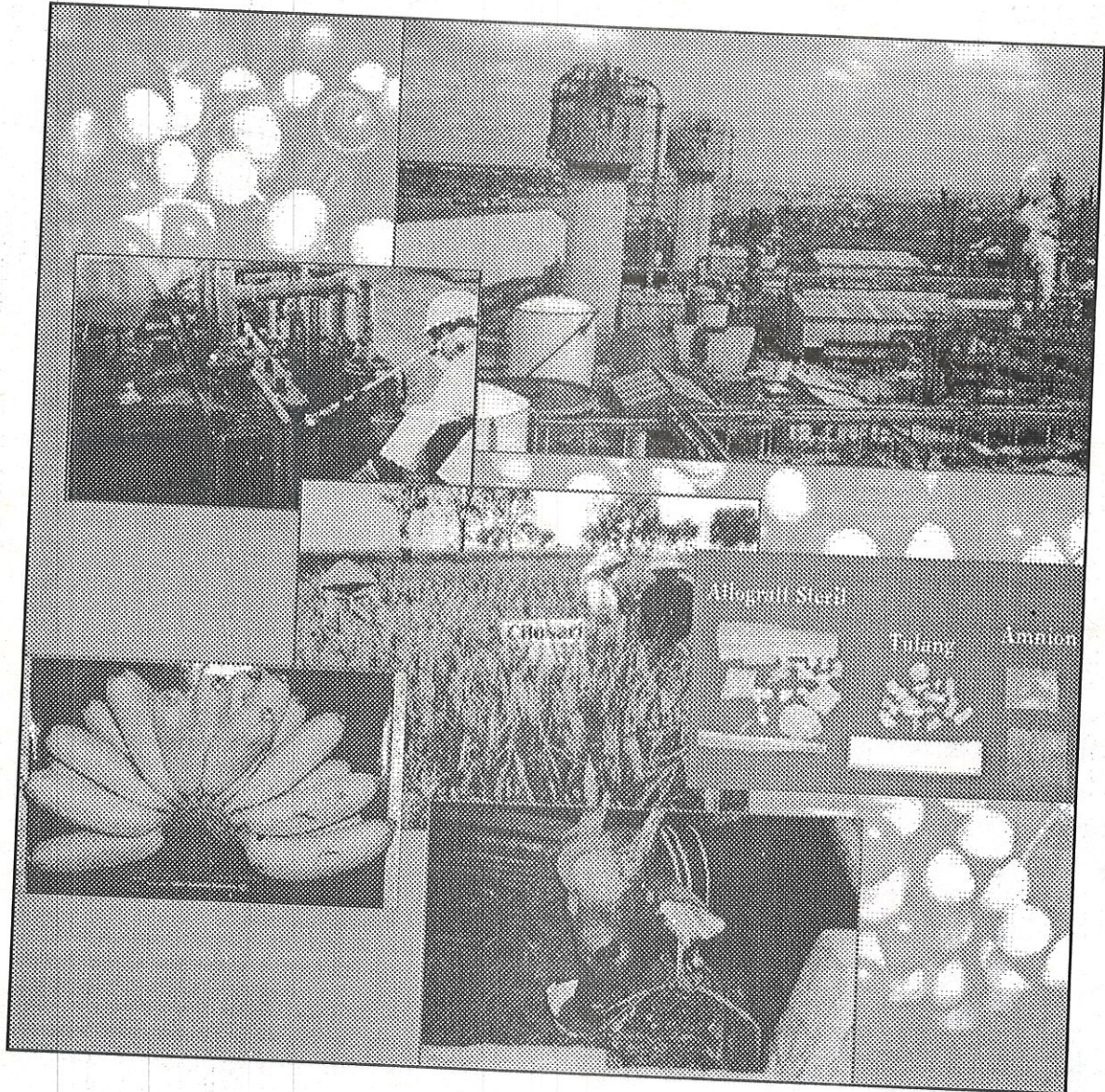


# RISALAH PERTEMUAN ILMIAH PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI



**Industri, Lingkungan, Kesehatan,  
Pertanian dan Peternakan**



**BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL  
PUSLITBANG TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI  
JAKARTA, 2002**



ISBN 979-82708-2-4

RISALAH PERTEMUAN ILMIAH  
RESEPTAN DAN PENGEMBANGAN  
APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI



Industri, Lingkungan, Kesehatan,  
Pertanian dan Peternakan

BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL  
PUSLITBANG TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI  
JAKARTA, 2002



**RISALAH PERTEMUAN ILMIAH  
PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN  
APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI**

**2001**

Jakarta, 6 - 7 Nopember 2001

Industri, Lingkungan, Kesehatan,  
Pertanian dan Peternakan



**BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL  
PUSLITBANG TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI**

RISALAH PERTEMUAN ILMIAH  
PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN  
APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI

2001

Jakarta, 6 - 7 Nopember 2001

Industri, Lingkungan, Kesehatan,  
Pertanian dan Peternakan



BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL  
PUSITBANG TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI



Penyunting :

1. Dra. Nazly Hilmy, Ph.D, APU
2. Dr. Ir. Moch. Ismachin, APU
3. Dr. F. Suhadi, APU
4. Ir. Elsje L. Pattiradjawane, MS, APU
5. Dr. Singgih Sutrisno, APU
6. Marga Utama, B.Sc, APU
7. Ir. Wandowo
8. Dr. Made Sumatra, MS, APU
9. Dr. Mugiono, APU
10. Drs. Edih Suwadji, APU
11. Dr. Sofjan Yatim
12. Dr. Ishak, M.Sc. M.ID, APU
13. Dr. Nelly D. Leswara
14. Dr. Ir. Komaruddin Idris

P3TIR - BATAN  
P3TIR - BATAN  
P3TIR - BATAN  
P3TIR - BATAN  
P3TIR - BATAN  
P3TIR - BATAN  
P3TIR - BATAN  
P3TIR - BATAN  
P3TIR - BATAN  
P3TIR - BATAN  
P3TIR - BATAN  
P3TIR - BATAN  
P3TIR - BATAN  
Universitas Indonesia  
Institut Pertanian Bogor

---

PERTEMUAN ILMIAH PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI (2002 : JAKARTA), Risalah pertemuan ilmiah penelitian dan pengembangan aplikasi isotop dan radiasi, Jakarta, 6 - 7 Nopember 2001 / Penyunting, Nazly Hilmy ... (et al) -- Jakarta : Badan Tenaga Nuklir Nasional, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi, 2002. 1 jil.; 30 cm

Isi jil. 1. Industri, Lingkungan, Kesehatan, Pertanian dan Peternakan

ISBN 979-95709-8-0

I. Isotop - Seminar I. Judul II. Nazly Hilmy

---

541.388

Alamat : Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi  
Jl. Cinere Pasar Jumat  
Kotak Pos 7002 JKSKL  
Jakarta 12070  
Telp. : 021-7690709  
Fax. : 021-7691607; 7513270  
E-mail : p3tir@batan.go.id; sroji@batan.go.id  
Home page : <http://www.batan.go.id/p3tir>



## DAFTAR ISI

Pengantar .....	i
Daftar Isi .....	iii
Laporan Ketua Panitia Pertemuan Ilmiah .....	vii
Sambutan Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional .....	ix
<b>MAKALAH UNDANGAN</b>	
Strategi Pengembangan Sumber Daya Manusia untuk Pemberdayaan Usaha Kecil Menengah PROF. Dr. ERIYATNO (Deputi SDM - BPSD KUKM) .....	1
Role of Isotopes and Radiation for Industrial Development and Advance Materials Dr. TADAO SEGUCHI (TRCRE, JAERI) .....	5
Strategi Pengembangan Industri Nasional Memasuki Abad Ke-21 Dirjen Industrial Kimia, Agro dan Hutan Industri .....	9
<b>MAKALAH PESERTA</b>	
Penyelidikan tingkat kebocoran bendungan Jatiluhur dengan pendekatan isotop alam dan hidro-kimia PASTON SIDAURUK, INDROJONO, DJONO, EVA RISTA RISTIN, SATRIO, dan ALIP .....	25
Penyelidikan daerah imbuhan air tanah Bekasi dengan teknik hidroisotop SYAFALNI, M. SRI SAENI, SATRIO, dan DJIJONO .....	33
Indikasi erosi di daerah perkebunan teh - gunung mas - Puncak - Jawa Barat menggunakan isotop alam $^{137}\text{Cs}$ NITA SUHARTINI, BAROKAH ALIYANTA, dan ALI ARMAN LUBIS .....	43
Penentuan konsentrasi $^{226}\text{Ra}$ dalam air minum dan perkiraan dosis interna dari beberapa lokasi di Jawa dan Sumatera SUTARMAN, MARZAINI NAREH, TUTIK INDIYATI, dan MASRUR .....	49
Daerah resapan air tanah cekungan Jakarta WANDOWO, ZAINAL ABIDIN, ALIP, dan DJIJONO .....	57
Radioaktivitas lingkungan pantai Makassar : Pemantauan unsur torium dan plutonium dalam sedimen permukaan A. NOOR, N. KASIM, Y.T. HANDAYANI, MAMING, MERLIYANI, dan O. KABI .....	65
Metode perunut untuk menganalisis sifat aliran air dalam jaringan pipa SUGIHARTO, PUGUH MARTYASA, INDROJONO, HARIJONO, dan KUSHARTONO..	69
Penentuan nilai $\delta^{34}\text{S}$ dalam pupuk dan aplikasinya untuk menentukan sumber sulfur pada air tanah kampung Loji Krawang E. RISTIN PUJI INDIYATI, ZAINAL ABIDIN, JUNE MELLAWATI, PASTON SIDAURUK, dan NENENG L.R., .....	75
Pembuatan komposit campuran serbuk kayu - poliester - serat sabut kelapa untuk papan partikel SUGIARTO DANU, DARSONO, PADMONO, dan ANGESTI BETTY .....	81
Kombinasi pelapisan permukaan kayu lapis Meranti ( <i>Shorea spp</i> ) dengan metode konvensional dan radiasi Ultra Violet DARSONO, dan SUGIARTO DANU .....	89



Studi kopolimerisasi radiasi stirena ke dalam film karet alam (Pengaruh dosis iradiasi dan kadar monomer) SUDRAJAT ISKANDAR, ISNI MARLIYANTI, dan MADE SUMARTI K. ....	95
Pengaruh pencucian dan pemanasan terhadap sifat fisik mekanik barang celup dari lateks alam iradiasi MADE SUMARTI K., MARGA UTAMA, dan DEVI LISTINA .....	103
Studi distribusi waktu tinggal pada proses pencampuran kontinyu dengan model bejana berderet SUGIHARTO, INDROJONO, KUSHARTONO, dan IGA WIDAGDA .....	109
Studi radiasi latar belakang sinar Gamma di laboratorium Sedimentologi, P3TIR, BATAN dengan spektrometri Gamma ALI ARMAN LUBIS, BAROKAH ALIYANTA, dan DARMAN .....	117
Penentuan Uranium dan Thorium sedimen laut dengan metode aktif dan pasif ALI ARMAN LUBIS, dan JUNE MELLAWATI .....	125
Deteksi virus hepatitis B (VHB) dalam serum darah dengan teknik PCR ( <i>Polymerase Chain Reaction</i> ) LINA, M.R., DADANG S., dan SUHADI, F., .....	131
Pendahuluan pembuatan Kit Ria mikroalbuminuria untuk pemeriksaan albuminuria SUKIYATI D.J., SITI DARWATI, GINA M., DJOHARLY, TRININGSIH, dan SULAIMAN .....	137
Ekstraksi Uranium dari limbah cair artifisial dengan teknik membran cair aliran kontinyu RUSDIANASARI, dan BUCHARI .....	143
Meningkatkan akurasi probabilitas pancaran sinar Gamma energi 165.9 keV untuk $^{139}\text{Ba}$ dengan peralatan koinsiden $4\pi\beta\text{-}\gamma$ NADA MARNADA, dan GATOT WURDIYANTO .....	149
Efek demineralisasi dan iradiasi gamma terhadap kandungan Kalsium dan kekerasan tulang <i>Bovine</i> liofilisasi B. ABBAS, F. ANAS, S. SADJIRUN, P. ZAKARIA, dan N. HILMY .....	155
<i>Rejection study of cancelous allograft in emergency orthopaedic operation</i> MENKHER MANJAS, and NAZLY HILMY .....	161
<i>Experience of using amniotic membrane after circumcision</i> MENKHER MANJAS, ISMAL, and DODY EFMANSYAH .....	165
<i>Using amniotic membrane as wound covering after cesarean section operation</i> MENKHER M., and HELFIAL HELMI .....	169
Efek <i>Glutathione</i> terhadap daya tahan khamir <i>Schizosaccharomyces pombe</i> yang diiradiasi dalam $\text{N}_2$ , $\text{N}_2\text{O}$ , dan $\text{O}_2$ NIKHAM .....	173
Radiolisis pati larut sebagai senyawa model polisakarida. I. Efek pelarut dan laju dosis iradiasi YANTI S. SOEBIANTO, SITI MEILANI S., dan DIAH WIDOWATI .....	181
Pengaruh iradiasi gamma terhadap derajat kekuningan ( <i>Yellowness Index</i> ) dan sifat mekanik plastik pengemas makanan RINDI P. TANHINDARTO, dan DIAN I. ....	191
Metode analisis unsur dengan spektrometri <i>total reflection x-ray fluorescence</i> YULIZON MENRY, ALI ARMAN LUBIS, dan PETER WOBRAUSCHEK .....	205



Pembentukan galur tanaman kacang tanah yang toleran terhadap Aluminium melalui kultur <i>in vitro</i> ALI HUSNI, I. MARISKA, M. KOSMIATIN, ISMIATUN, dan S. HUTAMI .....	215
Pembentukan kalus dan <i>spot</i> hijau dari kultur Antera galur mutan cabai keriting ( <i>Capsicum annuum</i> L.) secara <i>in vitro</i> AZRI KUSUMA DEWI, dan ITA DWIMAHYANI .....	221
Peningkatan toleransi terhadap Alununium dan pH rendah pada tanaman kedelai melalui kultur <i>in vitro</i> IKA MARISKA, SRI HUTAMI, dan MIA KOSMIATIN .....	225
Efek radiasi sinar gamma dosis rendah pada pertumbuhan kultur jaringan tanaman ciplukan ( <i>Pysalis angulata</i> L.) ROSMIARTY A. WAHID .....	235
Pengujian galur mutan Sorghum generasi M4 terhadap kekeringan di Gunung Kidul SOERANTO, H., CARKUM, SIHONO, dan PARNO .....	241
Evaluasi penampilan fenotip dan stabilitas beberapa galur mutan kacang hijau di beberapa lokasi percobaan RIYANTI SUMANGGONO, dan SOERANTO HUMAN .....	247
Penggunaan pupuk hayati fosfat alam untuk meningkatkan produksi tanaman jagung di lahan kering HAVID RASJID, J. WEMAY, E.L. SISWORO, dan W.H. SISWORO .....	255
Pertumbuhan dan produksi kacang hijau pada kondisi ketersediaan air terbatas THOMAS .....	261
Peningkatan keragaman sifat agronomi tanaman melati <i>Jasminum sambac</i> (L.) W. Ait dengan teknik mutasi buatan LILIK HARSANTI, dan MUGIONO .....	273
Pengaruh sumber eksplan dan <i>Thidiazuron</i> dalam media terhadap regenerasi eksplan mutan nilam ( <i>Pogostemon cablin</i> Benth.) ISMIYATI SUTARTO, MASRIZAL, dan YULIASTI .....	281
Kombinasi bahan organik dan pupuk N inorganik untuk meningkatkan hasil dan serapan N padi gogo IDAWATI, dan HARYANTO .....	287
Kuantifikasi transformasi internal <sup>15</sup> N untuk memprediksi daya suplai Nitrogen pada lahan paska deforestasi I.P. HANDAYANI, P. PRAWITO, dan E.L. SISWORO .....	295
Pengaruh fosfat alam dan pupuk kandang terhadap efisiensi pemupukan P pada oxisol Sumatera Barat JOKO PURNOMO, KOMARUDDIN IDRIS, SUWARNO, dan ELSJE L. SISWORO .....	305
Studi kandungan unsur mikro pada UMMB sebagai suplemen pakan ternak ruminansia FIRSONI, YULIZON MENRY, dan BINTARA HER SASANGKA .....	313
Penggunaan suplemen pakan dan pemanfaatan teknik <i>radioimmunoassay</i> (RIA) untuk meningkatkan efisiensi Inseminasi Buatan (IB) TOTTI TJIPTOSUMIRAT, DADANG SUPANDI, dan FIRSONI .....	319
Pembuatan antibodi pada kelinci yang diimunisasi dengan <i>Brucella abortus</i> SUHARNI SADI .....	325

Pengaruh dosis inokulasi <i>Trypanosoma evansi</i> terhadap gambaran darah hewan inang mencit M. ARIFIN .....	333
Penentuan dosis iradiasi pada <i>Fasciola gigantica</i> (cacing hati) yang memberi perlindungan pada kambing B.J. TUASIKAL, M. ARIFIN, dan TARMIZI .....	337
Pengalihan jenis kelamin ikan nila gift ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) dengan pemberian hormon testosteron alami ADRIA P.M. HASIBUAN, dan JENNY M. UMAR .....	345
Pengamatan klinis dan serologis pada domba pasca vaksinasi L-3 iradiasi cacing <i>Haemonchus contortus</i> dalam uji skala lapangan SUKARJI PARTODIHARDJO, dan ENUH RAHARJO .....	349
Pengaruh iradiasi terhadap cemaran bakteri pada udang windu ( <i>Penaeus monodon</i> ) HARSOJO, DIDI ROHADI, LYDIA ANDINI S., dan ROSALINA S.H. ....	355
Kondisi optimal untuk penentuan radioaktivitas serangga hama bertanda P-32 dengan menggunakan pencacah sintilasi cair YARIANTO S., BUDI SUSILO, dan S. SUTRISNO .....	361
Kemandulan terinduksi radiasi pada hama kapas <i>Helicoverpa armigera</i> Hubner (Lepidoptera : Noctuidae) dan kemandulan yang diturunkan pada generasi F1 SUHARYONO, dan S. SUTRISNO .....	367
Pengembangan parasitasi <i>Biosteres</i> sp pada larva <i>Bactrocera carambolae</i> (DREW & HANCOCK) sebagai komplementer teknik serangga mandul DARMAWI SIKUMBANG, INDAH A. NASUTION, M. INDARWATMI, dan ACHMAD N. KUSWADI .....	373
Pengaruh iradiasi gamma terhadap Thiamin & Riboflavin pada ikan tuna ( <i>T. thynnus</i> ) dan salem ( <i>Onchorhynchus gorbuscha</i> ) segar RINDY P. TANHINDARTO, FOX, J.B., LAKRITZ, L., dan THAYER, D.W. ....	379
Budidaya ikan Nila gift yang diberi pakan pelet kelapa sawit YENNI M.U., dan ADRIA P.M. ....	385
Sintesis hidrogel kopolimer (2-hidroksi etil metakrilat/N-vinil pirrolidon) dengan iradiasi gamma dan imobilisasi ametrin ERIZAL .....	389



## STUDI KOPOLIMERISASI RADIASI STIRENA KE DALAM FILM KARET ALAM (Pengaruh dosis iradiasi dan kadar monomer)

Sudradjat Iskandar, Isni Marliyanti, dan Made Sumarti Karda  
Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi, BATAN

### ABSTRAK

**STUDI KOPOLIMERISASI RADIASI STIRENA KE DALAM FILM KARET ALAM (Pengaruh dosis iradiasi dan kadar monomer).** Telah diteliti pengaruh radiasi sinar gama dan monomer stirena terhadap sifat kimia dan fisika kopolimer karet alam-polistirena (KAS). Karet alam berupa film terlebih dahulu dicelupkan dalam monomer stirena selama waktu tertentu, kemudian dibungkus dengan film Mylar dan selanjutnya diiradiasi dengan sinar gamma pada dosis 10, 25, 50 sampai 100 kGy, dengan kadar monomer dalam karet alam 25, 50 dan 100 psk (bagian perseratus bagian karet alam). Karakterisasi sifat fisika yang meliputi : Modulus-300, kekuatan tarik, perpanjangan putus, perpanjangan tetap dan kekerasan telah dievaluasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada dosis iradiasi yang sama, penambahan monomer stirena akan meningkatkan jumlah kopolimer cangkok dan menurunkan fraksi molekul yang saling berikatan silang kopolimer KAS. Sedangkan pada komposisi yang sama, penambahan dosis iradiasi akan mengurangi kopolimer cangkok yang terbentuk dan meningkatkan fraksi yang saling berikatan silang. Penambahan fraksi yang berikatan silang menyebabkan naiknya kekuatan tarik, modulus, kekerasan dan menurunnya perpanjangan putus kopolimer KAS. Pada kadar monomer 100 psk dan dosis iradiasi 100 kGy, modulus-300, kekuatan tarik dan kekerasan kopolimer KAS masing-masing dapat mencapai 108 kg/cm<sup>2</sup>, 195 kg/cm<sup>2</sup>, dan 63 shore.

Kata kunci : Kopolimerisasi, radiasi, monomer stirena, dan karet alam.

### ABSTRACT

**RADIATION COPOLYMERIZATION OF STYRENE MONOMER ONTO NATURAL RUBBER FILM.** Studies on the effect of radiation copolymerization of styrene monomer onto natural rubber film on physical and chemical properties of natural rubber-polystyrene copolymer (NPC) have been done. Natural rubber film firstly immersed in styrene monomer in certain time, then it was wrapped with Mylar film, and then it was irradiated with gamma rays in various doses from 10, 25, 50 up to 100 kGy. The styrene monomer content was also varying from 25, 50 and 100 phr (part per hundred part of rubber). Using tensile tester and hardness tester carried out physical characterization of NPC such as modulus-300, modulus-600, elongation at break, permanent set and hardness. While chemical characterization was carried out by extraction method. The solvent used was acetone and tetrahydrofuran. The experimental results showed that by increasing the styrene monomer at the same irradiation dose, the molecule crosslinked fraction of NPC decreased, while the molecule grafted fraction was increased. But at the same styrene monomer content, increasing irradiation dose was increasing the molecule crosslinked fraction and decreasing the molecule grafted fraction of NPC. The increasing of molecule crosslinked fraction was effected on the increasing of tensile strength, modulus, hardness, and decreasing of elongation at break of NPC. The tensile strength, modulus, and hardness of NPC were achieved 195 kg/cm<sup>2</sup>, 108 kg/cm<sup>2</sup>, and 63 shore respectively at monomer content 100 phr and irradiation dose was 100 kGy.

Key world : Copolymerization, radiation, styrene monomer, and natural rubber

### PENDAHULUAN

Di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi, BATAN telah diteliti bahwa monomer metilmetakrilat dapat dikopolimerisasikan pada karet alam maupun pada lateks karet alam (1, 2). Demikian pula monomer stirena dapat dikopolimerisasikan pada lateks karet alam baik dengan cara radiasi maupun kimia (3, 4). Sedangkan mengkopolimerisasikan monomer stirena pada karet alam dengan radiasi sinar gamma belum dilakukan.

Indonesia merupakan negara penghasil karet alam terbesar nomor dua di dunia setelah Thailand (5) dan sebagian besar karet alamnya diekspor, sedangkan produksi lateks alam jauh lebih sedikit dibandingkan

dengan karet alam (6). Dilain pihak kebutuhan barang jadi karet alam terus meningkat sejalan dengan kemajuan teknologi dan perkembangan jumlah penduduk. Untuk meningkatkan perkembangan pembuatan barang jadi karet yang tidak tergantung pada luar negeri dan memanfaatkan karet alam yang ada, maka perlu adanya perhatian pada karet alam.

Karet alam yang tidak mudah dibentuk/dicetak dan didaur ulang memiliki sifat kekuatan tarik yang rendah, tidak tahan terhadap pelarut, lunak dan tidak bersifat elastis sehingga terbatas pemakaiannya. Sedangkan polistirena merupakan polimer termoplastik yang mudah dibentuk, transparan, dapat didaurulang, tahan terhadap radiasi sinar gamma maupun berkas elektron. Menurut CHARLESBY (7), hal ini karena

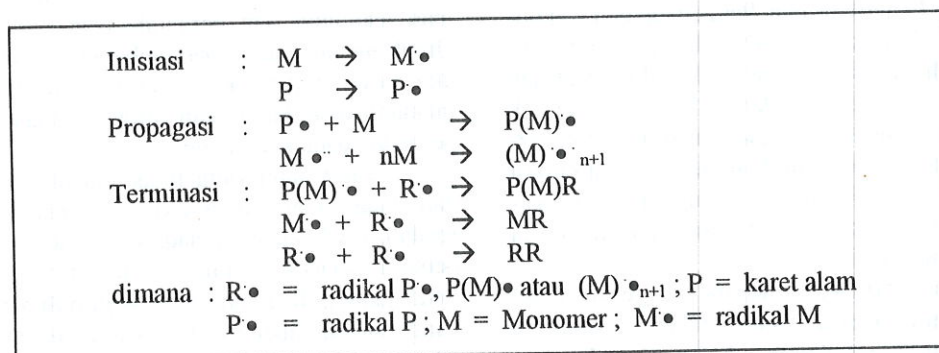


polistirena memiliki pengaruh perlindungan dari cincin benzen pada molekulnya. Sebaliknya polimetilmetakrilat tidak tahan terhadap radiasi sinar gamma maupun berkas elektron. Yang menjadi hipotesa pada penelitian ini adalah bahwa karet alam dalam bentuk padat, dapat dimodifikasi dengan metoda kopolimerisasi radiasi, sehingga diharapkan akan memiliki sifat fisik/mekanik yang lebih baik dari aslinya. Kelebihan monomer stirena digunakan dalam penelitian ini, disamping memiliki sifat yang termoplastik, kuat, dan transparan, juga monomer stirena mudah diserap oleh karet alam. Sehingga proses pengerjaannya akan lebih cepat dibandingkan dengan monomer metilmetakrilat. Sedangkan karet padat yang digunakan di dalam penelitian ini, karena Indonesia menghasilkan karet padat jauh lebih banyak dibandingkan dengan bentuk cair. Sehingga kemudahan perolehan bahan baku karet padat lebih mudah dibandingkan dengan bentuk cair. Oleh karena itu didalam makalah ini dilaporkan hasil penelitian yang mempelajari pengaruh komposisi monomer stirena dalam karet alam dan dosis iradiasi sinar gamma terhadap sifat kimia maupun fisika kopolimer yang dihasilkan. Sifat kimia yang diteliti adalah jumlah kopolimer cangkok dan fraksi yang berikatan silang. Sedangkan sifat fisiknya antara lain kekuatan tarik, modulus, perpanjangan putus, dan kekerasan.

## TEORI

Menurut CHARLESBY (7), kopolimerisasi radiasi adalah proses pembentukan kopolimer dimana radiasi adalah sebagai inisiatornya. Reaksi kopolimerisasi radiasi merupakan reaksi rantai yang terdiri atas tiga tahap reaksi, yaitu tahap inisiasi, propagasi, dan terminasi. Secara skematis mekanisme reaksi kopolimerisasi radiasi ditunjukkan pada Gambar 1.

Tahap inisiasi menunjukkan tahap pembentukan radikal bebas dari monomer maupun polimer. Pembentukan radikal bebas tersebut disebabkan karena interaksi radiasi sinar gamma dengan campuran monomer stirena dan karet alam. Tahap propagasi merupakan tahap tumbuhnya radikal bebas atau bertambahnya radikal bebas yang disebabkan bertambahnya waktu interaksi radiasi dengan campuran monomer dan karet alam. Jumlah radikal bebas yang dihasilkan tergantung pada dosis iradiasi dan konsentrasi monomer atau polimer.



Gambar 1. Mekanisme reaksi kopolimerisasi radiasi

Tahap terminasi yaitu tahap penghentian pembentukan radikal bebas dan sekaligus terjadi reaksi penggabungan radikal bebas yang dihasilkan dan membentuk makromolekul. Makromolekul tersebut diantaranya berupa kopolimer cangkok dan molekul yang saling berikatan silang.

Kecepatan pembentukan radikal bebas (Ri) dapat ditulis sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{polimer (A}_n\text{)} : Ri_{A_n} &= G_{A_n} I (A_n) \\ \text{monomer (B)} : Ri_B &= G_B I (B) \end{aligned}$$

Kecepatan pembentukan radikal bebas tergantung pada radikal bebas yang dihasilkan (nilai G), G<sub>A<sub>n</sub></sub>, G<sub>B</sub>, intensitas radiasi atau laju dosis dan dosis iradiasi (I), dan konsentrasi polimer (A<sub>n</sub>), monomer (B). Sedangkan sifat kopolimer merupakan kombinasi dari kedua sifat polimer yang tergabung, sehingga dapat membentuk sifat yang dikehendaki (8).

## BAHAN DAN METODE

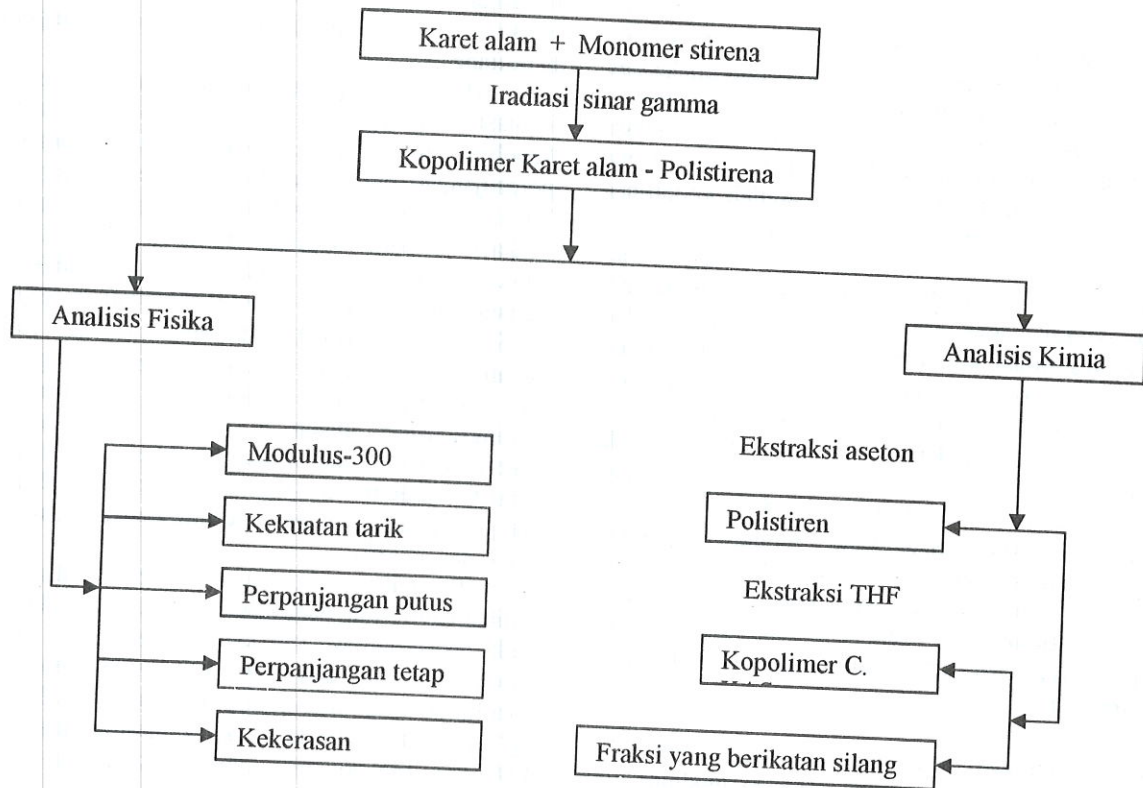
**Bahan.** Lateks pekat diperoleh dari perkebunan Pasir Waringin PTP XI, Jawa Barat. Film karet kering diperoleh dengan menuangkan lateks pekat diatas kaca dan diuapkan pada suhu kamar. Monomer stirena buatan Mitsubishi Rayon Co. Ltd., Jepang, dicuci dengan larutan natrium hidroksida dalam air suling, dan dikeringkan dengan kalsium klorida murni. Pelarut acetone dan tetrahidrofur berkualitas p.a. dan tidak dimurnikan.

**Alat.** Iradiator Panoramik Cobalt-60 digunakan untuk meradiasi campuran karet alam-monomer stiren, Instron model 1122 digunakan untuk uji tarik, Infra merah buatan Shimadzu-Jepang digunakan untuk identifikasi gugus fungsi, dan Shore duro meter tipe "A-2" untuk uji kekerasan.

**Metode.** Diagram analisis kopolimerisasi karet alam-polistirena (KAS) dapat dilihat pada Gambar 2.

Sekitar 10 gram film karet kering direndam dalam monomer stirena selama waktu tertentu hingga menyerap monomer sebanyak 25, 50 dan 100 % berat karet alam, kemudian dibungkus dengan film Milar, dan selanjutnya diiradiasi dengan sinar gamma pada dosis 10, 25, 50, dan 100 kGy, dengan laju dosis 4 kGy per jam pada suhu kamar.





Gambar 2. Diagram analisis Kopolimerisasi Karet alam – Polistirena

**Metode Pemisahan.** Sekitar 2 gram kopolimer KAS diekstrak dengan aseton untuk memisahkan homopolimer, bagian yang tidak larut dalam aseton selanjutnya diekstrak dengan tetrahidrofuran untuk memisahkan molekul yang berikatan silang. Ekstraksi dilakukan pada suhu kamar selama 7 hari. Kadar kopolimer cangkok dan bagian yang berikatan silang dihitung secara gravimetri.

**Pengujian Sifat Fisika.** Sifat fisika kopolimer KAS seperti kekuatan tarik, perpanjangan putus, modulus-300, perpanjangan tetap, dan kekerasan diuji menurut ASTM (9).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

**Analisis Kimia.** Data hasil penelitian yang menunjukkan hubungan pengaruh kadar monomer stirena dan iradiasi sinar gamma terhadap kopolimer cangkok KAS yang terbentuk dan fraksi yang berikatan silang ditunjukkan pada Tabel 1. Pada tabel tersebut terlihat bahwa pada dosis iradiasi yang sama, dengan bertambahnya kadar monomer stirena dalam karet alam, jumlah kopolimer cangkok karet alam-polistirena (KAS) yang terbentuk bertambah, sedangkan jumlah fraksi yang berikatan silangnya berkurang. Pada dosis iradiasi 10 kGy, terlihat jumlah kopolimer cangkok yang terbentuk adalah 35,7% untuk kadar monomer stiren 25 psk, 41,76 % untuk kadar monomer stirena 50 psk, dan 48,09% untuk kadar monomer stirena 100 psk.

Sedangkan fraksi molekul yang berikatan silangnya masing-masing 61,92%, 55,92% dan 48,65%.

Tabel 1. Hubungan pengaruh monomer stirena dan radiasi sinar gamma terhadap kadar kopolimer cangkok KAS (KKC) dan fraksi yang saling berikatan silang (FBS).

Dosis iradiasi, kGy	Kadar monomer, psk	KKC, %	FBS, %
10	25	35,70	61,92
10	50	41,76	55,92
10	100	48,09	48,65
25	25	32,36	66,68
25	50	36,47	59,86
25	100	47,86	50,70
50	25	14,60	84,10
50	50	25,40	72,70
50	100	34,42	64,41
100	25	9,91	88,85
100	50	16,46	82,06
100	100	28,85	68,89

Demikian pula pada dosis iradiasi 25, 50, dan 100 kGy terjadi penambahan jumlah kopolimer cangkok dan penurunan jumlah molekul yang berikatan



silang dengan bertambahnya monomer stirena. Penambahan kopolimer cangkok KAS yang terbentuk tersebut menurut CHARLESBY, A (7) telah dijelaskan secara teori yaitu disebabkan karena adanya reaksi radikal bebas yang terjadi saat proses iradiasi berlangsung. Sedangkan berkurangnya fraksi yang berikatan silang disebabkan karena jumlah kopolimer cangkok KAS yang terbentuk bertambah.

Sebaliknya pada komposisi yang sama, penambahan dosis iradiasi berakibat meningkatnya jumlah fraksi yang saling berikatan silang dan menurunnya jumlah kopolimer cangkok yang terbentuk. Hal ini terlihat pada komposisi campuran karet alam – stirena dengan kadar monomer stirena 25 psk, jumlah fraksi yang saling berikatan silang adalah 62 % pada dosis iradiasi 10 kGy, 67 % pada dosis iradiasi 25 kGy, 84 % pada dosis iradiasi 50 kGy, dan 89 % pada dosis iradiasi 100 kGy. Sedangkan jumlah kopolimer cangkoknya masing-masing adalah 36 %, 32 %, 15 %, dan 10 %. Demikian pula pada komposisi campuran karet alam-stirena pada kadar monomer stirena 50 dan 100 psk terjadi hal yang sama dengan bertambahnya dosis iradiasi.

Tabel 2. Hubungan pengaruh monomer stirena dan iradiasi sinar gamma terhadap modulus 300 (M-300), kekuatan tarik (KT), perpanjangan putus (PP), dan kekerasan (K) kopolimer KAS

Dosis iradiasi (kGy)	Kadar monomer (psk)	M-300 (kg/cm <sup>2</sup> )	KT (kg/cm <sup>2</sup> )	PP (%)	K (shore)
10	0	4	45	1175	22
10	25	5	55	1167	23
10	50	4	43	1167	24
10	100	4	35	1225	23
25	0	5	57	1167	24
25	25	6	82	1058	26
25	50	6	77	900	26
25	100	5	56	1067	25
50	0	5	67	1133	24
50	25	8	100	833	31
50	50	21	132	600	43
50	100	18	112	633	38
100	0	6	67	1067	26
100	25	9	107	767	33
100	50	21	134	600	44
100	100	108	195	447	63

Penambahan jumlah molekul yang saling berikatan silang dan penurunan jumlah kopolimer cangkok tersebut disebabkan karena dengan bertambahnya dosis iradiasi, maka waktu reaksi radikal bebas bertambah. Sehingga dengan bertambahnya waktu reaksi radikal bebas tersebut berakibat pada monomer yang terpolimer berubah menjadi polimer yang menjembatani antara molekul karet dan membentuk jaringan tiga dimensi atau yang saling

berikatan silang. Dengan bertambahnya fraksi yang berikatan silang maka jumlah kopolimer cangkoknya berkurang.

Hubungan pengaruh monomer stirena dan iradiasi sinar gamma terhadap sifat fisika/mekanik kopolimer KAS seperti modulus-300, kekuatan tarik, perpanjangan putus, dan kekerasan ditunjukkan pada Tabel 2. Pada tabel tersebut terlihat bahwa pada dosis iradiasi rendah, seperti 10 kGy dan 25 kGy, penambahan monomer pada karet alam tidak begitu berpengaruh terhadap sifat fisik/mekanik kopolimer KAS. Hal ini terlihat pada dosis iradiasi 10 kGy, penambahan monomer stirena masing-masing 25, 50, dan 100 psk, sifat modulus-300 kopolimer KAS masing-masing adalah 5, 4 dan 4 kg/cm<sup>2</sup>, sifat kekerasannya masing-masing 23, 24, dan 23 shore, sifat kekuatannya masing-masing 55, 43, 35 kg/cm<sup>2</sup>, dan perpanjangan tetapnya masing-masing adalah 1167, 1167, dan 1225%.

Perubahan sifat fisik/mekanik kopolimer KAS terlihat lebih nyata pada dosis iradiasi yang lebih tinggi. Pada dosis iradiasi 100 kGy, penambahan monomer stirena 25, 50 dan 100 psk, sifat modulus-300 kopolimer KAS masing-masing adalah 9, 21 dan 108 kg/cm<sup>2</sup>, sifat kekuatan tariknya masing-masing 107, 134 dan 195 kg/cm<sup>2</sup>, sifat perpanjangan putusnya masing-masing 767, 600 dan 447 %, dan sifat kekerasannya masing-masing 33, 44 dan 63 shore.

Perubahan sifat fisik/mekanik kopolimer KAS lebih nyata pada dosis iradiasi yang lebih tinggi, hal ini erat hubungannya dengan perubahan kimiawi yang terjadi seperti yang terlihat pada Tabel 1. Pada Tabel 1 terlihat pada dosis iradiasi rendah seperti 10 dan 25 kGy, jumlah kadar kopolimer cangkok yang terbentuk lebih banyak dibandingkan pada dosis iradiasi yang lebih tinggi seperti 50 dan 100 kGy. Sebaliknya jumlah fraksi molekul yang berikatan silangnya lebih sedikit. Dengan demikian perubahan sifat fisik/mekanik kopolimer KAS sangat erat hubungannya dengan jumlah molekul yang saling berikatan silang. Hal ini disebabkan karena energi ikat molekul yang berikatan silang jauh lebih besar dibandingkan dengan energi ikat kopolimer cangkok (10).

**Spektra Infra Merah.** Dalam mengidentifikasi karet alam dan polistirena dalam kopolimer KAS, telah dilakukan analisis spektra infra merah pada karet alam, polistirena, kopolimer KAS dengan kadar monomer stiren 50 psk dan diiradiasi 25 kGy. Gambar 3, 4, 5, dan 6 menunjukkan spektra infra merah, karet alam, polistirena murni, kopolimer KAS setelah diekstrak dengan aseton, dan kopolimer KAS yang terlarut dalam tetrahidrofuran. Pada spektra karet alam yang ditunjukkan pada Gambar 3, terlihat kemungkinan gugus CH pada daerah bilangan gelombang 2960 cm<sup>-1</sup> dan 2850 cm<sup>-1</sup>, gugus rentangan CHR<sub>1</sub>=CHR<sub>2</sub> (cis) pada bilangan gelombang 1660 cm<sup>-1</sup>, gugus fungsi CH<sub>3</sub> pada bilangan gelombang 1375 cm<sup>-1</sup> dan 1450 cm<sup>-1</sup>, dan gugus CH<sub>2</sub> pada gelombang 840 cm<sup>-1</sup> (11), sedangkan pada spektra polistirena murni yang dipolimerisasikan dalam keadaan adanya udara ditunjukkan pada Gambar 4 terlihat kemungkinan gugus rentangan OH pada



daerah bilangan gelombang 3400  $\text{cm}^{-1}$ , gugus vibrasi rentangan C-H pada bilangan gelombang 2900  $\text{cm}^{-1}$ , gugus vibrasi rentangan C-C pada gelombang 1630  $\text{cm}^{-1}$ , gugus bengkokan dalam bidang C-H pada bilangan gelombang 1380  $\text{cm}^{-1}$ , gugus C-O pada daerah bilangan gelombang 1160  $\text{cm}^{-1}$ , 1090  $\text{cm}^{-1}$ , dan 1030  $\text{cm}^{-1}$ , dan gugus serapan keluar bidang ikatan C-H dalam cincin benzen pada gelombang 760  $\text{cm}^{-1}$ . Menurut CHARLESBY (7), timbulnya gugus OH dan C-O pada spektrum infra merah polistirena disebabkan karena monomer stirena dipolimerisasikan pada keadaan adanya udara. Dari hasil pengamatan spektra infra merah kopolimer KAS setelah di ekstrak dengan aseton yang ditunjukkan pada Gambar 5 terlihat kemungkinan yang dominan adalah gugus OH pada daerah bilangan gelombang 3400  $\text{cm}^{-1}$ , gugus vibrasi rentangan C-H pada bilangan gelombang 2900  $\text{cm}^{-1}$ , gugus vibrasi rentangan C-C pada bilangan gelombang 1630  $\text{cm}^{-1}$ , gugus bengkokan C-H pada bilangan gelombang 1380  $\text{cm}^{-1}$  dan gugus C-O pada daerah bilangan gelombang 1160  $\text{cm}^{-1}$ , 1090  $\text{cm}^{-1}$ , dan 1030  $\text{cm}^{-1}$  yang cenderung dimiliki spektra polistirena, sedangkan spektra karet alamnya tidak tampak. Hal ini kemungkinan pada saat pengamatan spektra merah infra kopolimer KAS, ketebalan film sampel sekitar 0,5 mm tidak mencukupi untuk mendeteksi spektra karet alam. Spektra fraksi kopolimer KAS yang terlarut dalam tetrahidrofur yang ditunjukkan pada Gambar 6 terlihat kemungkinan gugus CH pada bilangan gelombang 2900  $\text{cm}^{-1}$ , gugus rentangan  $\text{CHR}_1=\text{CHR}_2$  (cis) pada bilangan gelombang 1660  $\text{cm}^{-1}$ , gugus fungsi  $\text{CH}_3$  pada bilangan gelombang 1443  $\text{cm}^{-1}$  dan 1375  $\text{cm}^{-1}$ , dan gugus  $\text{CH}_2$  pada gelombang 860  $\text{cm}^{-1}$ . Bilangan gelombang tersebut cenderung menunjukkan spektra karet alam, sedangkan bilangan gelombang stirenanya tidak terlihat mungkin jumlah karet alam yang terlarut lebih banyak dibandingkan dengan polistirena. Dari hasil pengamatan keempat gambar tersebut menunjukkan bahwa molekul polistirena berikatan dengan molekul karet alam setelah iradiasi berlangsung.

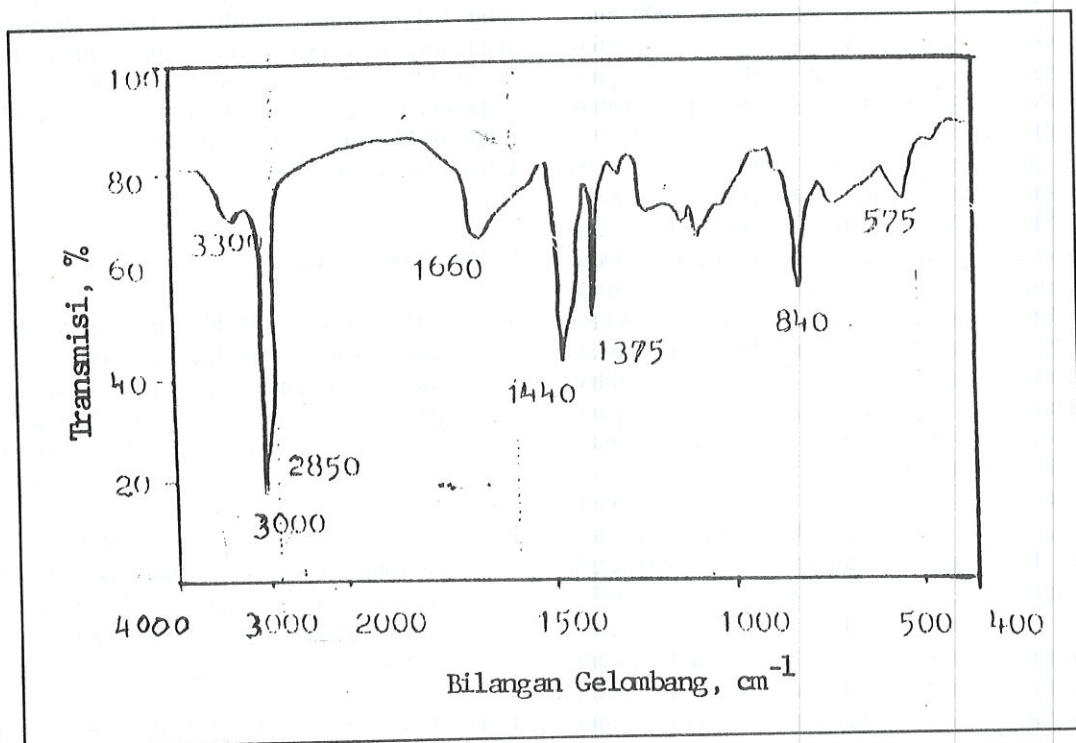
## KESIMPULAN

Dari data hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa karet alam dalam bentuk padat dapat dimodifikasi dengan monomer stirena melalui proses kopolimerisasi radiasi. Pada dosis iradiasi yang sama, penambahan monomer stirena dalam karet alam akan meningkatkan jumlah kopolimer cangkok karet alam-polistirena yang terbentuk, sedangkan jumlah fraksi yang berikatan silangnya berkurang. Sebaliknya pada komposisi monomer stirena – karet alam yang sama, penambahan dosis iradiasi dapat mengurangi jumlah kopolimer cangkok karet alam – polistirena dan meningkatkan jumlah molekul yang saling berikatan silang. Penambahan jumlah molekul yang saling

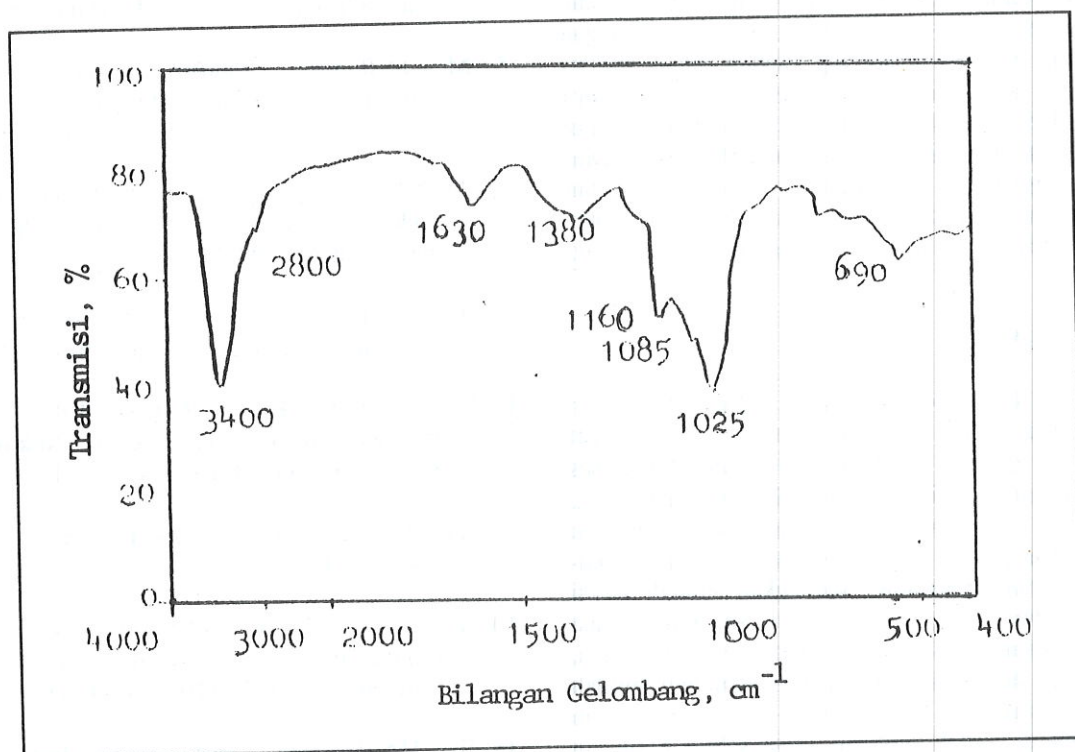
berikatan silang lebih berpengaruh pada peningkatan sifat fisik/mekanik kopolimer karet alam-polistirena dibandingkan dengan penambahan jumlah kopolimer cangkok yang terbentuk. Perubahan sifat fisik kopolimer karet alam – polistirena akan terlihat lebih nyata pada dosis iradiasi yang lebih tinggi, yaitu pada dosis 50 kGy atau lebih.

## DAFTAR PUSTAKA

1. I. SUDRADJAT, F. SUNDARDI, K. MAKUUCHI, dan I. DIAN, "Kopolimerisasi Radiasi Monomer Metilmetakrilat pada Karet alam", Risalah Pertemuan Ilmiah Proses Radiasi Dalam Industri, Sterilisasi Radiasi, dan Aplikasi Teknik Nuklir dalam Hidrologi, Jakarta, (1988) 347-357
2. F. SUNDARDI, and KADARIJAH, "Radiation Grafting of Methylmethacrylate Monomer on Natural Rubber Lateks", (PAIR./T.118/1983) Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN, Jakarta (1983).
3. F. SUNDARDI, and SOFIARTI, W., "Radiation graft-copolymerization of Styrene on Natural Rubber Latex", Majalah Batan XVII (1984) 96.
4. F. SUNDARDI, dan I., SUDRADJAT, "Ter-butyl Hydroperoxide Initiation graft Copolymerization of a mixture of n-Butyl Acrylate and Styrene on Natural Rubber Latex", Tidak dipublikasikan.
5. M. SURJANI, "Industri Karet Berwawasan Lingkungan", Majalah Info Karet, 69 VI (1998) 4-5.
6. ANONIM, Buku petunjuk Produksi Indonesia, Indonesia Mandiri, PT. Elnusa, The Yellow Pages, Jakarta (1987).
7. A. CHARLESSBY, Atomic Radiation and Polymer, Pergamon Press LTD. (1960) 395-410, 290-291.
8. S., SUCIPTO, Kimia Radiasi, Diklat Proteksi Radiasi dan Introduksi Teknik Nuklir, Pusat Pendidikan dan Latihan, BATAN (1985).
9. ASTM, Standar Test Method for Rubber Tension, ASTM D 412-95.
10. V., RAGHAVAN, Materials Science and Engineering, Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi-110001 (1981) 67.
11. S., HARDJONO, Spektroskopi Infra merah, Liberti, Yogyakarta (1992) 15-16.

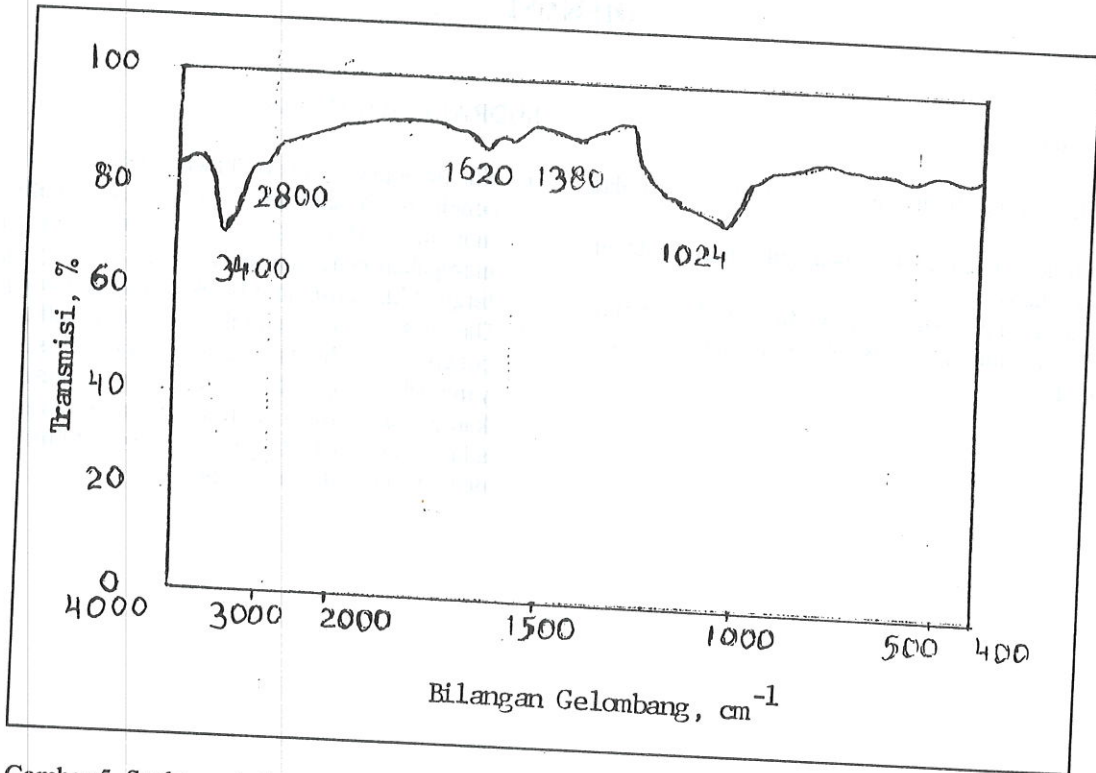


Gambar 3. Spektrum infra merah karet alam

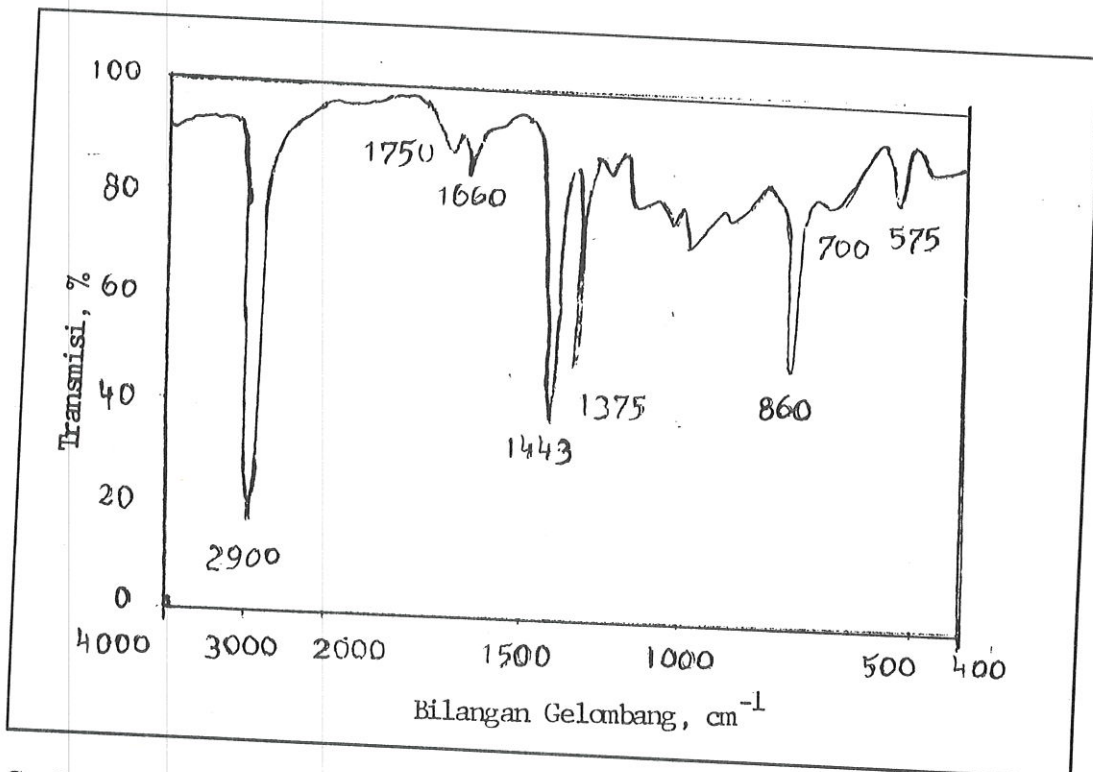


Gambar 4. Spektrum infra merah polisterina





Gambar 5. Spektrum infra merah kopolimer KAS setelah diekstrak dengan aseton



Gambar 6. Spektrum infra merah kopolimer KAS yang terlarut dalam tetrahidrofur

## **DISKUSI**

### **PASTON SIDAURUK**

Sinar- $\gamma$  yang digunakan berdosis 10, 25, 50, dan 100 Kg.

1. Apakah ada alasan khusus penggunaan dosis dalam interval diatas ?
2. Apakah simpulan (hasil yang didapat di ekstraksi diluar dari interval dosis diatas ? jika ya sejauh manakah ?

### **SUDRAJAT ISKANDAR**

1. Ya. penggunaan dosis tersebut telah di coba pada penelitian sebelumnya (penelitian kopolimerisasi monomer MMA pada kontak) dan penelitian ini merupakan penelitian pada dosis iradiasi yang lebih tinggi dikhawatirkan nilai ekonominya kurang
2. Dari hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa penelitian ini harus dilanjutkan pada dosis iradiasi yang lebih tinggi tetapi tidak dapat diekstrapolasi karena pada proses radiasi karet alam akan didapat sifat fisik maksimum yang selanjutnya diikuti dengan penurunan sifat fisik.