

# KOPOLIMERISASI RADIASI MONOMER METILMETAKRILAT PADA KARET ALAM

Sudradjat Iskandar\*, F. Sundardi\*, K. Makuuchi\*\*, dan Dian I.\*

## ABSTRAK

KOPOLIMERISASI RADIASI MONOMER METILMETAKRILAT PADA KARET ALAM. Proses kopolimerisasi radiasi monomer metilmetakrilat (MMA) pada karet alam (KA) dengan metode simultan menggunakan sinar gamma Cobalt-60 sebagai sumber radiasi pada dosis 10, 25, 50 dan 100, kGy dengan kadar monomer dalam karet sebanyak 25, 50, dan 100% telah dilakukan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa proses ini dapat dilakukan dengan mudah dan dapat memodifikasi sifat fisik KA misalnya kekerasan, modulus, perpanjangan tetap, ketahanan sobek, tegangan putus, porositas, persen pengembangan dalam benzen, dan pengusangan. Kenaikkan dan penurunan sifat fisik KA kopolimer dipengaruhi oleh dosis iradiasi dan konsentrasi monomer. Berat jenis KA kopolimer lebih tinggi daripada KA

## ABSTRACT

RADIATION COPOLYMERIZATION OF METHYLMETHACRYLATE MONOMER INTO NATURAL RUBBER. The radiation copolymerization of methylmethacrylate (MMA) monomer into natural rubber (NR) by simultaneous technique using <sup>60</sup>Co gamma rays with irradiation doses of 10, 25, 50, and 100 kGy, and concentration of monomer in NR were 25, 50, and 100% by weight has been done. It was found that irradiation technique can be used easily for the preparation of grafted NR, and will modify the physical properties of NR, such as hardness, modulus, permanent set, tear strength, tensile strength, porosity, swelling ratio in benzen, and ageing. The change of NR copolymer properties was markedly influenced by irradiation dose and monomer concentration. The density of NR copolymer was found to be higher than that of NR.

## PENDAHULUAN

Beberapa peneliti telah mencoba memodifikasi KA dengan metode kopolimerisasi radiasi monomer pada KA dalam bentuk lateks (1). Oleh karena produksi karet di Indonesia berdasarkan statistik tahun 1987 sebanyak 1 juta ton per tahun, dan lateks KA sekitar 43 ribu ton (2), sedang kebutuhan konsumen akan lateks KA pertahunnya masih belum terpenuhi, maka dipelajari kemungkinan

penerapan proses kopolimerisasi radiasi monomer pada KA dalam bentuk padatan. Diharapkan proses ini dapat dipakai untuk proses akhir pembuatan barang-barang jadi KA, dan dapat memodifikasi sifat fisik KA. Di dalam penelitian ini dipakai monomer metilmetakrilat dengan harapan kopolimer KA yang dihasilkan bersifat termoplastik elastomer, sehingga lebih berdaya guna karena dapat dicetak ulang. Masalah yang dipelajari dalam penelitian ini ditekankan pada proses kopolimerisasi dan sifat fisik kopolimer KA yang dihasilkan.

\* Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN  
\*\* Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment, JAERI

## BAHAN DAN METODE

*Bahan.* Lateks pekat diperoleh dari Perkebunan Pasir Waringin PTP XI, Jawa Barat. Kadar karet kering (KKK) lateks sekitar 60% dan kekentalannya sekitar 50 cp. Film karet kering diperoleh dengan menuangkan lateks di atas kaca, dan diuapkan pada suhu kamar. Monomer metilmetakrilat buatan Mitsubisi Rayon Co. Ltd., Jepang, dicuci dengan larutan 5% natrium hidroksida dalam air suling, dan dikeringkan dengan kalsium klorida murni. Bahan kimia lainnya berkualitas p.a. dan tidak dimurnikan.

*Alat.* Iradiator Panoramik  $^{60}\text{Co}$ , Instron model 1122, Shore Duro meter Hardness tipe "A-2", Shimadzu Infrared, Scanning Elektron Microscope (SEM) JSM-T300, Jepang, Geer oven Toyoseiki, mesin penggiling dan pengepres panas Toyoseiki, Differential Scanning Calorimeter (DSC), Dupon, Kanada.

*Metode.* Diagram analisis kopolimer MMA-KA dapat dilihat pada Gambar 1. Kira-kira 10 g film KA direndam dalam monom ER MMA selama waktu tertentu hingga menyerap monomer sebanyak 25, 50, dan 100%, lalu dibungkus dengan film mylar, dan diradiasi dengan sinar gamma pada dosis 10, 25, 50 dan 100 kGy, dengan laju dosis 4 kGy per jam pada suhu kamar.

*Metode Pemisahan.* Dua gram kopolimer KA diekstrak dengan aseton untuk memisahkan polimetilmetakrilat (PMMA). Bagian yang tidak larut dalam aseton

misalnya PMMA yang terikat pada KA, KA, dan karet berikatan silang, diekstraksi dengan tetrahidrofuran (THF), untuk memisahkan karet berikatan silang, karena karet berikatan silang tidak larut dalam THF. Ekstraksi dilakukan pada suhu kamar selama 7 hari, lalu persen konversi monomer yang berubah menjadi polimer, kadar ekstrak aseton, dan fraksi yang tidak larut dalam THF dihitung secara gravimetri.

*Pengusangan.* Pengusangan dilakukan dengan memanaskan sampel dalam geer oven pada suhu 70°C selama 7 hari.

*Pengembangan Dalam Benzen.* Film karet dengan ukuran tertentu direndam dalam benzen selama 3 hari dengan kemiringan 45°. Persentase pertambahan berat dihitung secara gravimetri.

*Pengujian Sifat Fisika.* Sifat fisika kopolimer KA diuji menurut ASTM.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

*Pengembangan Volume dan Berat Karet.* Persentase pertambahan volume dan berat karet setelah direndam dalam monomer dan setelah diiradiasi dapat dilihat pada Gambar 2 - 5. Terlihat bahwa berat KA sebelum perendaman, suhu, dan lama perendaman mempengaruhi pertambahan volume dan berat karet setelah direndam dalam monomer dan diiradiasi. Hal ini disebabkan pada saat perendaman, molekul-molekul monomer masuk ke dalam partikel KA. Semakin ri-

## BAHAN DAN METODE

*Bahan.* Lateks pekat diperoleh dari Perkebunan Pasir Waringin PTP XI, Jawa Barat. Kadar karet kering (KKK) lateks sekitar 60% dan kekentalannya sekitar 50 cp. Film karet kering diperoleh dengan menuangkan lateks di atas kaca, dan diuapkan pada suhu kamar. Monomer metilmetakrilat buatan Mitsubishi Rayon Co. Ltd., Jepang, dicuci dengan larutan 5% natrium hidroksida dalam air suling, dan dikeringkan dengan kalsium klorida murni. Bahan kimia lainnya berkualitas p.a. dan tidak dimurnikan.

*Alat.* Iradiator Panoramik  $^{60}\text{Co}$ , Instron model 1122, Shore Duro meter Hardness tipe "A-2", Shimadzu Infrared, Scanning Elektron Microscope (SEM) JSM-T300, Jepang, Geer oven Toyoseiki, mesin penggiling dan pengepres panas Toyoseiki, Differential Scanning Calorimeter (DSC), Dupon, Kanada.

*Metode.* Diagram analisis kopolimer MMA-KA dapat dilihat pada Gambar 1. Kira-kira 10 g film KA direndam dalam monom ER MMA selama waktu tertentu hingga menyerap monomer sebanyak 25, 50, dan 100%, lalu dibungkus dengan film mylar, dan diradiasi dengan sinar gamma pada dosis 10, 25, 50 dan 100 kGy, dengan laju dosis 4 kGy per jam pada suhu kamar.

*Metode Pemisahan.* Dua gram kopolimer KA diekstrak dengan aseton untuk memisahkan polimetilmetakrilat (PMMA). Bagian yang tidak larut dalam aseton

misalnya PMMA yang terikat pada KA, KA, dan karet berikatan silang, diekstraksi dengan tetrahidrofur (THF), untuk memisahkan karet berikatan silang, karena karet berikatan silang tidak larut dalam THF. Ekstraksi dilakukan pada suhu kamar selama 7 hari, lalu persen konversi monomer yang berubah menjadi polimer, kadar ekstrak aseton, dan fraksi yang tidak larut dalam THF dihitung secara gravimetri.

*Pengusangan.* Pengusangan dilakukan dengan memanaskan sampel dalam geer oven pada suhu 70°C selama 7 hari.

*Pengembangan Dalam Benzen.* Film karet dengan ukuran tertentu direndam dalam benzen selama 3 hari dengan kemiringan 45°. Persentase pertambahan berat dihitung secara gravimetri.

*Pengujian Sifat Fisika.* Sifat fisika kopolimer KA diuji menurut ASTM.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

*Pengembangan Volume dan Berat Karet.* Persentase pertambahan volume dan berat karet setelah direndam dalam monomer dan setelah diiradiasi dapat dilihat pada Gambar 2 - 5. Terlihat bahwa berat KA sebelum perendaman, suhu, dan lama perendaman mempengaruhi pertambahan volume dan berat karet setelah direndam dalam monomer dan diiradiasi. Hal ini disebabkan pada saat perendaman, molekul-molekul monomer masuk ke dalam partikel KA. Semakin ri-

ngan karet alam yang direndam, semakin luas permukaan KA yang dimasuki monomer, sehingga semakin besar persen pertambahan volume dan berat setelah perendaman. Demikian pula waktu perendaman, semakin lama proses perendaman berlangsung, semakin banyak monomer yang masuk ke dalam partikel-partikel KA. Kenaikan suhu perendaman menyebabkan energi vibrasi atom-atom atau molekul-molekul KA, dan jarak rata-rata antara atom-atom molekul KA bertambah, sehingga monomer yang masuk ke dalam partikel KA lebih banyak.

*Pengaruh Dosis Iradiasi dan Konsentrasi Monomer.* Pengaruh dosis iradiasi dan konsentrasi monomer terhadap sifat fisik KA kopolimer sebelum dan setelah pengusangan terlihat pada Tabel 1 dan 2. Tabel ini menunjukkan bahwa kenaikan dosis iradiasi maupun konsentrasi monomer menaikkan kekerasan (K), modulus 300 (M-300), modulus 600 (M-600), ketahanan sobek (KS), tegangan putus (TP), dan berat jenis (BD), sedang perpanjangan tetap (PT), perpanjangan putus (PP), dan persen pengembangan berat (PPB) menurun dengan naiknya dosis iradiasi dan tidak begitu terpengaruh oleh naiknya konsentrasi, kecuali PP. Terlihat pula bahwa sifat fisik kopolimear KA lebih tinggi daripada KA. Perubahan sifat fisik kopolimer KA erat hubungannya dengan perubahan kimia yang terbentuk dalam kopolimer KA seperti terlihat pada Tabel 3. Tabel ini menunjukkan bahwa

dosis iradiasi mempengaruhi persen konversi, kadar homopolimer, dan jumlah ikatan silang karet, sedang kenaikan konsentrasi monomer mempengaruhi jumlah PMMA.

*Pengusangan.* Tabel 2 menunjukkan sifat fisik kopolimer karet alam setelah pengusangan. Terlihat bahwa kopolimer KA lebih tahan terhadap pengusangan daripada KA, khususnya pada dosis tinggi. Hal ini disebabkan fraksi yang berikatan silang lebih banyak.

*Spektra Infra Merah.* Gambar 6 - 9 menunjukkan spektra infra merah kopolimer KA, KA, PMMA murni, dan homopolimetilmetakrilat. Pada spektra KA terlihat gugus  $\text{CHR}_1\text{R}_2=\text{CHR}_2$  (Cis) pada  $1660\text{ cm}^{-1}$ ,  $\text{CH}_2$  pada  $2845\text{ cm}^{-1}$ ,  $\text{CH}_3$  pada  $1446$  dan  $1375\text{ cm}^{-1}$ , sedang pada spektra PMMA murni terlihat gugus  $\text{CH}_3$  pada  $1448\text{ cm}^{-1}$ ,  $\text{CH}_2$  pada  $2940\text{ cm}^{-1}$ , dan akrilat pada  $1725$  dan  $1150\text{ cm}^{-1}$ . Gugus-gugus pada spektra PMMA terlihat pula pada spektra homopolimetilmetakrilat, sedang pada spektra kopolimear KA terlihat gugus-gugus dari spektra PMMA dan KA. Hal ini menunjukkan bahwa PMMA terikat dalam kopolimer KA, baik berupa graft maupun homopolimer.

*Bentuk Penampang Melintang Kopolimer KA.* Scanning electron microscope dipakai untuk mendeteksi bentuk penampang melintang kopolimer KA. percobaan menunjukkan bahwa KA berbentuk porous dan porousitas kopolimear berkurang dengan bertambahnya dosis iradiasi maupun konsentrasi monomer. Gambar 10 dan 11

menunjukkan penampang melintang KA dan kopolimer KA.

#### KESIMPULAN

Proses kopolimerisasi radiasi dapat memodifikasi sifat fisik KA, sehingga memungkinkan untuk diterapkan sebagai proses akhir produksi barang-barang jadi karet yang sesuai dengan sifat yang dimilikinya. Kenaikkan dan penurunan sifat fisik kopolimer KA dipengaruhi oleh dosis iradiasi dan konsentrasi monomer.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada saudara Bambang, Armanu, Gunawan, dan rekan-rekan kelompok polimer PAIR-Batan atas segala bantuan yang telah diberikan sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. SUNDARDI, F., and SOFIARTI, W., Radiation graft-copolymerization of styrene on natural rubber latex, *Majalah Batan XVII* (1984) 96.
2. ANONIM, Buku petunjuk Produksi Indonesia, Indonesia Mandiri, PT. Elnusa, The Yellow pages, Jakarta, (1987).
3. PENDLE, T.D., Properties and Application of Block and Graft Copolymers of Natural Rubber, *Nat. Rubber Producers Assoc., Tech. Inf. Sheet No. 87*.
4. UTAMA, M., KARDHA, M.S., dan DARSONO, Studi perbaikan daya tahan terhadap minyak dan panas alam dengan metode kopolimerisasi Radiasi, (PAIR./P.203/1986), Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN, Jakarta (1986).
5. SUNDARDI, F., and KADARIJAH, S., Radiation grafting of methylmethacrylate monomer on natural rubber latex, (PAIR./T.118/1983), Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN, Jakarta (1983).
6. CHARLESSBY, A., Atomic Radiation and Polymer, Pergamon Press LTD., (1960).
7. DEREINDA, R., "Masa Depan Karet Alam di Indonesia", Karet (Prosiding Pertemuan, Purwakarta, 1986), Balai Penelitian Perkebunan Sungai Putih, Purwakarta (1986).

Tabel 1. Pengaruh dosis iradiasi pada sifat fisik kopolimer KA, sebelum pengusangan.

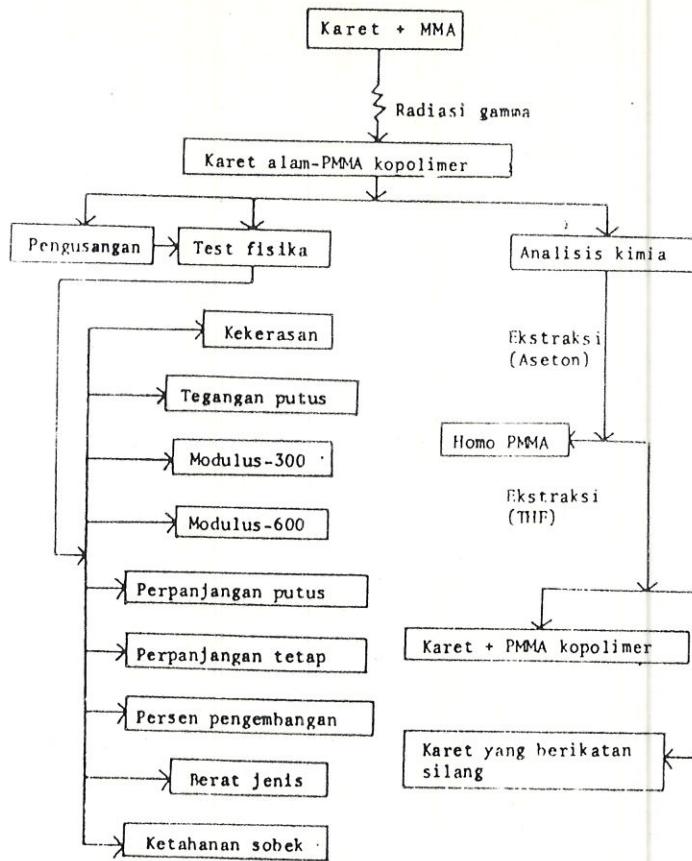
Dosis (kGy)	K (shore)	PT (%)	M-300 <sub>2</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	M-600 <sub>2</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	TP (kg/cm <sup>2</sup> )	KS (kg/cm <sup>2</sup> )	PP (%)	BD (g/cm <sup>3</sup> )	PPB (%)
I. Konsentrasi monomer : 0 psk									
0	22,4	48,3	4,8	6,8	51,4	12,8	1066	0,9179	-
10	21,7	25,6	5,2	7,3	58,2	10,4	1042	0,9188	3855
25	22,5	15,6	5,1	7,7	74,9	16,6	1000	0,9283	1869
50	21,7	12,1	6,0	8,2	72,7	11,6	1012	0,9194	1095
100	22,9	9,0	6,1	9,0	70,0	10,7	984	0,9173	834
II. Konsentrasi monomer : 25 psk									
10	30,4	11,4	8,0	39,6	131,0	12,1	814	0,9248	4609
25	32,8	8,4	9,5	53,8	136,0	12,6	767	0,9376	1706
50	33,6	7,4	10,3	66,0	143,2	13,5	728	0,9596	1403
100	35,5	6,9	13,7	95,3	152,3	13,5	681	0,9614	887
III. Konsentrasi monomer : 50 psk									
10	38,4	9,2	18,9	137,9	208,5	55,2	694	0,9946	4212
25	40,8	8,1	21,2	158,5	200,8	78,5	664	0,9905	1913
50	41,9	6,4	24,6	174,4	222,3	80,7	666	0,9958	1044
100	44,2	3,9	36,5	208,7	250,9	63,8	619	0,9956	707
IV. Konsentrasi monomer : 100 psk									
10	59,8	11,6	117,1	-	240,4	90,1	503	1,0401	4743
25	58,9	10,1	105,8	-	248,2	92,0	483	1,0398	1856
50	61,6	6,6	145,7	-	257,4	95,8	478	1,0280	1059
100	63,0	4,5	163,1	-	259,7	97,4	444	1,0384	723

Tabel 2. Pengaruh dosis iradiasi pada sifat fisik kopolimer KA, setelah pengusangan.

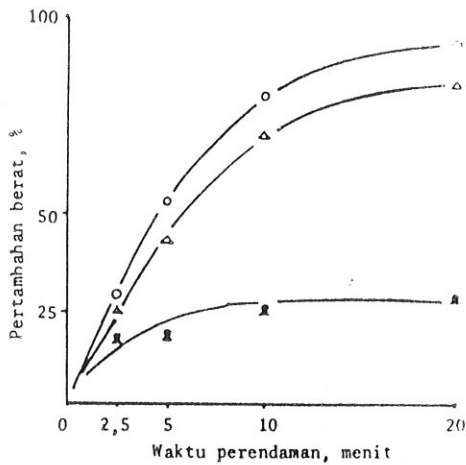
Dosis (kGy)	K (shore)	PT (%)	M-300 <sub>2</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	M-600 <sub>2</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	TP (kg/cm <sup>2</sup> )	KS (kg/cm <sup>2</sup> )	PP (%)	BD (g/cm <sup>3</sup> )	PPB (%)
I. Konsentrasi monomer : 0 psk									
0	20,0	50,0	4,0	4,8	19,7	5,3	1043	0,9182	-
10	19,6	31,7	4,1	5,4	28,5	7,5	1113	0,9177	4533
25	21,1	16,7	4,4	7,1	53,0	8,0	1040	0,9168	2211
50	21,5	13,8	5,4	8,4	53,3	9,0	1000	0,9177	1287
100	23,6	8,8	5,9	10,1	63,4	10,4	916	0,9196	898
II. Konsentrasi monomer : 25 psk									
10	27,1	15,0	6,2	20,1	65,9	11,0	823	0,9635	4560
25	30,9	8,8	8,9	48,2	105,9	11,5	759	0,9663	1867
50	31,4	7,9	9,7	47,9	115,6	12,0	738	0,9664	1267
100	33,7	6,7	13,2	86,0	134,7	9,8	671	0,9686	736
III. Konsentrasi monomer : 50 psk									
10	34,4	12,9	13,1	87,3	139,0	20,7	728	0,9897	4503
25	38,7	9,6	19,7	133,5	169,7	18,7	667	0,9995	2506
50	39,5	5,8	22,6	147,0	182,8	56,0	663	1,0034	1303
100	41,8	4,2	39,6	218,8	237,3	86,3	602	0,9933	792
IV. Konsentrasi monomer : 100 psk									
10	56,1	18,3	85,0	-	187,4	52,7	501	1,0407	4356
25	57,7	10,8	91,5	-	185,5	65,2	463	1,0402	5091
50	55,5	8,7	143,9	-	240,5	63,9	444	1,0437	3996
100	64,2	4,8	140,9	-	240,8	75,4	450	1,0470	762

Tabel 3. Pengaruh iradiasi pada konversi monomer, ekstrak aseton, dan bagian yang tidak larut dalam THF (BTLDT).

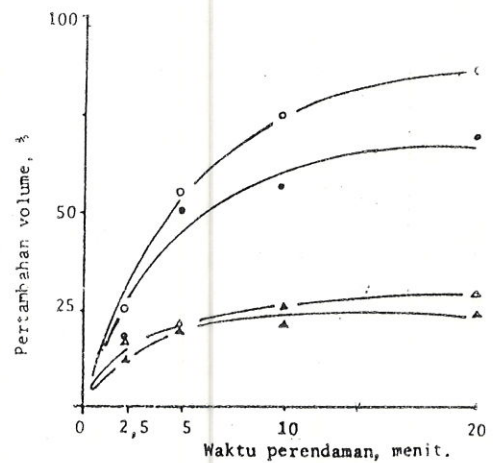
Dosis iradiasi (kGy)	Konversi (% berat)	Ekstrak aseton (% berat)	FTLDT (% berat)
I. Konsentrasi monomer : 0 psk			
10	-	3,0	65,6
25	-	3,0	76,6
50	-	3,0	82,0
100	-	3,0	93,4
II. Konsentrasi monomer : 25 psk			
10	75,4	3,7	51,1
25	91,7	5,9	69,2
50	93,5	6,8	77,9
100	93,5	5,3	84,7
III. Konsentrasi monomer : 50 psk			
10	88,2	11,4	47,7
25	94,4	16,7	63,9
50	95,3	19,8	74,9
100	95,1	19,2	76,0
IV. Konsentrasi monomer : 100 psk			
10	89,6	18,3	38,9
25	95,4	30,3	52,3
50	95,6	34,6	57,3
100	94,7	37,3	59,5



Gambar 1: Diagram analisis kopolimer KA-PMMA.

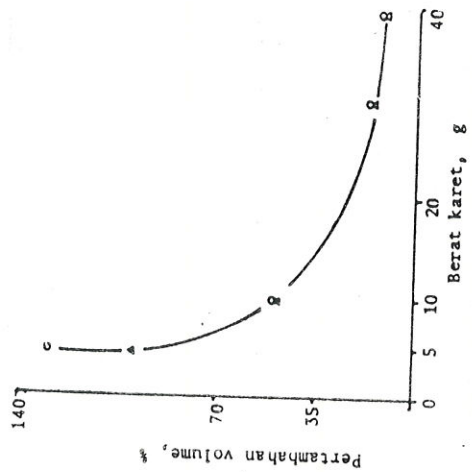


Gambar 2. Hubungan antara waktu perendaman karet alam dalam monomer MMA dan pertambahan berat karet.  
 Suhu: a.  $-20^{\circ}\text{C}$  ○:sebelum iradiasi; berat awal 6,5 g. ▲:setelah iradiasi  
 b.  $27^{\circ}\text{C}$  ○:sebelum iradiasi; berat awal 7,0 g. ▲:setelah iradiasi.

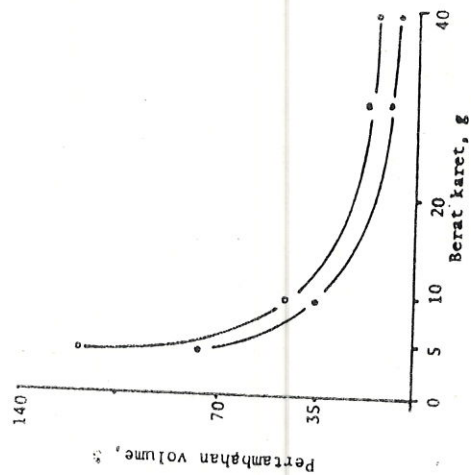


Gambar 3. Hubungan antara waktu perendaman karet alam dalam monomer MMA dan pertambahan volume karet.  
 Suhu: a.  $-20^{\circ}\text{C}$  ○:sebelum iradiasi; volume awal 7,0  $\text{cm}^3$  ▲:setelah iradiasi  
 b.  $27^{\circ}\text{C}$  ○:sebelum iradiasi; volume awal 7,5  $\text{cm}^3$  ●:setelah iradiasi

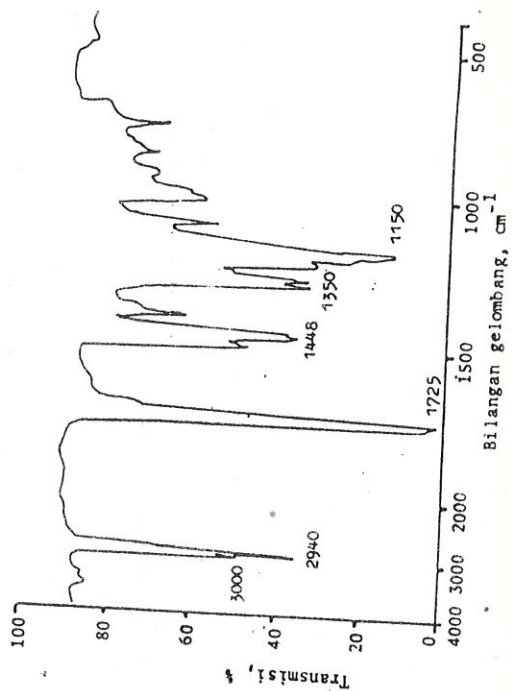




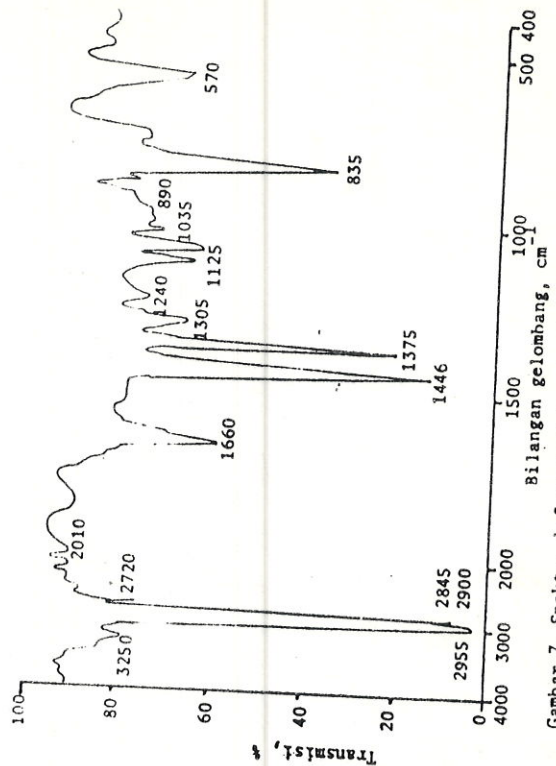
Gambar 4. Hubungan antara berat karet yang diredam dalam monomer MMA dan pertambahan berat karet, sebelum iradiasi (O) dan setelah iradiasi (A), pada suhu 27°C selama 10 menit.



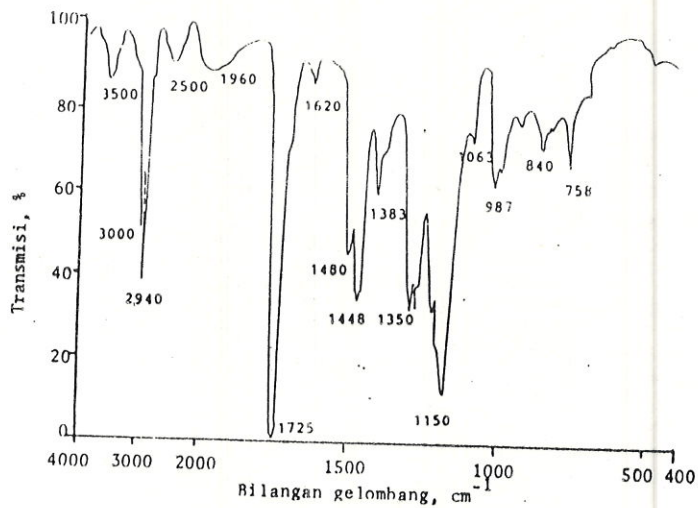
Gambar 5. Hubungan antara berat karet yang diredam dalam monomer MMA dan pertambahan volume karet, sebelum iradiasi (O) dan setelah iradiasi (●), pada suhu 27°C selama 10 menit.



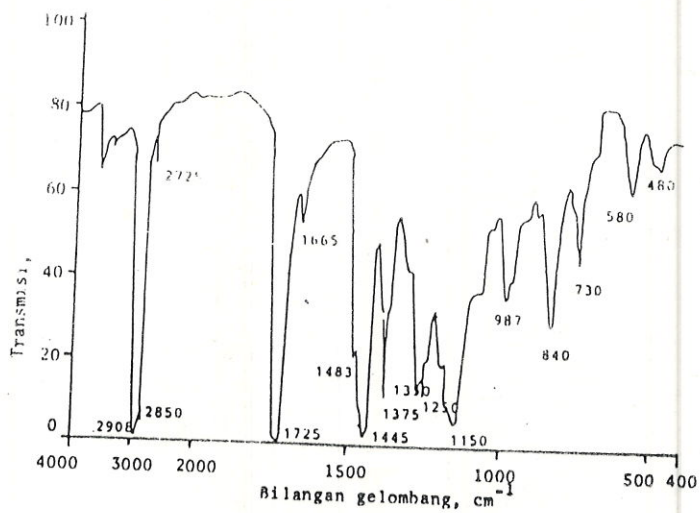
Gambar 6. Spektra infra merah homopolimetilmetakrilat.



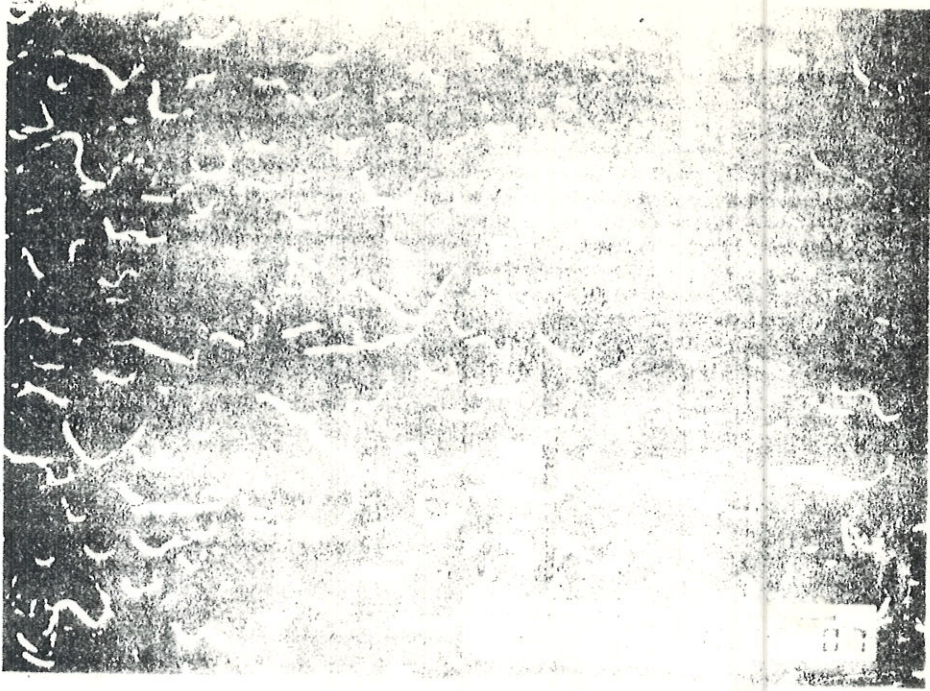
Gambar 7. Spektra infra merah karet alam.



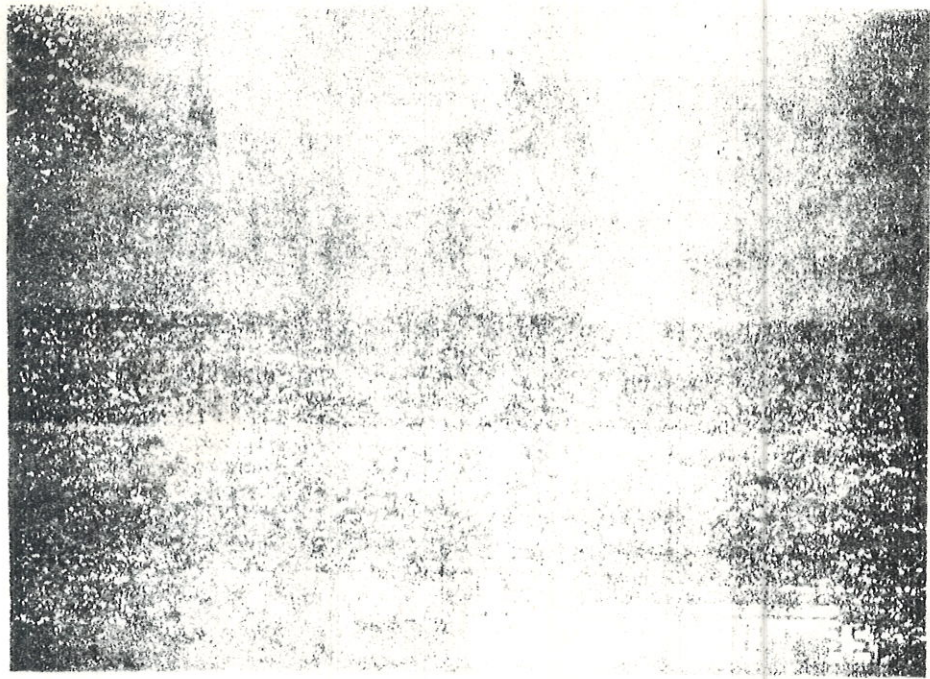
Gambar 8. Spektra infra merah polimetilmetakrilat murni.



• Gambar 9. Spektra infra merah kopolimer KA-PMMA.



Gambar 1.1. Burung-burung yang terbang di atas gedung.



Gambar 1.2. Burung-burung yang terbang di atas gedung.