

RISALAH PERTEMUAN ILMIAH
PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI
1996/1997
 Jakarta, 18 - 19 Februari 1997

Pertastakan Nasional : Katalog Dalam Terbitan (KDT)

PERTEMUAN ILMIAH PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI (1996 : JAKARTA), Risalah pertemuan ilmiah penelitian dan pengembangan aplikasi isotop dan radiasi, Jakarta, 18 - 19 Februari 1997. Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Atom Nasional.

BUKU 1

PROSES RADIASI DAN GEOHIDROLOGI

ISBN 979-95790-0-2 (no. jil. lengkap)
 ISBN 979-95790-1-3 (jil. 1)
 ISBN 979-95790-2-1 (jil. 2)
 ISBN 979-95790-3-x (jil. 3)

Isotop - Kongres I. Judul II. Munsizir

241.388

BADAN TENAGA ATOM NASIONAL
PUSAT APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI

JL. CINERE PASAR JUMAT KOTAK POS 7002 JKSKL JAKARTA 12070, INDONESIA
 TEL. 7690709 - KAWAT/CABLE: JUMATOM - TELEX 47113 CAIRCA IA FAX. 7691607

Penyunting : KPTP PAIR

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| 1. Ir. Munsiah Maha | Ketua merangkap Anggota |
| 2. Ir. F. Sundardi | Wakil Ketua merangkap Anggota |
| 3. Dr. Ir. Moch. Ismachin | Anggota |
| 4. Ir. Elsie L. Sisworo, MS | Anggota |
| 5. Ir. Wandowo | Anggota |
| 6. Drs. Made Sumatra, MS | Anggota |
| 7. Dr. Ir. Mugiono | Anggota |
| 8. Dr. Yanti Sabarinah Soebiyanto | Anggota |
| 9. Dra. C. Hendratno | Anggota |

Perpustakaan Nasional : Katalog Dalam Terbitan (KDT)

PERTEMUAN ILMIAH PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI (1996 : JAKARTA), Risalah pertemuan ilmiah penelitian dan pengembangan aplikasi isotop dan radiasi, Jakarta, 18 - 19 Februari 1997 / Penyunting, Munsiah Maha (et al.) -- Jakarta : Badan Tenaga Atom Nasional, Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, 1997.
3 jil. ; 30 cm

- Isi Jil. 1. Proses radiasi dan geohidrologi
2. Pertanian
3. Peternakan, Biologi, dan Kimia

ISBN 979-95390-0-5 (no. jil. lengkap)

ISBN 979-95390-1-3 (jil. 1)

ISBN 979-95390-2-1 (jil. 2)

ISBN 979-95390-3-x (jil. 3)

1. Isotop - Kongres I. Judul II. Maha, Munsiah

541.388

Alamat : Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi

Jl. Cinere Pasar Jumat

Kotak Pos 7002 JKSKL

Jakarta 12070

PENGANTAR

Sebagaimana pertemuan ilmiah sebelumnya, Pertemuan Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi (APISORA) ke-9 yang diselenggarakan oleh Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Atom Nasional pada tanggal 18 - 19 Februari 1997 bertujuan untuk menyebarluaskan informasi dan hasil penelitian yang berkaitan dengan aplikasi teknik nuklir dalam bidang Proses Radiasi, Geohidrologi, Pertanian, Peternakan, Biologi, dan Kimia. Dengan demikian, ilmu pengetahuan dan teknologi yang telah dikembangkan dalam bidang ini dapat diketahui dan dimanfaatkan oleh pihak-pihak terkait untuk kepentingan masyarakat pada umumnya.

Pertemuan ilmiah kali ini dihadiri oleh 148 orang peserta yang terdiri dari para ilmuwan, dan peneliti, serta wakil-wakil dari berbagai instansi pemerintah, BUMN, dan swasta.

Dalam pertemuan ilmiah ini dibahas dua makalah utama yang dibawakan oleh pejabat senior, yaitu tentang Peluang dan tantangan bioteknologi tanaman nasional menjelang abad 21, dan Upaya pengamanan bendungan dengan kemungkinan aplikasi teknologi isotop. Selanjutnya, dibahas sebanyak 65 makalah hasil penelitian yang dibagi dalam tiga kelompok dan dipresentasikan secara paralel.

Penerbitan risalah pertemuan ilmiah ini diharapkan dapat menambah sumber informasi dan ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan teknik nuklir bagi pihak yang membutuhkan untuk menunjang keberhasilan pembangunan di masa mendatang.

Penyunting,

4x

DAFTAR ISI

Pengantar i

Daftar Isi iii

Laporan Ketua Panitia Pertemuan Ilmiah v

Sambutan Direktur Jenderal Badan Tenaga Atom Nasional vii

MAKALAH UNDANGAN

Peluang dan tantangan bioteknologi tanaman Nasional menjelang abad 21
G.A. WATTIMENA 1

Upaya pengamanan bendungan dengan kemungkinan aplikasi teknologi isotop
A. HAFIED A. GANY 15

MAKALAH PESERTA

Status dan prospek Litbang proses radiasi di PAIR-BATAN
RAHAYUNINGSIH CHOSDU 19

Sifat fisik dan mekanik campuran akrilat-vinil eter yang diiradiasi berkas elektron
SUGIARTO DANU dan TAKASHI SASAKI 23

Kopolimerisasi tempel monomer N-butyl akrilat dan metil metakrilat pada kulit kras sapi dengan radiasi berkas elektron
KADARIJAH, MADE SUMARTI, MARGA UTAMA, dan DWI WAHINI 33

Pengaruh radiasi berkas elektron dan antioksidan terhadap sifat fisik film polietilen
ISNI MARLIJANTI, ANIK SUNARNI, MIRZAN T. RAZZAK, dan GATOT T.M.R. 39

Sifat fisik dan mekanik film kopolimer karet alam stirena iradiasi setelah didaur ulang
MARSONGKO dan MARGA UTAMA 45

Kadar sisa NBA dalam lateks karet alam vulkanisasi radiasi
HERWINARNI SOEKARNO 53

Studi pembuatan karet remah dari lateks alam iradiasi dan kopolimernya secara kimia
MARGA UTAMA, SITI BUNDARI, dan H. SOESARSONO WIJANDI 63

Pengaruh radiasi berkas elektron terhadap sifat fisika campuran LDPE-karet alam
SUDRADJAT ISKANDAR, FUMIO YOSHII, dan KEIZO MAKUUCHI 71

Evaluasi lateks alam iradiasi untuk produksi kondom skala pabrik
YANTI S. SABARINAH, MARGA UTAMA, dan SASTRAVIQAYA 85

Kemungkinan pemakaian kopolimer lateks karet alam stiren untuk sarung tangan listrik
MADE SUMARTI, MARGA UTAMA dan SRI SUSILAWATI 91

Pengaruh kadar monomer dan ekstender dalam kopolimerisasi lateks karet alam stirene terhadap keteguhan rekat kayu lapis tusam (*Pinus merkusit*)
ADI SANTOSO dan MARGA UTAMA 97

Pelapisan permukaan kayu jeungjing (*Paraserianthes falcaria* (L) Nielsen) menggunakan resin akrilat dengan radiasi ultra violet
GATOT SUHARIYONO, SUGIARTO DANU, DARSONO, DAN MONDJO 101

Pelapisan permukaan kayu meranti (<i>Parashorea Spp</i>) dengan resin uretan akrilat secara radiasi DARSONO, ŠUGIARTO DANU, dan ANIK SUNARNI	111
Problema dalam introduksi teknologi lateks alam vulkanisasi radiasi (LAVR) sebagai teknologi tepat guna untuk masyarakat golongan ekonomi lemah WIWIK SOFIARTI	117
Pengekangan obat dalam matriks hidrogel PVA-ko-NIPAAM hasil iradiasi ERIZAL, HASAN R., SILVIA S., dan RAHAYU C.	121
Sintesa etilen diamin tetra metil fosfanat sebagai ligan untuk radionuklida M. YANIS MUSDJA, SRI HASTINI, dan PUJI WIDAWATI	129
Pengaruh iradiasi gamma dan jenis pengemas pada mutu dan masa simpan bakpia dan dodol RINDY P. TANDINDARTO, dan ROSALINA SINAGA	137
Status teknologi isotop dalam bidang Industri, Hidrologi, dan Sedimentologi di Indonesia WANDOWO	147
Metode ekstraksi gas karbon dioksida dari senyawa sulfat untuk pengukuran rasio isotop oksigen EVARISTA RISTIN P.I., ZAINAL ABIDIN, dan DJIONO	153
Studi komparasi kandungan isotop alam pada presipitasi meteorik untuk recharge air tanah di beberapa wilayah Indonesia DJIONO, ZAINAL ABIDIN, dan ALIP	157
Inventarisasi komposisi isotop alam air tanah di daerah karst Wonosari dan sekitarnya WIBAGYO, WANDOWO, dan INDROJONO	163
Teknik radiopenurut untuk mempelajari karakteristik air tanah dangkal di PPTA Pasar Jumat SYAFALNI, SATRIO, INDROJONO, dan DARMAN	171
.....	175
.....	177
.....	179
.....	181
.....	183
.....	185
.....	187
.....	189
.....	191
.....	193
.....	195
.....	197
.....	199
.....	201

EVALUASI LATEKS ALAM IRADIASI UNTUK PRODUKSI KONDOM SKALA PABRIK

Yanti S. Sabarinah*, Marga Utama*, dan Sastravijaya**

* Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN

** PT. Mitra Banjaran

ABSTRAK

EVALUASI LATEKS ALAM IRADIASI UNTUK PRODUKSI KONDOM SKALA PABRIK.

Dalam rangka mengaplikasikan lateks alam iradiasi yang telah diproduksi secara skala pilot, PAIR-BATAN telah bekerja sama dengan salah satu produsen kondom dalam negeri, PT. Mitra Banjaran. Dari pengalaman produksi skala pabrik yang pertama, terlihat bahwa lateks iradiasi ini dapat digunakan untuk membuat kondom tanpa banyak perubahan pada teknik produksi yang dimilikinya. Kegagalan yang dihadapi pada saat itu adalah kelengketan kondom satu terhadap yang lain. Melihat potensi lateks iradiasi sebagai pengganti lateks vulkanisasi belerang, perlu dipelajari lebih lanjut faktor-faktor yang berkaitan, misalnya spesifikasi lateks pekat yang dapat diiradiasi dan cocok untuk pembuatan kondom, dan karakteristik lateks iradiasinya. Kelengketan antarkondom adalah fenomena yang tidak terjadi pada produksi kondom skala laboratorium, terjadi pada uji produksi pertama. Penyebab kelengketan dan usaha untuk memperbaikinya telah selesai diupayakan dengan pencucian dalam media yang dapat menetralkan gugus karboksilat pada permukaan sebagai akibat dari oksidasi selama proses pembuatannya.

ABSTRACT

EVALUATION OF RADIATION VULCANIZED NR LATEX FOR INDUSTRIAL SCALE CONDOM PRODUCTION.

In order to realize the application of RVNRL in the condom production, PAIR-BATAN has established a joint research with a national condom industry, PT. Mitra Banjaran. The first production trial has proven that RVNRL is applicable for condom production without major modification of the production line. Tackiness of the condoms which did not happen during the laboratory scale production, was the failure at that time. The possibility of RVNRL to substitute sulfur vulcanized NR Latex (SVNRL) has pushed the team to find out deeper the related factors, such as the specification of the concentrated latex, irradiation condition, and the RVNRL characters. The reasons of tackiness after drying and the method to overcome it have been settled. Oxidation of the condom's surface takes place during the process, and induces the formation of carboxylic function groups which causes tackiness through the formation of hydrogen bonds. Washing the condoms' surface by a solution of cationic soap or calcium nitrate solution will neutralize the surface and retard the tackiness after drying.

PENDAHULUAN

Penelitian mengenai lateks iradiasi (*Radiation Vulcanized Natural Rubber Latex, RVNRL*) telah dimulai lebih dari 20 tahun yang lalu di PAIR, bermula dari skala laboratorium. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh pada tahap awal, iradiasi lateks alam dalam skala semi pilot dimulai pada awal tahun 1980. Pada tahap semi pilot ini dipelajari pengaruh faktor-faktor mekanik terhadap kestabilan lateks. Hal ini dilakukan untuk persiapan skala pilot, jika diperlukan pada saatnya.

Dari hasil yang diperoleh dalam kurun waktu penelitian sekitar 10 tahun, PAIR telah ditunjuk oleh IAEA sebagai pionir produksi lateks iradiasi berskala pilot. Sebuah iradiator lateks (IRKA) beraktivitas 215 kCi ^{60}Co mulai dioperasikan pada tahun 1983 setelah mulai dipasang setahun sebelumnya. Dengan dimilikinya iradiator lateks ini, PAIR menjadi pusat pelatihan teknologi RVNRL yang pertama untuk negara-negara anggota RCA/UNDP (*Regional Cooperation Agreement/UNDP*). Selain diikuti

oleh peserta dari negara-negara Asia, pelatihan ini juga terbuka bagi lembaga penelitian lain dan industri di dalam negeri.

Disamping usaha untuk memperbaiki teknik iradiasi dan inovasi lateks iradiasi, dilakukan juga pengenalan teknologinya kepada masyarakat dan industri barang karet. Banyak penyempurnaan telah dilakukan agar lateks iradiasi dapat dimanfaatkan seluas mungkin. Jika pada tahap awal senyawa karbon tetraklorida (CCl_4) dipakai sebagai bahan pemeka (*sensitizer*) untuk menekan dosis iradiasi, maka sejak tahun 1993 PAIR hanya menggunakan monomer n-butylakrilat (n-BA) sebagai satu-satunya bahan pemeka sampai saat ini. Sebelum beralih pada zat pemeka tunggal n-BA, telah dipakai bahan pemeka berupa campuran n-BA/ CCl_4 . Pemakaian CCl_4 berusaha dikurangi ataupun dihapus, karena residunya yang mungkin tertinggal di dalam lateks, maupun bahaya gas Cl_2 yang mungkin terbentuk akibat radiasi.

Lateks alam iradiasi adalah bahan siap pakai untuk barang celup karena sudah merupakan lateks pra-

vulkanisasi. Pemakaian lateks ini sangat disarankan, terutama untuk memproduksi alat-alat kesehatan yang langsung bersinggungan dengan makhluk hidup. Hal ini disebabkan karena proses vulkanisasinya tidak memakai bahan kimia yang biasa dipakai pada vulkanisasi belerang, dan dapat dilakukan pada suhu kamar. Namun demikian, dibalik semua keunggulan tersebut, aplikasi lateks tersebut di dalam industri (terutama) besar banyak menghadapi kendala, karena memerlukan teknologi proses yang baru. Sebaliknya, lateks iradiasi sangat menolong industri kecil dan rumah tangga, karena lebih ekonomis.

Salah satu contoh aplikasi lateks iradiasi yang sudah sampai pada skala industri besar adalah dalam industri pembuatan kondom. PT. Mitra Banjaran sebagai salah satu produsen kondom menunjukkan minatnya untuk aplikasi dalam rangka mengantisipasi proses bersih lingkungan dan produk bebas zat kimia karsinogenik untuk kualitas ekspor. Kerjasama PAIR- PT. Mitra Banjaran telah dimulai sejak tahun 1985. Produksi kondom pertama kali dilakukan pada saat peresmian pabrik, dan hasilnya adalah 100% mengalami kelengketan setelah pencucian meskipun hal ini tidak terjadi pada produksi kondom skala laboratorium. Kegagalan ini membuat peneliti-peneliti di PAIR untuk menekuni kembali penelitian skala laboratorium guna mencari sebab-sebab kelengketan dan cara mengatasinya.

Pada awal tahun 1995 kedua pihak secara resmi menandatangani "Memorandum of Understanding" (MOU) untuk melakukan penelitian bersama dalam rangka mewujudkan aplikasi lateks iradiasi untuk produksi kondom. Makalah ini akan memuat sebagian hasil penelitian 1995-1996.

PEMANTAPAN METODE

Sebagai tahap awal kerja sama tersebut dilakukan perbandingan hasil pengukuran sifat lateks dan film karetinya oleh kedua pihak. Iradiasi dilakukan oleh PAIR dengan prosedur yang sudah dibakukan. Lateks pekat berammonia tinggi (*high ammonia*, HA) ditambah dengan 2 psk perseratus berat karet) n-butilakrilat (n-BA) sehingga mencapai kadar jumlah padatan (*Total Solid Content*, TSC) 59%. Dosis iradiasi yang dipakai adalah 30 kGy. Analisis lateks maupun pengujian sifat mekanik film karet dilakukan dengan standar pengujian yang sama.

Tabel 1 menunjukkan sifat-sifat lateks pekat dan lateks iradiasi. Data yang tidak diisi berarti tidak diukur. Penurunan TSC, DRC, kadar NH₃ dan viskositas adalah akibat terjadinya pengenceran oleh emulsi pemeka.

Nilai VFA meningkat setelah iradiasi, diduga karena terbentuknya asam lemak eteris hasil destruksi protein pelindung partikel karet oleh radiasi. Peningkatan MST adalah karena penambahan emulsifier yang berupa sabun anion, dan terjadinya pengikatan silang di dalam masing-masing molekul karet sehingga molekul-molekul tersebut tidak cepat melekat satu sama lain jika diagitasi dengan kecepatan tinggi.

Hasil pengukuran TSC, kadar NH₃, dan VFA oleh kedua pihak tidak berbeda, karena dilakukan secara manual

(penimbangan dan titrasi asam-basa). Hasil pengukuran viskositas dan MST sangat berbeda. Perbedaan nilai viskositas disebabkan oleh perbedaan alat pengukur yang dipakai. PT. Mitra Banjaran (MB) memakai viskometer Broke Field yang menggunakan volume lateks cukup banyak, sedangkan PAIR menggunakan Viskonic yang memakai volume sangat sedikit. Perbedaan MST diduga karena perbedaan kecepatan putaran rotor yang dipakai.

Tabel 1. Sifat-sifat lateks pekat, lateks iradiasi, dan spesifikasi lateks kondom

Parameter	Lateks pekat	Lateks iradiasi		Spesifikasi lateks kondom
		MB	PAIR	
Kadar Jumlah Padatan, TSC (%)	62,74	59,92	59,81	> 61,5
Kadar Karet Kering, DRC* (%)	61,33	58,34		60,5
TSC-DRC (%)	1,41	1,58		1,3-1,5
NH ₃ (%)	1,54	1,0	1,01	1,0-2,0
VFA**	0,0237	0,0351	0,0341	< 0,02
Kestabilan Mekanik, MST*** (det)	444	900	1800	1500-1800
Kadar Mg (ppm)	8,4			5,0
Viskositas (cp)	160	123,4	33,74	< 120

Lateks pekat (HA) dari PTP X Prabumulih, Sumatra Selatan
 * Dry Rubber Content
 ** Volatile Fatty Acid
 *** Mechanical Stability Time

Meskipun ada perbedaan hasil pengukuran, hasilnya menunjukkan bahwa lateks iradiasi masih memenuhi spesifikasi lateks kondom, kecuali kadar Mg dan VFA-nya yang terlalu tinggi. Kandungan Mg lateks kebun bergantung pada "clone" pohon, dan tidak akan dipengaruhi oleh radiasi. Lateks kebun yang mengandung Mg terlalu tinggi harus diendapkan dulu dengan menambahkan garam ammoniumfosfat sebelum proses pemusingan (sentrifugasi).

Pengaruh waktu terhadap kestabilan lateks juga diuji untuk mengantisipasi perbedaan waktu pengujian oleh kedua pihak. Dalam hal ini lateks disimpan sampai dengan 6 minggu, dan analisis dilakukan setiap minggu. Hasil pengujiannya tertera dalam Tabel 2.

Sekitar 3 minggu pertama telah terjadi sedikit peningkatan viskositas, yang diduga karena pembentukan asam lemak eteris. Kenaikan ini tidak berlanjut di atas 4 minggu sampai 6 minggu dalam penelitian ini. Hasil pengukuran tegangan putus (Tb) oleh PT. Mitra Banjaran agak berfluktuasi, tetapi cenderung menunjukkan penurunan dengan waktu. Penurunan sangat nyata setelah minggu ke-5. Pengukuran oleh PAIR juga menunjukkan tendensi yang sama, meskipun dengan nilai yang jauh lebih rendah.

Tabel 2. Viskositas lateks iradiasi dan sifat mekanik kondom basah

Waktu (minggu)	Tempat pengujian	Viskositas (cp)	Perpanjangan Putus, Eb (%)	Tegangan putus, Tb (Mpa)
1	A	123,4	631	0,79
	B	33,7	765	0,20
2	A	126,0	581	0,71
	B	33,2	756	0,18
3	A	134,0	538	0,65
	B	37,0	785	0,21
4	A	132,0	556	0,78
	B	37,9	631	0,16
5	A	131,0	556	0,72
	B	40,0	696	0,16
6	A	133,0	488	0,59
	B	39,6	700	0,10

A : PT. Mitra Banjaran
B : PAIR

Pada penelitian ini dipakai prosedur dan juga standar yang sama, tetapi peralatan yang dipakai berbeda. Itulah sebabnya terjadi perbedaan hasil pengukuran. Data ini juga menyarankan, bila akan dilakukan perbandingan maka sebaiknya analisis dilakukan pada saat yang bersamaan. Perbedaan nilai Eb sangat mungkin disebabkan oleh perbedaan pengukuran panjang film pada saat putus.

STANDARISASI LATEKS IRADIASI UNTUK PEMBUATAN KONDOM

Kualitas Lateks Pekat dan Kestabilan Lateks Iradiasi. Tiga jenis lateks pekat telah digunakan, yaitu lateks produksi PTP X (Prabumulih, Sumatra Selatan), PTP XI (Pasir Waringin), dan PTP XII (Jalumpang) yang keduanya terletak di Jawa Barat. Spesifikasi Lateks-lateks tersebut tertera dalam Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi lateks pekat (HA) yang dipakai

Parameter	PTP X	PTP XI	PTP XII
TSC (%)	62,74	62,03	61,88
DRC (%)	61,33	60,65	60,66
TSC - DRC (%)	1,42	1,38	1,22
Viskositas (cp)	160	125	127
VFA	0,0237	0,0200	0,0192
NH ₃ (%)	1,54	1,59	1,67
MST (det)	444	1200	1620
Mg (ppm)	8,4	6,2	3,2

HA: High Ammonia

Sebagai persyaratan PT. Mitra Banjaran memberikan batasan VFA dibawah 0,02 untuk mencegah terjadinya "pinhole" pada kondom. Timbulnya "pinhole" diduga karena terjadinya penguapan asam lemak eteris pada saat pengeringan kondom dalam siklus pencelupannya, dan pengendapan Mg oleh asam lemak eteris yang ada di dalam lateks. Endapan ini akan menjadi pengotor pada proses pencelupan, sehingga mengakibatkan terjadinya flokulasi yang mungkin akan melekat pada cetakan. Pada saat pengupasan kondom dari cetakannya akan terjadilah "pinhole".

Asam lemak eteris (VFA) terbentuk karena aktivitas mikroba yang sudah ada di dalam lateks ketika penyadapan. Diduga mikroba ini akan tumbuh subur di dalam media yang mengandung kadar Mg tinggi. Telah disebutkan di atas, bahwa nilai VFA lateks akan meningkat akibat radiasi, jadi sebaiknya dipakai lateks pekat yang mempunyai VFA serendah mungkin. Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa kenaikan VFA sudah terlihat sejak penambahan emulsi.

Tabel 4. Perubahan nilai VFA*

Jenis lateks	Penyimpanan	VFA
Lateks pekat		0,0192
Lateks pekat beremulsi ** (sebelum iradiasi)		0,0345
Lateks iradiasi (35 kGy)	1 minggu	0,0353
	4 minggu	0,0437
	8 minggu	0,0410

* Lateks dari PTP XII
** TSC = 53%

Terlihat bahwa peningkatan VFA oleh penambahan emulsi adalah lebih dominan dibanding kenaikan akibat radiasi dan penyimpanan. Data ini mungkin dapat menunjang hasil pengukuran viskositas, bahwa viskositas mengalami kenaikan sampai minggu ke-3 - 4 setelah iradiasi, tetapi setelah itu tidak berlanjut (lihat Tabel 2). Jadi, memang kenaikan viskositas lateks mungkin disebabkan oleh pembentukan asam lemak eteris.

Analisis kimia ketiga lateks iradiasi tidak menunjukkan perubahan yang berarti sampai penyimpanan 8 minggu. Tegangan putus (Tb) kondom kering lebih tinggi daripada dalam keadaan basah, karena dalam keadaan kering partikel-partikel karet berhubungan lebih dekat tanpa perantara molekul air. Nilainya sedikit meningkat setelah lateks disimpan sekitar 2 minggu, tetapi kenaikan ini tidak berlanjut pada penyimpanan lebih lama. Jika diperhatikan, hal ini ada juga hubungannya dengan peningkatan VFA dan peningkatan viskositas. Pada awal penyimpanan terjadi kenaikan VFA dan viskositas akibat

degradasi radiasi protein pelindung partikel karet. Hilangnya protein pelindung tersebut dapat meningkatkan kohesi antarpartikel karet, sehingga lateks mengalami peningkatan viskositas dan kekuatan tarik film karet yang pun meningkat.

Beberapa hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa film karet lateks iradiasi akan lebih tinggi jika tegangan putus awal (*green strength*)nya bernilai tinggi. Tegangan putus awal akan meningkat dengan waktu. Hal ini juga karena terjadinya peningkatan kohesi antarpartikel karet akibat degradasi protein pelindung oleh mikroba di dalam lateks.

Optimasi Kadar Bahan Pemeka dan Dosis Iradiasi. Formulasi emulsi bahan pemeka yang dipakai pada kerja sama ini adalah formulasi yang sudah dipakai selama ini untuk mengiradiasi lateks guna keperluan lain, seperti sarung tangan dan bahan dasar adhesif, yaitu 2 psk n-BA, emulsifier, dan air. Dosis iradiasi 35 kGy dipakai untuk mendapatkan tegangan putus maksimum. Karakteristik kondom yang dibuat dari lateks iradiasi ini memenuhi standar, sehingga layak untuk dipakai sebagai pengganti lateks vulkanisasi belerang (*Sulfur Vulcanized NR Latex, SVNRL*) (Tabel 5).

Tabel 5. Spesifikasi dan sifat mekanik kondom

	RVNRL	SVNRL	ISO 4074 (1992)	
Spesifikasi : tebal (mm)	0,066	0,061	0,045 - 0,075	
Sifat mekanik :	M300% (MPa)	1,01	1,64	
	M600% (MPa)	2,42	5,68	
	Tb (MPa)	22,06	30,59	min 17,0
	Eb (MPa)	970	840	min 700
	Brusting vol (liter)	42	35	min 13 (tergantung diameter)
Warna :	putih susu	putih susu		

Sumber: Sundardi dkk. (1)

Dibandingkan dengan kondom dari SVNRL, kondom dari lateks iradiasi agak lebih tipis dan mempunyai modulus yang jauh lebih rendah. Itulah sebabnya "*brusting volume*", yaitu volume udara yang dapat dimuat sampai kondom pecah adalah jauh lebih tinggi. Jadi, kondom tersebut mudah mengembang, tetapi posisinya tidak naik keatas tegak lurus seperti kondom SVNRL. Rendahnya nilai modulus dan miringnya posisi ketika ditiup menunjukkan sedikitnya pengikatan silang yang terbentuk. Diharapkan peningkatan jumlah ikatan silang akan meningkatkan pula tegangan putusnya, sehingga dapat mencapai nilai yang jauh lebih tinggi dari batas minimum standarnya (17 MPa). Untuk mencapai peningkatan tersebut dilakukan peningkatan dosis iradiasi dan kadar n-BA dalam emulsi bahan pemeka, dan hasilnya tertera dalam Tabel 6.

Dari Tabel 6 dapat dilihat bahwa kenaikan dosis iradiasi tidak berpengaruh nyata terhadap peningkatan jumlah ikatan silang dan Tb. Meningkatkan kadar n-BA

Tabel 6. Kerapatan ikatan silang dan tegangan putus kondom kering

n-BA (psk)	Parameter	Dosis iradiasi kGy)		
		35	40	45
2	Kerapatan ik.silang ($\times 10^{19}$)	1,678	1,758	1,765
	Tb (MPa)	21,0	20,5	22,5
3	Kerapatan ik.silang ($\times 10^{19}$)	1,930	1,998	2,030
	Tb (MPa)	19,6	20,9	19,9
5	Kerapatan ik.silang ($\times 10^{19}$)	2,305	2,350	2,380
	Tb (MPa)	14,4	14,9	13,3

dalam bahan pemeka akan meningkatkan jumlah ikatan silang, tetapi menurunkan tegangan putus. Dengan demikian formulasi emulsi dan dosis iradiasi yang dipakai selama ini akan diterapkan untuk iradiasi lateks kondom, yaitu 2 psk n-BA dan dosis 35 kGy.

KARAKTERISASI LATEKS IRADIASI DAN PRODUK KONDOMNYA

Residu bahan Pemeka (n-BA). n-Butilakrilat adalah salah satu diluen yang banyak dipakai untuk pengencer oligomer pada pelapisan permukaan kayu. Monomer ini mempunyai derajat toksisitas yang tidak tinggi, tetapi dalam jumlah yang banyak dapat menimbulkan iritasi pada mata. Pada vulkanisasi radiasi monomer ini dipakai juga karena reaktivitasnya yang tinggi ($G(\text{radikal}) = 12 - 17$, untuk karet hanya 0,5).

Residu bahan pemeka tidak terdeteksi jika 2 psk n-BA dipakai pada dosis 35 kGy, apa lagi setelah penyimpanan beberapa minggu. Dengan demikian boleh dikatakan bahwa lateks iradiasi adalah bebas residu n-BA (2). WANG dkk. melaporkan bahwa jumlah n-BA maksimum yang dapat berpenetrasi ke dalam lateks (kadar n-BA yang dipakai 5 psk) adalah sekitar 3 psk (3). Jadi, 2 psk n-BA yang ditambahkan dalam sistem di PAIR diperkirakan semuanya telah dapat berpenetrasi ke dalam partikel karet selama pencampuran sambil diaduk (1-2 jam). Tabel 6 menunjukkan bahwa kadar n-BA yang terlalu tinggi akan menurunkan tegangan putus kondom. Selain itu, peningkatan viskositas atau bahkan penggumpalan mungkin akan terjadi sebelum iradiasi, karena peningkatan VFA seperti dijelaskan di atas. Pada kadar n-BA di atas 2 psk peningkatan viskositas terjadi setelah iradiasi. Peningkatan viskositas ini disebabkan oleh pembentukan poli(n-BA) dari sisa n-BA yang tidak masuk ke dalam partikel karet.

Vulkanisasi radiasi tidak menggunakan bahan pencepat dan zat kimia lain seperti pada vulkanisasi belerang, sehingga tidak akan terbentuk senyawa-senyawa toksis seperti nitrosamin. Dengan tidak adanya residu bahan pemeka (n-BA) dan tidak terbentuknya nitrosamin dalam lateks iradiasi, akan menjamin kelayakan lateks

iradiasi sebagai bahan yang aman untuk lingkungan dan pembuatan alat-alat kesehatan.

Diameter Partikel Karet. Pengukuran diameter partikel karet dilakukan secara visual dengan alat SEM (*Scanning Electron Microscope*). Ternyata ukuran partikel karet alam tergantung pada nilai VFA-nya. Makin tinggi nilai VFA, makin besar ukuran rata-rata partikel karet. Lateks pekat dengan nilai VFA 0,0132 mempunyai ukuran rata-rata 0,66 μm , nilai VFA 0,0339 mempunyai ukuran rata-rata 0,92 μm . Untuk lateks iradiasi distribusi ukuran partikelnya menjadi lebih besar, dan rata-ratanya sekitar 0,75 μm . Ukuran ini agak lebih besar dibanding ukuran partikel karet vulkanisasi radiasi belerang (0,65 μm). Pada karet vulkanisasi belerang, partikelnya nampak dikelilingi oleh surfaktan. Mungkin lapisan tersebut adalah bahan-bahan yang dipakai pada proses vulkanisasi (4).

Kelengketan. Pada percobaan skala pabrik yang pertama kali, sebagian besar kondom melengket satu sama lain (*tack*) setelah dikeringkan dari pencucian. Pelengketan ini tidak terjadi pada pembuatan kondom skala laboratorium di PAIR dan film karet yang dibuat secara tuang (*casting*).

Tebal kondom adalah dibawah 0,1 mm. Selama proses pengeringannya dalam rantai pencelupan, kondom mengalami pemanasan di dalam media udara pada suhu yang agak tinggi (sekitar 90°C). Pada kondisi pengeringan ini terjadi reaksi oksidasi yang menghasilkan gugus-gugus karboksilat. Jika kondomnya agak lebih tebal (> 0,1 mm), oksidasinya akan lebih sedikit (karena difusi O₂ ke dalam film tebal lebih sedikit). Untuk film tuang yang tebalnya kira-kira 0,5 - 0,6 mm oksidasi ini sangat kurang.

Mekanisme pelengketan antarpermukaan setelah film dikeluarkan dari air adalah melalui pembentukan ikatan hidrogen antargugus karboksilat tersebut. Dalam keadaan basah gugus-gugus karboksilat ini dilapisi oleh molekul-molekul air, sehingga tidak terjadi pelengketan. Fenomena pelengketan tidak terjadi pada skala laboratorium karena perbedaan proses pengeringannya. Pada skala laboratorium setelah pencucian terakhir, kondom dipusingkan dengan "spinner" mesin cuci pakaian yang mempunyai kecepatan tidak terlalu tinggi (300-400 rpm), sedangkan di pabrik pemusingan dilakukan dengan "spinner" berkapasitas besar dan kecepatan putaran 14000 rpm. Pada kecepatan yang demikian tinggi, seluruh molekul air di dalam film diperkirakan terbuang habis (dehidrasi), sehingga ikatan hidrogen yang terbentuk seluruhnya antara gugus-gugus karboksilat.

Pelengketan sangat dominan pada kondom lateks iradiasi, tetapi tidak pada kondom lateks belerang. Hal ini menyambung pernyataan di atas bahwa pada vulkanisasi radiasi jumlah pengikatan silang jauh lebih sedikit dibanding vulkanisasi belerang ($3,902 \times 10^{19}$, $T_b = 30$ MPa). Oleh karena masih ada ikatan rangkap maka inilah yang sangat sensitif terhadap oksidasi.

Melihat spesifikasi yang sudah dicapai oleh kondom lateks iradiasi dan kualitas lateksnya, dapat diyakinkan bahwa lateks iradiasi layak dipakai untuk membuat kondom, dengan catatan kelengketannya harus diatasi.

EVALUASI BAHAN ANTILENGKET (*ANTITACK AGENT*)

Di atas telah disebutkan bahwa kelengketan kondom lateks iradiasi terjadi melalui pembentukan ikatan hidrogen antargugus karboksilat pada permukaan film karet. Untuk mengurangi kelengketan tersebut salah satu jalan yang bisa ditempuh adalah menetralkan permukaannya, karena untuk mencegah proses oksidasi tidak cukup hanya dengan menambahkan antioksidan ke dalam lateks setelah iradiasi.

Pada proses pembuatan barang celup, seperti sarung tangan penetralan dilakukan dengan membubuhkan talk ($3\text{MgO}_4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) pada proses pengupasan film dari cetakan (*peeling*). Pada proses pembuatan kondom, pengupasan dilakukan dalam keadaan basah, oleh sebab itu antilengketnya harus berupa cairan. Kegagalan pada percobaan pertama adalah karena pemakaian antilengket yang tidak sesuai. Pada waktu itu digunakan antilengket untuk kondom vulkanisasi belerang. Diduga antilengket tersebut adalah sabun anion, sehingga tidak berhasil menetralkan gugus-gugus karboksilat yang telah terjadi.

Dalam kerja sama ini diseleksi beberapa antilengket yang bersifat kation. Agar sistem pencelupan lateks vulkanisasi belerang yang ada tetap dapat dilaksanakan terhadap lateks iradiasi, uji kelengketan dilakukan dalam keadaan basah pada suhu bervariasi dari 30-70°C, dan dalam keadaan kering. Pencucian tanpa antilengket menyebabkan kelengketan sejak dalam keadaan basah. Syarat yang harus dipenuhi oleh antilengket tersebut adalah larut dalam air pada berbagai suhu (minimum suhu ruang), tidak berbusa, dan tidak bersifat toksis.

Dari hasil uji coba telah terpilih dua macam antilengket yang cocok untuk kondom lateks iradiasi. Tahap selanjutnya dari kerjasama ini adalah uji skala pabrik dan menggunakan kedua antilengket tersebut.

KESIMPULAN

Lateks alam iradiasi dapat dipakai untuk membuat kondom oleh PT. Mitra Banjaran tanpa melakukan banyak perubahan pada alur produksinya. Ketidak sempurnaan pengikatan silang pada lateks iradiasi merupakan penyebab kelengketan kondom yang dibuat dari lateks iradiasi ini. Kelengketan antarkondom ini terjadi karena adanya ikatan hidrogen gugus-gugus karboksilat yang terbentuk akibat oksidasi permukaan kondom selama proses pembuatannya. Hal ini sudah dapat diatasi dengan mencuci kondom dalam larutan yang bersifat kation. Sebagai tindak lanjutnya harus dilakukan upaya meningkatkan pengikatan silang secara kimia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak J. Budiyanto, Pres. Dir. PT. Mitra Banjaran, Ibu N. Hilmy Ph.D yang telah mengizinkan penulisan, team kerja PAIR-BATAN dan PT. Mitra Banjaran atas kerja sama yang baik,

sehingga evaluasi ini dapat berhasil dan terlaksananya penulisan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. SUNDARDI, F., UTAMA, M., ISKANDAR, S., and HERWINARNI, "Progress in radiation vulcanization of natural rubber latex through international cooperation", Proceeding of the International Symposium on Radiation Vulcanization of Natural Rubber Latex, Edited by Machi S., JAERI-M 89-228 (1990) 32.

2. HERWINARNI, "Kadar sisa n-BA dalam lateks karet alam vulkanisasi radiasi", Pertemuan Ilmiah Penelitian dan Pengembangan Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN, Jakarta 1996/1997 (1997).

3. WANG, C., MAKUUCHI, K., and HYAKUTAKE, K., "Reduction of residual n-butylacrylate sensitizer in radiation vulcanization of natural rubber latex", Proceeding of 2nd Symposium on Radiation Vulcanization of Natural Rubber Latex, Kuala Lumpur (1996) 252.

4. HERWINARNI, (1996) Komunikasi pribadi.

DISKUSI

NADA MARNADA

Berdasarkan apa Anda menyatakan, bahwa perbedaan MST Banjaran (900) dan MST PAIR (1800) adalah karena perbedaan alat ukur, padahal besar perbedaan tersebut adalah 100 %.

YANTI S.

Pengukuran ini dilakukan atas dasar "agetation" lateks dengan kecepatan 14.000 rpm, dan pengamatan "visual" pembentukan flokulan lateks di dalam air. Jadi, kesalahan pengamatan (*human error*) dan instrument error akan ada jika alat tersebut tidak di standarkan.

SUDRADJAT ISKANDAR

Anda menyimpulkan, bahwa kemungkinan terjadi kelengketan disebabkan karena rendahnya kadar ikatan silang antarmolekul. Sedangkan berdasarkan pengalaman saya saat menurunkan kelengketan dari 100 % menjadi 10 - 20 % itu ada ikatannya juga dengan metode pengeringan kondom saat dicampur dengan bedak talk. Apakah dalam hal ini ada kaitannya juga dengan kadar fraksi ikatan silang ?

YANTI S.

Talk, dan bahan yang lain menjadi "mantel" untuk partikel-partikel karet (seperti H₂O pada saat direndam air), sehingga tidak terjadi pelengketan. Jadi, tidak ada peningkatan ikatan silang pada pemakain talk.

Z. IRAWATI

1. Zat pemekat berkorelasi positif dengan nilai VFA → (naik); tetapi secara alami lateks pekat VFA nya rendah.

Seandainya statement saya ini benar, apakah sebabnya? (peranan/reaksi bahan ini pemekat).

2. Apakah mungkin ditambahkan antioksidan secukupnya dalam pembuatan kondom radiasi sehingga tidak memberikan efek samping bagi konsumennya (alergi, dsb.).

YANTI S.

1. Zat pemeka adalah emulsi n-BA + air + emulsifier, n-BA bersifat asam.
2. Antioksidan memang ditambahkan, biasanya sebesar 1 % berat karetnya. Pada vulkanisasi radiasi, penambahan dilakukan setelah radiasi, untuk mencegah degradasi antioksidan itu sendiri (jika antisoksidan tersebut terdegradasi akan terjadi perubahan warna, kurang baik dari segi estetika).

GATOT SUHARIYONO

1. Salah satu cara mengurangi kelengketan adalah dengan jalan pakai anti lengket. Apa bahan kimia anti lengket tersebut, dan contoh dipasaran, anti lengket itu apa saja ?
2. Evaluasi lateks alam yang Anda lakukan kebanyakan ialah tentang kelengketan kondom itu sendiri, evaluasi apalagi yang dilakukan terhadap kondom tersebut ?

YANTI S.

1. Anti lengket tersebut sudah ada. Sesuai dengan perjanjian degan pihak PT. Mitra Banjaran untuk tidak dipublikasi sebelum dipatenkan.
2. Sifat mekanik (kekuatan tarik, brusting volume, warna). Kelengketan ditinjau karena itulah yang menjadi problem utama. Sifat fisika lain sudah memenuhi standar ISO.