1</sup>, Siswanto<sup>2</sup>, Suharyono<sup>2</sup>, Yoharmus Syamsu<sup>3</sup>, Bambang Handoko<sup>3</sup>, Heru Sundaru<sup>4</sup>, Teguh Haryono Karyadi<sup>4</sup>, Prayitno<sup>5</sup>, dan Sastraviqaya<sup>5</sup>.

1)Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi, BATAN Jakarta.

2)Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Bogor.

3)Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor.

4)Fakultas Kedokteran, Universitas Indonesia/RSCM Jakarta.

5)PT. Mitra Rajawali Banjarnan, Bandung.

### ABSTRAK

PRODUKSI KONDOM BEBAS NITROSAMIN DAN PROTEIN ALERGEN SKALA PABRIK. Produksi kondom dari lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi dalam skala pabrik telah dikerjakan. di pabrik kondom PT.MRB Banjarnan Bandung Beberapa faktor penting untuk memproduksi kondom yang baik kualitasnya antara lain kadar padatan dan jenis kompon lateks, serta suhu pemanasan telah dievaluasi. Parameter penting misalnya sifat fisik dan mekanik, kadar nitrosamiin, dan uji SPT (*skin prick test*) kondom terhadap respon protein alergen telah diamati. Hasilnya menunjukkan bahwa kondom yang diproduksi pada kondisi optimum kualitasnya tidak saja memenuhi standar SNI 16-2723-2003 tetapi juga bebas nitrosamin dan protein alergen

### ABSTRACT

PRDUCTION OF CONDOM FREE FROM NITROSAMINE AND PROTEIN ALERGEN IN FACTORY SKALE. The production of condom from concentrated radiation pre-vulcanization latex in factory scale at Banjarnan condom factory PT MRB Bandung has been carried out. Some important factors for producing good quality of condom such as total solid content and kinds of latex compound, and heating temperature of processing were evaluated. The parameters such as physical and mechanical properties of condom, nitrosamine content, and the respond of protein allergen through SPT (*skin prick test*) were measured. The results showed that the quality of condom beside satisfy the Indonesian National Standard (SNI 16-2723-2003), also free from nitrosamine and allergen protein.

## I. PENDAHULUAN

Sejak mencuatnya kasus nitrosamin dan protein alergen tahun 1987 dan tahun 1993 pada barang celup lateks misalnya dot bayi, sarung tangan bedah, kondom, dsb., maka penelitian terus digalakan untuk mengatasinya. Nitrosamin merupakan senyawa penyebab timbulnya penyakit kanker, sedang protein alergen dapat menyebabkan kematian pada pasien. Data yang dihimpun oleh FDA (Food and Drug Administration) selama 5 tahun (1989-1992) menunjukkan bahwa terdapat 1133 kasus hipersensitivitas oleh protein asal lateks, 15 kasus diantaranya menyebabkan kematian<sup>[1-5]</sup>.

Lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi adalah lateks pekat yang sudah divulkanisasi radiasi dengan sinar gamma atau berkas elektron sebagai sumber radiasi. Oleh karena proses vulkanisasinya tidak menggunakan bahan yang menyebabkan timbulnya nitrosamin, maka lateks pra-vulkanisasi ini bebas dari bahan nitrosamin<sup>[6-9]</sup>.

JAME O'DONNELL, DAVID F.SANGSTER<sup>(10)</sup> melaporkan bahwa akibat iradiasi pada lateks alam dengan sinar gamma atau berkas elektron maka terjadilah dua peristiwa pada lateks aret alam tersebut yaitu : peristiwa pengikatan silang antara poliisopren lateks, dan peristiwa degradasi pada bahan bukan karet misalnya lemak, karbohidrat, protein dsb. Akibat adanya pengikatan silang antara poli-isopren lateks karet alam tersebut, maka film karet yang dihasilkan lebih kuat dan ulet, sementara itu akibat degradasi pada bahan bukan karet tersebut akan menurunkan berat molekul. SIBY VARGHESE dkk<sup>[11]</sup> melaporkan bahwa dengan menggunakan berkas elektron pada iradiasi lateks karet alam dengan dosis 150 kGy, maka film karet dari lateks alam iradiasi tersebut setelah dicuci dengan amonia 1% selama 15 menit, kandungan protein teksturnya tidak terdeteksi. Proses produksi kondom dari lateks alam iradiasi (lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi) skala pabrik telah dilakukan pada tahun 1990 hasilnya menunjukkan bahwa kualitas kondom yang dihasilkan memenuhi standar pemakaian menurut JIS<sup>[12]</sup>.

Berdasarkan data tersebut, maka dalam makalah ini akan dilaporkan hasil kaji ulang uji coba produksi kondom dari lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi, dengan hipotesa bahwa kualitas kondom yang dihasilkan di samping memenuhi standar pemakaian, juga bebas dari nitrosamin dan protein alergen, dengan tujuan membuktikan konsistensinya kualitas kondom yang dihasilkan.

## II. METODE

**Bahan.** Lateks pekat pra-vulkanisasi produksi P3TIR-BATAN bulan Mei 2001 dengan spesifikasi teknis seperti Tabel 1. Bahan kimia untuk produksi kondom, uji nitrosamin, dan protein alergen antara lain :antitax K dan antitax MS, bedak ekstrusil dsb.

**Alat.** Mesin celup kondom otomatis buatan Sagami Jepang dengan kecepatan produksi antara 45-55 gros kondom/jam. Peralatan uji kualitas kondom yang meliputi uji sifat fisik dan mekanik, uji protein alergen, dan uji nitrosamin misalnya tensile tester, UV spektrometer tupe U2000 buatan Hitachi, Jepang, dsb..

**Metode.** Ada dua tahap yang dilakukan dalam kaji ulang produksi kondom skala pabrik yaitu : Optimasi kondisi proses produksi dan uji kualitas kondom yang dihasilkan.

**Tabel 1. Spesifikasi teknis lateks pekat pra-vulkanisasi untuk produksi kondom, dan persyaratan lateks pekat berkualitas kondom.**

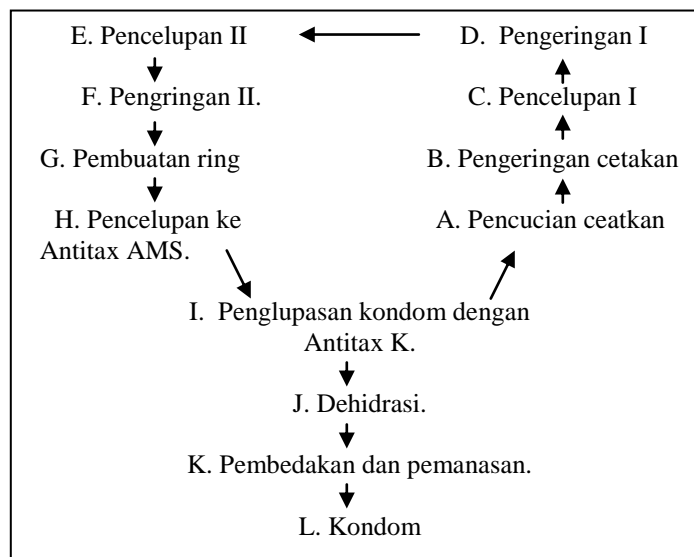
Parameter uji	Lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi	Lateks pekat berkualitas kondom
Sif Sifat lateks		
• -Kadar jumlah padatan (KJP),%.	61,5	61,5*
• -Kadar karet kering (KKK),%.	60,1	60,0*
• -KJP-KKK	1,4	1,5**
• -Viskitas, cP.	202	90*
• -PH.	10,5	-
• -Kadar amonia,%.	0,8	1-2
• -Bilangan KOH.	0,63	0,80**
• -Bilangan Kestabilan Mekanik (MST),dt.	0,0109	0,02
• -Bilangan VFA	1800	1200*
• -Kadar endapan,%.	0,015	0,10**
• -Kadar kagulum,%.	0,0065	0,05**
• -Kadar ion Mg,%.	0,0018	0,005**
• -Kadar total protein,%.	0,082	-
• -Kadar lemak,%.	3,671	-
• -Kadar karbohidrat,%.	0,027	-
Sif Sifat film karet.	1,8	0,9
• -Modulus 600%, MPa.	22	2,5
• -Tegangan putus, MPa.	100	1100
• -Perpanjangan putus,%.		

• nilai minimum, \*\* nilai maksimum.

**Optimasi kondisi proses produksi.** Gambar 1 menyajikan diagram alir produksi kondom skala pabrik dengan urutan kerja sebagai berikut: Proses dimulai dari pencucian cetakan kondom dari gelas (A), kemudian dikeringkan dalam open (B), setelah cetakan kering dicelupkan ke dalam kompon lateks I (C), langsung dipanaskan dalam open (D), setelah kondom yang melapisi cetakan kering, dicelupkan lagi ke kompon lateks II (E), dikeringkan lagi dalam open (F), setelah kering dibuat ring di bagian terbuka kondom (G), direndam dalam antitax AMS pada suhu 60-80°C (H), dikupas dengan cairan antitax K (I), kondom yang terlepas di dehidrasi dengan mesin pemusing (J), dan setelah air yang berada di



dalam kondom keluar semua dibedaki dengan bedak kering dalam open bersuhu 80-90 ° C (K) selama 1-10 jam, maka terjadilah kondom (L) kering yang siap diuji kualitasnya yang meliputi : sifat fisik mekanik, uji kadar nitrosamin, dan uji SPT. Sementara itu cetakan kondom dicuci lagi (A), dipanaskan (B) dan seterusnya secara otomatis, proses pembuatan kondom berlangsung lagi.



Gambar 1. Diagram alir produksi kondom skala pabrik

**Uji kualitas.** Uji sifat fisik mekanik yang meliputi : Desain, dimensi, kebocoran, daya letup, tegangan putus modulus, perpanjangan putus prosedurnya disesuaikan dengan standar SNI<sup>[13]</sup>, sementara itu uji kadar nitrosamin disesuaikan dengan prosedur sebelumnya,<sup>[14]</sup> sedang uji sensitisasi dilakukan dengan uji tusukan kulit atau uji SPT mengikuti prosedur Hamann.<sup>[15]</sup>

## II. HASIL DAN PEMBAHASAN.

**Optimasi kondisi proses.** Sebenarnya faktor yang mempengaruhi kualitas kondom mulai dari bahan baku sampai pemrosesan cukup banyak. Namun dalam uji coba ini hanya faktor kadar jumlah padatan, daya mulur putus, dan waktu pemanasan yang akan dibahas.

**Kadar jumlah padatan (KJP) kompon lateks.** Secara umum yang sering terjadi pada proses pembuatan kondom dengan metode pencelupan langsung adalah dengan naiknya kadar jumlah padatan, viskositas naik, akibatnya kondom yang dihasilkan lebih tebal. (Tabel 2). Namun karena tebal kondom

ditargetkan sekitar 60  $\mu$ , maka yang harus dicari adalah besarnya kadar jumlah padatan kompon lateks baik di tangki penceup I (Gambar 1C) maupun di tangki penceup 2 (Gambar 1E). Bisa saja tebal kondom dibuat lebih kecil dari 60  $\mu$ , namun resiko kebocoran harus diperhatikan karena makin tipis kondom yang dihasilkan kemungkinan bocor makin besar. Hal ini dapat dilihat di Tabel 2 yang menunjukkan bahwa untuk mendapatkan tebal kondom 42  $\mu$  dengan dua kali pencelupan, maka kadar jumlah padatan kompon lateks adalah 50%, namun jumlah kebocoran mencapai 2%. Oleh sebab itu untuk menghindari adanya kebocoran kadar padatan jumlah kompon lateks yang optimum adalah sekitar 52% karena dengan kadar ini jumlah kebocoran tidak ada.

**Tabel 2. Tebal filaret kondom dengan kadar jumlah padatan kompon lateks berbeda-beda.**

Kadar jumlah padatan, %.	Viskositas, cP.	Tebal, $\mu$ .	Jumlah kebocoran, %.
50	24	40	2
51	26	51	1
52	37	70	0

**Daya mulur putus (DMP).** Yang dimaksud DMP disini adalah daya mulur putus film lateks yang menempel di permukaan cetakan kondom dalam keadaan basah berupa gel. Oleh karena tebal kondom dipersyaratkan sekitar 60 $\mu$ , maka supaya tidak bocor pencelupannya harus dilakukan dua kali yaitu pencelupan I (Gambar 1 c) dan II (Gambar 1E). Kendala yang sering dialami ialah setelah proses penglupasan (Gambar 1I), kondom yang dihasilkan keriput baik pada pagian pangkal maupun ujung. Untuk membuktikan pernyataan ini Tabel 3 disajikan jumlah persentasi kondom yang keriput pada proses pencelupan dengan nilai KJP dan DMP di tangki pencelup I dan II berbeda-beda. Keriputnya kondom ini disebabkan karena daya rekat antara film karet dengan permukaan cetakan kondom kuat sekali, maka antitax K tidak dapat menerobos bagian dalam kondom.

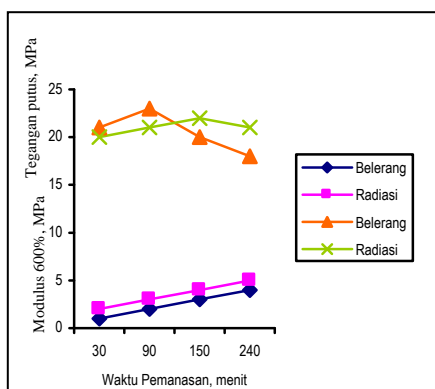
**Tabel 3. Persentase kondmkeriput pada nilai KJP dan MP berbeda-beda.**

Jenis kompon	KJP, %.		DMP, N/mm <sup>2</sup> .		Kondom keriput, %.
	I	II	I	II	
A	53,37	53,29	40,6	40,9	90-94
A	52,59	53,53	51,3	54,7	60-87
A	52,05	-	55,6	-	6-10
B	-	50,73	-	32,0	

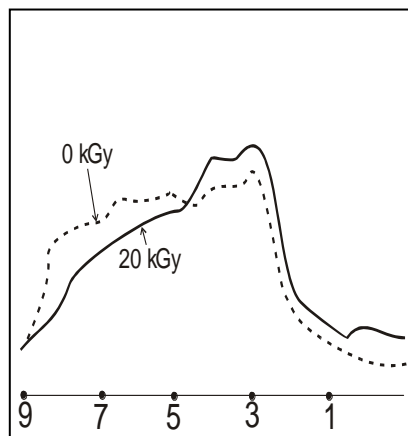
A = kompon lateks disimman 1 bulan, B = omponateks disman 9 bulan, Itangki pencelup I, II= tangki pencelup II.

Sehingga terjadi pelengketan antara bagian dalam kondom, yang berakibat kondom menjadi keriput. Untuk mengatasi hal ini maka tebal kondom di lapisan dalam harus lebih tebal daripada di lapisann luar, dan nilai DMP kompon lateks di tangki pencelupan I harus lebih besar daripada tangki pencelupan II. Dengan adanya formulasi tersebut, maka kelengketan antara bagian dalam kondom dapat diatasi. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa untuk mendapatkan kondom keriput seminimum mungkin, sebaikan nilai KJP dan DMP di tangki pencelup I lebih besar daripada di tangki pencelup II.

**Waktu pemanasan. Tujuan** pemanasan (Gambar 1K) pada pembuatan kondom ini ialah supaya terjadi vulkanisasi tambahan. Dengan adanya vulkanisasi tambahan, maka kondom akan menjadi lebihkuat dan elastis. Gambar 2 menyajikan hubungan antara waktu pemanasan 90°C dengan tegangan putus dan modulus film karet kondom lateks pra-vulkanisasi radiasi, dan kondom lateks vulanisasi belerang. Ternyata waktu pemanasan yang dibutuhkan untuk mendapatkan tegangan putus maksimum kondom lateks pra-vulkanisasi radiasi lebih singkat daripada lateks vulkanisasi belerang. Hal ini mencirikan bahwa lateks pra-vulkanisasi radiasi merupakan lateks pekat yang sudah divulkanisasi, sehingga untuk mencapai vulkkanisasi sempurna dibutuhkan waktu lebih singkat.



Gambar 2. Hubungan antara waktu pemanasan kondom dalam tumbler terhadap tegangan putus(TP) dan modulus 600% (M).



Gambar 3. Pergeseran berat molekul protein lateks karet alam sebeum dan sesudah diiradiasi 20 kgy<sup>[17]</sup>.

**Kualitas kondom.** Sampai saat ini parameter uji kuitas kondom prosedurnya disesuaikan dengan standar SNI 16-2723-2003 yang mmelputi : desain, dimensi, volume letup, kebocoran, tegangan putus, dan perpanjangan putus. Namun dimasa mendatang bukan tidak mungkin masalah higienis kondom

yang meliputi kandungan protein alergen dan nitrosamin akan diberlakukan. Hal ini didasarkan atas bahwa negara-negara Eropa dan Amerika telah membatasi kandungan nitrosamin maksimum 10 ppb. <sup>[1]</sup>. Sementara itu FDA telah melayangkan surat ke pabrik sarung tangan yang menyatakan kandungan protein terlarut dalam sarung tangan (yang diduga penyebab alergi) maksimum 150  $\mu\text{g/g}$ <sup>[16]</sup>. Berdasarkan hal tersebut kualitas kondom yang dibahas dalam makalah tidak saja sesuai dengan standar SNI, tetapi juga kandungan nitrosamin dan respon terhadap alergi akan dibahas dalam makalah ini dengan rincian sebagai berikut:

**Sifat fisik dan mekanik.** Tabel 4 menyajikan sifat fisik dan mekanik kondom dari lateks pekat pra-vulkansasi radiasi yang diproduksi tahun 1990 dan tahun 2001. Dari tabel ini menunjukkan bahwa desain dan dimensi merupakan persyaratan yang mewakili kenyamanan pemakaian kondom, sedang volume letup, kebocoran, tegangan putus, dan perpanjangan putus merupakan persyaratan mutlak sifat fisik dan mekanik kondom yang harus dipenuhi. Sifat ini sangat dipengaruhi oleh kualitas kompon lateks yang diumpankan di tangki pencelup I dan tangki pencelup II (Gambar 1). Ditinjau dari sifat fisik dan mekanik, maka kondom dari lateks pra-vulkanisasi yang dibuat tahun 1990 relatif sama kualitasnya dengan kondom yang diproduksi tahun 2001, sehingga dapat dikatakan bahwa kepadatan ulang sifat fisik dan mekanik masih konsisten atau dengan kata lain layak untuk diproduksi secara industri.

**Tabel 4. Sifat fisik dan mekanik kondom yang diproduksi tahun 1990 dan 2001 dibandingkan dengan standar SNI dan JIS.**

Sifat fisik dan mekanik	Tahun 1990	Tahun 2001	SNI	JIS
Desain				
• Permukaan	Halus	Halus		
• Ujung	Berpenampung	Berpenampung		
• Pelumas	Silikon oil	Silikon oil		
• Warna	Transparan	Transparan		
Dimensi	180 $\pm$ 5	180 $\pm$ 5		
• Panjang	52 $\pm$ 2	52 $\pm$ 2	180 $\pm$ 5	180 $\pm$ 5
• Lebar	60 $\pm$ 10	60 $\pm$ 10	52 $\pm$ 2	52 $\pm$ 2
• Tebal			60 $\pm$ 10	60 $\pm$ 10
Volume Letup	35	35	28,5*	25*
Kebocoran	tidak bocor	tidak bocor	tidak bocor	tidak bocor
Sifat fisik mekanik				
• Tegangan putus, Mpa.	24	25	-	20*
• Perpanjangan putus, %.	900	900	-	650*

\* nilai minimum, \*\* nilai maksimum.

**Kadar nitrosamin.** Para pakar perkaretan menganjurkan bahwa untuk memproduksi barang jadi karet bebas nitrosamin ada 4 cara yang dapat ditempuh yaitu : pertama menghindari pemakaian bahan peptisida/fungisida yang mengandung gugus amina sekunder atau tersier pada waktu aplikasi langsung ke pohon, kedua mengganti TMD dengan bahan pengawet sekunder lainnya antara lain Dowicil, PRPB, atau amonia, ketiga membubuhkan penangkal nitrosamin misalya tokoferol, tokotrienol, dan yang keempat menghindari pemakaian bahan pencepat senyawa karbamat yaitu dengan menggunakan proses vulkanisasi radiasi. Ternyata dengan menggunakan cara vulkanisasi radiasi didapatkan bahwa kandungan nitrosamin antara 0-2 ppb. Masih adanya ntrosaminn tersebut diduga berasal dari lateks kebun yang disadap, mungkin menggunakan senyawa amin sekunder atau tersier sebagai bahan stimulan pada waktu aplikasi ke pohon karet *Hevea brasiliensis*.

**Kadar protein alergen.** Untuk menguji adanya protein alergen, telah dilakukan uji SPT yang bertujuan untuk mengetahui tingkat alergenitas dari antigen berupa protein yang barasal dari ekstraks kondom. Pemeriksaan dilakukan kepada para karyawan pabrik kondom di Banjaran dan karyawan 6 rumah sakit di Jakarta. Hasil pemeriksaan tersebut menunjukkan bahwa dari 872 individu yang diperiksa adanya gejala alergi terhadap barang jadi karet alam, hanya 39 individu (4,5%). Dari 39 individu ini, pemeriksaan dilanjutkan kepada 11 individu yang ternyata ke sebelas individu tersebut tidak ada respon alergi (responnya bernilai nol) atau dengan kata lain kondom dari lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi tidak mengandung protein alergen, sedang kondom dari lateks pekat yang divulkanisasi belerang bernialai 0,4 Au/g (Au=alergi unit), sedang dengan ekstrak lateks alam alergi dari Perancis sebagai standar bernilai 2,1 Au/g, sementara itu kontrol 0,1Au/g (Tabel 5). Tidak adanya alergi tersebut disebabkan karena protein terlarut penyebab alergi yang diduga mempunyai berat molekul 14 s/d 47 kDa akan terdegradasi memebentuk protein baru yang berat mekulnya lebih rendah (Gambar 3). Kandungan protein ini akan hilang tercuci, saat proses pelepasan kondom dengan menggunakan pencuci antitax K dari cetakannya (Gambar 1 I). Dengan demikan terbukti bahwa kondom yang dibuat dari lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi bebas protein alergen

**Tabel 5. Hasil uji SPT dari 11 individu yang positif alergi terhadap barang jadi karet.**

Individu ke	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Rataan
Kontrol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,1
Standar lateks alergi dari Perancis	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2,1
Kondom vulaknisasi belerang	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,4
Kondom vulkanisasi radiasi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

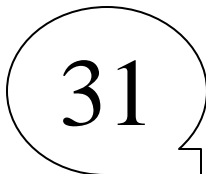
#### IV. KESIMPULAN

Dari uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa kondisi optimum proses produksi kondom dari lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi skal pabrik telah diketahui antara lain kadar jumlah padatan dan nilai DMP basah dari kompon lateks tangki pencelup I lebih besar dari tangki pencelup II . Kondom dari lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi yang diproduksi skala pabrik pada kondisi optimum tersebut di samping kualitasnya konsisten memenuhi standar pemakaian menurut SNI 16-2723-2003, ternyata bebas ntrosamin dan protein alergen.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

1. GORTON ADT, Evaluaton of new activator/accelerator in natural rubber latex, Natural
2. Rubber Latex Technology, Vol. 19 part 4 (1987) 1-12.
3. WILLLOUGHBY B.G., and PREUSMANNA R., Nitrosamine in Rubber, RAPRA
4. Technology Ltd., Shawbury, Shropshire SY44NR, UK (1997) 1-88.
3. JORDAN N.FINKK, MD, Immunology and Allergy Clinics of Nort America, Latex
5. Allergy, Vol.15 No.1., W.B. Somders Company, London (1995) 1-179.
4. GERSHIN M.E., Clinical reviews in Allergy,, Vol.11, No.3 Human Press Inc.,USA
6. (1993) 293-425.
7. JAMES S., TAYLOR, M.D., YUNG HIAN LEON,, M.D., Cutaneus reaction to rubber, J.Rubber Chemistry and Technology, Vol. 73, N.3 (2000) 427-485.
8. WILFRIED BEZ, Status of RVNRL inn German Latex Industry and its Introduction to European Market,, Proc.The Second Int. Symp. on RVNRL, Kuala Lumpur, 15-17 July 1996.
9. MA'ZAM MD SAID, WAN MANSOL, WAN ZIN, Extractable protein content of RVNRL film, Proc.The Second Int. Symp. on RVNRL, Kuala Lumpur, 15-17 July 1996.
10. MAKUUCHI KEIZOO, YOSHII F., SIBY VERGHESE, KATSUMURA YOSUKE, Method of shaping from a mixture of pre-vulcanized natural latex and water soluble polymer and resulting shaped article, US paten US 6090328, July 18, 2000.
11. AKITADA NAKAMURA, Y. IKARASKI, T.TSUCHIYA, and KANIWA, Radiation vulanized natural rubber latex is not cytotoxic, JAERI-M 89-228, edited by S. Machi, Tokyo (1990) 79-87.
12. JAMES O'DONNELL, DAVID F.SANGSTER, Principle of radiation Chemistry, Edward Arnold Ltd., London (1970) 113.

13. SIBY VERGHESE, YOSUKA KATSUMURA, K.MAKUUCHI, F.YOSHII, Production of soluble protein free latex by radiation process, *Journal of Rubber Chemistry and Technology* Vol. 73 No.1 (2000) 80-88.
14. MARGA UTAMA, Production of condom from irradiated NRL on factory scale, *Frontiers of Polymers and Advanced Materials*, Edited by Prasad, Plenum Press, New York (1994) 649.
15. SNI, Kondom Lateks, SNI 16-2723-2003, Badan Standardisasi Nasional, (2003).
16. Herwinarni S, dan Marga Utama, Identifikasi Nitrosamin dalam Lateks Pravulkanisasi, Laporan Teknis RUK VII.2001-2002, KRT, Jakarta 2002.
17. HAMANN C, Review of natural rubber latex protein allergy, Proc. IRT'93. Workshop on Latex Proteins,RRIM, Kuala Lumpur (1994) 51-59
18. FDA, Medical Guidance Manual, Internet webside, <http://www.fda.gov/cdrh>.
19. K.MAKUUCHI, Radiation vulcanization of natural rubber latex, RCA Regional Training course Quality Control of RVNRL, CAIR-BATAN, Jakarta, 12-25 July 1997.(tidak dipublikasi).



# TRIAL PRODUCTION OF EXAMINATION GLOVES FROM IRRADIATED NATURAL RUBBER LATEX ON A FACTORY SCALE

Marga Utama  
Center for the application of isotopes and Radiation  
National Atomic Energy Agency

## ABSTRACT

Trial Production of Examination Gloves From Irradiated Natural Rubber Latex On A Factory Scale. The production of irradiated latex gamma rays from  $^{60}\text{Co}$  at 20 kGy dose in the presence of 1 phr of carbon tetrachloride ( $\text{CCl}_4$ ) in pilot scale has been done. A coagulation process for producing examination gloves in factory scale using the irradiated latex with various condition of processing has been studied. The result show that irradiated latex can be used directly for producing examination gloves in factory scale. The gloves produced are easy to use for fine work without fatigue, and the quality meet to the Indonesian Industrial Standard (SII) or American Standard Testing for Materials (ASTM) requirements.

## I. INTRODUCTION

The current world consumption gloves is about  $12 \times 10^9$  of which some  $8 \times 10^9$  are used in USA. This product is therefore the largest single item, in tonnage terms, made from natural rubber latex <sup>(1)</sup>.

Development of rubber gloves production using by radiation vulcanized natural rubber latex (RVNRL) or irradiated latex in the presence of 5 phr 2-ethyl acrylate and 1 phr carbon tetrachloride has been done. The combustion analysis of gloves from irradiated natural rubber latex showed that the amounts of glasses such as  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  and ashes were less than those from the commercially available gloves <sup>(2)</sup>.

This paper report the results of trial production of examination gloves from irradiated latex in factory scale for preparation of commercial production in the near future.



## II. EXPERIMENTAL

### *Material*

Low ammonia type centrifuged NR latex from Cikumpai Rubber Plantation, PTP XII, Bandung, West Java, was used (Table 1). Carbon tetrachloride and normal butyl acrylate were used as sensitizer. Calcium nitrat was used as coagulant, and zinc diethyl Nocract 300 as antioxidant. All the chemical were technical grade without further purification.

**Table 1. Specification Of Natural Rubber Latex From Cikumpai Rubber Plantation, Produced In September, 1989.**

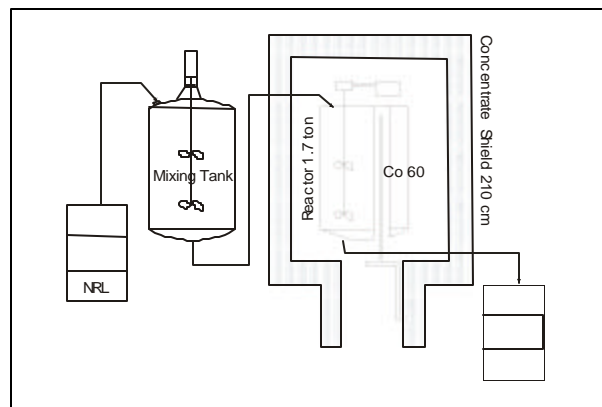
Parameter	Value
PH.....	9.28
Total solid content, % .....	62.21
Dry rubber content, %.....	60.53
Viscosity at 30 c., Cp.....	119
KOH number .....	0.78
Total NH <sub>3</sub> , % weight of latex, % .....	0.28
Volatile Fatty Acid number .....	0.04
Mechanical Stability Time, Sec. ....	790

### *Apparatus*

Latex irradiation with activity 110 kCi <sup>60</sup>Co for producing irradiated latex, automatic dipping machine for examination gloves with capacity 7.000 gloves/hour, pH meter, viscometer, Instron tester type 1122 apparatus for measuring the quality of latex and its film were used in this trial.

### *Method*

One hundred and fifty kg of natural rubber latex was pumped into a mixing thank (Figure 1), then mixed with rotation speed of around 25 rpm. During mixing, nBA and CCl<sub>4</sub> were added into the natural rubber latex. After mixing for 1 hour, the latex was pumped into a reaction vessel in the irradiation chamber and then irradiated at total dose of 20 kGy. The dose rate was measured using red perspex dosimeter. The average dose rate was : 1,51 kGy/h. an antioxidant Nocract 300 0,5 phr was added to the irradiated latex Examination gloves were made using an automatic dipping machine in a rubber gloves factory located at Bekasi, West Java. Ceramic formers and calcium nitrate as coagulant with various total solid (40, 45 and 50%). The detail procedure is explained in Figure 2. The physical and mechanical properties of the examination gloves were measured according to the specification of SII or ASTM<sup>(3,4)</sup>.



**Figure 1.** Schematic Diagram Of Trial Production Of Irradiated Natural Rubber Latex.

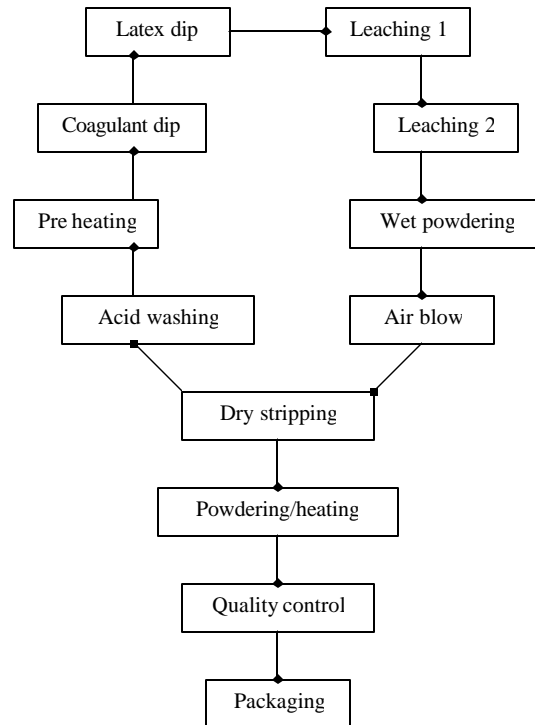
### III. RESULTS AND DISCUSSION

#### *Effect of Coagulant Agent*

Table 2 shows the effect of coagulant concentration on thickness and weight of examination gloves size 7 produced. It indicates that by increasing the concentration of calcium nitrate, the thickness and weight of examination gloves produced increase. It means that higher concentration of calcium nitrate attached to the surface of gloves former can adsorb more latex, so the thickness and weight of gloves increase. Also by increasing total solid content of irradiated latex, the thickness and weight of gloves increase. So it is easy to understand that the thickness and weight of gloves are strongly related to the concentration of calcium nitrate and total solid content of irradiated latex. According to this data, for getting one piece of glove of 7 grams weight, the concentration of calcium nitrate used is 8% for total solid content of irradiated latex around 50%, and 10% calcium nitrate for 45% total solid content of irradiated latex.

#### *Effect of Storage Time*

The effect of storage time on the properties of irradiated latex and its film are shown in Table 3 and Figure 3. It indicates that by increasing storage time, the pH, viscosity and modulus 600% increasing, while permanent set decreases. Tensile strength first increasing then after 40 days decreases, while total solid content and elongation at break are quite the same. The increase of modulus and the decrease of permanent set may be due to the increase of entanglement among polyisoprene molecules.



**Figure 2.** Production Process of Examination Gloves From Irradiated NRL.

**Table 2.** Thickness and Weight of One Glove Produced From Factory Scale Trial Production Using Different Concentrations of Coagulant and Total Solid Contents of Latex.

Total solid of latex, %	Concentration of Ca (NO <sub>3</sub> ), %					
	8		10		12	
	t	w	t	w	t	w
40	0.09	6.0	0.10	6.5	0.13	7.1
45	0.10	6.5	0.16	7.2	0.19	7.9
50	0.19	7.0	0.20	8.0	0.22	9.0

*t* = thickness, mm ; *w* = weight, gram.

Production rate was 700 gloves/hour.

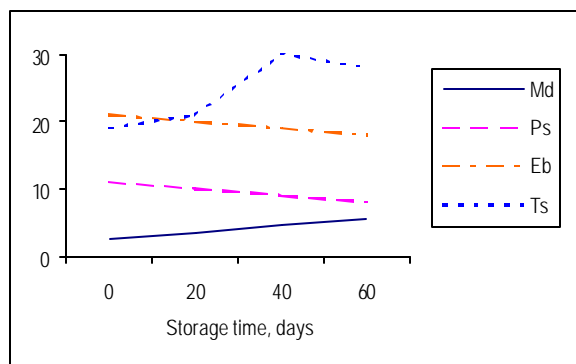
Size of gloves was.

**Table 3. Effect of Storage Time on The Properties of Irradiated Latex After Mixing With Antioxidant.**

Properties	Storage time, day						
	0	3	5	10	20	30	60
pH	10.2	10.2	10.3	10.3	10.4	10.4	10.4
Total solid content, %	45.6	45.6	45.7	45.6	45.5	45.5	45.6
Viscosity, cp	9.0	10.0	11.5	12.2	12.9	13.4	15.9

**Effect of Heating**

The effect of heating temperature on tensile strength of gloves is shown in Figure 4. The tensile strength increases quite rapidly at the temperature up to 100°C and reaches about 25 MPa, but further heating shows no significant increase. The rapid increase in the tensile strength during heating is probably due to reduction in moisture content and better fusion of latex particles.

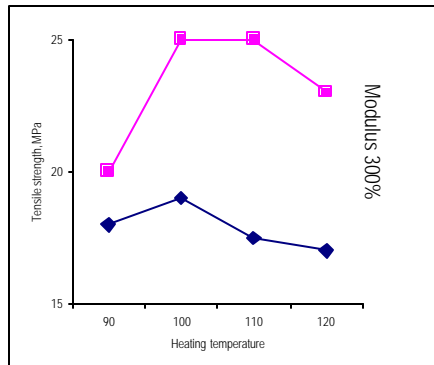


Keterangan:  
 Md = Modulus 300%, MPa  
 Ps = Permanent Set, %  
 Eb = Elongation at Break, %  
 Ts = Tensile strength, MPa

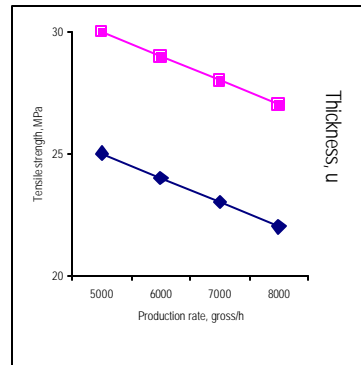
**Figure 3.** The Effect of Storage Time on The Physical and Mechanical Properties of Examination Gloves from Irradiated NRL.

**Effect of Production Rate**

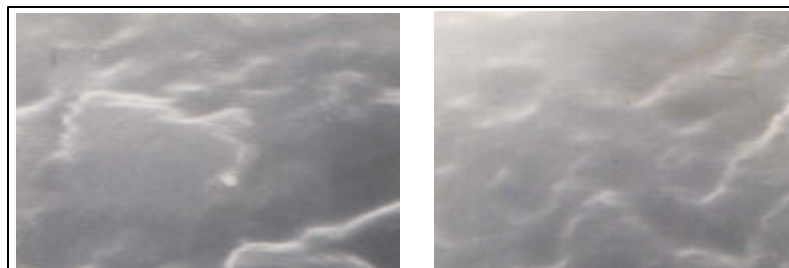
The effect of production rate on tensile strength of gloves is shown in Figure 5. It appears that by increasing the production rate, the tensile strength decreases, because leaching time becomes shorter. Sufficient leaching is needed to remove most of soluble hydrophilic materials present in the latex film, so that better adhesive of particles and chain entanglement of rubber molecules may occur. The electron micrograph of unleached film showed a rough and undulating cross-section with many spots where as the leached film showed smooth and even surface (Figure 6).



**Figure 4.** The Effect of Heating Temperature During Processing on Tensile Strength, and Modulus 300%.



**Figure 5.** The Effect of Production Rate on Tensile Strength and Thickness of Rubber Examination Gloves.



**Figure 6.** Electron Micrograph of Film from Irradiated Natural Rubber Latex Before (left) and After Leaching (right).

#### ***Technical Specification of Glove Produced***

Table 4 shows the specification of examination gloves from irradiated latex and specification from SII and ASTM. Tensile strength and elongation at break before and after aging for examination gloves from irradiated latex are higher than those specified in SII or ASTM standards. So, it is reasonable to conclude that irradiated latex can be used for producing examination gloves.

### Practical Evaluation

Practical test of examination gloves from irradiated latex was carried out by workers at PAIR-BATAN, and the glove factory. The results show that gloves from irradiated latex are easy to use for long period. This is due to its lower modulus as compared with commercial examination gloves (Table 4).

**Table 4. Specification of Examination Gloves from Irradiated Latex and ASTM or SII Standard for Examination Gloves.**

Parameter	Irradiated Latex Gloves		ASTM	SII
Modulus 300%, MPa		0.9		2**
Tensile strength, MPa	A	23	21	21
	B	21	16*	16*
Elongation at break, %	A	1000	700	700
	B	990	500	500*

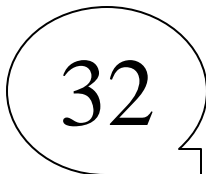
A = Before aging ; B = After aging at 70<sup>o</sup>C/166 hours or 100<sup>o</sup>C/22 hours.

## IV. CONCLUSION

Irradiated latex can be used directly to produce examination gloves in factory scale. The gloves produced can fulfill all requirements is SII or ASTM standards. Gloves from irradiated latex are easy to use for fine work without fatigue.

## REFERENCES

1. Pendle T.D., "The Natural Latex Industri And Its Future Prospect", (Proceeding of The International Symposium on Radiation Vulcanization of Natural Rubber Latex, Tokyo, 1990) JAERI M 89-228 (1990) 27.
2. Makuuchi,K., Yoshii,F., Ishigaki, I., Thusima, T., Mogi, M., And Saito,T., "Development of Rubber Gloves By Radiation Vulcanization." (Proceeding International Rubber Technology Conference, Kualalumpur, 1988). RRIM (1989) 104.
3. American Standard Testing For Materials, Standard Ossification For Examination Gloves, D 3577-78, Annual Book of ASTM 0902 (1984)
4. Indonesian Standard For Industry, Standard Specification For Examination Gloves, (1989) to be published.



## PRODUCTION OF SURGICAL GLOVES FROM LOW EXTRACTABLE PROTEIN RVNRL

Marga Utama<sup>1</sup>, Yanti S<sup>1</sup>., Mmade Sumarti<sup>1</sup>, Marsongko<sup>1</sup>, Tita Puspitasari<sup>1</sup>, Dian Iramani<sup>1</sup>, K.Makuuchi<sup>2</sup>, F.Yoshii<sup>2</sup>, Siswanto<sup>3</sup>.

1. Center for Research and Development of Isotop and Radiation Technology, National Nuclear energy Agency, Jakarta, Indonesia. Jl.Cinere Ps.Jumat P.O.Box 7002 JKSKL, Jakarta 12070, Indonesia.

2. EB. System Corporation, 12 33 Watanuki, Takasaki, Gunma, 370-1207, Japan.

3. Research Unit for Biotechnology of Estate Crop. Jl. Taman Kencana No.1 Bogor.

### ABSTRACT

Study on the production of surgical gloves from low extractable protein RVNRL (Radiation Vulcanization of Natural Rubber Latex) in home industry scale with normal butyl acrylate as sensitizer has been carried out. The variation of dipping speed, concentration of coagulant agent and selection of antioxidant for producing good quality of surgical gloves were evaluated. The water-extractable protein content, physical and mechanical properties of gloves were measured. The results show that for producing a good quality of surgical gloves from low extractable RVNRL, the concentration of latex is 50% with calcium nitrate as coagulation agent between 15-25%. By using this condition the physical and mechanical properties of surgical gloves is required to ASTM standard such as tensile strength more than 24 MPa, PBS (Bovin Serum Albumin)-extractable protein is around 41-68?g/g and water extractable protein content is around 23-35 ?g/g.

### I. INTRODUCTION

In western countries there are very strong social/political pressure to ensure that employers/consumers/user are given maximum protection against all the hazards, they are likely to encounter <sup>[1]</sup>. As part of this general trend it can be expected that latex products which directly with human body should give "protection" and "safer" in use.

As a generally known dithiocarbamate used as accelerators in curing process for producing latex products cause the formation of nitrosamines <sup>[2,3]</sup>. It has already been observed that various N-nitrosamines have been shown to be

carcinogens in animal, and IARC classification as probable human carcinogens has emerged<sup>[4]</sup>.

In 1982 the German BGA introduce a limite of 10 ppb (?g/kg) for N-nitrosamins in rubber tets and soother to gether 200 ppb limit nitrosable amins<sup>[5]</sup>.

It has been reported that radiation vulcanization technique mmore advantages over sulfur vulcanization such as absence of N-nitrosamines, vwry low toxicity, easy degradation in the environments, transparency, softness, and less formation of sulfur dioxide when burnig, because the fact that radiation vulcanization technique does not contain dithiocarbamats, sulfur, and zinc oxide<sup>[6-10]</sup>.

Between 1989-1992, the US Food and Drug Administration (FDA) reported a number of cases of hypersensitive have attributed to protein allergens presents in natural rubber latex<sup>[11]</sup>.

Great amount of work has been carried out on reduction of protein content of RVNRL. The reported that RVNRL film are influences by many factor such as dose of irradiation, storage period, and leaching time film<sup>[12-13]</sup>.

This paper describes the production of surgical gloves made from low extractable protein RVNRL prepared by home industry at Serpong, West Java, Indonesia. The optimum condition processing and characteristic of surgical gloves will be reported in this paper. The focus of this study is to prove that gloves from RVNRL have lowest extractable protein content.

## II. MATERIAL AND METHOD

**Material.** Low protein RVNRL produced by P3TIR-BATAN on February 1999, with the technical specification on Table 1 were use on this experiment. Calcium nitrate as coagulant agent, and some chemical such as BSA, sodium carbonate, sodium bicarbonat, bicinchonimic acid etc., were used for analysis the extractable protein content of surgical gloves.

**Table 1. Typical properties of low extractable protein content of RVNRL produced by P3TIR-BATAN on February 1999 (Jalupang Plantation).**

Properties	Minimum	Maximum	Average	ASTM
- Total solid content (TSC), %.	64.70	64.84	64.77	61.5*
- Dry Rubber content (DRC),%.	64.56	64.56	64.43	60.0*
- Viscosity, cP.	90	98	94	-
- VFA number.	10.2	10.4	10.3	-
- Mg content, % TSC.	0.0029	0.0031	0.0030	0.2**
	0.00049	0.00051	0.00050	0.005**

\* minimum, \*\* maximum.



**Apparatus.** Surgical gloves former from fiber glass, dipping tank, Toyoseiki Strograph-RI Tensile Tester, and UV Spectrometer.

**Production of surgical gloves.** Figure 1 shows a flow diagram of surgical gloves production line. The coagulant bath contain calcium nitrate at concentration 15-30%, dependent on the final thickness gloves required. After cleaning the former dipped into coagulant, draw up, dipped into latex, draw up, dried at room temperature, over night (17-20 hours). The next stage was beading and streaping, then leaching in hot water for 1 hour and drying at room temperature.

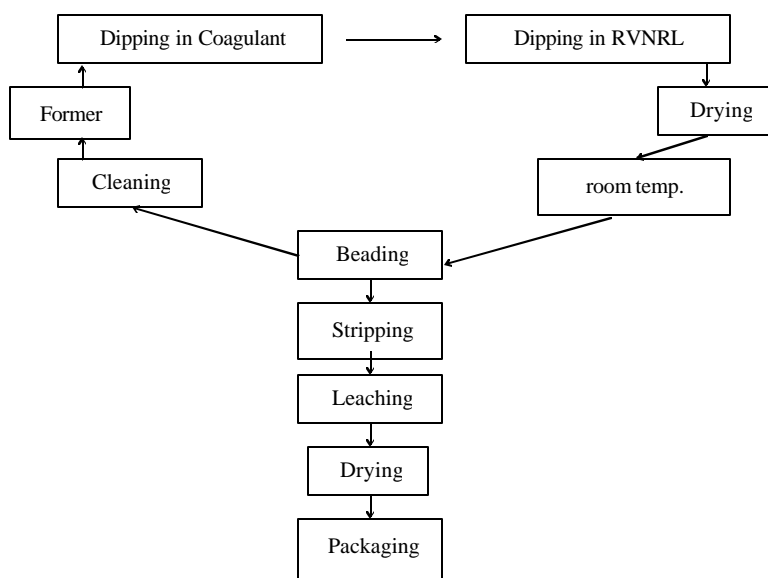


Figure 1. Schematic diagram of surgical gloves production on home industry scale.

**Evaluation of quality latex and surgical gloves.** The procedure for measuring the RVNRL and surgical gloves properties such as TSC, DRC, viscosity, pH, tensile strength, etc. were measured according to ASTM standard [14-15].

**Determination of extractable protein.** The procedure for determination of PBS and water soluble protein content of surgical gloves, was carried out according to ASTMA and LOWRY procedure [16-18].

### III. RESULTS AND DISCUSSION

**Production of gloves.** The gloves production were carried out on home industry scale (20 pair/hour) with calcium nitrated as coagulant agent. The important factor for producing surgical gloves from RVNRL by dipping method are selection of antioxidant and concentration of calcium nitrate, and dipping speed.

**Selection of antioxidant.** The solid content of field natural rubber latex is around 20-40%. The fraction content of rubber content (poly-isoprene) which normally is around 95%, and the rest is non rubber constituent such as protein, fatty acid, antioxidant which normally present in latex. It is clear that addition of antioxidant is necessary to replace the natural antioxidant already destroyed by irradiation<sup>[22]</sup>. Phenolic antioxidant were used in this experiment (Figure 2), because they are less discoloring then amines antioxidant. They are used in the application where properties are necessary such as surgical gloves.

Table 2 shows the physical and mechanical properties of gloves with 3 kind of antioxidant before and after aging 70oC for 168 hours. It can be selected that Lowinox 44B25 is a better antioxidant, because the decreasing of physical and mechanical properties after aging is lowest compared with the others, and the color of gloves are not change.

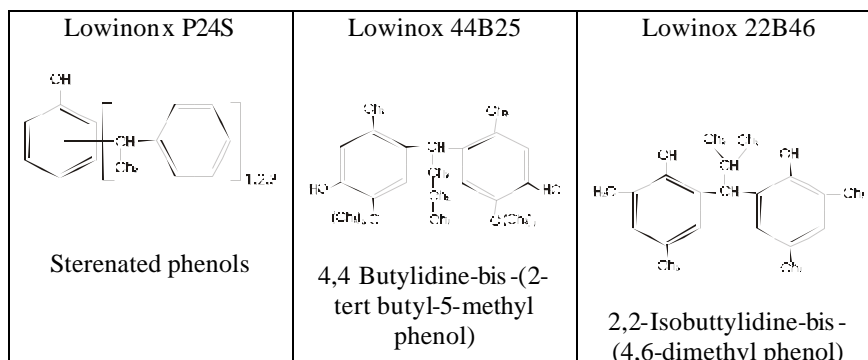


Figure 2. Chemical structure of phenolic antioxidant to be used in this experiment.

#### **Selection of calcium nitrate concentration.**

Some factor must be considered when choosing a chemical coagulant system i.e: as rapid the stability of the colloid system, it must be non foaming, good shelf stability, cost, toxicity, and environment factor must be considered. According to these reasons, calcium nitrated is a chosen system for this trial production. Figure 3 shows the relation between concentration of calcium nitrate with the thickness of gloves at one time dip. It can be assumed that for producing

gloves with thickness 0.2 mm the total solid content of RVNRL is around 50%, and the concentration of calcium nitrate is around 15-20%.

**Table 2. Physical and mechanical of gloves with three kind of lowinox antioxidant before and after aging 30°C for 168 hours.**

Properties	Lowinox 22B46	Lowinox 44B25	Lowinox P24S
- Modulus 600%, MPa.			
(A)	1.9	2.0	2.0
(B)	2.1	2.5	2.4
- Tensile strength, Mpa.			
(A)	26.1	26.8	26.5
(B)	20.5	23.1	21.6
- Elongation at break, %.			
(A)	1000	1000	1000
(B)	1000	1000	1000
- Permanent Set, %.			
(A)	10	10	10
(B)	7	7	7
- Color after aging	change	not change	change

A. Before aging, B after aging 70oC/168 hours.

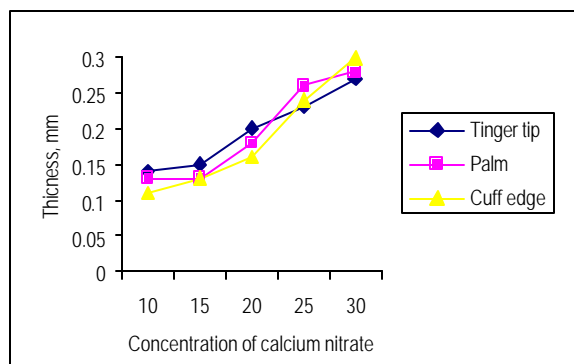


Figure 3. The relation between concentration of calcium nitrate with thickness of gloves.

**Table 3. The thickness of gloves (mm), with different speed of dipping and drawing.**

Position	Speed of drawing, m/sec.		
	0.1	5	5 to 0.1
- Finger tip	0.31	0.31	0.23
- Palm	0.21	0.28	0.24
- Cuff edge	0.21	0.23	0.24

**Selection of dipping speed.** In the straight-dipping process, the latex compound adhering to the form is simply air-dried. In the coagulant-dipping process the latex compound comes into direct with latex stability, consign almost instant gelatin of latex compound in the area where contact is made, and the speed of dipping produced thicker film per dip. Table 3 show the effect of dipping speed on the uniformity thickness of gloves. It indicates, that for getting uniformity thickness of gloves the speed of dipping are as follow : the former is dipped quickly then be pulled at the speed of 50 m/sec., after half position of gloves former the speed to be decreased up to 0.1 m/sec.

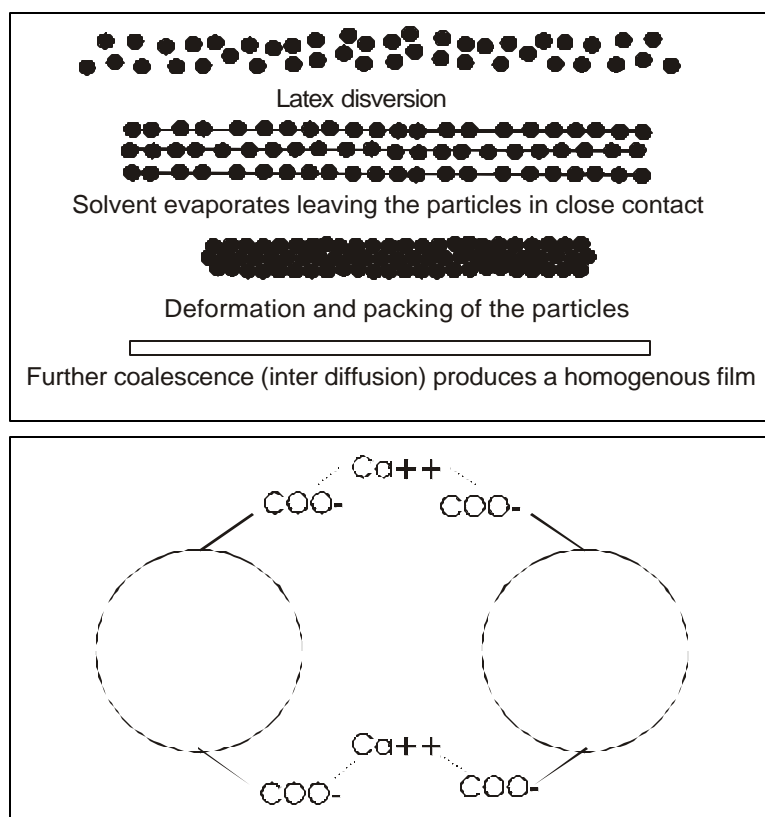


Figure 4. Schematic of film forming<sup>[19-20]</sup>.

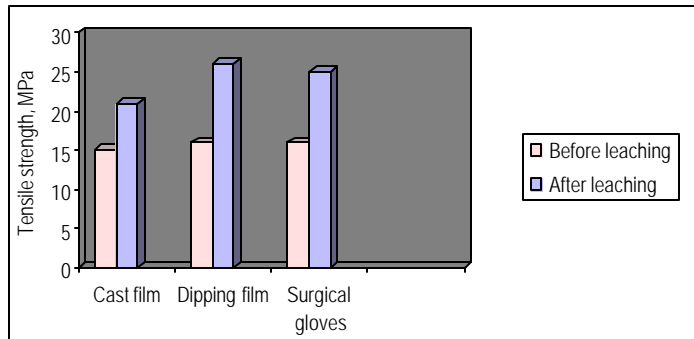


Figure 5. Tensile strength of cast film and coagulant dipping film.

**Physical and mechanical properties.** Figure 4 shows the film formation process prepared by casting and dipping film. Film formation in latex is complex process depend on drying or coagulation process which bright latex particles together. In casting film, film formation is controlled by some factors such as concentration of latex, Tg (glass transition), temperature of drying, particles cross link density, and temperature of which film formation is taking place. In coagulant film is controlled not only those factor, but also controlled by coagulant agent, where latex destabilized. Film made by this process, therefore, here a higher degree of disorder than film made by casting process. Consequently tensile strength more higher (Figure 5), because ionic cross linking among rubber particles are form by the metal oxide, usually calcium from coagulant. Ionic cross link begin forming at high temperature (70-80°C) immediately after the film is leached in hot water. The cross link contribute to both of high modulus and high tensile strength.

**Protein content.** Latex protein is reported as a cause of Type I sensitivity in some individuals who have exposed to latex containing devices. Since May 1991, the FDA has recommended that manufacturers of latex devices reduce the water-extractable protein in their natural rubber latex devices. The FDA recommended limit for water-extractable protein is 1200 µg per gloves or 120 µg/g<sup>[23]</sup>. Leaching is the process removal hydrophilic materials from latex dipped produced by washing them in hot water. The removal excess calcium nitrate in water soluble compounding greatly improves the clear physical properties of film, particularly film obtained pre-vulcanized latex. Leaching can be carried out through wet gel leaching and dry film leaching.

A practical and most effective means of reducing the extractable in latex gloves will be the use of pre-vulcanized natural latex with combination of wet leaching and dry film leaching. From the production line of surgical gloves prepared in home industry scale (20 pairs/hour) shows that the water extractable protein content of gloves from RVNRL were around 41-68 µg/g, while the water

extractable protein content of gloves with sulfur vulcanization technique was around 498-2500  $\mu\text{g/g}$ , and PBS extractable protein content was around 1812-3840  $\mu\text{g/g}$ , and PBS extractable protein content from sulfur vulcanization technique was 625  $\mu\text{g/g}$  (Table 4). From the results it can be indicated the removal of extractable protein during drying and leaching become easier since the protein macromolecules have been degraded by irradiation. This value prove that gloves from RVNRL prepared by home industry scale have a lowest water extractable protein content.

**Table 4. The water and PBS extractable protein content ( $\mu\text{g/g}$ ) of gloves prepared from RVNRL, sulfur vulcanization, and chlorination.**

Method	Water extractable	PBS extractable
- RVNRL	23-35	41-68
- Sulfur vulcanization.	496-2500	1812-3840
- Sulfur and chlorination	400	625

**Quality.** According to ASTM, the importance physical and mechanical properties of surgical gloves are : modulus, tensile strength, elongation at break, thickness, integrity, pine hole etc. Table 5 shows the quality of surgical gloves from RVNRL prepared by home industry which indicates that the physical and mechanical properties is required to ASTM standard, but for commercial propose the physical and mechanical properties should be improved.

**Table 5. The quality of gloves from RVNRL prepared by home industry in Tangerang Indonesia on March-December 1999.**

Properties	Bath I	Bath II	Bath III	ASTM	
				Type I	Type II
- Modulus 500%, MPa.	2.2	2.1	2.0	5.5**	5.5**
- Tensile Strength, MPa.					
(A)	26.9	25.1	26.1	24*	20*
(B)	20.7	21.2	20.2	18*	-
- Elongation at break, %.					
(A)	1000	1100	1000	750*	750*
(B)	1000	1000	1000	650*	-

A=before aging, B=after aging 70oC/168 hours. \* minimum, \*\* maximum.

## IV. CONCLUSION

From this study it can be concluded that the optimum condition processing for production surgical gloves from low protein RVNRL in home industry scale are as follow:

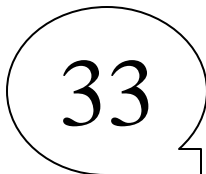
- The optimum concentration of RVNRL for producing surgical gloves was around 50%, with Lowinox 44B25 (4,4-Butylidene-bis-(2-ter.butyl-5-methyl phenol) as antioxidant.
- The optimum calcium nitrate as coagulant agent is around 15-20%, with speed of drawing was 50 m/min., than after half position the gloves former the drawing speed should be decreased to 0.5 m/min.
- By using this optimum condition the quality of surgical gloves is required to ASTM standard, and the water extractable protein content is around 23-35 %g/g, and the PBS extractable protein content is around 41-68 %g/g.

## VI. REFERENCES

- [1] Pendle T.D., Trend and Growth in Latex Industry, Malaysian Rubber Producers Research Association, Tun Abdul Razak Laboratory, Brickendownly, England (1990) ont publish.
- [2] Gorton A.D.T., G.P.Mc. Sweeney, and B.K. Tidd, Technology natural rubber to meet regulation of nitrosamine limmit, Publication no.1161, NR Technology Vol 18, Part 1, Kuala Lumpur (1987).
- [3] Gorton A.D.T., Evallution of new activator/accelerator in natural rubber latex, N.R. Technology vol 19, part 4, Publicatin 123 P (1988).
- [4] Willougby B.G.Scott, Niitroosamines in rubber, RAPRA Technology Ltd., United Kingdom (1997).
- [5] Loadman M.J.R., "Nitrosamin-Legislative implication for rubber compounder" Presented at the International Symposium, Nitrosamin Research for the Rubber Industry, Leuven, 23 November 1994.
- [6] Sundardi, Marga Utama, Sumarno K., Radiasi gama pada lateks karet alam, Majalah BATAN IX, 4 (1976)
- [7] Sumarno K., Sundardii, Studies on the preparation and uses of Cobalt-60 gamma rays irradiated natural latex, J.Appl. Poolym. Sci., Vol. 21 (1977) 21.
- [8] Makuuchi K., Progress in RVNRL, Proc. International Rubber Convergence 97, RRIM, Kuala Lumpur (1997) 107.
- [9] Feroza A., Sin.B.R., Haque M.E., Daffader N.C., Al-Siiddique,Mahmood A.J., Study on the characteristic propeerties of filed latex of Bangladesh, J.Polym-Plat,Tech Engg., Vol. 34 no.2 (1995) 167.

- [10] Sukri B.H.N., Makuuchi K., Devendra R., Effect of heating and leaching on mechanical properties of RVNRL film., Proc. of International Symp. On RVNRL, Edited by S.Machi, Tokyo (1990) 216.
- [11] Dillard E.F., and Mac. Collum M.S., Report to FDA, Allergic reaction to latex containing medical devices (1992) 23.
- [12] Van Manshol Wan Zin, Nurul Huda Othman, Determination of extractable protein content from RVNRL, Proc. International Symp. On RVNRL, MIINT, Kuala Lumpur (1996) 115.
- [13] ma'zam Md. Said, Wan Manzol Wan Zin, Extractable protein content of RVNRL film, Proc. International Symp. On RVNRL, MINT, Kuala Lumpur (1996) 126.
- [14] ASTM., Standard Test method for Rubber in Tension, Annual Book of ASTM Standard, vol.9., D 412-90.
- [15] ASTM, Standard specification for rubber concentrated, ammonia preserved, cream, and centrifuge natural latex, Annual Book of ASTM Standard, vol.9., D 1076-90.
- [16] ASTM, Standard test method for analysis of protein in natural rubber and its product, ASTM D 5712-95.
- [17] Annonime, Insetruction BCA protein assay reagent kit, Pierce, Rockford, H 61105.
- [18] ASTM, Standard specification for surgical gloves, Annual Book of ASTM Standard, vol.9., D 377-95.
- [19] K.Goshal, V.Krishnan, and N.D. Redpath, Structural properties relationships in nitrile polymers for glooves dipping, Prooc. Of IRC'97, RRIM, Kuala Lumpur (1997) 341.
- [20] T. Saito, F. Yoshii, K.Makuuchii, and I.Ishigaki, Effect of coagulant on mechanical properties of RVNRL film, Proc. of International Symp. On RVNRL, Edited by S.Machi, Tokyo (1990) 207.
- [21] Siswanto, Extractable of protein from inner and oouter medical gloves with successive washing technique, Menara Perkebunan, 65, 2(1997)75.
- [22] Steven T. Semgen, Rubber Technology, Van Norstand Reinhold Company (1973)
- [23] FDA, Guidance for Industry an FDA medical Gloves, Guidance Manuall, Service FDA, 5630 Fisher Lane Room 1061, (HFA-305) Rockviille MD 20852, Draft released for comment on July 30<sup>th</sup>, 1999.





## UJI PRODUKSI KARET TENSIMETER BEBAS NITROSAMIN DAN PROTEIN ALERGEN DALAM SKALA PABRIK

Marga Utama<sup>1</sup>, Herwinarni<sup>1</sup>, Made Sumarti<sup>1</sup>, Siswanto<sup>2</sup>, Suharyanto<sup>2</sup>, Yoharmus .S<sup>3</sup>, Bambang Handoko<sup>3</sup>, Heru Sundaru<sup>4</sup>, Teguh Haryono<sup>4</sup>, dan H.M. Muklis<sup>5</sup>.

1. Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi-BATAN Jakarta.

2. Unit Penelitian Bioteknologi Perkebunan Bogor.

3. Balai Penelitian Teknologi Karet, Bogor.

4. FK-UI/RSCM, Jakarta.

5. PT. Sugih Instrumendo Abadi, Padalarang.

### ABSTRAK

UJI PRODUKSI KARET TENSIMETER BEBAS NITROSAMIN DAN PROTEIN ALERGEN DALAM SKALA PABRIK. Karet untuk tensimeter (Sphygmomanometer) berupa : *bladder*, balon, dan slang dari lateks alam iradiasi telah diproduksi dalam skala pabrik di PT. Sugih Instrumendo Abadi, Padalarang dengan cara sbb: Kompon lateks alam iradiasi dibuat dengan cara lateks pekat divulkanisasi radiasi dengan sinar  $^{60}\text{Co}$  pada dosis 25 kGy dan kadar normal butil akrilat 3 psk (per seratus bagian berat karet), kemudian dibubuhi anti oksidan dibuat karet tensimeter (*bladder*, balon, dan slang) dengan teknik pencelupan penggumpalan. Tiga faktor penting yaitu : suhu pemanasan (90 dan 100°C), waktu pemanasan (4,8,12,16,20,24 jam), dan teknik pencucian (air, larutan amoniak, larutan KOH) dan sifat fisik mekanik film karet (modulus, tegangan putus, perpanjangan putus, kekerasan) telah dievaluasi. Hasilnya menunjukkan bahwa pemanasan 90°C, dengan waktu 8 jam kemudian dicuci dengan larutan amonia atau larutan 0,5% amonia atau KOH selama 30 menit dan direndam 24 jam merupakan kondisi optimum proses. Pada kondisi optimum tersebut diperoleh film karet yang memiliki tegangan putus 24 MPa, modulus 600% 2,0 MPa, perpanjangan putus 1000%, kekerasan 30 Shore A, dengan kadar protein ter-ekstrak 72-110 ?g/g dan kadar nitrosamin adalah nol. Nilai absorpsi ELISA dengan serum manusia peka protein alergen adalah 0% (negatif), bahkan respon serum karet tersebut terhadap kulit melalui uji SPT (Spine Prick Test = ini tusuk pada kulit) adalah 0 (negatif), yang berarti karet untuk tensimeter tersebut bebas nitrosamin dan protein alergen.

## ABSTRACT

**TRIAL PRODUCTION OF RUBBER FOR SPHYGMOMANOMETER FREE FROM NITROSAMIN AND PROTEIN ALLERGEN IN FACTORY SCALE.** The rubber for sphygmomanometer in this study is : bulb, bladder, and tube which made from irradiated natural rubber latex in factory scale production at PT. Sugih Instrumendo Abadi Padalarang. The irradiated natural latex is prepared by  $\gamma$  rays  $^{60}\text{Co}$  radiation vulcanization on natural rubber latex at the dose of 25 kGy, and 3 phr (part hundred ratio of rubber) was added by antioxidant then it was made rubber for sphygmomanometer (bladder, bulb, and tube) by coagulant dipping method. Three important factors : heating temperature (90, 100°C), heating time (4,8,12,116,20,24 hours), and leaching technique (water, solution of ammonia and KOH) has, and the physical and mechanical properties of rubber film (modulus, tensile strength, elongation at break, hardness) been evaluation. The results show that heating temperature at 90°C, and heating time on 8 hour then it leached in 0,5% solution of ammonia or KOH are the optimum condition processing. By using this optimum condition the tensile strength of film is 24 MPa, modulus 600% is 2,0 MPa, elongation at break is 1000%. Hardness is 30 Shore A, with the extractable protein content is around 72-110  $\mu\text{g/g}$  , and nitrosamine content is not detected (zero). The value of ELISA test method for absorbance of a sensitive human serum again protein allergen is zero (negative) , and the response of rubber serum again skin through SPT (Spine Prick Test) method is zero (negative), which means that rubber for sphygmomanometer are free from nitrosamine and protein allergen.

## I. PENDAHULUAN

Tensimeter (*Sphygmomanometer*) adalah instrumen yang dapat digunakan untuk mengukur tekanan darah arteri secara tidak langsung (non invasive) dengan bantuan stetoskopi. Instrumen ini dilengkapi dengan manometer, wadah kemasan yaitu bagian luar dari instrumen tensimeter untuk penempatan bagian-bagian lain dari kelengkapan alat. Wadah kemasan ini berisi antara lain : bola karet, slang karet, dan *bladder* yang dibungkus dengan kain<sup>(1)</sup>.

Bola dan slang karet yang sering dipegang oleh tangan manusia dapat menimbulkan gejala kanker pada tubuh manusia karena adanya nitrosamin di dalamnya, atau dapat menyebabkan alergi kulit tangan manusia karena adanya protein allergen yang terkandung dalam bola dan slang karet tersebut<sup>(2-5)</sup>.

Kasus yang pernah terjadi di Amerika pada sekitar tahun 1980-1985 yaitu seorang perawat karena sering menggunakan tensimeter ternyata mengidap penyakit kanker ganas pada bagian tubuhnya. Setelah diteliti ternyata penyebabnya adalah nitrosamin dari bola tensimeter yang sering digunakan oleh

perawat tersebut. Akhirnya perawat tersebut mengklaim puluhan juta dolar Amerika kepada produsen tensimeter<sup>(6)</sup>.

Kasus lain yang pernah diberitakan pada beberapa publikasi, tidak saja nitrosamin tetapi juga protein alergen yang dapat menyebabkan alergi pada tubuh manusia. Misalnya beberapa pekerja di rumah sakit di Jakarta yang menggunakan sarung tangan dari karet alam atau pekerja pabrik yang berhubungan langsung dengan karet alam menunjukkan bahwa sekitar 3% dari jumlah pekerja tersebut alergi terhadap karet alam<sup>(7)</sup>, bahkan apabila orang yang alergi karet alam tersebut dioperasi oleh para medis yang memakai barang jadi karet dari karet alam (sarung tangan, kondom kateter dsb) maka akan dapat menyebabkan kematian<sup>(8-10)</sup>.

Dengan adanya kejadian-kejadian tersebut, maka sejak tahun 1987 Eropa telah membatasi kandungan nitrosamin dalam barang jadi karet misalnya dalam dot bayi maksimum 1-10 ppb, dan WHO (Badan Kesehatan Dunia) sejak tahun 1999 telah membuat draft pembatasan kandungan protein ter-ekstrak (protein yang menyebabkan alergi) dalam barang jadi karet misalnya sarung tangan maksimum 150 µg/g<sup>(11-15)</sup>.

Menanggapi hal tersebut di atas, maka dalam makalah ini akan dilaporkan hasil penelitian tentang produksi karet untuk tensimeter dari lateks alam iradiasi (lateks alam yang divulkanisasi radiasi sinar  $\gamma$  <sup>60</sup>Co) yang bebas nitrosamin dan protein alergen dalam skala pabrik.

Hipotesa yang akan dibuktikan ialah bahwa dengan adanya iradiasi pada lateks karet alam, maka protein yang menyebabkan alergi akan terdegradasi sehingga tidak alergi lagi. Di samping itu karena proses vulkanisasi radiasi tidak menggunakan bahan kimia yang berpotensi menimbulkan nitrosamin misalnya senyawa karbonat, maka barang jadi karet dari lateks alam iradiasi akan bebas nitrosamin.

Tujuan penyajian makalah ini ialah disamping sebagai bahan informasi bagi para produsen barang jadi karet yang mungkin akan memanfaatkan hasil teknologi ini juga sebagai tambahan wawasan bagi ilmuwan yang bergerak di bidang perkaretan.

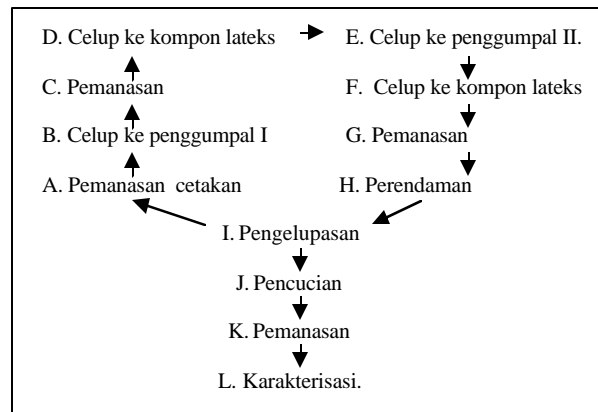
## II. BAHAN DAN METODE

**Bahan.** Lateks alam iradiasi dan lateks pekat produksi perkebunan Jalupang yang dipanen pada bulan Mei 2001, dan Desember 2002 dengan spesifikasi teknis seperti pada Tabel 1. Bahan untuk menentukan kadar protein ter-ekstrak misalnya BCA Assay Reagent, dan bahan untuk menentukan nilai absorbansi serum darah manusia peka protein alergi misalnya natrium karbonat, natrium hidrogen karbonat, natrium klorida dsb.

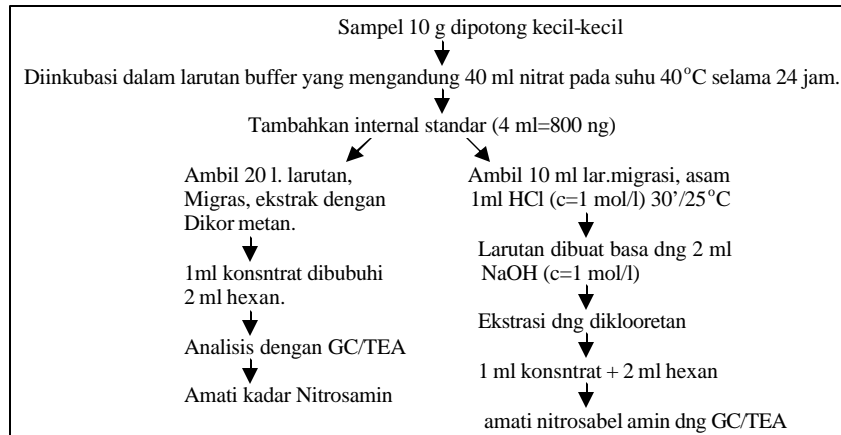
**Tabel 1. Spesifikasi Lateks Alam Iradiasi Dan Lateks Pekat Yang Diproduksi Mei 2001 Dan Desember 2002 <sup>(16)</sup>.**

Sifat	Lateks alam iradiasi		Lateks pekat		SNI
	Mei 2001	Des. 2002	Mei 2001	Des. 2002	
Lateks					
? Kadar karet kering (KKK),%	60,0	60,59	60,0	60,0	60,0*
? Kadar jumlah padatan (KJP),%	61,5	61,82	61,5	60,5	60,5*
? KJP-KKK	1,5	1,23	1,5	1,5	2**
? Kadar amonia,% berat karet.	1,9	0,83	0,6	0,7	0,6*
? Bilangan VFA	0,04	0,0223	0,04	0,02	0,20**
? Bilangan MST	1800	1000	900	700	650*
? pH	10,51	10,04	10,10	10,12	-
? Kadar Mg <sup>++</sup> ,%	0,0018	0,0147	0,05	0,05	0,08**
? Bilangan KOH,%. .	0,835	0,60	0,61	0,66	0,80**
? Kekentalan,cP.	139	355	90	95	-
Film karet					
? Modulus 600%, MPa.	2,1	1,7	3-5 <sup>vb</sup>	3-5 <sup>vb</sup>	-
? Tegangan putus, MPa.	24-26	22-26	26-30 <sup>vb</sup>	26-30 <sup>vb</sup>	-
? Perpanjangan putus,%. .	900	960	800 <sup>vb</sup>	800 <sup>vb</sup>	-
? Kadar protein total,%. .	0,080	0,091	0,29	0,30	-
? Kadar protein ter-esttrak, ? g/g	<100	<100	1000-2000	1000-2000	-
? Kadar lemak,%. .	3,67	3,78	6,31	7,01	-
? Kadar karbohidrat,%. .	0,027	0,033	0,041	0,039	-

\* nilai minimum, \*\* nilai maksimum, - tidak dipersyaratkan, vb = vulkanisasi belerang.



Gambar 1. Diagram Alir Produksi *Bladder*, Bola, Atau Slang Untuk Tensimeter.



Gambar 2. Penentuan Nitrosamin Dalam Barang Jadi Karet Alam (*Bladder*, Bola, Atau Slang)

**Alat.** Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : iradiator lateks alam sinar  $^{60}\text{Co}$  sebagai sumber radiasi yang berfungsi untuk proses vulkanisasi radiasi lateks skala pilot, mesin pembuat *bladder*, bola, dan slang karet dalam skala pabrik, peralatan untuk menentukan kadar protein ter-ekstrak, dan peralatan untuk menentukan sifat alergi terhadap kulit maupun darah yang menggunakan metode SPT dan ELISA.

**Metode.** Ada dua tahap penelitian yang telah dilakukan yaitu : 1) Optimasi kondisi produksi karet untuk tensimeter berupa *bladder*, bola dan slang 2) Karakterisasi barang jadi karet yang dihasilkan yang meliputi: uji sifat fisik dan mekanik film karet, uji kadar protein ter-ekstrak, nitrosamin, uji respon terhadap darah peka protein alergi dengan metode ELISA, dan uji tusuk kulit dengan metode SPT *bladder*, bola, atau slang karet

**1) Optimasi Kondisi Produksi Karet Untuk Tensimeter.** Secara garis besar diagram alir optimasi kondisi produksi *bladder*, bola, dan slang karet untuk tensimeter tertera di Gambar 1, dengan uraian sbb. Cetakan *bladder*, bola, atau slang dari logam campuran, setelah dicuci dikeringkan (A), dicelupkan ke bahan penggumpal I (B), dikeringkan (C), dicelupkan ke kompon lateks (D), dicelupkan lagi ke penggumpal II (E), dan kompon lateks (F) sampai tebal tertentu. Setelah tebal film karet sesuai dengan yang diinginkan, lalu dikeringkan (G). Setelah kering, direndam dalam air (H), dikupas (I) dan dicuci dengan air dingin, atau larutan KOH 0,5%, atau larutan amonia 0,5 (J) lalu dikeringkan dengan variasi suhu (90 dan 100°C) dan waktu pengeringan (4,8, dan 12 jam). Selesai pengeringan barang karet ini dikondisikan dan dikarakterisasi kualitasnya (L).

**2) Karakterisasi Barang Karet.** Barang karet (*bladder*, bola, dan slang) yang terjadi ini dikarakterisasi sifatnya setelah dikondisikan antara lain :

sifat fisik mekanik, kadar protein ter-ekstrak, kadar nitrosamin, uji ELISA, dan uji SPT, dengan rincian sbb:

**a. Uji sifat fisik dan mekanik.** Film karet. Sifat fisik film karet dari *bladder* yang meliputi tegangan putus, modulus, perpanjangan putus, perpanjangan tetap, dan kekerasan prosedurnya disesuaikan dengan ASTM D412-97<sup>(17)</sup>.

**b. Uji kadar protein ter-ekstrak.** Prosedur penentuan kadar protein ter-ekstrak film karet dari bola hasil kondisi optimum proses produksi disesuaikan dengan ASTM<sup>(18)</sup>.

**c. Uji kadar nitrosamin atau nitrosabelamin.** Gambar 2 menyajikan skema uji nitrosamin menggunakan GC dengan detektor TEA pada kondisi operasi seperti Tabel 2.

**Tabel 2. Kondisi Operasi GC Yang Memakai Detektor TEA Untuk Deteksi Nitrosamin Dan Nitrosabelamin.**

Kondisi	Deteksi nitrosamin	Deteksi nitrosabelamin
Suhu injektor, °C.	200	200
Suhu oven, °C.	Awal 110, akhir 195, kec.8/mnt	175
Kolom gelas	Karbowax 20 M, panjang 180 cm i.d.2,2 mm, o.d.3,75 mm.	Karbowax 20 M, panjang 250 cm i.d.2 mm, o.d.6,75 mm.
Gas pembawa	Helium	Helium
Kecepatan alir gas, ml/mnt.	25	25
Volume sampel, ?l	4	3-5

**D. Uji ELISA.** Agar mendapatkan hasil yang baik, langkah awal adalah proses penyautan (ciating) sumur mikropalt dengan Ag yang telah diencerkan dengan larutan buffer karbonat ber pH 9,6 sebanyak 50 ml tiap sumur yang akan dipakai, diinkubasi semalam pada suhu 40°C, lalu dicuci dengan PBS-Tween 0,05% sebanyak tiga kali, dan selanjutnya sumur mikroplat tersebut dibiarkan di atas kertas tisyu. Ke dalam sumur tersebut ditambahkan antibodi manusia peka alergi yang telah diencerkan dengan buffer TEN-TC sebanyak 50 ?L tiap sumur. Diinkubasi selama 1 jam pada suhu kamar, dan setelah dicuci dengan PBS Tween 0,05% sebanyak 3 kali, kemudian ditambah dengan konjugate HRP antirabit yang telah diencerkan bufer TEN-TC (1:5.000) sebanyak 100 ml tiap sumur. Diinkubasi pada suhu kamar selama 1 jam, lalu dicuci kembali dengan PBS tween 0,05% sebanyak 3 kali. Selanjutnya ditambah larutan substrat 2,2-azino-bis (3-ethylbenzotiazoline-6-sulfuric acid disingkat ABTS) 10 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% sebanyak 100 cc tiap sumur kemudian diinkubasi pada suhu kamar selama 1 jam. Absorbansi dibaca dengan ELISA Reader Bechman pada panjang gelombang 405 dan 492 nm filler ganda.

**E. Uji SPT .** Pada awalnya dipersiapkan antigen barang jadi karet, yang akan diuji, kemudian antigen ini diuji responnya pada kulit manusia yang alergi terhadap karet alam dengan cara mengoleskan di permukaan kulit yang telah

diberi tanda berupa lingkaran. Respon yang dihasilkan dievaluasi dengan skala 0 s/d 4 (0 berarti tidak ada respon, sedang 4 responnya sangat kuat yang ditandai dengan kulit bentol-bentol), dan dibandingkan dengan kontrol (antigen yang nilainya 0 atau yang 4)<sup>(7)</sup>.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN.

Tiga hal penting yang harus diperhatikan dalam rangka memproduksi karet untuk tensimeter (*bladder*, bola, dan slang) yaitu : Spesifikasi dan komposisi kompon lateks, optimasi kondisi proses pencelupan, dan optimasi proses pencucian dengan rincian sbb.

#### Spesifikasi dan formulasi kompon lateks.

Sebenarnya ada 3 jenis lateks yang dapat digunakan untuk produksi *bladder*, balon, dan slank untuk tensimeter yaitu : lateks alam pekat atau lateks pekat, lateks kloropren (neopren), dan lateks alam iradiasi yang dengan sendirinya ketiga jenis lateks tersebut memiliki spesifikasi berbeda-beda. Dalam penelitian ini hanya digunakan lateks alam iradiasi saja karena di samping teknik produksi karet untuk tensimeter dari lateks alam dan lateks sintetis dengan vulkanisasi belerang sudah dikuasai oleh pabrik, juga diharapkan lateks alam iradiasi dapat memecahkan masalah yang dihadapi barang jadi karet alam yaitu masalah nitrosamin dan protein alergen.

**Spesifikasi.** Spesifikasi lateks alam iradiasi dan lateks pekat tertera di Tabel 1. Dari tabel ini mencirikan bahwa lateks alam iradiasi memiliki dua sifat yaitu sifat lateksnya seperti lateks pekat yang memenuhi standar SNI, sedang sifat film karetnya seperti sifat film karet yang divulkanisasi belerang.

**Sifat lateks.** Tabel 1 menunjukkan bahwa sifat lateks alam iradiasi seperti sifat lateks pekat. Hal ini disebabkan karena baik nilai KKK, KJP, bilangan MST, bilangan KOH, dan bilangan VFA relatif sama dengan lateks pekat, bahkan sifat lateks alam iradiasi memenuhi standar lateks pekat menurut SNI. Stabilitasnya lateks alam iradiasi ditandai dengan nilai bilangan MST yang cukup tinggi. Hal ini disebabkan karena pada waktu proses memproduksi lateks alam iradiasi dengan sinar  $^{60}\text{Co}$ , normal butil akrilat yang ditambahkan ke dalam lateks sebanyak 3 psk berbentuk emulsi dengan sabun anion sebagai bahan pengemulsinya. Hasil penelitian sebelumnya membuktikan bahwa emulsi nBA tersebut setelah ditambahkan ke dalam lateks, maka nBA saja yang masuk ke dalam partikel karet, sedang sabun anion berada di luar partikel karet (19). Kemudian setelah campuran emulsi nBA dan lateks alam diiradiasi dengan sinar  $^{60}\text{Co}$ , maka nBA akan bertindak sebagai bahan pemeka yang dapat menyebabkan terjadinya ikatan silang antara poliisopren di dalam partikel, sedang sabun anion masih berada di luar partikel karet karena sabun tersebut merupakan senyawa hidrophilik. Oleh karena sabun anion merupakan bahan

penstabil, maka campuran lateks alam dan emulsi nBA tersebut akan stabil setelah diiradiasi, akibatnya bilangan MST lateks alam iradiasi lebih tinggi daripada lateks alam non iradiasi.

**Sifat film.** Tabel 1 juga menunjukkan bahwa nilai sifat film karet dari lateks alam iradiasi yaitu modulus dan tegangan putus relatif sama seperti sifat film karet dari lateks pekat yang divulkanisasi belerang, bahkan kandungan protein, lemak dan karbohidrat, lebih rendah daripada film karet lateks alam vulkanisasi belerang. Hal ini disebabkan karena lateks alam iradiasi merupakan lateks alam yang sudah divulkanisasi dengan sinar  $^{60}\text{Co}$ . Vulkanisasi terjadi karena nBA yang bertindak sebagai bahan pemeka (memperbanyak jumlah radikal bebas akibat iradiasi poliisopren karet alam), yang sudah masuk dalam partikel karet alam dapat menimbulkan terjadinya ikatan saling antara poliisopren karet alam, sehingga terjadilah vulkanisasi. Akibat adanya vulkanisasi tersebut maka film karet lebih kuat dan elastis atau dengan kata lain tegangan putus, dan modulus meningkat. Lebih rendahnya nilai protein, lemak, dan karbohidrat karena akibat degradasi iradiasi  $^{60}\text{Co}$  bahan bukan karet. pada lateks tsb. Reaksi degradasi radiasi yang terjadi pada bukan karet antara lain protein, lemak, dan karbohidrat secara garis besar uraiannya sbb.

Lateks karet alam terdiri dari partikel karet dan bahan bukan karet. Partikel karet alam berisi poli-isopren yang bila diradiasi akan terjadi peristiwa pengikatan silang, sementara itu bahan bukan karet dalam lateks terdiri dari berbagai asam amino yang mengandung senyawa tiol, serta asam amino aromatik dan alifatik, gugus karbonal, gugus olifenik, dsb. akibat adanya iradiasi akan mengalami degradasi. Akibat degradasi pada bahan tersebut maka terjadi bermacam-macam radikal atau dapat pula mengalami deaminasi, dekarboksilasi, oksidasi gugus S-H, reduksi gugus S-S, perubahan rantai samping asam amino serta penambahan/pengurangan rantai peptida. Peristiwa ini diikuti dengan perubahan sifat biologi, biokimia, fisikokimia sehingga membentuk produk baru yang mudah larut dalam air <sup>(20-21)</sup>. Bila film karet hasil iradiasi tersebut dicuci dengan air, maka senyawa baru tersebut akan keluar dari film karet, akibatnya nilai protein, lemak, dan karbohidrat film karet menurun.

### **Formulasi kompon lateks.**

Pada umumnya cara memformulasi kompon lateks untuk barang jadi karet dengan cara vulkanisasi belerang harus ditambahkan bahan pemvulkanisasi (belerang), bahan penggiat (zeng oksida), bahan pencepat (senyawa karbamat, thiazl, aldehida-amin, toazol sulfoammida, thio phosphat, guanidin, thiourea, atau thiokarbonil sulfenamide) dan anti oksidan (senyawa phenil atau amina) ke dalam lateks pekat. Oleh karena ke empat macam bahan tersebut berpotensi menghasilkan senyawa yang bersifat toksid, karsinogen dan alergi <sup>(22)</sup>, maka dianjurkan pemakaian bahan tersebut sesedikit mungkin. Tabel 3 menyajikan komposisi kompon lateks vulkanisasi belerang dan lateks alam iradiasi yang digunakan untuk memproduksi *bladder*, bola, dan slang dalam skala pabrik. Dari tabel ini menunjukkan bahwa bahan kimia yang dibutuhkan untuk vulkanisasi



radiasi hanya 1 macam yaitu antioksidan senyawa penol yang sifat toksisitas dan alergi tipe IV nya rendah, sedang untuk vulkanisasi belerang ada 4 macam yaitu bahan pengaktif, pencepat, antioksidan, dan bahan pemvulkanisat belerang yang menurut MAKUUCHI <sup>(23)</sup> bahan-bahan ini cukup beresiko rendah sampai tinggi terhadap toksisitas, alergi tipe IV, dan karsinogen (penyebab kangker) pada barang jadi karet yang dihasilkan. Jadi bila dilihat dari formulasi ini kompon lateks alam iradiasi di samping lebih hemat bahan kimia, juga resiko bahan yang bersifat toksid rendah yang berasal dari bahan antioksidan. Untuk mengatasi sifat toksid dan alergi tipe IV dari bahan antioksidan, maka digunakanlah BHT sebagai bahan antioksidan kompon lateks alam iradiasi, karena BHT merupakan antioksidan yang tidak toksit dan alergi tipe IV.

**Tabel 3. Pemakaian Bahan Kimia Dan Resiko Toksitas, Alergi, Dan Karsinogen Dalam Penyusunan Kompon Lateks Alam Vulkanisasi Iradiasi Dan Vulkanisasi Belerang.**

Bahan kimia	Kompon lateks belerang			Lateks alam iradiasi		
	toksit	Alergi tipe IV	Karsi-nogen	toksit	Alergi tipe IV	Karsi-nogen
Penaktip (ZnO)	+	+	-	0	0	0
Pencepat:						
*Thiouram/dithiocarbamat	++	++	++	0	0	0
*Mercabto benzothiazol	+	++	-	0	0	0
*Dibenzothiazol disulfide	++	++	++	0	0	0
Antioksidan						
*Senyawa phenol	+	+	-	-	-	-
*Senyawa Phenylidamine	++	++	++	0	0	0
Pemvulkanisat (belerang)	+	+	-	0	0	0

+ beresiko rendah, ++ beresiko tinggi, - tidak beresiko, 0 tidak menggunakan bahan kimia tsb.

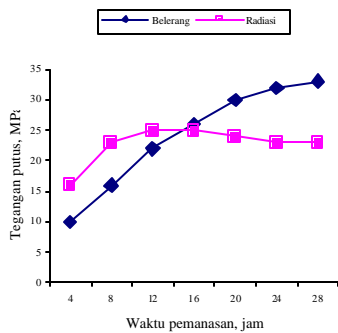
### Optimasi kondisi proses pencelupan.

Ada dua teknik pencelupan yang biasa dilakukan untuk memproduksi barang jadi karet secara celup yaitu : pencelupan langsung untuk barang jadi karet tipis misalnya kondom, dan teknik pencelupan penggumpalan untuk barang jadi karet tebal misalnya *bladder*, bola, dan slang karet untuk tensimeter. Gambar 1 menyajikan proses produksi *bladder*, bola, atau slang untuk tensimeter. Faktor yang dievaluasi dalam memproduksi barang karet untuk tensimeter tersebut adalah suhu dan waktu pemanasan (Gambar 1 G) serta teknik pencucian (Gambar 1 J).

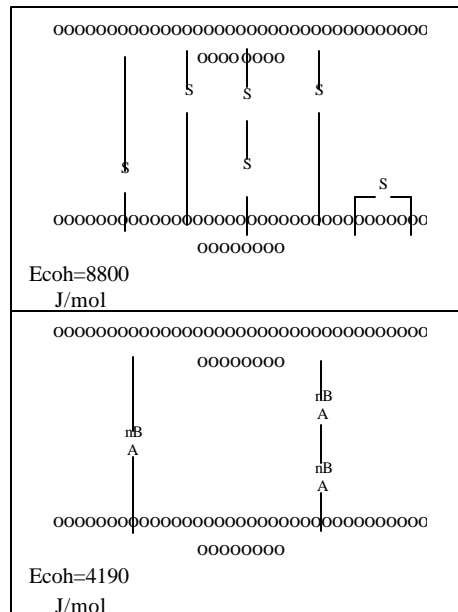
### Optimasi Suhu dan waktu pemanasan .

Gambar 3 menyajikan hubungan antara waktu pemanasan film karet dari diagram alir di Gambar 1G dengan tegangan putus film karet dari *bladder* lateks alam iradiasi dan lateks alam vulkanisasi belerang. Ternyata ada kecenderungan bahwa waktu pemanasan *bladder* lateks alam iradiasi selama 8-12

jam dengan suhu 90°C didapatkan tegangan putus mencapai maksimum (24 MPa), sedang *bladder* lateks alam vulkanisasi belerang untuk mendapatkan tegangan putus maksimum (30 MPa) memerlukan waktu sekitar 20-24 jam. Ada kecenderungan bahwa menaikkan suhu dari 90°C menjadi 100°C tidak meningkatkan tegangan putus film karet baik film karet lateks alam iradiasi, maupun film karet lateks alam vulkanisasi belerang. Jadi suhu optimum proses pemanasan (Gambar 1G) pada produksi produksi *bladder* dari lateks alam iradiasi adalah 90°C, dengan waktu 8-12 jam, sementara itu *bladder* dari vulkanisasi belerang 90°C, selama 20-24 jam.



Gambar 3. Hubungan antara waktu pemanasan dengan tegangan putus film karet.



Gambar 4. Struktur ikatan silang yang terjadi pada vulkanisat lateks alam iradiasi (bawah), dan lateks alam vulkanisasi belerang (atas).

Lebih singkatnya waktu pemanasan *bladder* lateks alam iradiasi tersebut disebabkan karena lateks alam iradiasi merupakan lateks yang sudah divulkanisasi, jadi energi panas yang diserap hanya digunakan untuk menguapkan air, sedang *bladder* dari lateks alam vulkanisasi belerang energi yang diserap tidak saja digunakan untuk penguapan air, tetapi juga untuk proses vulkanisasi, dengan penjelasan sbb:

Secara garis besar struktur ikatan silang antara poliisopren karet alam dalam vulkanisasi lateks alam iradiasi dan lateks karet vulkanisasi belerang tertera di Gambar 4. Dari gambar ini menunjukkan bahwa ikatan silang yang

terjadi antara poliisopren karet alam pada lateks alam iradiasi adalah ikatan C-C atau C-nBA-C tidak diperlukan kalor pembentukan ikatan karena memang sudah terbentuk, tetapi pada lateks alam vulkanisasi belerang yang ikatannya adalah C-S-C memerlukan kalor (heat fussion) sebesar 5,02 s/d 13,02 J/g<sup>(24)</sup> yang kalornya diambil dari selama pemanasan film karet. Dengan demikian energi kalor tidak saja digunakan untuk penguapan tetapi juga untuk pembentukan ikatan, sehingga waktu pemanasan lebih lama.

Tegangan putus film karet dari lateks alam iradiasi (24 MPa) lebih rendah daripada film karet dari lateks alam vulkanisasi belerang (30 MPa) energi koohesive antara C-C dari lateks alam radiasi (4190 J/mol), lebih rendah daripada energi kohesi antara ikatan C-S-C (8800 J/mol) pada film karet dari lateks alam vulkanisasi belerang<sup>(25)</sup>. Sehingga untuk memutuskan atau melepaskan ikatan antara molekul poliisopren karet alam dari lateks alam iradiasi lebih rendah daripada film karet dari lateks alam vulkanisasi belerang. Dengan kata lain tegangan putus film karet dari lateks alam iradiasi lebih rendah daripada tegangan putus film karet dari lateks alam vulkanisasi belerang.

#### Optimasi proses pencucian.

Pada umumnya setiap proses produksi barang jadi karet supaya hasilnya tidak berbau setelah disimpan beberapa bulan, maka selalu dilakukan pencucian selama proses produksi (Gambar 1J). Hal ini harus dilakukan karena proses pencucian bertujuan di samping menghilangkan bahan bukan karet misalnya protein, lemak, dan karbohidrat yang dapat menyebabkan bau tidak sedap, juga dapat meningkatkan penampilan serta sifat mekanik barang jadi karet tersebut<sup>(26-27)</sup>.

**Tabel 4. Pengaruh Pencucian Terhadap Kadar Protein Ter-Ekstrak, Total Protein, Dan Tegangan Putus Film Karet.**

Asal film karet untuk tensimeter	Perlakuan Pencucian	Kadar protein ter-ekstrak, ?/g.	Kadar protein total, %.	Tegangan putus, MPa.
Lateks alam iradiasi	Tanpa dicuci	2508	0,46	18
	Dicuci cara 1	1260	0,34	24
	Dicuci cara 2	662	0,25	25
	Dicuci cara 3	72	0,25	25
Lateks alam vulkanisasi belerang	Tanpa dicuci	2560	0,40	22
	Dicuci cara 1	1250	0,34	29
	Dicuci cara 2	316	0,27	30
	Dicuci cara 3	125	0,30	31

1= rendam air 5-6 jam, dibilasi air 3 kali. 2=rendam air 24 jam, dibilas 3 kali, 3=rendam KOH/amonia 0,5% 24 jam, dibilas air3 kali.

Tabel 4 menyajikan pengaruh pencucian terhadap kadar protein terekstrak, total protein dan tegangan putus film karet. Ternyata larutan KOH atau amonia berkadar 0,5 % lebih baik dari pada air biasa pada proses pencucian,

karena dengan menggunakan larutan KOH atau amonia berkonsentrasi 0,5% turunnya kadar protein terlarut dapat mencapai 97%, yaitu dari 2500 ?g/g menjadi 72 ?g/g sementara itu dengan air biasa hanya 75 % yaitu dari 2500 ?g/g menjadi 662 ?g/g.. Hal ini disebabkan diduga karena molekul protein ter-ekstrak yang bersifat amfotir dalam keadaan basa (larutan amonia atau KOH) daya kelarutannya lebih tinggi dari pada dalam keadaan netral. Jadi untuk mendapatkan kadar protein terlarut serendah mungkin , maka dalam pencucian *bladder*, bola, atau slang karet tensimeter sebelum dibilasi dengan air dalam mesin pencuci, sebaiknya direndam dulu dalam larutan KOH atau amonia 0,5% selama 24 jam.

#### **Kualitas barang jadi karet untuk tensimeter.**

Secara visual penampilan barang jadi karet untuk tensimeter dari lateks alam iradiasi dan lateks alam / sintetis vulkanisasi belerang relatif sama. Namun agar jangan terjadi kekeliruan antara ke tiga barang jadi karet tersebut dibubuhi warna yang berbeda yaitu biru untuk barang jadi karet dari lateks alam iradiasi, hitam dari lateks alam vulkanisasi belerang dan merah dari lateks sintetis vulkanisasi belerang (Gambar 5). Sifat fisik dan mekanik bola karet tensimeter disajikan di Tabel 5, yang menunjukkan bahwa modulus 500%, kekerasan, dan berat jenis bola karet tensimeter dari lateks alam iradiasi lebih rendah daripada dari lateks alam atau lateks sintetis vulkanisasi belerang, sedang nilai perpanjangan putus relatif sama. Tegangan putus film karet bola tensimeter dari lateks alam iradiasi lebih tinggi daripada bola karet tensimeter dari lateks sintetis vulkanisasi belerang tetapi lebih rendah dari lateks alam vulkanisasi belerang.

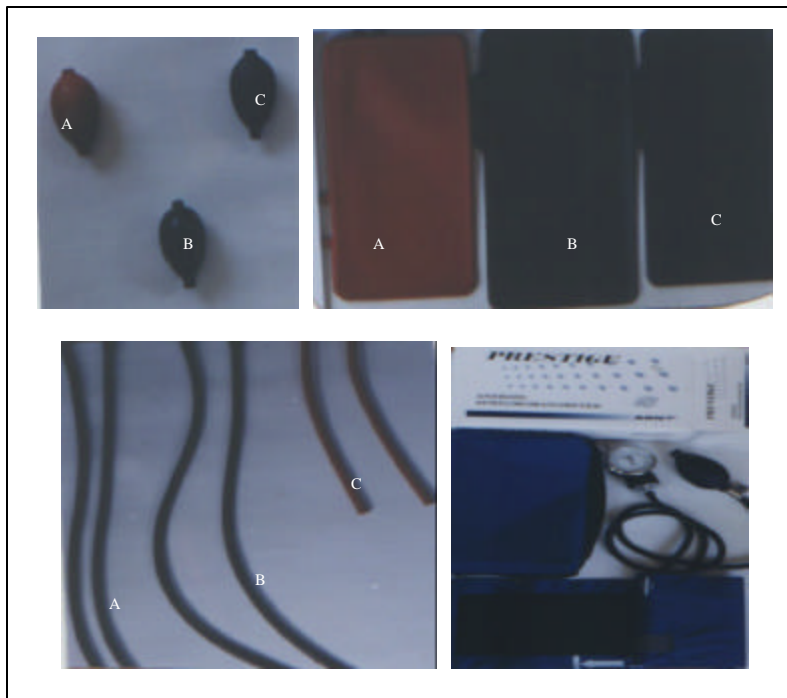
Lebih rendahnya modulus, kekerasan, dan berat jenis mencirikan bahwa bola karet tensimeter lebih nyaman dipakai, karena lebih lunak, dan lebih ringan, sedang lebih rendahnya daya rekat antara slang dengan *bladder* dikhawatirkan dapat mengurangi daya tahan terhadap tekanan udara selama tensimeter digunakan untuk mengukur tekanan darah arteri manusia. Namun setelah dilakukan uji fungsi tensimeter tersebut oleh beberapa para medis di beberapa tempat, ternyata daya tahan tekanan udara selama pemakaian tetap stabil, sehingga layak dipakai.

Menurut SNI 16-4415-1997 tentang Tensimeter, sifat fisik mekanik bola, *bladder*, dan slang karet tidak dipersyaratkan. Oleh karena persyaratan sifat fisik dan mekanik barang jadi karet untuk tensimeter dari lateks alam iradiasi relatif sama dengan barang jadi karet dari karet alam/sintetis yang divulkanisasi belerang, maka dapat dikatakan bahwa sifat fisik dan mekanik barang jadi karet dari lateks alam iradiasi untuk tensimeter sudah tidak bermasalah lagi.

Keunggulan barang jadi karet dari lateks alam iradiasi untuk tensimeter adalah bebas nitrosamin dan protein alergen, hal ini terbukti bahwa walaupun kadar protein terekstrak bola karet tensimeter dari lateks alam iradiasi adalah 661 ?g/g, namun uji SPT (respon kulit terhadap protein alergi karet) dan nilai absorbansi ELISA dengan serum manusia peka protein alergen adalah nol atau

negatif. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa masalah protein alergen dan nitrosamin pada barang jadi karet untuk tensimeter telah dapat diatasi.

Diharapkan dengan hasil positif tersebut, maka barang jadi karet dari lateks alam iradiasi untuk tensimeter sudah mulai dapat diproduksi secara komersial.



Gambar 5. Penampilan bola karet, *bladder*, slang, dan tensimeter dari lateks alam iradiasi (A), lateks alam vulkanisasi belerang (B), dan lateks sintetis vulkanisasi belerang (C).

**Tabel 5. Sifat Fisik Mekanik Bola Karet Tensimeter Dari Lateks Alam Iradiasi, Lateks Alam Vulkanisasi Belerang, Dan Lateks Alam Vulkanisasi Radiasi.**

Sifat	Lateks alam vulkanisasi		Lateks sintetis vulkanisasi belerang
	radiasi	belerang	
Modulus 500%, MPa.	1,4	3,3	2,5
Tegangan putus, MPa.	22	36	19
Perpanjangan putus, %.	1000	980	900
Daya rekat, kg/cm <sup>2</sup> .	1,57	2,02	4,04
Kadar nitrosamin, ppm.	0	>50	*
Kadar total protein, %.	0,34	0,34	0,29
Kadar protein terlarut, %.	661	1250	*
Uji SPT (respon kulit), unit	0	0,2	
Nilai absorbansi ELISA dengan serum manusia peka pada protein alergen, %.	0	0,2	*
Kekerasan, shore A.	29	40	47
Berat jenis, g/cm <sup>2</sup> .	0,892	0,922	1,278

\* belum diuji.

#### IV. KESIMPULAN

Dari uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa telah ditemukan kondisi optimum proses produksi barang jadi karet untuk tensimeter dari lateks alam iradiasi dalam skala pabrik antara lain suhu dan waktu pemanasan adalah 90°C selama 8-12 jam.

Larutan 0,5% amonia atau KOH yang digunakan sebagai pencuci barang jadi karet untuk tensimeter dapat menurunkan kadar protein ter-ekstrak sampai dengan 97% dari semula, sementara bila menggunakan air dingin saja hanya 75%.

Pada kondisi optimum proses ini sifat fisik dan mekanik barang jadi karet dari lateks alam iradiasi untuk tensimeter ini memenuhi standar pemakaian serta bebas nitrosamin dan protein alergen.

#### V. DAFTAR PUSTAKA.

1. SNI, Sphygmomanometer/Tensimeter non otomatis, SNI 16-4415-1997, Dewan Standarisasi Nasional - Jakarta (1997).
2. OERIP SISWANTORO, Senyawa karsinogen N-nitrosamin dan usaha pengendaliannya, Makalah Temu Ilmiah, Cimanggis Bogor, 25-11-1989.

3. JORDAN N., FIING,MD., Immunology and allergy clinics of North America, Latex Allery,**15**,1., W.B. Somders Company, London (1995) 1-179.
4. GERSHNIN M.E., Clinical Review in Allergy,**11**, 3 Human Press Inc., USA (1993) 293-425.
5. OERIP SISWANTORO, Protein allergen berbahaya dari barang jadi lateks Hevea, Warta Perkaretan **12**,1 (1993) 13.
6. ADETARYA, Hasil diskusi tentang tensimeter, PT. Abadi Nusa, Padalarang, Juli 1999 (tidak dipublikasi).
7. HERU SUNDARU, SISWANTO, TEGUH HARJONO KARJADI, SUHARYONO, LIES PAREDE, perakitan diagnostikprotein alergen dengan antibodi IgE manusia untuk kontrol mutu dari produk barang jadi lateks dalam negeri, UPBP, FKUI, PPF, BADAN LITBANG PERTANIAN, bogor (2002) tidak dipublikasi.
8. SPIEGELHALDER, B., and PREUMANNA, R., Nitrosamin and Rubber, LARC Sci., Publication 41 (2001) 231.
9. DALIMONTHE, Perkembangan teknologi karet dewasa ini, Warta Perkaretan **12**, 2 (1993)7.
10. BEEZHOLD, NAOYA, HAMADA, AKIHIITO, HAYASHI, Deproteinizingagent and method preparing cationic deproteinized natural rubber latex, US Paten No. US556341, Octobre 8, 1997.
11. GORTON ADT., G.P. Mc. SENNEY, abnd B.K.TIDD, Formulation natural rubber to meet regulary nitrosamin limit, NR.Technology,**18**,part 1 (1987) 1-12.
12. GORTON ADT., Evaluation of new activator/accelerator in natural rubber latex, N.R. Technology, **19** part 4 (1988) 61-69.
13. FDA., Medical Gloves Guidance Manual, Internete Webside, [http://www.fda.gov/cdrh/manual/glov .man1.pdf](http://www.fda.gov/cdrh/manual/glov.man1.pdf).
14. SIBY VARGHESE, YOSUKE KATSUMURA R., K.MAKUUCHI, F.YOSHII, Production of soluble protein free latex by radiation process. J.Rubber Chemicall and Technology, **73**.1 (2000) 80-88.
15. JOHN STIGI, Letter to Medical Glove Industry, Office of Health and Industry Program, Centre for Devices and Radiological Health, July 30, 1999.
16. MARGA UTAMA, HERWINARNI, MADE SUMARTI, Fx. MARSONGKO, WAWAN HERAWAN, SLAMET MUDYIB, Kaji ulang produksi lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi dalam skala pabrik, Prosiding Seminar Nasional Teknologi Proses Kimia VI, FT-UI, Jakarta, 1 Maret 2004.
17. ASTM, Standard Test Method for Tension, ASTM D 412-95.
18. ASTM, Standar Test Method for Extrable Protein Conten in Natural Rubber,
19. HERWINRNI, RISWIYANTO, MARSONGKO, MARGA UTAMA, Penentuan kadar MMA dan nBA dalam karet iradiasi, Prooc. Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Teknologi Nuklir, PPNY, Yogyakarta (1994) 111.

20. C.AON SONTAG, Radiation Chemistry in the 1990's pressing question relating to the areas of radiation biology and environmental research, Int. J.Rad.Biol. 65, 1 (1994) 19-26.
21. WERREN M GARRION, Reaction mechanism in radiolysis of peptides, polypeptides, and protein, Chem. Rev., 8, 7 (1987)381-398.
22. JAMES S., TAYLOR, M.D., YUNG HIAN LEON, M.D., Cutaneous reaction to rubber, J.Rubber Chemistry and Technology, Vol. 73, 3 (2000) 427-485.
23. MAKUUCHI, An Introduction to Radiation Vulcanization of Natural Rubber Latex, T.R.I Global Co Ltd. Thailand (2003).
24. EDITH A.TURI, Thermal Characterization of Polymeric materials, Academic Press. Inc., London (1981).
25. D.W.VAN KREVELEN, Properties of polymers, Elsevier, Tokyo (1990).
26. MA'ZAM MD SAID, WAN MANSHOL WAN ZIN, Extractable protein content of RVNRL Film, Proc. The Second International on RVNRL, Kuala Lumpur, 15-17 July 1996.
27. SUCKRI BIN HJ.AB.WAHAB, k.makuuchi, r.devendra, EFFECT OF HEATING AND EACHING ON MECHNAICAL PROPERTIES OF rvnrl FILM, Proc. of the International Symp.on RVNRL, edded by SOEO MACHI, JAERI-M, 89-228, Tokyo (1990)



**ALIH TEKNOLOGI LATEKS  
ALAM IRADIASI SERTA  
BARANG JADI KARETNYA  
BEBAS NITROSAMIN  
DAN PROTEIN ALERGEN**  
(prototipe, uji produksi skala pabrik,  
sertifikasi, paten, analisa tekno-ekonomi  
dan uji fungsi atau uji pasar)

Marga Utama<sup>1</sup>, Meri Suhartini<sup>1</sup>, Herwinarni Soekamo<sup>1</sup>, Made Sumarti<sup>1</sup>, Marsongko<sup>1</sup>,  
dan Sunardi Ruslim<sup>2</sup>.

1. Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi-BATAN, Jakarta.

2. PT. Laxindo Utama, Serang.

**ABSTRAK**

ALIH TEKNOLOGI LATEKS ALAM IRADIASI SERTA BARANG JADI KARETNYA BEBAS NITROSAMIN DAN PROTEIN ALERGEN (prototipe, uji produksi skala pabrik, sertifikasi, paten, analisa tekno-ekonomi dan uji fungsi atau uji pasar). Dalam tahun anggaran 2004 sebagai kelanjutan IPTEKDA-BATAN tahun 2003, telah dilakukan dua kegiatan alih teknologi lateks alam iradiasi ke industri yang berlokasi di Propinsi Banten dan Propinsi Jawa Barat yaitu uji fungsi sarung tangan dan studi kelayakan produksi lateks alam iradiasi serta barang jadi karetinya bebas nitrosamin dan protein alergen. Uji fungsi sarung tangan yang dimaksud adalah uji kelayakan pakai sarung tangan dari lateks alam iradiasi yang diproduksi skala pabrik oleh konsumen. Caranya adalah sebagai berikut: Lateks pekat dari perkebunan Jalupang PTPN VIII divulkanisasi radiasi dengan sinar  $^{60}\text{Co}$  pada dosis 25 kGy di P3TIR-BATAN JAKARTA, maka terjadilah lateks alam iradiasi. Kemudian lateks alam iradiasi ini dibuat sarung tangan di pabrik sarung tangan PT. Laxindo Utama di Serang Propinsi Banten. Sarung tangan yang dihasilkan setelah dievaluasi kualitasnya, diuji fungsi pemakai oleh konsumen yang berlokasi di DKI, Jawa Barat. Parameter yang diamati antara lain : pengaruh kualitas sarung tangan selama penyimpanan di gudang pabrik dan agen, kenyamanan pakai, dan selera konsumen. Agar hasil riset teknologi lateks alam iradiasi ini dapat masuk ke industri, maka dilakukan pula studi kelayakan tekno-ekonomi tentang produksi lateks alam iradiasi dan barang jadi karetinya (sarung tangan, kondom, dan tensimeter), perlindungan hak kekayaan intelektual berupa paten, dan temu usaha dengan perusahaan industri. Hasilnya menunjukkan bahwa produksi lateks alam iradiasi telah dikuasai oleh pabrik lateks pekat Jalupang Subang PTPN VIII dan P3TIR-BATAN Jakarta. Sementara itu teknik produksi barang jadi karet dari

lateks alam iradiasi tersebut telah dikuasai oleh pabrik sarung tangan PT. Laxindo Utama, pabrik tensimeter PT SIA (Sugih Instrumendo Abadi) Padalarang, dan pabrik kondom PT. MRB (Mitra Rajawali Banjaran) Banjaran Bandung. Kualitas lateks alam iradiasi dan barang jadi karet yang dihasilkan memenuhi standar pemakaian, dengan keunggulan bahwa barang jadi karet tersebut bebas nitrosamin dan protein alergen. Ditinjau dari segi biaya proses produksi ternyata biayanya menurun sekitar 10-40%. Hal ini disebabkan karena prosesnya hemat energi panas dan bahan kimia. Harga dasar **lateks alam iradiasi (lateks alam pra-vulkanisasi)** bila diproduksi menggunakan mesin berkas elektron (MBE) 250 mA, 10 mA dengan kapasitas produksi lateks alam iradiasi 1000 ton lateks per tahun adalah antara 0,93 US \$/kg lateks ber kadar karet kering 55%, sedang bila menggunakan sinar  $^{60}\text{Co}$  harga lateks alam radiasi 1,04 US \$/kg, sementara itu harga jual lateks alam pra-vulkanisasi belerang yang setaraf dengan lateks alam iradiasi di pasar antara 0,83-1,10 US \$. Bila dijual dengan harga 0,94 US \$/kg lateks, maka nilai PBP (Payback period) = 2,6 th, NPU (Net Present Value) = 4.200 US \$, dan nilai PI (Profitability Index) = 1,06. Sebagai perlindungan hukum telah didaftarkan 8 buah paten yang berkaitan dengan teknologi lateks alam iradiasi, yang meliputi : proses produksi lateks alam iradiasi dan barang jadi karetinya antara lain: sarung tangan, kondom, tensimeter, perekat sepatu kanvas, kayu lapis, dan perekat pengalengan. Dengan telah disusunnya prototipe (iradiator lateks alam, MBE, lateks alam iradiasi dan barang jadi karetinya), uji produksi skala pabrik, sertifikasi, paten (8 paten), analisa tekno-ekonomi dan uji fungsi atau uji pasar, maka diharapkan dalam waktu yang tidak terlalu lama teknologi lateks alam radiasi sudah dapat diaplikasikan oleh industri secara komersial.

**Kata kunci.** Lateks alam radiasi, barang jadi karet, alih teknologi, industri kecil dan menengah.

## I. PENDAHULUAN

### A. SEKILAS TENTANG LATEKS ALAM IRADIASI

Lateks alam iradiasi adalah lateks alam yang telah divulkanisasi dengan sinar  $^{60}\text{Co}$  atau berkas elektron pada suhu kamar (20-25°C). (Gambar 1). Keunggulan teknik ini di samping lebih hemat bahan kimia, energi panas, dan waktu, juga prosesnya lebih sederhana dan mudah dikontrol. Keunggulan lateks alam iradiasi ini antara lain disamping lateks yang dihasilkan stabil disimpan 6 bulan, juga kandungan protein, lemak, dan karbohidrat lebih rendah daripada lateks pekat yang divulkanisasi belerang<sup>(1-4)</sup>

Teknologi lateks alam iradiasi adalah cara memproduksi barang jadi lateks dari lateks hasil vulkanisasi radiasi atau lateks alam iradiasi. Oleh karena lateks alam iradiasi adalah lateks pra-vulkanisasi yang langsung dapat dipakai

untuk barang jadi karet (karet busa, benang karet, balon udara, kondom, sarung tangan, dot bayi, tensimeter dsb. Gambar 2) dengan mutu memenuhi standar pemakaian<sup>(5-9)</sup>, maka lateks alam iradiasi langsung dapat digunakan oleh industri kecil dan menengah tanpa harus membubuhi bahan vulkanisasi lagi.

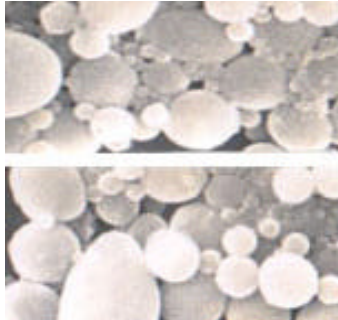
Secara visual perbandingan antara lateks alam non iradiasi dengan lateks alam iradiasi tidak dapat dibedakan, karena baik warna, bau, maupun bentuknya adalah sama yakni berupa cairan berwarna putih susu dan berbau amonia. Perbedaan baru tampak bila dilihat dengan *Scanning electron microscope*, yakni diameter rata-rata partikel karet lateks alam iradiasi lebih kecil daripada lateks karet alam non iradiasi (Gambar 3)<sup>(10)</sup>.



Gambar1. Irradiator lateks alam skala pilot



Gambar 2. Barang jadi karet dari lateks alam Iradiasi



Gambar 3. Parikel karet alam non iradiasi alam skala pilot. (atas) dan iradiasi (bawah).

Di samping itu bila dilihat dari hasil uji sifat fisik dan mekaniknya yaitu modulus dan tegangan putus film karet dari lateks alam iradiasi lebih kuat, ulet, dan elastis daripada lateks alam non iradiasi<sup>(11)</sup>, sedang bila dibandingkan dengan lateks alam yang divulkanisasi belerang perbedaannya adalah daya simpan lateks alam iradiasi lebih lama, yakni dapat disimpan sampai enam bulan, tetapi lateks alam vulkanisasi belerang hanya mampu disimpan sekitar tiga minggu.

Walaupun sifat fisik lateks alam iradiasi relatif sama dengan lateks alam vulkanisasi belerang, namun lateks alam iradiasi memiliki keunggulan yaitu tidak mengandung nitrosamin dan protein alergen, maka bila digunakan untuk barang jadi karet tidak menyebabkan penyakit kanker dan alergi pada manusia<sup>(12-17)</sup>.

Saat ini ada lima macam teknologi lateks alam iradiasi yang telah dikuasai oleh P3TIR-BATAN yakni cara celup, tuang, semprot, pelapisan, dan cara pembusaan yang uraian ringkasnya adalah sbb.<sup>(18)</sup>.

**Pembuatan barang jadi karet dengan cara celup.** Cetakan dimasukkan ke dalam lateks alam iradiasi, kemudian lateks yang menempel pada cetakan dikeringkan, selanjutnya dilepas dari cetaknya. Barang jadi karet yang dihasilkan dengan cara celup ini antara lain ; balon kateter, balon udara, sarung tangan, kondom, karet untuk alat tensimeter, dsb.

**Pembuatan barang jadi karet dengan cara tuang.** Lateks alam iradiasi dituangkan ke dalam cetakan, kemudian setelah lateks yang melekat pada cetakan kering, dilepas. Barang jadi karet yang dihasilkan antara lain : topeng, terpal bayi, dsb.

**Pembuatan barang karet dengan cara semprot.** Lateks alam iradiasi disemprotkan melalui lobang kecil, kemudian lateks yang keluar dari lobang tersebut digumpalkan, dicuci, dikeringkan. Cara ini hanya dapat dikerjakan oleh industri menengah atau besar, karena menggunakan peralatan yang serba otomatis. Barang karet yang dihasilkan berupa benang karet.

**Proses pelapisan dengan lateks alam iradiasi.** Ada dua cara yang dapat dilakukan untuk melapisi suatu bahan, yakni dengan cara mengulaskan

lateks alam iradiasi ke bahan dan yang lain menyempatkan lateks alam iradiasi ke permukaan bahan tersebut. Barang karet yang dihasilkan ialah kain untuk jas hujan, atau kain terpal.

**Pembuatan barang karet dengan proses busa.** Lateks alam iradiasi diberi bahan pembusa, kemudian diaduk sampai lateks tersebut berbentuk busa, lalu dalam keadaan berbusa lateks digumpalkan. Barang karet yang dihasilkan adalah karet busa.

Dari hasil riset, baik skala laboratorium maupun skala pabrik dan uji coba skala industri rumah tangga menunjukkan bahwa keunggulan atau keuntungan teknologi lateks alam iradiasi bila dibandingkan dengan lateks vulkanisasi belerang adalah: 1) Hemat bahan kimia karena hanya satu macam bahan kimia yang digunakan yaitu antioksidan saja. 2) Hemat energi panas karena jumlah kalori/panas yang digunakan untuk proses produksi lebih rendah sampai separonya. 3) Hemat waktu karena untuk membuat kompon lateks vulkanisasi belerang diperlukan waktu dua sampai tiga hari, sementara itu waktu untuk membuat kompon lateks alam iradiasi hanya beberapa jam. 4) Barang jadi karet tidak mengandung bahan karsinogen (penyebab kanker), tidak beracun (*toxic*), tidak mengandung protein alergen (penyebab alergi pada tubuh manusia), dan tidak berbau tajam seperti pada lateks vulkanisasi belerang. 5) Lebih mudah terdegradasi oleh alam, karena energi aktivasinya rendah, sehingga barang jadi karet dari lateks alam radiasi tidak mencemari lingkungan. 6) Bila barang jadi karet dari lateks alam iradiasi dibakar maka gas karbon disulfida yang dihasilkan jauh lebih sedikit daripada barang jadi lateks yang divulkanisasi belerang, sehingga tidak menyebabkan hujan asam yang dapat membuat tanah lebih asam.

Dalam rangka menghadapi isu global bahwa pada umumnya barang jadi karet Indonesia masih mengandung nitrosamin dan protein alergen tinggi<sup>(19)</sup> merupakan kendala yang cukup serious di perdagangan bebas, maka untuk mengantisipasi kendala tersebut perlu dicari jalan keluarnya yang tepat. Salah satu cara yang ditawarkan adalah dengan menggunakan teknologi lateks alam iradiasi.

## **B. LATAR BELAKANG MASALAH**

Indonesia merupakan negara penghasil karet alam nomor 2 di dunia setelah Thailand, dengan kapasitas produksi pada tahun 2003 adalah 1,770 juta ton. Lebih dari 1,624 juta ton (91%) karet tersebut diekspor sedang sisanya untuk kebutuhan dalam negeri<sup>(20)</sup>. Pada umumnya sekitar 85% produksi karet alam digunakan untuk ban, sedang sisanya sekitar 15% untuk barang jadi lateks antara lain: kondom, sarung tangan, karet busa, perekat, dsb.

Secara teknis pemakaian barang jadi karet dari lateks alam sudah tidak ada masalah lagi, tetapi ditinjau dari segi lingkungan dan kesehatan sebenarnya ada dua masalah penting yaitu: adanya nitrosamin di ruang proses produksi barang jadi karet, dan kandungan nitrosamin yaitu bahan penyebab penyakit

kanker, serta protein alergen di barang jadi karet yang menyebabkan alergi di tubuh manusia.

**Nitrosamin.** Timbulnya nitrosamin dalam barang jadi karet disebabkan karena penambahan bahan pencepat berupa senyawa karbamat pada waktu pembuatan kompon lateks yang divulkanisasi belerang misalnya zeng dietil ditio karbamat (ZDEC), zeng dibutil ditiokarbamat (ZDBC) dan sebagainya. Disamping senyawa karbamat, juga digunakan zeng oksida (ZnO) yang menyebabkan *toxic* (mengandung racun) dalam barang jadi karet. Nitrosain yang keluar dari bahan pencepat tersebut tidak saja berdampak negatif dalam barang jadi karet, tetapi juga ruangan proses produksi barang jadi karet tercemar oleh nitrosamin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tikus yang mengonsumsi makanan bernitrosamin sebanyak 100-200 ppm (1 ?g dalam 1g atau 1 mg dalam 1 kg) dapat menyebabkan kematian pada kurun waktu 95-137 hari <sup>(21)</sup>. Atas dasar hal ini maka negara-negara di Eropa dan Amerika telah menerapkan peraturan tentang batas maksimum nitrosamin di dalam barang jadi karet sebanyak 1-10 ppm, dan di dalam ruang kerja proses produksi barang jadi karet 250 ppm/m<sup>3</sup>.

**Protein alergen.** Timbulnya alergi pada kulit manusia yang menggunakan barang jadi karet disebabkan oleh dua hal yaitu oleh bahan kimia yang ditambahkan pada waktu proses vulkanisasi belerang (alergi tipe IV), dan alergi yang disebabkan oleh protein berberat molekul antara 5 s/d 200 kDa (alergi tipe I). Baik alergi tipe I maupun tipe IV, keduanya dapat menyebabkan kematian bagi manusia. Contoh : Survei yang dilakukan oleh FDA (*Food and Drug Administration*) di beberapa rumah sakit di Amerika pada bulan Agustus 1997 menunjukkan bahwa dari 2.300 kasus hypersensitivitas oleh protein asal barang jadi lateks karet alam terdapat 225 kasus mengalami gejala anaphylaxis, 53 kasus serangan jantung, dan 17 kasus menyebabkan kematian <sup>(22)</sup>. Hasil penelitian terhadap 913 orang dari 6 rumah sakit di Jakarta menunjukkan bahwa sekitar 33 orang atau 3,6% memiliki alergi terhadap barang jadi karet dari lateks alam <sup>(23)</sup>.

Berkaitan dengan dua masalah tersebut di atas, maka negara-negara maju misalnya Eropa dan Amerika telah memberlakukan kandungan maksimum nitrosamin adalah antara 1 s/d 10 ppm tergantung negaranya, sedang kandungan maksimum protein terekstrak dalam sarung tangan karet alam 150 ?g/g <sup>(24-25)</sup>.

Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional (P3TIR-BATAN) telah memvulkanisasi radiasi lateks alam dengan menggunakan iradiator lateks dalam skala pilot sebanyak 1500 kg lateks setiap 20 jam sejak tahun 1984 (Gambar 1).

Dengan hasil riset tersebut BATAN telah mampu memecahkan masalah industri karet yang mengandung nitrosamin (bahan penyebab kanker) dan protein terekstrak yang menyebabkan alergi pada tubuh manusia, maka dilakukanlah alih teknologi lateks alam iradiasi ke industri melalui IPTEKDA-BATAN 2003-2004, dengan fokus kegiatan **uji fungsi lateks alam iradiasi dan barang jadi karetnya, serta studi kelayakan.**

### C. TUJUAN

Tujuan alih teknologi ini ialah agar setelah selesai program IPTEKDA-BATAN tentang lateks iradiasi tahun 2003-2004, diharapkan dalam waktu yang tidak terlalu lama empat mitra industri karet di Jawa Barat (pabrik lateks pekat PTPN VIII Bandung, pabrik kondom PT MRB Banjaran, pabrik tensimeter PT SIA, Padalarang) dan di propinsi Banten (pabrik sarung tangan PT Laxindo Utama, Serang), yang telah mencoba uji produksi skala pabrik baik lateks alam iradiasi maupun barang jadi karetnya melalui RUK VII.2001-2002 mampu berproduksi secara industri.

### D. TARGET SASARAN TAHUN 2004

Sasaran tahun anggaran 2004 adalah mengetahui **kelayakan kualitas** sarung tangan dari lateks alam iradiasi yang diproduksi skala pabrik melalui uji fungsi pemakaiannya (uji pasar) oleh konsumen. Lateks iradiasi yang dimaksud adalah lateks alam iradiasi yang diproduksi dengan menggunakan **sinar ? <sup>60</sup>Co** sebagai sumber radiasi.

Untuk melengkapi perlindungan hukum hasil riset akan disusun juga 8 paten tentang proses produksi lateks alam iradiasi dan barang jadi karetnya yang telah didaftarkan ke Ditjen Paten.

Disamping itu akan dianalisis **kelayakan tekno-ekonomis** produksi lateks alam iradiasi dan barang jadi karetnya (kondom, tensimeter, sarung tangan) apabila lateks iradiasi diproduksi secara industri dengan menggunakan MBE 300 keV, 10 mA sebagai sumber energi.

## II. METODOLOGI

**Bahan.** Lateks Kebun dan lateks pekat produksi kebun Jalupang PTP VIII, Subang Bandung dipanen pada tanggal 1 Januari 2003, lateks pekat dipanen pada tanggal 3 Juni 2003, dan April 2004. Di samping itu digunakan juga bahan kimia untuk memproduksi sarung tangan, serta bahan kimia untuk uji kualitas lateks dan bahan untuk temu usaha dengan perusahaan industri yang berlokasi di propinsi Banten.

**Peralatan :** Peralatan untuk produksi lateks pekat milik Kebun Jalupang PTPN VIII, Iradiator lateks alam **sinar ? <sup>60</sup>Co** berkapasitas 1500 ton lateks alam iradiasi setiap kali produksi milik BATAN Jakarta. Peralatan untuk memproduksi sarung tangan milik PT. Laxindo Utama Serang Propinsi Banten, peralatan untuk memproduksi kondom milik PT.MRB Banjaran Bandung, dan peralatan untuk memproduksi tensimeter milik PT.SIA Padalarang.

**Metode :** Sesuai dengan kerangka acuan bahwa sasaran alih teknologi ini ialah mengetahui konsistensi kelayakan teknis lateks alam iradiasi dan barang jadi karet yang diproduksi skala pabrik setelah diuji fungsi pemakaiannya oleh konsumen, dimana lateks iradiasi yang dimaksud diproduksi dengan menggunakan **sinar ? <sup>60</sup>Co** sebagai sumber radiasinya, maka metode yang

dilaksanakan skemanya seperti di Tabel 1. Dari tabel ini menunjukkan bahwa ada dua macam kegiatan yang harus dilakukan yaitu : Uji fungsi sarung tangan yang diproduksi skala pabrik, dan perhitungan tekno-ekonomi produksi lateks alam iradiasi dengan sumber radiasi **MBE 300 KeV, 10 mA**, dan barang jadi karetanya skala industri dengan uraian sbb.

#### A. UJI FUNGSI SARUNG TANGAN

Ada 5 tahap yang harus dilakukan untuk uji fungsi sarung tangan yaitu :

**1). Produksi lateks alam iradiasi.** Diagram alir produksi lateks alam iradiasi yang dilakukan di P3TIR tertera di Gambar 1 dengan cara sbb.: lateks pekat diambil dari kebun Jalupang PTPN VIII Bandung, setelah dibubuhi normat butil akrilat sebanyak 3 psk (per seratus bagian berat karet) diiradiasi dengan sinar  $^{60}\text{Co}$  dengan dosis radiasi 25 kGy. Lateks pekat yang telah diiradiasi ini disebut lateks alam iradiasi diuji (disertifikasi) kualitasnya sebelum dikirim ke pabrik sarung tangan PT. Laxindo Utama Serang, Banten.

Tabel 1. Skema kegiatan uji fungsi dan perhitungan tekno-ekonomi lateks alam iradiasi dalam rangka alih teknologi lateks alam iradiasi ke industri di propinsi Jabar dan Banten.

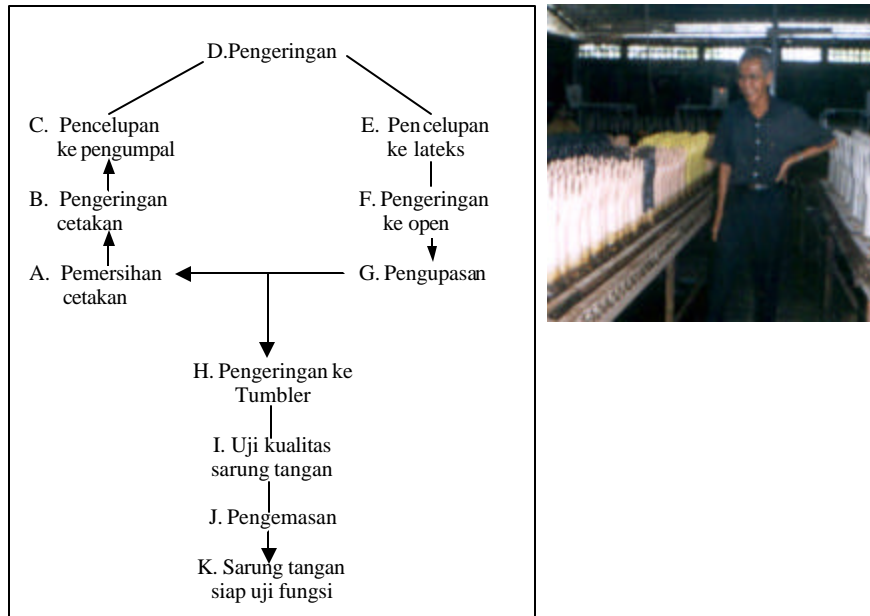
Kegiatan	Pelaksanaan kegiatan	Instansi terkait	Sasaran
A. Uji fungsi sarung tangan	1) Produksi lateks alam iradiasi skala pilot dan sarung tangan skala pabrik	1) PTPN VIII. & P3TIR-BATAN.	A. Mengetahui konsistensi kualitas lateks alam iradiasi, dan barang jadinya sebelum dan setelah dipakai oleh konsumen. B. Paten proses dan produk baru yang dihasilkan melalui HKI. C. Mengetahui kelayakan teknis dan ekonomi teknologi lateks alam iradiasi bila diproduksi secara industri.
	2) Uji fungsi pemakaian sarung tangan.	2) PT.Laxindo Utama, P3TIR-BATAN.	
	3) Sertifikasi lateks alam radiasi dan barang jadi karetanya	3) PT.Laxindo Utama, P3TIR-BATAN, Dinas Perindag Kota dan Propinsi Banten.	
	4) Temu bisnis	4) P3TIR-BATAN	
	5) Penyusunan paten atau paten turunan.	5) P3TIR-BATAN.	
B. Perhitungan tekno-Ekonomi.	6) Perhitungan biaya produksi Lateks alam iradiasi dan sarung tangan skala industri.	6) P3TIR-BATAN, PTPN VIII, P3TIR-BATAN, PT.Laxindo Utama.	

**2). Produksi sarung tangan skala pabrik.** Skema produksi lateks alam iradiasi disajikan di Gambar 4 dengan uraian ringkas sbb. Lateks alam iradiasi yang diproduksi oleh P3TIR-BATAN setelah dibubuhi dispersi antioksidan ionol, dituangkan ke bak pencelup lalu dibiarkan semalam, agar gelembung udara dalam kompon lateks ini hilang. Kemudian dilakukan proses produksi sarung tangan skala pabrik yang secara garis besar urutannya sbb. Cetakan yang telah dibersihkan, dikeringkan, dicelupkan ke bahan penggumpal, dikeringkan,



dicelupkan ke kompon lateks iradiasi, dibuat ring, dipanaskan dalam open, dikupas, dicuci, dipanaskan dalam tumbler, lalu yang terakhir sebelum dikemas diuji (disertifikasi) kualitasnya dulu.

**3). Sertifikasi lateks alam iradiasi dan sarung tangan.** Metode uji sifat lateks alam iradiasi dan sarung tangannya disesuaikan dengan standar SNI (26-27). Sedang uji nitrosamin dan protein alergen disesuaikan dengan prosedur yang berlaku saat ini (28-29).



Gambar 4. Skema produksi sarung tangan dari lateks alam iradiasi (kiri) dan situasi pabrik PT. Laxindo Utama Serang Banten (kanan).

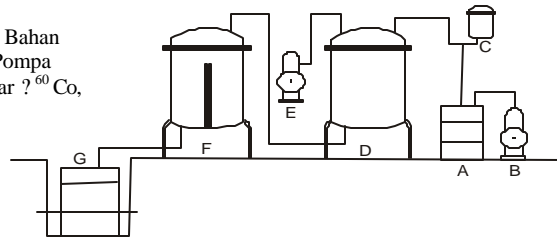
**4). Uji fungsi lateks alam iradiasi dan barang jadi karetinya.** Baik lateks alam iradiasi maupun barang jadi karetinya (sarung tangan, kondom, dan tensimeter) dalam rangka uji pasar, maka parameter yang diamati adalah kulaitas pemakaiannya oleh pengguna. Pengguna lateks alam iradiasi adalah: pabrik barang jadi karet yang berlokasi di propinsi Jawa Barat (Banjaran, dan Padalarang) dan propinsi Banten (Kabupaten Serang). Sementara itu pengguna barang jadi karet adalah masyarakat

**5). Penyusunan paten.** Akan disusun paten turunan bila selama proses produksi lateks alam iradiasi atau barang jadi karetinya ditemukan hal-hal baru, di samping 4 paten hasil RUK VII th.2001-2002 dan IPTEKDA th.2003 yang sudah didaftarkan di Ditjen Paten di Tangerang.

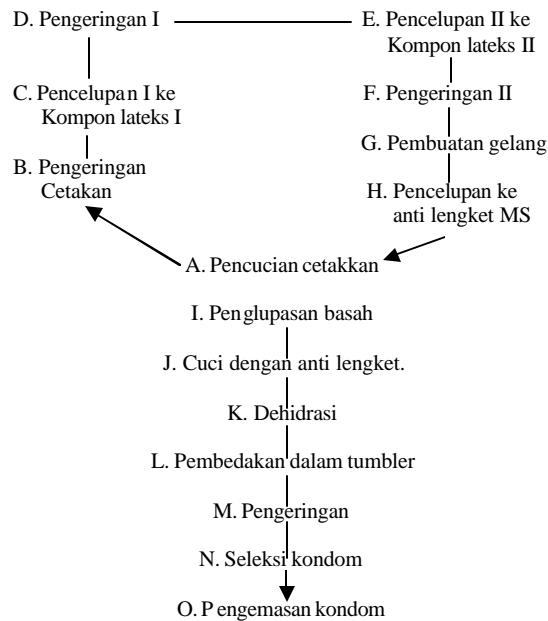
### C. PERHITUNGAN TEKNO-EKONOMI

Agar hasil riset teknologi lateks alam iradiasi ini dapat masuk ke industri, maka di samping uji fungsi (pasar), sertifikasi produk, serta penyusunan paten lateks alam iradiasi dan barang jadi karetinya, juga dilakukan studi kelayakan tekno-ekonomi yang meliputi : perhitungan tekno-ekonomi proses produksi lateks alam iradiasi dan barang jadi karetinya (sarung tangan, kondom, dan tensimeter) yang pelaksanaannya dilakukan langsung survei ke pabrik lateks pekat Jalupang Subang PTPN VIII (Gambar 5), pabrik kondom PT.MRB Banjaran Bandung (Gambar 6), pabrik tensimeter PT. SIA Padalarang (Gambar 7), dan pabrik sarung tangan PT. Laxindo Utama Serang Banten (Gambar 4)

A. Lateks alam, B. Pompa tekan, C. Bahan pemeka, D. Tangki pencampur, E. Pompa tekan, F. Tangki pengolah berisi sinar  $^{60}\text{Co}$ , G. Lateks alam iradiasi.



Gambar 5. Skema produksi lateks alam iradiasi (kiri) dan situasi pabrik lateks pekat Jalupang PTPN VIII Subang, Bandung (kanan).



Gambar 6. Skema produksi kondom dari lateks alam iradiasi (kiri) dan situasi pabrik kondom PT.MRB Banjaran Bandung (kanan).

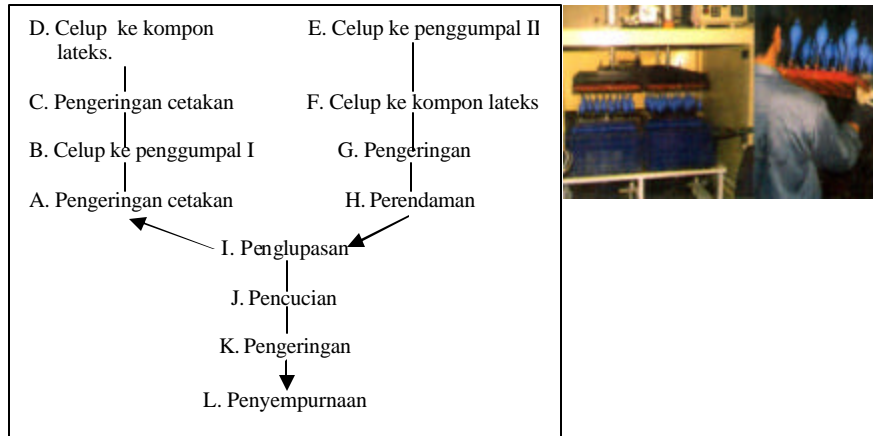
### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Ada 6 informasi penting yang telah dievaluasi dalam rangka alih teknologi lateks alam ke industri yaitu : prototipe, uji produksi lateks alam iradiasi dan barang jadi karet skala pabrik, sertifikasi lateks alam iradiasi dan barang jadi karet, mendaftarkan hasil riset berupa paten ke DJHKI (Direktorat Jendral Hak Kekayaan Intelektual), analisa tekno-ekonomi produksi lateks alam iradiasi dan barang jadi karet, serta uji fungsi atau uji pasar lateks alam iradiasi dan barang jadi karet dengan uraian sebagai berikut.

#### A. PROTOTIPE

Empat jenis prototipe yang dihasilkan oleh teknologi lateks alam iradiasi adalah iradiator lateks, mesin berkas elektron (MBE), lateks alam iradiasi, dan kualitas barang jadinya, dengan rincian sbb.

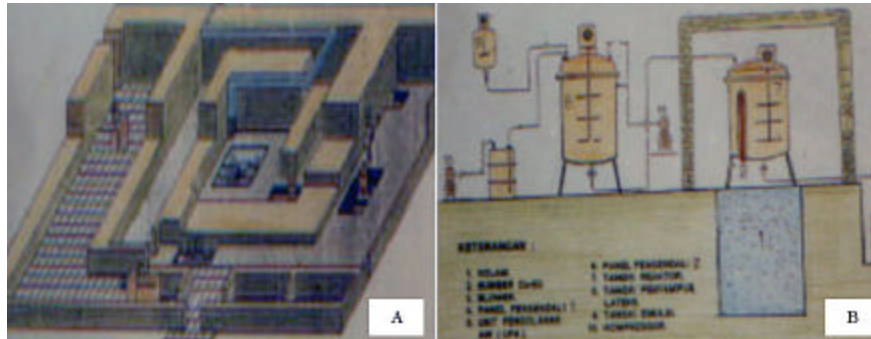
**1. Prototipe iradiator lateks.** Iradiator lateks ini berisi sinar  $^{60}\text{Co}$  dengan aktivitas 200 kCi pada tahun 1984, dan dapat memproduksi lateks alam iradiasi sebanyak 1000 ton/th. skema konfigurasi (tata letak ruang) disajikan di Gambar 8A, diagram proses produksi lateks alam iradiasi disajikan di Gambar 8B, dan spesifikasi alat di Tabel 2.



Gambar 7. Skema produksi karet untuk tensimeter dari lateks alam iradiasi (kiri) dan situasi pabrik PT. SIA Padalarang (kanan).

Gambar 8 A menunjukkan bahwa untuk membangun iradiator lateks dengan sinar  $^{60}\text{Co}$  sebagai sumber radiasi dibutuhkan bangunan gedung tersendiri seluas  $500 \text{ m}^2$  dengan pelindung beton (A1) setebal 1,2 m. Sumber radiasi sinar  $^{60}\text{Co}$  (A2) harus disimpan dalam kolam air (A3) sedalam 7 meter dan harus berisi air bebas mineral yang telah diproses melalui resin penyaring (A4). Sumber radiasi sinar  $^{60}\text{Co}$  tersebut dapat dikendalikan secara otomatis oleh panel (A5) yang terletak di ruang pengendali (A6). Selama proses radiasi berlangsung secara otomatis pintu pelindung (A7) tertutup, dan lampu alarm (A8) selalu menyala.

Gambar 8B menunjukkan proses produksi lateks alam iradiasi dengan uraian sbb.: lateks alam dalam drum (B1) yang akan diiradiasi, dipindahkan ke dalam tangki pencampur (B2), dengan menggunakan pompa tekan (B3), lalu lateks alam dalam tangki pencampur (B2) ditambah dengan emulsi bahan pemeka dari tangki pengemulsi (B4). Penambahan bahan pemeka dilakukan secara grafimetri. Setelah campuran ateks alam dan bahan pemeka diaduk sampai rata, dimasukkan ke dalam tangki pengolah (B5) dengan menggunakan pompa tekan ( B6). Cammpuran lateks dan bahan pemeka di tangki pengolah (B7) diiradiasi dengan sinar  $^{60}\text{Co}$  (B8) pada dosis tertenttu, maka terjadilah **lateks alam iradiasi** (B9) yang langsung ditampung di drum lateks alam iradiasi.



Gambar 8. Konfigurasi prototipe gedung irradiator lateks (A), dan diagram alir proses produksi lateks alam iradiasi (B) skala pilot.

Tabel 2. Peralatan prototipe irradiator lateks dan kegunaannya

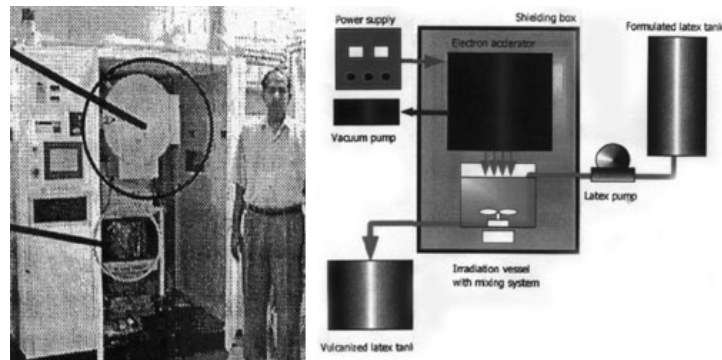
No.	Nama alat	Spesifikasi	Kegunaan
1	Sumber gamma	$^{60}\text{Co}$ , 215 kCi, dobel kapsul pensil.	Sumber radiasi.
2	Pelindung basah	Kolam air sedalam 7 m yang dilengkapi dengan kotak Pb untuk menyimpan sumber gamma bila perlu	Pelindung/penahan radiasi.
3	Kontrol penggerak	Rantai baja tahan karat	Menaik turunkan sumber
4	Panel pengontrol	Pengontrol proses 3 set, TV 3 set.	Mengatur naik turunnya sumber sumber radiasi, mengetahui keadaan ruangan irradiator.
5	Air pendingin	Sistem pengolah air.	Air pendingin sumber radiasi
6	Tangki emulsi	Baja tahan karat bervolume 80 liter dilengkapi dengan mesin pengaduk berkecepatan 250 rpm.	Membuat emulsi bahan pemeka.
7	Tangki pencampur	Baja tahan karat bervolume 1500 liter dilengkapi dengan mesin pengaduk berkecepatan 25 rpm	Mencampur lateks alam dengan bahan pemeka
8	Tangki pengolah	Baja tahan karat bervolume 1500 liter dilengkapi dengan mesin pengaduk berkecepatan 25 s/d 150 rpm	Proses vulkanisasi radiasi lateks alam
9	Pompa tekan	Berkapasitas 1,5 kVA	Memindahkan lateks dari drum ke tangki pencampur, dan dari tangki pencampur ke tangki pengolah.

**2. Prototipe MBE (mesin berkas elektron).** Mesin berkas elektron ini berisi **elektron akselerator** dengan energi 300 keV/10 mA, dan dapat digunakan untuk memproduksi lateks alam iradiasi 1000 ton per tahun. Skema konfigurasi atau tata letak ruang disajikan di Gambar 9A, diagram proses produksi lateks alam iradiasi disajikan di Gambar 9B, dengan spesifikasi alat di Tabel 3. Secara umum MBE 300 keV/10 mA ini lebih hemat ruangan daripada irradiator lateks, karena dimensinya lebih kecil dan tidak memerlukan gedung pelindung.

Gambar 9A. menunjukkan dimensi MBE dengan tinggi 2000 mm, panjang 990 mm, dan lebar 550 mm. Di dalamnya dilengkapi dengan sumber elektron, scanning coil, scanning chamber, dan sistem vakum yang dapat

menghasilkan berkas elektron berenergi 300 keV/10 mA. Di bawah scanning chamber diletakkan tangki pengolah berkapasitas 20 liter lateks yang diperlengkapi dengan pengaduk berkecepatan 250 rpm.

Gambar 9B menunjukkan diagram alir proses produksi lateks alam iradiasi skala pilot, dengan uraian sbb.: Lateks alam dalam drum (B1) yang akan diiradiasi, dipindahkan ke dalam tangki pencampur (B2), dengan menggunakan pompa tekan (B3), lateks alam dalam tangki pencampur (B2) ditambah dengan emulsi bahan pemeka dari tangki pengemulsi (B4). Penambahan bahan pemeka dilakukan secara grafimetri. Setelah campuran ateks alam dan bahan pemeka diaduk rata, lalu diumpankan ke dalam tangki pengolah (B5) untuk diiradiasi dengan berkas elektron. Setelah diiradiasi maka terjadilah lateks alam iradiasi yang langsung di tampung di tangki penyimpanan (B6).



Gambar 9. Protoipe mesin berkas elektron (A), dan diagram alir proses produksi lateks alam iradiasi skala pitol (B) keterangan Gambar 9B di Tabel 3.

Tabel 3. Peralatan prototipe MBE 300 keV/10 mA, dan kegunaanya

No	Nama alat	Spesifikasi	Kegunaan.
1	Sumber elektron	300 keV 10 mA	Sumber radiasi
2	Panel pengontrol	Pengontrol proses	Mengatur berlangsungnya proses
3	Air pendingin	Sistim pengooahan air	Ari pendingin proses radiasi
4	Tangi emmushi	Baja tahan karat berrfolume 80 liter lateks.	Membuat emulsi nBA
5	Tangi pengolah	Baja tahan karat bervolume 20 liter	Tangi proses vulkanisasi radiasi.
6	Tangi pencampur	Baja tahan karat bervolume 1500 liter	Tangi peniumpnan campuran lateks & nBA.
7	Pompa tekan	1,5 kVA	Memindahkan lateks
8	Tangi penimpan	Baja tahan karat bervolume 150 liter	

**3. Prototipe lateks alam iradiasi.** Prototipe kualitas lateks alam iradiasi yang dihasilkan dari proses vulkanisasi radiasi dengan menggunakan sinar  $^{60}\text{Co}$  dan berkas elektron tertera di Tabel 4. Dari tabel ini menunjukkan bahwa lateks alam iradiasi memiliki dua sifat yaitu sifat lateks seperti lateks pekat non iradiasi, sedang sifat film karet seperti sifat film karet dari lateks pekat yang divulkanisasi belerang, dengan ciri khusus bahwa kandungan protein, lemak, dan karbohidrat lateks alam iradiasi lebih rendah. Perbedaan antara lateks alam iradiasi tipe I dengan lateks iradiasi tipe II adalah nilai kadar jumlah padatan lateks tipe I < tipe II. Hal ini disebabkan karena pada proses produksi tipe I bahan bakunya adalah lateks kebun yang KKK=30%, setelah diiradiasi kemudian dipekatkan samapai KKK nya 60%, sedang tipe II lateks yang digunakan adalah lateks pekat ditambah bahan pengemulsi lalu diiradiasi, jadi KKK nya turun menjadi 57 % akibat penambahan bahan pemeka tersebut.

Tabel 4. Prototipe kualitas lateks alam iradiasi yang dihasilkan dari proses vulkanisasi radiasi dengan menggunakan sinar  $^{60}\text{Co}$  dan berkas elektron.

Sifat	Lateks alam iradiasi		ISO 2004	Kompon lateks vulkani belerang
	Tipe I	Tipe II		
Lateks				
1. Kadar padatan jumlah (KPJ),%.	61,5	58,5	61,5*	57,8
2. Kadar karet kering (KKK),%.	60,0	57,0	60,0*	-
3. KPJ-KKK	1,5	1,5	2**	-
4. Kadar amonia,% lateks.	0,7	0,7	0,60*	-
5. Kadar kotoran,%.	0,015	0,015	0,60**	-
6. Kadar koagulum,%.	0,0065	0,0065	0,10**	-
7. Bilangan KOH.	0,063	0,063	0,80**	-
8. Bilangan VFA	0,014	0,014	0,20**	-
9. Bilangan MST,dt.	1800	1800	650*	-
10. Kekentalan,cP.	130	130	-	-
11. pH.	10,47	10,47	-	10-11
Film karet				
1. Modulus 600%, MPa.	2,1	2,1	-	2-4
2. Tegangan putus, MPa.	24-26	24-26	-	20-30
3. Perpanjangan putus, %.	900	900	-	700-800
4. Kadar protein total, %.	0,080	0,080	-	0,29-0,40
5. Kadar protein terekstrak, ?g/g.	<100	<100	-	>1000
6. Kadar lemak,%.	3,67	3,67	-	6,36
7. Kadar karbohidrat,%.	0,027	0,027	-	0,041
8. Kadar nitrosamin, ppm.	<2	<2	-	>40

**4. Prototipe barang jadi lateks dari lateks alam iradiasi.** Dari hasil riset skala pabrik tentang produksi barang jadi karet lateks alam iradiasi (sarung tangan, kondom, dan tensimeter) menunjukkan bahwa secara umum prototipe kualitas barang jadi lateks dari lateks alam iradiasi sifat fisik dan mekaniknya memenuhi standar pemakaian (Tabel 5), dengan keunggulan bahwa barang jadi karet dari lateks alam iradiasi bebas nitrosamin dan protein alergen.

Tabel 5. Prototipe kualitas sifat fisik dan mekanik barang jadi karet dari lateks alam iradiasi yaitu sarung tangan, kondom dan karet untuk tensimeter (bulb).

Sifat	Sarung tangan		Kondom		Bulb tensimeter		
	LAI	SNI	LAI	SNI	LAI	LAS <sup>p</sup>	LSS <sup>p</sup>
Modulus 500%, MPa.	1,7	5**	-	-	1,4	3,3	2,5
Tegangan putus, MPa.	25	24*	22	20	22	36	19
Perpanjangan putus, %.	900	750*	900	750	1000	980	900
Daya rekat, kg/cm <sup>2</sup> .	-	-	-	-	1,57	2,02	4,04
Kekerasan, Shore A.	-	-	-	-	29	40	47
Berat Jenis, g/cm <sup>3</sup> .	-	-	-	-	0,892	0,922	1,278
Daya letup, liter.	-	-	25	20	-	-	-
Kandungan nitrosamin, ppm.	0	>40 <sup>p</sup>	0	>40 <sup>p</sup>	0	>50	=
Kandungan protein total, %.	0,8	1,8 <sup>p</sup>	0,056	0,210 <sup>p</sup>	0,34	0,34	0,29
Kandungan protein terlarut.	83	2190 <sup>p</sup>	204	251 <sup>p</sup>	661	1250	=
Uji SPT(respon kulit), unit.	=	=	0	0,2 <sup>p</sup>	0	=	=
Nilai absorbansi ELISA dengan serum manusia peka pada protein alergen, %.	0	0,2 <sup>p</sup>	=	=	0	=	=

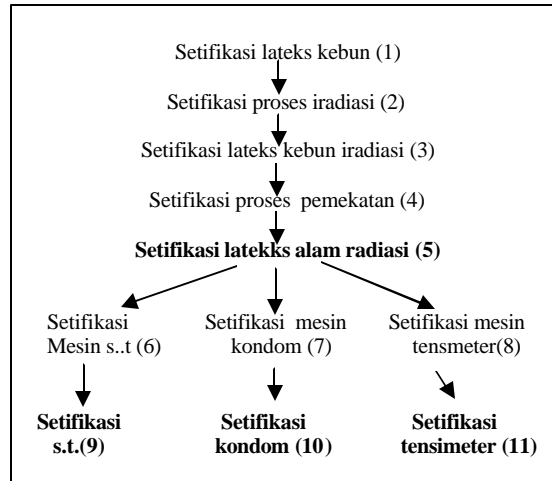
Keterangan: LAI=lateks alam iradiasi, SNI=Standar Nasional Indonesia, LAS=lateks alam vulkanisasi belerang, LSS=lateks sintesis vulkanisasi belerang. \* nilai minimum, \*\* nilai maksimum, - tidak dipersyaratkan, = belum diuji, p=barang jadi dari pabrik uji coba.

## B. UJI PRODUKSI LATEKS ALAM IRADIASI SKALA PABRIK

Diagram alir uji produksi lateks alam iradiasi dalam skala pabrik (Gambar 10), dilakukan di P3TIR-BATAN dan pabrik lateks pekat Jalupang PTPN VIII Subang Bandung. Secara garis besar proses produksinya (Gambar 10A) adalah sbb. Lateks kebun yang baru disadap dari perkebunan Jalupang setelah dikumpulkan dari TPH (Tempat Pemungutan Hasil) didalam truk (A), dituangkan ke bak penampung (B), langsung dialirkan ke tangki pencampur (C), kemudian diuji KKK dan kadar amoniannya. Bila KKK dan kadar amonia memenuhi syarat untuk diiradiasi, lalu dikirim ke P3TIR-BATAN Jakarta untuk diiradiasi dengan sinar  $^{60}\text{Co}$ . Sesampainya di Jakarta, lateks kebun yang berasal dari tangki (C) dibubuhi bahan pemantap KOH dan bahan pemeka nBA dengan kadar tertentu dari tangki D1, dan D2, kemudian dialirkan ke dalam tangki pengolah (E) untuk diiradiasi dengan sinar  $^{60}\text{Co}$  pada dosis tertentu. Selesai diiradiasi, lateks kebun iradiasi tersebut diangkut ke pabrik lateks pekat Jalupang dan langsung dialirkan ke tangki (F), ditambah dengan bahan pengendap magnesium yaitu larutan 20% DAP (diammonium phosphat) dari tangki (G). Setelah pengendapan selesai lalu diumpahkan ke mesin pemusing (H) untuk dipekatkan, maka terjadilah **lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi atau lateks alam iradiasi** yang berada di tangki (I) Bila diperlukan lateks ini dapat ditambah



antioksidan dari tangki (J), dan langsung dialirkan ke tangki yang berada di truk (K).

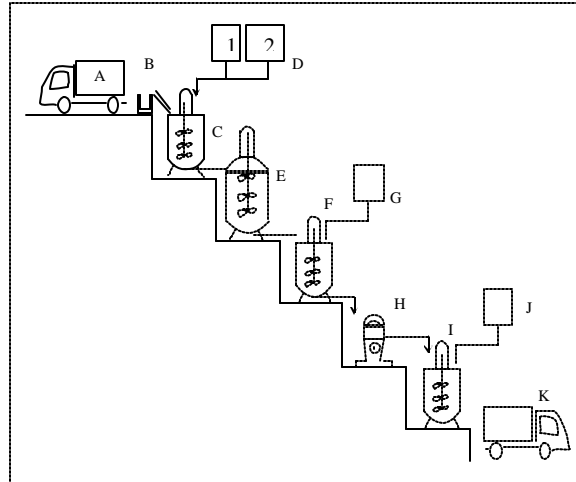


Gambar 10. Diagram alir produksi lateks alam iradiasi skala pabrik di pabrik lateks Jalupang.

Dua faktor penting yaitu kondisi peralatan proses (kebersihan dan kelancaran) serta formulasi bahan kimia yang ditambahkan secara tepat selama produksi telah dievaluasi. Uraian secara terinci tentang faktor-faktor tersebut disajikan di Lampiran 1. Hasilnya tertera di Tabel 4 yang menunjukkan bahwa lateks alam iradiasi memiliki dua tipe yaitu tipe I yang memenuhi standar ISO 2004 dan tipe II. Perbedaan ke dua tipe ini ialah nilai KKK tipe I > tipe II. Hal ini disebabkan karena tipe II proses iradiasinya dilakukan pada lateks yang sudah dipekatkan, sedang tipe I sebelum dipekatkan. Terbukti bahwa baik tipe I maupun tipe II sifat fisik dan mekanik film karetinya seperti lateks alam yang divulkanisasi belerang, sehingga lateks alam iradiasi ini langsung dapat dipakai untuk barang jadi karet, tanpa menambahkan bahan vulkanisasi lagi.

Secara umum, keunggulan proses vulkanisasi radiasi yang berhasil dimonitor adalah sbb.

- a. Proses produksinya dapat dilakukan pada suhu kamar dan tidak mencemari lingkungan, dengan kata lain prosesnya ramah lingkungan.
- b. Lateks alam iradiasi yang dihasilkan memiliki sifat : dapat disimpan 6 bulan lebih, bebas nitrosamin, tidak toksit, serta bebas alergi tipe I dan tipe IV.



Gambar 11. Tahapan sertifikasi proses produksi lateks alam iradiasi skala pabrik.

### C. UJI PRODUKSI BARANG JADI KARET DARI LATEKS ALAM RADIASI SKALA PABRIK

Ciri khusus yang berhasil dimonitor pada proses produksi barang jadi karet dari lateks alam iradiasi antara lain:

- Prosesnya hemat energi panas, bahan kimia, dan waktu produksi.
- Akibat penghematan tersebut, maka biaya produksi menurun 30-40% tergantung barang jadi karet yang dihasilkan.
- Barang jadi karet yang dihasilkan memenuhi standar pemakaian.
- Barang jadi karet bebas protein alergi (alergi tipe I) dan alergi tipe IV (alergi yang disebabkan oleh bahan kimia vulkanisasi belerang).
- Bebas nitrosamin (bahan penyebab kanker)
- Bila barang jadi karet dibakar, maka gas karbon disulfida (gas yang menyebabkan hujan asam) sangat rendah yaitu seper duapuluhnya daripada barang jadi karet yang dihasilkan vulkanisasi belerang.

Dari data tersebut dapat dikatakan bahwa proses produksi barang jadi karet dari lateks alam iradiasi di samping efisien juga efektif.

Ada 3 jenis barang jadi karet yang telah berhasil diproduksi skala pabrik yaitu : sarung tangan, kondom, dan tensimeter yang digram alirnya tertera di Gambar 4, 6, dan Gambar 7 dengan uraian singkat sbb.:

**1. Produksi sarung tangan (Gambar 4) :** Cetakan sarung tangan (A) dibersihkan, dan dikeringkan (B) dulu sebelum dipakai. Kemudian setelah kering dicelupkan ke penggumpal (C), dikeringkan (C), kemudian dicelupkan ke lateks alam iradiasi (E). Cetakan yang sudah dilapisi oleh lateks dikeringkan dalam open (F), kemudian setelah kering dikupas (G), lalu sarung tangan yang terjadi

dikeringkan lagi dalam *tumbler* (H), disertifikasi (I), dikemas (J) , lalu diuji fungsinya (K).

Dalam proses produksi sarung tangan, tiga tahapan penting yang harus diperhatikan yaitu : kualitas lateks iradiasi, bahan kimia yang ditambahkan pada pembuatan kompon lateks alam radiasi, dan teknik pencelupan yang uraian secara terinci disajikan di Lampiran 2.

Kualitas sarung tangan hasil uji coba produksi skala pabrik tertera di Tabel 5. Dari tabel ini menunjukkan bahwa secara umum kualitas sarung tangan memenuhi standar SNI, bahkan memiliki keunggulan yang tidak dimiliki oleh sarung tangan dari lateks alam vulkansasi belerang yaitu bahwa sarung tangan dari lateks alam iradiasi bebas nitrosamin dan protein alergen. Hal ini disebabkan karena nilai absorbansi ELISA dengan serum manusia peka protein alergen negatif (0%), sementara itu sarung tangan vulkanisasi belerang bernilai 0,2%.

**2. Produksi kondom.** Proses pencelupannya dilakukan secara otomatis (Gambar 6) dengan uraian sbb. Cetakan kondom dari gelas pirex dicuci dengan air sampai bersih (A), dikeringkan dalam open (B), dicelupkan ke dalam kompon lateks I (C), dikeringkan (D), dicelupkan lagi ke kompon lateks II (E), lalu dikeringkan lagi (F). Setelah kering bagian terbuka kondom dibuat ring (G), dicelupkan ke cairan anti lengket (H). dikelupas basah (I). Kondom yang terkelupas di cuci dengan anti lengket (J), didehidrasi (K), dibedaki dalam *tumbler* (L), dikeringkan (M), diseleksi (N), dikemas (O). Sementara itu cetakan kondom dicuci lagi (A) dan seterusnya proses pencelupan diulangi lagi secara otomatis.

Optimasi kondisi proses pencelupan yang meliputi: nilai DMP (daya mulur putus) film basah dari lateks iradiasi, dan waktu pemanasan kondom selama proses pemanasan diuraikan secara lengkap di Lampiran 3.

Ternyata kualitas kondom dari hasil uji coba produksi skala pabrik memenuhi standar SNI, bahkan hasil uji SPT atau respon uji tusuk terhadap kulit negatif (Tabel 5).memiliki keunggulan yang belum dapat dimiliki oleh kondom yang divulkansasi belerang yaitu bebas nitrosamin dan protein alergen.

**3. Produksi tensimeter.** Gambar 7 menunjukkan diagram alir proses produksi karet untuk tensimeter berupa *bulb*, *bledder* dan *tube* dari lateks alam iradiasi dengan uraian sbb. Cetakan *bulb*, *bledder* atau *tube* dari bahan logam campuran (A) setelah dicuci dikeringkan (A), dicelupkan ke penggumpal I (B), dikeringkan (C), dicelupkan ke kopon lateks (D), dicelupkan lagi ke penggumpal II (E) dan ke kompon lateks (F) sampai tebal tertentu. Setelah tebal film karet sesuai dengan yang diinginkan, lalu dikeringkan (G), setelah kering direndam dalam anti lengket (H), dan dikelupas (I). Kemudian *bulb*, *bledder* atau *tube* yang terkelupas, dicuci (J), dikeringkan (K), dan disempurnakan (L) sesuai dengan standar tensimeter yang berlaku.

Beberapa faktor penting misalnya pengaruh pencucian, suhu dan waktu pemanasan diuraikan secara lengkap di Lampiran 5.

Hasilnya menunjukkan bahwa secara umum lateks alam iradiasi dapat digunakan untuk bahan baku pembuatan karet untuk tensimeter dengan nilai

tegangan putus *bladder* dari lateks alam iradiasi lebih tinggi daripada *bladder* dari karet sintetis, walaupun masih lebih rendah daripada lateks alam yang divulkanisasi belerang (Tabel 5). Sedang nilai daya lekat masih lebih rendah dari lateks alam/sintetis yang divulkanisasi belerang. Hal ini disebabkan karena kondisi proses pengeleman belum optimum.

#### **D. SERTIFIKASI**

Agar hasil alih teknologi lateks alam iradiasi berjalan baik, maka peralatan proses (iradiator lateks, mesin pemekatan, mesin produksi sarung tangan, kondom, mesin produksi tensimeter) dan bahan untuk produksi (lateks kebun, bahan kimia lainnya) harus disertifikasi dahulu oleh pihak atau instansi yang berwenang.

Gambar 11 menyajikan kronologis sertifikasi bahan dan alat yang harus dilakukan selama proses produksi lateks alam iradiasi serta barang jadi karet bebas nitrosamin dan protein alergen. Yang dimaksud sertifikasi alat di sini adalah dapat beroperasinya alat sesuai dengan ketentuan, sedang sertifikasi bahan baku dan bahan kimia adalah spesifikasi bahan agar dapat menghasilkan produk akhir (lateks alam iradiasi dan barang jadi karet) yang sesuai dengan standard.

Hasil sertifikasi produk akhir disajikan di Tabel 4 dan 5 yang menunjukkan bahwa baik lateks alam iradiasi maupun barang jadi karet yang dihasilkan kualitasnya memenuhi standar pemakaian.

Pada umumnya sertifikasi hasil akhir tidak saja sangat tergantung dari kualitas bahan baku dan bahan kimia yang dicampurkan, tetapi juga tergantung prosedur kerja dan peralatan yang dipakai, sehingga sertifikasi yang dilaporkan hanya berlaku untuk produk yang diproduksi saat itu. Hasil kaji ulang produksi lateks alam iradiasi menunjukkan bahwa kualitasnya masih konsiten (Lampiran 2), hal yang sama akan terjadi pula pada barang jadi karet dari lateks alam iradiasi lainnya (Lampiran 4 dan 5).

Dengan terbuktinya kualitas lateks alam iradiasi dan barang jadi karetnya memiliki keunggulan kompetitive, maka diharapkan teknologi lateks alam iradiasi dapat menorebo pasar global.

#### **E. PATEN**

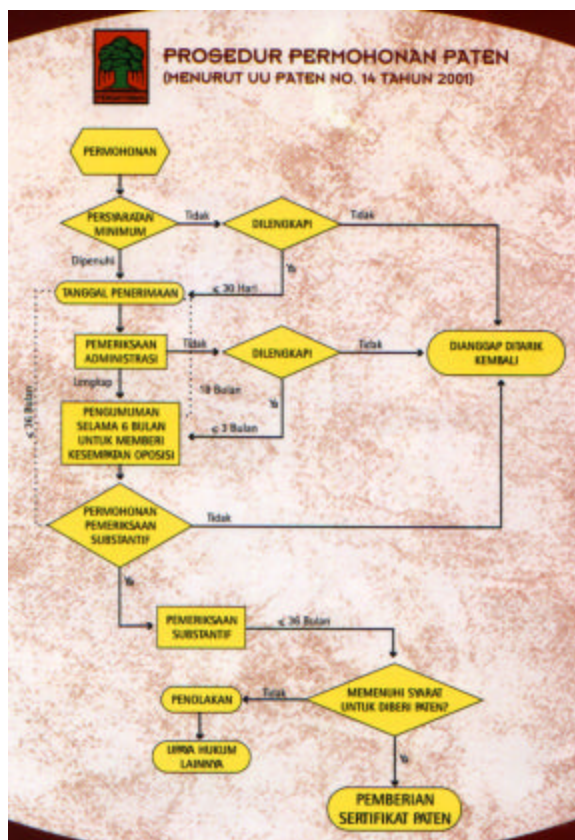
Telah diketahui bahwa kegiatan dan kemajuan ekonomi suatu negara sangat dipengaruhi oleh kemajuan perkembangan teknologi di negara itu. Kemajuan teknologi pada umumnya mengacu pada efisiensi kerja, dan efektifitas suatu proses sehingga dapat menghasilkan produk baru yang unggul. Untuk melindungi produk baru yang unggul tersebut maka pemerintah memberikan hak eksklusive kepada inventor (penemu) berupa paten<sup>(30)</sup>.

Atas dasar hal tersebut, maka sejak tahun 2000 hasil riset teknologi lateks alam iradiasi menghasilkan 8 draft paten yang telah didaftarkan ke Direktorat Jendral Hak Kekayaan Intelektual (DJHKI) Tangerang, dengan

prosedur pendaftaran tertera di Gambar 12, dan judul paten yang didaftarkan tertera di Tabel 6.

Gambar 12 menunjukkan bahwa untuk mendapatkan paten yang disahkan oleh DJHKI paling lama 6 tahun yaitu setelah melalui publikasi, dan pemeriksaan substantif paten yang cukup ketat.

Tabel 6 menunjukkan bahwa dalam kurun waktu 5 tahun (2000 s/d 2004) 8 judul paten didaftarkan ke DJHKI oleh BHOP-BATAN yaitu berupa 8 paten biasa dan 1 paten sederhana. Dari 8 judul paten ini, 1 judul paten (P.0020000927) berasal dari hasil riset RUT I 1993-1996, 4 judul (P.00200100906, P.00200200493, P.00200686, P.00200687) berasal dari hasil riset RUK VII.2001-2002, 3 judul paten turunan (P.00200300462, P.00200300462, P.00200400668) hasil riset IPTEKDA-BATAN 2003-2004, sedang 1 judul paten turunan (P.00200400119) dari hasil riset Katalis Teknologi 2003.



Gambar 12. Prosedur permohonan pendaftaran di Direktorat Jendral Hak Kekayaan Intelektual.

Tabel 6. Tanggal, dan judul 9 paten tentang teknologi lateks alam iradiasi yang telah didaftarkan ke DJHKI, Tangerang.

No	Tgl	Judul	Inventor	Pengaju	Klasi fikasi	Des kripsi	No.Paten
1	27-10-2000	Kopolimer lateks karet alam metil metakrilat dan lateks karet alam sitrena sebagai bahan perekat panel kayu dan sepatu kanvas.	Marga Utama dkk.	BHOP-BATA N	Paten biasa	Lamp 5	P.00200000927
2	23-11-2001	Produksi lateks pekat pra-vulkanisasi rendah protein, lemak, karbohidrat, dan bebas nitrosamin.	Marga Utama dkk.	BHOP-BATA N	Paten biasa	Lamp 5	P.00200100906
3	12-08-2002	Produksi sarung tangan dari lateks pekat bebas nitrosamin dan rendah protein	Marga Utama dkk.	BHOP-BATA N	Paten biasa	Lamp 5	P.00200200493
4	11-10-2002	Produksi karet tensi (Sphygmomanometer) dari lateks pekat bebas nitrosamin dan rendah protein	Marga Utama dkk.	BHOP-BATA N	Paten biasa	Lamp 5	P.00200200686
5	11-10-2002	Produksi kondom dari lateks pekat bebas nitrosamin dan rendah protein	Marga Utama dkk.	BHOP-BATA N	Paten biasa	Lamp 5	P.00200200687
6	11-09-2003	Pengolahan limbah lateks pekat pra-vulkanisasi radiasi menjadi perekat, barang jadi karet, dan pupuk.	Marga Utama dkk.	BHOP-BATA N	Paten biasa	Lamp 5	P.00200300462
7	11-09-2003	Kopolmer lateks karet alam metil-metakrilat-silikat sebagai bahan anti lengket dan pelapis permukaan barang jadi karet.	Marga Utama dkk.	BHOP-BATA N	Paten sederhana	Lamp 5	S.00200300109
8	19-3-2004	Kompon perekat pengalengan bebas protein alergen dan nitrosamin serta tahan pelarut.	Marga Utama dkk.	BHOP-BATA N	Paten biasa	Lamp. 5	P.00200400119
9	24-12-2004	Kopolimer lateks karet alam stirena dan metil metakrilat untuk aditif minyak lumas	Marga Utama dkk.	BHP-BATA N	Paten biasa	Lamp 5	P00200400668

Untuk mendapatkan 9 paten tersebut telah dilakukan kerjasama dengan 8 Litbang/Pusbang Pemerintah dan 7 Mitra Industri. Ketujuh mitra industri yang ikut berkontribusi dengan paten tersebut adalah :

1. Pabrik Lateks Pekat Kebun Jalupang Subang yang berkantor pusat di PTPN VIII Jl. Sindangsirna No.4 Bandung
2. Pabrik Kondom PT.MRB, Jalan Raya Banjaran KM 16 Bandung.
3. Pabrik Tensimeter PT. SIA, Jl. Gadobangkong 95 Padalarang.
4. Pabrik Sarung tangan PT. Laksindo Utama, Kabupaten Serang.
5. Pabrik Perekat PT. Indrasari berkantor pusat di Jl.Gunung Sahari N.40 Jakarta.
6. Pabrik Kayu Lapis PT.KLI Jl. Kaliwungu Semarang.
7. Pabrik Sepatu PT. Sepatu Batan Jl. Taman Makam Kalibatan, Jakarta.

Sementara itu 8 Litbang Pemerintah yang telah berkontribusi paten tersebut adalah

1. Unit Penelitian Bioteknologi Perekebunan, Jl. Taman Kencana No.1 Bogor.
2. Balai Penelitian Teknologi Karet, Jl. Taman Kencana No.1 Bogor.
3. FKUI/RSCM (Fakultas Kedokteran/Rumah Sakit Citpomangunkusumo), Jakarta.
4. Balai Litbang Biomaterial-LIPI, Jl. Raya Bogor KM 46, Cibinong Bogor.
5. Puslitbang Iptek Bahan – BATAN, Puspitek Serpong Tangerang.
6. Pusbang Perangkat Nuklir – BATAN, Puspitek Serpong Tangerang
7. Pusbang Pengolahan Limbah Radioaktif-BATAN, Puspitek Serpong Tangerang
8. PPPTMGB”LEMIGAS”, Jl.Cileduk Rya Kav.109. Kebayoran Lama, Jak.Sel.

Dengan didaftarkanya hasil riset tersebut ke DJHKI berupa paten yang merupakan perlindungan hukum, maka diharapkan hasil riset teknologi lateks alam iradiasi dapat segera diaplikasikan secara komersial.

## F. TEHNO-EKONOMI

Agar hasil riset teknologi lateks alam radiasi dapat menunjang kegiatan ekonomi yang telah terbukti dapat diaplikasikan oleh industri dalam skala pabrik seperti yang diuraikan di atas, maka telah dilakukan analisis tekno-ekonomi proses produksi lateks alam iradiasi dan barang jadi karetinya dengan uraian secara singkat sebagai berikut:

**1. Perhitungan tekno-ekonomi produksi lateks alam iradiasi.** Secara teknik proses produksi lateks alam iradiasi skala pabrik dengan menggunakan sinar  $^{60}\text{Co}$  sebagai sumber radiasi telah dikuasi oleh P3TIR-BATAN yang berkerjasama dengan Pabrik Lateks Pekat Jalupang, Subang, PTPN VIII Bandung. Hasilnya menunjukkan bahwa di samping proses produksinya relatif sederhana yaitu sama dengan proses produksi lateks pekat noniradiasi (hanya saja perlu menambahkan mesin berkas elektron di dalam pabrik tersebut), juga dapat dilaksanakan pada suhu kamar. Prosesnya hemat bahan kimia dan waktu proses, karena bahan kimia yang ditambahkan hanya satu macam yaitu bahan pencepat berupa emulsi normal butil akrilat. Dengan menggunakan proses ini, maka lateks alam iradiasi yang dihasilkan kualitasnya memenuhi standar untuk pembuatan barang jadi karet misalnya kondom, sarung tangan, karet untuk tensimeter, dsb. (Tabel 4) dengan keunggulan bebas nitrosamin dan protein alergen. Dengan

demikian dapat dikatakan bahwa **teknologi produksi lateks alam iradiasi yang menggunakan iradiator sinar  $^{60}\text{Co}$  sudah terbukti kelayakan teknisnya.**

Ada kecenderungan bahwa untuk produksi lateks alam iradiasi yang memakai iradiator sinar  $^{60}\text{Co}$  lebih mahal dari pada menggunakan mesin berkas elektron (MBE)300 keV/10 mA, maka diduga pada masa mendatang produksi lateks alam iradiasi akan menggunakan MBE berenergi rendah. Hal ini disebabkan karena dengan menggunakan MBE di samping modal investasi lebih murah, juga lebih efisiensi<sup>(35)</sup>.

Tabel 7. Perhitungan harga lateks alam iradiasi yang diproses dengan menggunakan iradiator sinar  $^{60}\text{Co}$  berkapasitas 200 kCi dan MBE 300keV/10mA.

No.	Komponen biaya	irradiatorsinar? $^{60}\text{Co}$		MBE300 keV/10 mA	
		LAI tipe I	LAI tipe II	LAI tipe I	LAI tipe II
I	Data mesin				
01	Aktivitas sumber	200 kCi	200 kCi	300 KeV,10 mA	300 KeV, 10 mA
02	Effisiensi, %.	40	40	80	80
03	Waktu kerja , jam/th.	8000	8000	6000	6000
04	Kapasitas produksi, ton /th.	500	1000	250 (karte)	500 (karet)
<b>II</b>	<b>Modal investasi, US \$.</b>	<b>1.478.597</b>	<b>1.478.597</b>		
05	Tanah dan gedung	450.000	450.000	26.780	26.780
06	Sumber radiasi	400.000	400.000	280.000	280.000
07	Peralatan pendingn air	350.000	350.000	9.000	9.000
08	Pembangkit listrik,	100.000	100.000		
09	Generator	100.000	100.000	5.000	5.000
10	Peraltan proses	41.597	41.597	41.597	41.597
11	Kendaraan	25.000	25.000	25.000	25.000
12	Peraltan kantor	2.000	2.000	2.000	2.000
13	Peralatan laboratorium	10.000	10.000		
<b>III</b>	<b>Biaya produksi 1 tahun</b>	<b>1.418.880</b>	<b>1.865.306</b>	<b>541.631</b>	<b>838.119</b>
14	Biaya variabel	700.905	1.282.662	360.846	647.331
	a. Bahan bakku (lateks alam)	553.576	1.000.000	276.787	500.000
	b. Bahan proses	130.331	270.056	72.056	135.331
	c. energi listrik	12.000	12.000	12.000	12.000
15	Biaya tetap	482.664	582.664	582.664	582.664
	a. Gaji karyawan (11 orang)	25.000	25.000	25.000	25.000
	b. Penggantian $^{60}\text{Co}$ (12,5%06)	50.000	50.000	-	-
	c. Depresi alat (10 tahun)	147.860	147.860	39.938	39.938
	d. Depresi gedung (20 th)	22.500	22.500	1.000	1.000
	e. Perawatan (2% modal tetap)	29.572	29.572	79.875	79.875
	f. bunga bank (20%).	295.720	295.720	7.987	7.987
	g. Overhead perusahaan	10.000	10.000	10.000	10.000
	h. Pengeluaran umum 1 th	26.988	26.988	26.988	26.988
<b>IV</b>	<b>Total biaya produksi 1 tahun</b>	<b>1.283.549</b>	<b>1.865.306</b>	<b>541.631</b>	<b>838.119</b>
<b>V</b>	<b>Harga 1 kg lateks iradiasi. 100% karet 55% karet</b>	<b>2,57 1,40</b>	<b>1,88 1,04</b>	<b>2,17 1,20</b>	<b>1,68 0,93</b>



Hasil penelitian skala pilot menunjukkan bahwa kualitas lateks alam iradiasi dengan menggunakan MBE 250 keV/10 mA relatif sama dengan menggunakan iradiator sinar  $\gamma$   $^{60}\text{Co}$  <sup>(33)</sup>, namun untuk produksi lateks alam iradiasi skala pabrik masih belum dapat dilaksanakan, karena MBE 300keV/10 mA masih berada di Jepang. Diharapkan dalam waktu yang tidak terlalu lama MBE tersebut sudah ada di Indonesia khususnya di Kebun Jalupang.

Tabel 7 menyajikan perhitungan harga lateks alam iradiasi yang diproduksi skala comersial dengan menggunakan sinar  $\gamma$   $^{60}\text{Co}$  dan MBE 300keV/10 mA. Dari tabel ini menunjukkan bahwa untuk menentukan harga lateks alam iradiasi ada faktor penting yang harus diketahui yaitu : modal tetap, modal kerja, dan biaya produksi 1 tahun.

Berdasarkan perhitungan tersebut, maka harga 1 kg lateks alam iradiasi (KKK 55%) yang diproduksi dengan menggunakan MBE 300keV/10 mA adalah 0,93 US \$, lebih murah daripada menggunakan irradiator sinar  $\gamma$   $^{60}\text{Co}$  (1,04 US \$). Sementara itu harga lateks pra-vulkanisasi yang di jual di pasar bebas di Jepang adalah 2 US \$/kg lateks.

$\text{BEP} = \frac{\text{Biaya tetap} + 0,3(\text{Biaya rutin} + \text{Pengeluaran Umum})}{0,7((\text{Biaya rutin} + \text{Pengeluaran Umum}))} \times 100 = \% \text{ Hasil penjualan} - \text{Biaya tidak tetap}$
$\text{POT} = \frac{\text{Modal tetap}}{\text{Keuntungan bersih} + \text{depresiasi}} \times 1 \text{ th} = \text{..th.}$

Gambar 7. Rumus untuk menghitung BEP (break even point), dan POT (pay ut time)

Bila diasumsikan persamaan 1 dan 2 di Gambar 7 merupakan rumus untuk menghitung nilai BEP (Break Even Point = titik impas) dan nilai POT (Pay out tme = jangka waktu modal tetap dapat kembali)<sup>(32)</sup>, maka hubungan antara harga jual lateks alam iradiasi tipe II dan keuntungan dengan nilai BEP dan POT tertera di Tabel 8. Dari tabel ini menunjukkan bahwa apabila lateks alam iradiasi dijual sama dengan lateks pra-vulkanisasi belerang yang beredar di pasar yaitu sekitar 1,21 US \$ atau dengan harga 0,94 US \$/kg lateks ber KKK 55%, maka nilai PBP (Payback period) = 2,6 th, NPU (Net Present Value) = 4.200 US \$, dan nilai PI (Profitability Index) = 1,06.

Tabel 8. Hubungan antara laba dan harga jual dan dengan nilai BEP dan POT produksi lateks alam iradiasi skala pabrik dengan menggunakan MBE 300 keV/10 mA buatan Rusia, sebagai sumber radiasi.

Laba, %.	Harga jual kg lateks US \$/liter	Nilai BEP, %.	Nilai POT, tahun
0	1,01	-	-
10	1,11	64	4,1
20	1,21	48	2,6
30	1,31	38	1,9
40	1,41	31	1,5
50	1,51	27	1,2

**2. Perhitungan tekno-ekonomi barang jadi karet dari lateks alam iradiasi.** Hasil RUK VII 2001-2002, dan IPTEKDA BATAN 2003-2004 menunjukkan bahwa 3 pabrik telah melakukan uji coba skala pabrik pada pembuatan barang jadi karet dari lateks alam iradiasi. Ketiga pabrik tersebut adalah pabrik kondom Banjaran Bandung, pabrik tensimeter Padalarang Bandung, dan pabrik sarung tangan Serang Banten. Ternyata sifat fisik dan mekanik barang jadi karet yang dihasilkan di samping kualitasnya memenuhi standar pemakaian juga memiliki keunggulan kompetitive yaitu bebas nitrosamin dan (Tabel 5). **Jadi kelayakan teknis pemakaian lateks alam iradiasi untuk barang jadi karet sudah terbukti.** Agar barang jadi karet tersebut dapat masuk ke kegiatan ekonomi, maka pada Tabel 9 disajikan contoh perhitungan harga jual sarung tangan yang diproduksi skala home industri dengan kapasitas produksi 1.350.000 pasang/th. Dari tabel ini menunjukkan bahwa biaya produksi sarung tangan dan kondom dari lateks iradiasi masing-masing lebih murah 10% daripada sarung tangan dari lateks yang divulkanisasi belerang. Hal ini disebabkan karena pemakaian bahan kimia dan energi panas lebih hemat.

Tabel 9. Harga jual sarung tangan dan kondom dari lateks alam iradiasi yang diproduksi skala pabrik.

No	Komponen biaya	Belerang	Radiasi
<b>I</b>	<b>Modal tetap</b>	<b>830</b>	<b>830</b>
1	Tanah dan penyapan lahan (4.300 m <sup>2</sup> )	230	230
2	Bangunan pabrik & kantor (1.200 m <sup>2</sup> )	600	600
<b>II</b>	<b>Peralatan proses</b>	<b>772</b>	<b>582</b>
3	4 bak lateks, 2 mesin celup	70	70
4	2 oven dengan belt conveyer	50	50
5	2 ball mill	10	-
6	3 tumbler	30	-
7	20 tabung gas	3	-
8	2.000 cetakan	78	78
9	Pembangkit listrik	66	30
10	Transformator	50	40
11	Peralatan kantor	50	50
12	Kendaraan	250	250
13	Biaya tak terduga	15	15

<b>III</b>	<b>Biaya produksi 1 tahun</b>	<b>2.934.</b>	<b>2.709.</b>
14	Biaya tetap	140	124
15	Penyusutan	110	94
16	Pajak	15	15
17	Asuransi	15	15
18	Biaya tidak tetap	2.956	2.576
19	Bahan baku	1.440	1.327
20	Utilitas	132	60
21	Gaji	425	425
22	Labortorium	43	43
23	Overheat	228	228
24	Perawatan	31	31
25	Pengeluaran Umum	495	461
<b>IV</b>	<b>Kapasitas produksi, pasang</b>	<b>1.350.000</b>	<b>1.350.000</b>
<b>V</b>	<b>Harga 1 pasang sarung tangan</b>	<b>2173 (2200)</b>	<b>2.000</b>

Bila diasumsikan persamaan 1 dan 2 di Gambar 7 merupakan rumus untuk menghitung nilai BEP (Break Even Point = titik impas) dan nilai POT (Py out tme = jangka waktu modal tetap dapat kembali)<sup>(32)</sup>, hubungan antara harga jual dengan BEP dan POT pada laba berbeda-beda nilainya tertera di Tabel 10.

Tabel 10. Hubungan antara laba dan harga jual dan dengan nilai BEP dan POT produksi sarung tangan industri dari lateks alam iradiasi skala pabrik.

	Persentase laba					
	0	10	20	30	40	50
Harga jual, Rp.	2000	2200	2400	2600	2800	3000
BEP,%	-	8,6	8,0	7,6	7,2	6,8
POT,th	-	5,2	3,2	2,3	1,8	0,9

Dari hasil diskusi yang telah dilakukan baik oleh pihak Kementerian Riset dan Teknologi (KRT) di Gedung BPPT Jakarta pada bulan Oktober 2002 dilaporkan oleh manager pabrik bahwa biaya produksi kondom lateks alam iradiasi menurun 30%<sup>(35)</sup> maupun hasil diskusi kunjungan kerja para pejabat Eselen I,II, dan III Batan ke Pabrik Tensimeter Padalarang tanggal 1 Juli 2003 kepala pabrik yang menginformasikan bahwa di samping biaya produksi karet untuk tensimeter lebih hemat sekitar 40% bila dibandingkan dengan proses vulkanisasi belerang<sup>(36)</sup> juga kualitasnya memenuhi standar pemakaian, maka terbukti bahwa ada dua keuntungan yang didapat bila menggunakan lateks alam iradiasi sebagai bahan baku barang jadi lateks yaitu di samping kualitasnya lebih baik, juga biaya prodksinya lebih rendah daripada dengan menggunakan vulkanisasi belerang.

Jadi dari hasil perhitungan tekno-ekonomi dan kesaksian-kesaksian dari para pemakai lateks tatersebut, menunjukkan bahwa lateks alam iradiasi ada kecenderungan layak diproduksi secara komersial.

## G. PRODUK KOMPETITOR

Kompetitor yang dihadapi oleh lateks alam iradiasi adalah lateks pekat pra-vulansiasi dengan nama dagang : Defix 3050, Revultex, Dynatex GTZ, Hartex 101-04, Heveatex NR, Unitex dsb. yang masih diimport dengan harga 1 s/d 1,50 US \$/kg lateks tergantung dari penggunaannya.

## H. PASAR PENGGUNA

Bila diasumsikan konsumsi lateks alam pada tahun 2003 adalah 10% dari produksi karet alam dunia yaitu sekitar 0,76 juta ton, dengan harga sekitar 1 US \$/kg, maka nilai jual lateks alam sekitar 760 juta US dolar setiap tahunnya. Sementara itu 3 pabrik yang sudah menggunakan lateks alam iradiasi dengan kebutuhan lateks pekat sekitar 1000 ton per tahun (Tabel 11), maka diharapkan pada tahap awal dengan menggunakan 1 mesin berkas elektron yang berkapasitas 500 ton/tahun kapasitas produksi lateks alam iradiasi akan dapat diserap oleh ketiga produsen barang jadi karet tersebut.

Tabel 11. Empat lokasi produsen lateks alam dan barang jadi karet Mitra Batan di Propinsi Jawa Barat dan Banten yang telah menggunakan teknologi lateks alam iradiasi.

No	Jenis produksi	Kapasitas/th.	Nama perusahaan	Lokasi
1	Lateks pekat	5.000 ton	PTPN VIII kebun Jalupang	Subang Bandung
2	Sarung tangan	1000.000 pasang	PT. Laxindo Utama	Serang, Banten
3	Tensimeter	1.000.000 set	PT. SIA	Padalarang Bandung
4	Kondom	4.000.000 gros	PT. MRB	Banjaran, Bandung
5	Tensimeter	1.000.000 set	PT. Dharma Medipro.*	Serang Banten

\* baru dalam sosialisasi awal.

## F. UJI FUNGSI

Ada dua tahap evaluasi uji fungsi/uji pasar yang telah dikerjakan dalam IPTEKDA 2003-2004 yaitu : tanggapan para pengguna lateks alam iradiasi dan barang jadinya oleh pabrik, dan temu bisnis dengan para pengusaha industri karet. dengan uraian sebagai berikut:

### 1. Tanggapan para pengguna lateks.alam iradiasi dan barang jadi karet nya

Lateks alam iradiasi yang telah diproduksi skala pabrik rinciannya tertera di Tabel 4. Dari tabel ini menunjukkan bahwa ada 2 tipe lateks alam iradiasi yang dihasilkan yaitu tipe I dan tipe II. Tipe I memiliki kadar karet kering 60%, sedang tipe II memiliki KKK 55%, sementara itu sifat-sifat lainnya relatif sama.

Tanggapan para pemakai lateks alam iradiasi oleh para pekerja pabrik yang berhasil dimonitor adalah sbb.

- a. Lateks alam iradiasi cukup stabil, dan kualitas barang jadi karet nya memenuhi standar pemakaian.
- b. Bau yang ditimbulkan oleh lateks alam iradiasi selama pembuatan barang jadi karet lebih tidak menyengat bila dibandingkan dengan lateks alam yang dibulkanisasi belerang.
- c. Kompon lateks alam iradiasi dapat disimpan lama (6 bulan), dan apabila komponen tersebut terlalu matang, maka untuk mengoptimalkan proses dapat ditambah lateks pekat sebanyak 5-6% berat lateks.

Tanggapan para pemakai barang jadi karet dari lateks alam iradiasi oleh para medis, pekerja pabrik, dan masyarakat lainnya adalah sbb:

- a. Untuk sarung tangan : Lebih enak dipakai dan tidak terasa tertekan bila dipakai karena bermodulus rendah, sehingga dapat lebih lama dipakainya.
- b. Untuk tensimeter. Bola yang sering ditekan-tekan bila mengukur tekanan darah manusia, ternyata gaya yang digunakan lebih ringan daripada bola yang biasa dipakai (vulkanisasi belerang), sehingga tenaga yang diperlukan lebih sedikit.
- c. Untuk kondom. Bagi para pengguna kondom yang mengetahui bahwa kondom lateks alam iradiasi bebas nitrosamin dan protein alergen, maka mereka lebih mesra memakainya, karena merasa aman.

## 2. Temu bisnis dengan para pengusaha industri

Dalam rangka alih teknologi lateks alam radiasi dan barang jadi karet ke masyarakat industri di propinsi Jawa Barat dan Banten, maka ada dua cara pendekatan yang telah dilakukan yaitu : mengunjungi para pengusaha industri, dan mengundang para pengusaha industri dan pejabat di lingkungan Dinas perindustrian propinsi Banten.

- a. **Kunjungan ke industri.** Ada lima pabrik industri karet yang telah dikunjungi yaitu : Pabrik lateks pekat PTPN VIII Bandung, Pabrik kondom PT MRB Bandung, Pabrik tensimeter PT. Sugih Instrumendo Abadi (PT.SIA) Padalarang Bandung, Pabrik sarung tangan PT. Laxindo Utama Serang Banten, dan pabrik tensimeter PT. Dharma Medipro Serang (Tabel 11). Hasilnya menunjukkan bahwa mereka tidak saja mengetahui, dan mengerti tentang teknologi lateks alam iradiasi, tetapi juga telah bersedia menerima uji coba produksi lateks alam iradiasi dan barang jadi karet nya dalam skala pabrik. Bahkan pimpinan PT. SIA dalam diskusinya dengan para pejabat Batan di kantornya memohon komitmen Batan tentang kontinuitas produksi lateks alam iradiasi skala industri sebelum beliau mempromosikan tensimeter lateks alam iradiasi ke konsumennya yang berada negara-negara Eropa, Amerika. (Gambar 13).
- b. **Temu usaha.** Bekerjasama dengan Dinas Perindustrian Propinsi Banten telah dilakukan temu usaha dengan para pengusaha industri di Hotel Patra Jasa Anyer pada tanggal 24 dan 25 Agustus 2004. Dalam temu usaha ini

dihadiri oleh 40 peserta dari dinas Perindagkop dan pengusaha industri se propinsi Banten. Dalam pertemuan tersebut Batan telah memaparkan tidak saja teknologi lateks alam iradiasi tetapi juga teknologi hasil litbang Batan yang lainnya oleh Bapak Deputi Bidang PHLPIN. Di samping itu 6 instansi litbang di bawah Deperindag juga memaparkan hasil litbangnya. Pada temu usaha ini juga dipamerkan di samping hasil teknologi lateks alam iradiasi, juga hasil-hasil dari 8 litbang lain di bawah Deperindag (BBIA, BBLM, B4T, BBKK, BBPK, BBKB, BBKPP, dan BBT) (Gambar 14). Hasilnya menunjukkan bahwa para peserta temu usaha cukup interes terhadap hasil litbang tersebut, dan ada peserta dari Dinas Perindag Kota Pandegelang yang ingin adanya diadakan IPTEKDA padi unggul di daerahnya. Sementara itu peserta dari Serang yang memiliki pabrik makanan ingin membeli sarung tangan untuk keperluan karyawannya di pabrik pengolahan dan pengemasan makanan. Dalam hal yang terakhir ini kami telah memberi alamat PT. Laxindo Utama yang dapat memproduksi sarung tangan dari lateks alam iradiasi. Diharapkan dari pertemuan ini, mereka akan menggunakan sarung tangan dari lateks alam iradiasi yang diproduksi pabrik sarung tangan tersebut.



Gambar 13. Kunjungan pimpinan Batan ke pabrik tensimeter di PT. Sugih instrumento Padalarang, tanggal 1 Juli 2003 tentang teknologi lateks alam iradiasi.



Gambar 14. Pemaparan hasil litbang BATAN oleh Bapak Deputi Kepala BATAN Bidang PHLIN di Hotel Patra Jasa Anyer tanggal 24 Agustus 2004 pada Temu Usaha yang diikuti oleh para peserta dari Dinas Perindagkop Propnsi Banten dan pengusaha dari Perusahaan Industri (kiri), serta gelarpromosi tek nologi lateks alam iradiasi (kanan) dan produk lain dari Litbang Deperindagkop.

#### IV. KESIMPULAN

Dari uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa : IPTEKDA-BATAN 2003-2004 tentang ALIH TEKNOLOGI LATEKS ALAM IRADIASISERTA BARANG JADI KARETNYA BEBAS NITROSAMIN DAN PROTEIN ALERGEN telah dilaksanakan sesuai rencana. Hasilnya menunjukkan bahwa :

1. Produksi lateks alam iradiasi telah dikuasai oleh pabrik lateks pekat Jalupang Subang PTPN VIII dan P3TIR-BATAN Jakarta. Sementara itu tehnik produksi barang jadi karet dari lateks alam iradiasi tesebut telah dikuasai oleh pabrik sarung tangan PT. Laxindo Utama, pabrik tensimeter PT SIA (Sugih Instrumendo Abadi) Padalarang, dan pabrik kondom PT. MRB (Mitra Rajawali Banjaran) Banjaran Bandung.

2. Kualitas lateks alam iradiasi dan barang jadi karet yang dihasilkan memenuhi standar pemakaian, dengan keunggulan bahwa barang jadi karet tersebut bebas nitrosamin dan protein alergen.

3. Ditinjau dari segi biaya proses produksi ternyata biayanya sekitar 10-40%. Hal ini disebabkan karena prosesnya hemat energi panas dan bahan immia. Harga lateks alam iradiasi bila diproduksi menggunakan mesin berkas elektron (MBE) 250 mA, 10 mA dengan kapasitas produksi lateks alam iradiasi 500 ton lateks per tahun adalah antara 0,93 US \$, sedang bila menggunakan sinar  $^{60}\text{Co}$  harga lateks alam radiasi 1,04 US \$.

4. Sebagai perlindungan hukum telah didaftarkan 8 buah patens yang berkaitan dengan teknologi lateks alam iradiasi, yang meliputi : proses produksi

lateks alam iradiasi dan barang jadi karetinya antara lain: sarung tangan, kondom, tensimeter, perekat sepatu kanvas, kayu lapis, dan perekat pengalengan.

5. Dengan telah disusnnya prototipe (iradiator laeks alam, MBE, lateks alam iradiasi dan baraang jadi karetinya), uji produksi skala pabrik, sertifikasi, paten (9 paten), analisa tekno-ekonomi dan uji fungsi atau uji pasar, maka diharapkan dalam waktu yang tidak terlalu lama teknologi lateks alam radiasi sudah dapat diaplikasikan oleh indsutri secara komersial.

## DAFTAR PUSTAKA

1. MARGA UTAMA, Vulkanisasi radiasi lateks alam dengan sinar gamma Cobalt-60, Prosiding Symposium Polimer Indonesia, ITB, Bandung (1979)1.
2. MARGA UTAMA, Produksi lateks karet alam pra-vulkanisasi dengan menggunakan teknik radiasi, Majalah BATAN XVIII 3 (1985) 1.
3. SUNDARI F., Revew of radiation vulcanization of NRL in Indonesia, Plastic and Rubber processing and Application, 5 (1985) 119-123.
4. MAKUUCHI K., Progress in RVNRL, Proc. International Rubber conference 1997, RRIM, Kuala Lumpur (1997) 107.
5. SOEMARNO KARTOWARDOYO, F.SUNDARDI., Studies on the preparation and used 60Co gamma rays irradiated NRL. J. App.Polym. Sci., vol. 21 (1977) 21.
6. MARGA UTAMA, kemungkinan lateks alam iradiasi sebagai bahan dasar pada pembuatan sarung tangan yang murah dan sederhana, Majalah BATAN XVI, 1 (1983) 96.
7. MARGA UTAMA, Studi produksi benang karet dari lateks alam iradiasi dan kompon lateks alam vulkanisasi belerang, Majalah BATAN, xix, 3 (1986)
8. MARGA UTAMA, Studi pembuatan barang celup karet di tujuh pengrajin karet, Risalah Seminar Nasional Proses Radiasi, PAIR-BATAN, Jakarta (1986)105.
9. MARGA UTAMA, Lateks alam iradiasi siap pakai untuk industri perkaretan, Prosiding Seminar Nasional Barang Jadi Karet, BBPPIBKPP, Yogyakarta (1992) 40.
10. MARGA UTAMA, Characterization of irradiated NRL produced in pilot scale, Regional Symposium on Polymer Science and Technology'86, Bandung, 25-26 November 1986.
11. MARGA UTAMA, Distribusi kualitas lateks alam iradiasi yang diproduksi skala pilot, Hasil Penelitian, PAIR-BATAN, Jakarta (1992) 229.
12. MARGA UTAMA, Solusi problema nitrosamin dan protein alergen dalam produk karet dengan teknik vulkanisasi radiasi, Bursa Teknologi II, Puspitek Serpong, 12-14 Agustus 1997.
13. SYBY VARGHESE B.,YOSUKE KATSUMURA, K.MAKUUCHI, F.YOSHII, Production of soluble protein free latex by radiation process, J.Eubber chemistry and Technology, vol.73 No.1 (2000) 80-88.



14. MAKUUCHI K., F.YOSHII, I.ISHIGAKI, K.THUSIMA, M.MOGI, and SAITO, Development of rubber gloves by radiation vulcanization, Proc. International Rubber Technology Conference, Kuala Lumpur (1988) 104.
15. MARGA UTAMA, dkk., pengembangan pemakaian lateks karet alam melalui teknologi kopolimerisasi radiasi, Prosiding Kongres Ilmu Pengetahuan Nasional VI, LIPI, Jakarta (1955) 626.
16. MARGA UTAMA, Trial production of condoms from INRL on factory scale, Frontiers of Polymer and Advanced Materials, Edited by Paras N Prasad, Plenum Press, New York (1994) 627.
17. MARGA UTAMA, Trial production of examination gloves from INRL on factory scale, Frontiers of Polymers and Advanced materials, Edited by Paras N Prasad, Plenum Press, New York (1994) 649.
18. ANNONIME, Lateks alam iradiasi sebagai bahan baku industri rumah tangga barang jadi karet, Atomos, Th.XI, 1, Maret 2002.
19. SISWANTO, Current Research of NRL protein allergen in Indonesia, first Meeting of Working Group on MRL Protein Allergy, Kuala Lumpur, 2<sup>d</sup> July 2004 (19 pages)
20. IRSG, Rubber Statistic Bulletin Vol 56 No.7 April 2004.
21. OERIP SISWANTORO, Senyawa karsinogen N-nitrosamindan usaha pengendaliannya, Makalah Temu Ilmiah, Cimanggis, Bogor, 21-11-1989.
22. OERIP SISWANTORO, Protein dengan berbahaya dari barang jadi lateks Hevea, Warta Perakaretan Vol.12. No.1 (1993) 13.
23. HERU SUNDARU, SISWANTO, KARJADI T.H., SUHARYANTO, PAREDE L., Perakitan kit diagnostik protein allergen dengan antibodi IgE manusia untuk kontrol mutu dari produk barang jadi lateks dalam negeri, Laporan hasil penelitian, Badan Litbang Pertanian. PPTP/P2. Bogor (2000) 40 p.
24. GORTON ADT., Evaluation of new activator accelerator in NRL, NR.Technology, Vol.19, 4 (1988) 61-69.
25. JOHN STIGGI, Letter to the medical Glove Industry, Centre for Devices and Radiological Health, July 30, 1999.
26. SNI, Sarung tangan karet steril, sekali pakai untuk keperluan bedah, BSN, SNI 16-2622-2002.
27. SNI, Sarung tangan karet, sekali pakai untuk keperluan pemeriksaan kesehatan, BSN, SNI, 16-2623-2002.
28. HERWINARNI, MARGA UTAMA, Identifikasi nitrosamin dalam lateks pekat pra-vulkanisasi, Pertemuan Ilmiah IPTEK Bahan 2004, Serpong 7 September 2004 (12 halaman).
29. Astm, Standard test method for analysis of protein in NRL product, ASTM D 5712-95.
30. ANNONIME, Panduan HKI, Ditjen Hak Kekayaan Intelektual, Tangerang (2003).
31. MAKUUCHI K., EB SYSTEM COOPERATION, TAKASAKI, 2003.

32. MARGA UTAMA, Trial production of low protein irradiated NRL by low energy electron beam, The 2003 FNCA Workshop on the utilization of Research Reactore, Januari 12-16, 2004, Jakarta-serpong Indonesia.
33. MARGA UTAMA, Trial production of low protein irradiated NRL in factory scale by gamma irradiation technique, The 2003 FNCA Workshop on the utilization of Research Reactore, Januari 12-16, 2004, Jakarta-serpong Indonesia.
34. Titik impas,
35. ANNONIME, Diskusi hasil RUKA VII.2001 di KRT, Jakarta tanggal 15 November 2002.
36. ANNONIME, Diskusi dengan Pimpinan PT. SIA dengan para pejabat BATAN, di pabrik tensimeter PT. SIA, Padalarang, tanggal 1 Juli 2003.

## *Kesimpulan*

Dari uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa lateks alam iradiasi yang diproduksi dengan menggunakan irradiator lateks  $^{60}\text{Co}$  skala pilot di P3TIR-BATAN Jakarta Indonesia atau dengan MBE (Mesin Berkas Elektron) 250keV/10mA tidak saja dapat digunakan untuk barang jadi karet yang kualitasnya memenuhi standar, tetapi juga memiliki keunggulan *kompetitive* yaitu dapat mengatasi isu global barang jadi kret dari lateks alam yang bebas KARSINOGEN dan protein alergen.

Lateks alam iradiasi yang diproduksi dengan menggunakan irradiator lateks  $^{60}\text{Co}$  skala pilot milik P3TIR-BATAN, dapat digunakan untuk produksi barang jadi karet skala pabrik dengan kualitas tidak saja memenuhi standar pemakaian, tetapi juga bebas Nitrosamin (penyebab kanker) dan protein alergen (penyebab alergi) yang diharapkan mampu menembus pasar internasional.

Prediksi potensi pengguna lateks alam iradiasi dalam negeri saat ini diperkirakan 1.000 ton/thn dan pasar internasional sekitar 1,7 juta ton/thn.

Bila menggunakan MBE 250keV, 10mA seharga 400.000 US\$ yang dpat memproduksi lateks alam iradiasi 1000 ton/thn, dengan modal infestasi dan modal kerja sekitar 1.442.000 US\$, serta harga jual lateks alam radiasi sekitar 2 US\$, maka akan diperoleh nilai IRR (internal rate return) 50,5% dan PBP (pay back periode) 1,1 tahun.