

BAHAN PEMECA UNTUK VULKANISASI RADIASI
LATEKS ALAM I. KOMBINASI MONOMER AKRILAT
MONOFUNGSIONAL-KARBONTETRAKLORIDA (CCl_4)

Yanti Sabarinah dan F. Sundardi

PAMC/P. 317/1980/28

BAHAN PEMEKA UNTUK VULKANISASI RADIASI LATEKS ALAM. I. KOMBINASI MONOMER AKRILAT MONOFUNGSIONAL-KARBONTETRAKLORIDA (CCl_4)

Yanti Sabarinah S.*, dan F. Sundardi*

ABSTRAK

BAHAN PEMEKA UNTUK VULKANISASI RADIASI LATEKS ALAM. I. KOMBINASI MONOMER AKRILAT-MONOFUNGSIONAL-KARBONTETRAKLORIDA (CCl_4). Telah dilakukan penelitian untuk mengganti atau mengurangi pemakaian CCl_4 sebagai bahan pemeka pada vulkanisasi radiasi lateks alam. Tiga jenis monomer akrilat monofungsional : n-butylakrilat (nBA), metilakrilat (MA) dan metilmethakrilat (MMA) dengan bermacam-macam konsentrasi telah dicoba. Monomer yang dapat diharapkan sebagai bahan pemeka adalah nBA. Kombinasi monomer tersebut dengan CCl_4 (1 psk - 1 psk) sangat efektif. Dosis iradiasi untuk mencapai kekuatan tarik maksimum adalah 30 kGy. Kekuatan tarik maksimum tergantung pada "green strength" lateks alam. Film karet yang dihasilkan tidak berbau monomer dan mempunyai ketahanan terhadap pengusangan pada 70°C sampai hari ke 7 meskipun mengalami pencoklatan.

ABSTRACT

SENSITIZER FOR RADIATION VULCANIZATION OF NR LATEKS. I. COMBINATION OF ACRYLIC MONOFUNCTIONAL MONOMER-CARBON TETRACHLORIDE (CCl_4). An investigation has been carried out to substitute or reduce the concentration of CCl_4 as sensitizer. Three acrylic monomers were used : n-butylacrylate (nBA), methylacrylate (MA) and methylmethacrylate (MMA) in various concentration. nBA was the promising monomer as sensitizer. Its combination with CCl_4 (1phr-1phr) was the most effective. Irradiation dose to obtain the maximum tensile strength depended on the green strength of do NR. The rubber film had no monomer odour and its ageing properties at 70°C for 7 days were considered excellent even it was browning.

PENDAHULUAN

Pemakaian monomer pada vulkanisasi radiasi lateks alam telah banyak dipelajari, baik untuk meningkatkan mutu lateks iradiasinya maupun sebagai bahan pemeka pada vulkanisasi itu sendiri. Karbontetraklorida (CCl_4) sebagai bahan pemeka bersifat toksis terhadap lingkungan sekitarnya, sehingga pemakaian monomer sebagai bahan pemeka diharapkan lebih menguntungkan.

Percobaan oleh MAKUUCHI dan HAGIWARA (1,2) telah menunjukkan bahwa mo-

nomer akrilat polifungsional (PFM) dapat menunjukkan efisiensinya sebagai pengganti CCl_4 . Dijelaskan bahwa, efisiensi monomer tersebut tidak hanya bergantung pada kereaktifannya terhadap partikel karet, tetapi juga pada kelarutannya dalam partikel karet. Pengamatan terhadap beberapa PFM yang dipakai menunjukkan bahwa kelarutannya dalam partikel karet naik dengan kenaikan sifat hidrofobiknya, tetapi efisiensinya sebagai bahan pemeka naik jika sifat hidrofiliknya naik. Sifat hidrofobik suatu monomer bergantung pada struktur kimianya. Kestabilan lateks alam juga sangat dipengaruhi oleh si-

* Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN

fat monomer, misalnya lateks yang mengandung neopentilglidik dimetakrilat (NPG) lebih stabil daripada yang mengandung neopentilglidik diakrilat (A-NPG), karena adanya 2 buah gugus metil yang menyebabkan NPG bersifat hidrofobik. Sebagai bahan pemeka A-NPG lebih efektif, tetapi dapat menyebabkan koagulasi lateks. Oleh sebab itu, penambahan pelarut yang tidak mempunyai sifat scavenging effect perlu diberikan jika dipakai A-NPG. Pelarut tersebut tidak boleh mempunyai efek proteksi radiasi dan tidak menangkap radikal bebas yang terbentuk karena radiasi. Efek PFM disebabkan oleh fungsinya sebagai pengikat silang (crosslink agent). Mekanisme akselerasinya terdiri atas dua tahap, yaitu penempelan PFM pada molekul-molekul karet kemudian pengikatan silang PFM yang menempel pada molekul karet tersebut.

Selanjutnya MAKUUCHI dan TSUSHIMA (3) mempelajari pemakaian monomer akrilat monofungsional sebagai bahan pemeka. Dari beberapa monomer yang dipakai, nBA dan 2-etilheksilakrilat (2EHA) adalah yang efektif, sehingga memberikan kekuatan tarik maksimum pada dosis 30 kGy. Mekanisme akselerasi oleh monomer akrilat monofungsional dipelajari dengan meradiasi campuran karet isopren cair (LIR)-2-etilheksilakrilat (2EHA). Analisis GPC sampel yang diiradiasi 30 kGy menunjukkan adanya dua puncak absorpsi, masing-masing LIR

dan poli (2EHA). Hal ini menunjukkan bahwa tidak terjadi reaksi kimia penempelan poli (2EHA) pada molekul LIR. Ikatan yang terbentuk adalah ikatan fisika berupa lilitan antara molekul-molekul poli (2EHA) dan molekul-molekul karet.

Dibandingkan dengan CCl_4 , monomer akrilat kurang toksis, tetapi harganya cukup mahal. Jika diperhitungkan faktor ekonomi, maka CCl_4 lebih cenderung digunakan sebagai bahan pemeka. Untuk mengurangi sifat toksisnya, pemakaiannya harus dikurangi tanpa mengurangi kekuatan tarik film karet dan kestabilan lateks iradiasinya. Kombinasi CCl_4 -monomer akrilat sebagai bahan pemeka mulai dipelajari (4). Dengan kombinasi ini diharapkan, sifat film karet akan lebih baik karena efek pemeka CCl_4 dan efek pengikatan silang monomer akrilat. Jika sistem ini dapat dikembangkan, maka CCl_4 sebagai bahan pemeka dapat dikurangi. Selama ini vulkanisasi radiasi lateks alam yang dilakukan di PAIR-BATAN masih menggunakan 5 psk CCl_4 dan dosis iradiasi 30-40 kGy.

Penelitian ini mempelajari kombinasi CCl_4 -monomer akrilat monofungsional sebagai bahan pemeka vulkanisasi radiasi lateks alam untuk mengurangi sifat toksis CCl_4 tanpa menurunkan mutu lateks maupun kekuatan film karetnya.

BAHAN DAN METODE

Lateks alam yang dipakai diperoleh dari PTP XI Pasir Waringin, Jawa Barat dengan kadar jumlah padatan (KJP) 60% dan kadar karet kering (KKK) 59%. Lateks diencerkan dengan larutan ammonia 1.6% hingga mencapai KJP 50%.

Monomer akriklat yang dipakai adalah nBA, MA, dan MMA. Monomer-monomer tersebut adalah teknis dan dipakai langsung tanpa pemurnian, kecuali pembebasan inhibitornya. CCl_4 dipakai tanpa pemurnian. Pelarut toluen dan benzen masing-masing dipakai untuk penentuan fraksi gel dan kerapatan ikatan silang.

Iradiasi dilakukan pada suhu ruang dalam iradiator IRPASENA (30 kCi) dengan laju dosis 4 kGy/jam.

Rancangan percobaan yang dipakai adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan metode faktorial. Parameter yang diamati adalah sifat fisika film karet, kerapatan ikatan silang, dan fraksi gel. Sifat fisika film karet yang diuji adalah kekuatan tarik, modulus, perpanjangan putus, dan perpanjangan tetap sesuai dengan standar pengujian ASTM D412-80 memakai mesin penguji INSTRON 1122. Pengusangan film karet dilakukan dalam "geer oven" pada suhu 70°C . Viskositas lateks iradiasi diukur pada suhu ruang dengan sistem agitasi menggunakan VISCONIC E-12 pada kecepatan agitasi 100 rpm.

Konsentrasi monomer yang ditambahkan diperhitungkan terhadap KKK lateks

yang telah diencerkan. Konsentrasi CCl_4 sebesar 1 psk dipakai dalam campuran CCl_4 -monomer sebagian bahan pemeka.

Fraksi gel ditentukan setelah mencuci film karet secara terus menerus selama 72 jam dengan pelarut toluen. Kerapatan ikatan silang dihitung dengan rumus yang diturunkan dari rumus FLORY dan REHNER (5) :

$$V_0 = k \times Q^{-5/3}$$

di mana $k = 4.71 \times 10^{20}$ dan q adalah volumetric swelling ratio dalam pelarut benzen murni :

$$Q = 1 + (\rho_R/\rho_B)(W_2/W_1) - (\rho_R/\rho_B)$$

W_1 dan W_2 adalah berat film karet sebelum dan setelah direndam 24 jam dalam benzen. ρ_R adalah densitas karet (0,93). ρ_B adalah densitas benzen (0,87).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Efisiensi Monomer. Tabel 1 menunjukkan sifat fisika film karet lateks iradiasi jika nBA, MA dan MMA masing-masing dipakai sebagai bahan pemeka pada vulkanisasi radiasi. Uji F dari data yang diperoleh menunjukkan bahwa nBA cukup efektif sebagai bahan pemeka. Modulus maupun kekuatan tarik film karet lebih tinggi jika nBA dipakai sebagai bahan pemeka, demikian juga per-

panjangan tetap dan perpanjangan putus akan lebih rendah.

Kenaikan modulus dan penurunan perpanjangan putus serta perpanjangan tetap menunjukkan bahwa adanya monomer dan radiasi sinar gamma menyebabkan pembentukan ikatan di dalam partikel karet. Lateks iradiasi yang mengandung nBA memberikan kekuatan tarik yang cukup tinggi meskipun kerapatan ikatan silangnya dan fraksi gel masih sangat rendah. Hal ini menunjukkan bahwa ikatan silang yang terjadi dalam partikel karet hanyalah ikatan fisika (entanglement) seperti ikatan yang terjadi antara molekul poli (2EHA) dan LIR (3).

Dari struktur kimianya, MMA bersifat lebih hidrofobik daripada MA dan nBA sehingga lebih mudah diabsorpsi oleh partikel karet. Karena ikatan silang yang terjadi hanya merupakan "entanglement", maka temperatur gelas (T_g) polimer sangat menentukan. T_g poli (MMA) (105°C) lebih tinggi dibanding poli (MA) (6°C) dan poli (nBA) (-53°C). Pada suhu iradiasi (30°C), radikal bebas nBA bebas bergerak dan mudah membentuk "entanglement". MA sukar diabsorpsi oleh partikel karet sehingga pembentukan entanglement tidak efektif meskipun T_g nya rendah.

Kekuatan tarik maksimum (178.75 kg/cm^2) dicapai pada konsentrasi nBA 2 psk, setelah itu menurun lagi. Penurunan ini diduga karena berkurangnya kristalisasi molekul karet pada saat dita-

rik akibat banyaknya molekul poli (nBA) dalam partikel karet. Pada konsentrasi 4 psk, lateks iradiasi menjadi sangat kental sehingga tidak dapat dituang menjadi film karet untuk diuji.

Efisiensi Campuran Monomer- CCl_4 .

Tabel 2 menunjukkan sifat fisika film karet jika nBA, MA dan MMA masing-masing dicampur dengan 1 psk CCl_4 sebagai bahan pemeka. Campuran 1 psk nBA dan 1 psk CCl_4 memberikan kekuatan tarik maksimum (213.43 kg/cm^2) meskipun kerapatan ikatan silang dan fraksi gelnya masih rendah pada dosis 10 kGy. Hal ini menunjukkan bahwa campuran ini dapat dipakai sebagai bahan pemeka. Campuran ini telah dapat mengurangi pemakaian CCl_4 sebagai bahan pemeka. Selama ini konsentrasi CCl_4 yang dipakai adalah 3-5 psk dan dosis 30-50 kGy untuk mencapai kekuatan tarik maksimum.

Tabel 3 menunjukkan efek dosis iradiasi pada sifat fisika film karet dengan bahan pemeka nBA- CCl_4 (1 : 1). Kekuatan tarik maksimum (194.04 kg/cm^2) diperoleh pada dosis iradiasi 30 kGy. Nilai ini lebih rendah daripada nilai maksimum Tabel 2 karena "green strength" lateksnya berbeda. Kerapatan ikatan silang masih rendah, tetapi menunjukkan kenaikan dengan kenaikan dosis iradiasi. Dosis di atas 30 kGy hampir tidak terjadi kenaikan ikatan silang (Gambar 1). Perpanjangan tetap dan perpanjangan putus menurun dengan

kenaikan dosis iradiasi.

Viskositas Lateks Iradiasi. Gambar 2 menunjukkan efek konsentrasi nBA terhadap viskositas lateks iradiasi. Makin tinggi konsentrasi nBA, viskositas lateks iradiasi makin tinggi. Hal ini disebabkan oleh sifat hidrofilik nBA yang mendehidrasi molekul air pada permukaan partikel karet. Makin banyak air yang didehidrasi, makin tinggi viskositas lateks dan akhirnya terbentuk pasta. Adanya 1 psk CCl_4 dalam campuran nBA - CCl_4 menyebabkan sedikit pengenceran sehingga viskositas lateks iradiasi agak lebih rendah meskipun juga mengalami kenaikan.

Ketahanan Terhadap Pengusangan. Tabel 4 menunjukkan hasil uji pengusangan film karet. Modulus dan kekuatan tarik menunjukkan kenaikan pada awal pengusangan dan mulai menurun setelah hari ke 7. Kekuatan tarik menunjukkan kenaikan 10-20% dari 172.21 kg/cm^2 menjadi 191.9 kg/cm^2 setelah mengalami pengusangan 3 hari dan menurun mendekati kekuatan tarik awal (sebelum diusangkan) pada pengusangan selanjutnya. Terlihat bahwa, film karet yang mengandung nBA- CCl_4 tahan terhadap pengusangan meskipun belum ditambah antioksidan. Kerapatan ikatan silang mulai menurun setelah pengusangan lebih dari 7 hari. Warna film karet setelah diusangkan menjadi kecoklatan.

Perpanjangan tetap menurun setelah film karet diusangkan. Diduga, pemanas-

an film karet pada suhu 70°C menyebabkan penguapan molekul air sehingga kohesi molekul karet semakin kuat dan menaikkan elastisitas film karet setelah direntangkan.

KESIMPULAN

n-Butilakrilat dapat dipakai sebagai bahan pemeka pada vulkanisasi radiasi lateks alam. Ikatan silang yang terbentuk antara poli(nBA) dan molekul karet hanya berupa entanglement saja, sehingga kekuata tariknya cukup tinggi meskipun kerapatan ikatan silang dan fraksi gelnya masih sangat rendah. Kombinasi nBA- CCl_4 (1 psk - 1 psk) sebagai bahan pemeka memberikan sifat fisika yang baik pada dosis iradiasi 30 kGy. Film karet yang diperoleh menunjukkan ketahanan terhadap pengusangan, tetapi tetap mengalami pencoklatan.

DAFTAR PUSTAKA

1. MAKUUCHI, K., and HAGIWARA, M., Radiation vulcanization of NR latex with polifunctional monomers I. J. Appl. Polym. Sci. 29 (1984) 965.
2. MAKUUCHI, K., and HAGIWARA, M., Radiation vulcanization of NR latex with polifunctional monomers II. Radiat. Phys. Chem. 24 (1984) 203.
3. MAKUUCHI, K., and TSUSHIMA, K., "Radiation vulcanization of NR latex with acrylic monomers", International Rubber Conference, Kuala Lumpur, Malaysia (1985).
4. DEVENDRA, R., "Radiation vulcaniza-

'tion of NR lateks. Development of
Sensitizer". IAEA. EAG Meeting on
RVNRL, Takasaki (1986)

5. FLORY, P.J., and REHNER J., J.Chim.
Phys. 11 (1943) 521.

Tabel 1. Sifat fisika film karet lateks iradiasi dengan bahan pemeka nBA dan MMA.

	Monomer, psk														
	n-BA				MA				MMA						
	0.5	1	2	3	4	0.5	1	2	3	4	0.5	1	2	3	4
Modulus 300% (kg/cm ²)	5.21	5.84	6.68	7.06	-	4.29	4.03	4.11	4.03	4.01	4.08	4.12	4.14	4.26	4.40
Modulus 600% (kg/cm ²)	9.46	11.11	14.76	15.91	-	5.28	5.05	5.11	4.92	5.34	4.97	4.86	5.42	5.84	5.98
Kekuatan tarik (kg/cm ²)	101.75	131.60	178.75	145.36	-	65.91	53.64	50.69	56.32	55.01	52.26	54.85	58.58	63.14	62.09
Perpanjangan pu- tus (%)	1069	1067	1056	966	-	1190	1152	1143	1165	1173	1178	1200	1153	1117	1227
Perpanjangan te- tap 100% (%)	34	31	25	20	-	65	62	67	68	65	37	40	35	30	27
Kerapatan ikatan silang (10 ¹⁸ cm ⁻³)	5	12	13	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fraksi gel (%)	0	0	18	33	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Green strength : 50 kg/cm²
Dosis iradiasi : 10 kGy (4 kGy/jam)

Tabel 2. Sifat fisika film karet lateks iradiasi dengan bahan pemeka campuran monomer CCl₄.

	Monomer, psk														
	n-BA				MA				MMA						
	0.5	1	2	3	4	0.5	1	2	3	4	0.5	1	2	3	4
Modulus 300% (kg/cm ²)	5.88	6.40	7.54	8.57	-	4.89	4.64	4.73	4.70	4.54	4.65	4.71	4.88	5.04	5.39
Modulus 600% (kg/cm ²)	12.72	16.02	17.42	21.53	-	7.96	7.58	7.78	7.55	7.80	7.15	6.84	7.46	8.61	9.13
Kekuatan tarik (kg/cm ²)	159.36	213.43	206.88	126.07	-	83.50	73.83	77.65	93.51	84.11	75.07	72.40	85.89	101.10	105.72
Perpanjangan putus (%)	1050	1073	990	921	-	1096	1076	1081	1128	1103	1107	1093	1073	1120	1053
Perpanjangan tetap 100% (%)	27	27	21	20	-	41	42	46	44	46	57	57	53	53	57
Kerapatan ikatan silang (10 ¹⁸ cm ⁻³)	10	17	21	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fraksi gel (%)	0	0	25	27	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Green strength : 50 kg/cm²
Konsentrasi CCl₄ : 1 psk
Dosis iradiasi : 10 kGy (4 kGy/jam)

Tabel 3. Efek dosis iradiasi terhadap sifat fisika film karet.

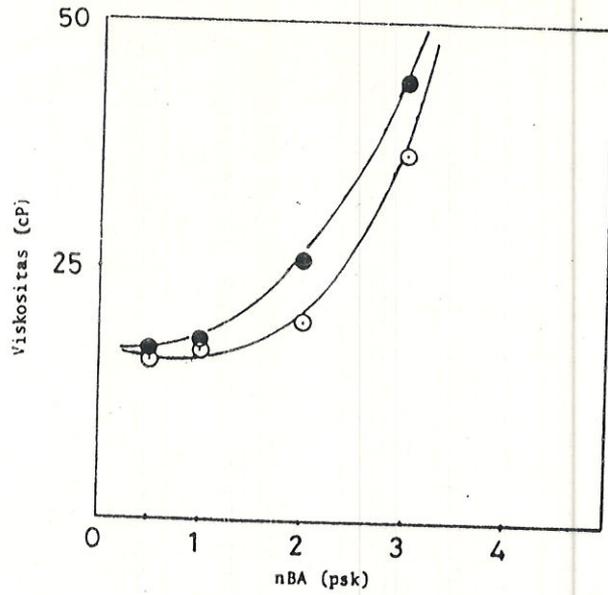
	Dosis (kGy)					
	10	20	30	40	50	60
Modulus 300% (kg/cm ²)	6.82	8.00	8.58	8.10	8.85	9.43
Modulus 600% (kg/cm ²)	15.83	18.07	20.12	22.23	25.37	29.84
Kekuatan tarik (kg/cm ²)	188.65	192.68	194.04	162.68	152.97	147.26
Perpanj. putus (%)	1061	1025	980	909	858	800
Perpanj. tetap 100% (%)	35	29	25	18	15	15
Kerapatan ik. si- lang (10 ¹⁸ cm ⁻³)	12.27	16.01	18.21	19.43	21.21	22.76
Fraksi gel (%)	58.30	75.75	82.20	87.99	90.51	91.26

nBA-CCl₄ : 1:1 (psk/psk)
Laju dosis : 4 kGy/jam²
Green strength : 30 kg/cm²

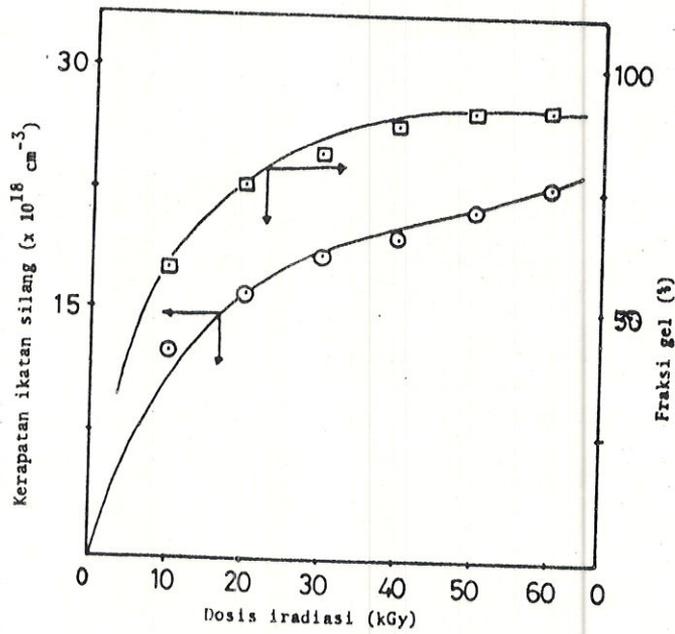
Tabel 4. Sifat fisika film karet setelah pengusangan.

	0*	Pengusangan (hari)				
		1	3	7	14	21
Modulus 300% (kg/cm ²)	7.95	8.05	8.23	8.19	7.50	7.37
Modulus 600% (kg/cm ²)	16.33	16.34	17.73	16.49	15.13	14.78
Kekuatan tarik (kg/cm ²)	172.21	187.94	191.19	180.13	173.57	171.90
Perpanj. putus (%)	967	1100	967	967	1000	1045
Perpanj. tetap 100% (%)	24	20	16	12	10	10
Kerapatan ik. si- lang (x10 cm ⁻⁸)	20.15	18.94	18.94	18.30	17.85	17.63
Fraksi gel (%)	50.30	39.07	36.52	32.94	43.56	59.39

nBA-CCl₄ : 1:1 (psk/psk)
Dosis iradiasi : 30 kGy (4 kGy/jam)
* sebelum pengusangan



Gambar 2. Efek konsentrasi nBA terhadap viskositas lateks iradiasi.
 ● = tanpa 1 psk CCl_4
 ○ = dengan 1 psk CCl_4
 dosis iradiasi 10 kGy (4 kGy/jam)



Gambar 1. Efek dosis iradiasi terhadap kerapatan ikatan silang dan fraksi gel.
 nBA CCl_4 (1 psk - 1 psk)
 Laju dosis 4 kGy/jam