

PENGARUH IRADIASI SINAR GAMMA
DAN PENAMBAHAN HITAM KARBON
TERHADAP SIFAT FISIK/MEKANIK
KOMPON KARET ALAM-LDPE

Sudradjaat I, Isni M, Kadarijah, dan Made
Sumarti K.

PENGARUH IRADIASI SINAR GAMMA DAN PENAMBAHAN HITAM KARBON TERHADAP SIFAT FISIK/MEKANIK KOMPON KARET ALAM-LDPE

Sudradjat I, Isnii M., Kadarijah, dan Made Sumarti K.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi, BATAN

ABSTRAK

PENGARUH IRADIASI SINAR GAMMA DAN PENAMBAHAN HITAM KARBON TERHADAP SIFAT FISIK/MEKANIK KOMPON KARET ALAM-LDPE. Untuk meningkatkan sifat fisik/mekanik kompon karet alam-LDPE, telah dilakukan karakterisasi pengaruh iradiasi sinar gamma dan penambahan hitam karbon terhadap sifat fisik mekanik kompon karet alam-LDPE.

Kompon karet alam-LDPE dibuat dengan menggunakan mesin dua rol pada suhu 120°C untuk rol muka dan 100°C untuk rol belakang selama kurang lebih 20 menit. Hitam karbon yang ditambahkan dalam jumlah yang bervariasi mulai dari 0, 33, 67 sampai dengan 100 psk. Sedangkan pembuatan film kompon karet alam-LDPE digunakan mesin pres panas dan dingin masing-masing pada suhu 135°C dan suhu kamar selama 5 menit, dengan tekanan 150 kg/cm². Iradiasi film kompon karet alam-LDPE dilakukan dengan sinar gamma dari sumber Cobalt-60 pada suhu kamar dengan dosis iradiasi mulai dari 0, 150, 300 sampai dengan 500 kGy. Karakterisasi film kompon karet alam-LDPE dilakukan dengan menggunakan alat Instron, Hardness tester dan SEM (mikroskop elektron skaning).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan bertambahnya dosis iradiasi, sifat tegangan putus dan kekerasan kompon karet alam-LDPE cenderung bertambah. Sedangkan sifat perpanjangan putusnya cenderung berkurang. Penambahan hitam karbon meningkatkan sifat kekerasan kompon karet alam-LDPE dan menurunkan sifat perpanjangan putusnya. Tegangan putus dan perpanjangan putus maksimum dapat dicapai sekitar 113 kg/cm² dan 587 pada kompon karet alam-LDPE dengan kadar hitam karbon sebanyak 33 psk yang diiradiasi pada dosis 300 kGy.

- Kekerasan	Shore A	55 – 80	55 – 80	55 – 80
- Ketahanan sobek	kg/cm ²	min. 60	min. 40	min. 25
- Perpanjangan tetap 50 %, (%)	-	maks. 4	maks. 7	maks. 10
- Bobot jenis	g/cm ³	maks. 1,2	maks. 1,4	maks. 1,6
- Ketahanan kikis	mm ³ kgm	maks. 1,0	maks. 1,5	maks. 2,5
- Ketahanan retak lentur 150 kcs	-	tidak retak	tidak retak	tidak retak

2. Organoleptis
- | | |
|-----------------------------------|---|
| - Keadaan dan atau kenampakan sol | Tidak cacat dan atau rusak yang berupa sobek, lubang, retak, goresan. |
|-----------------------------------|---|

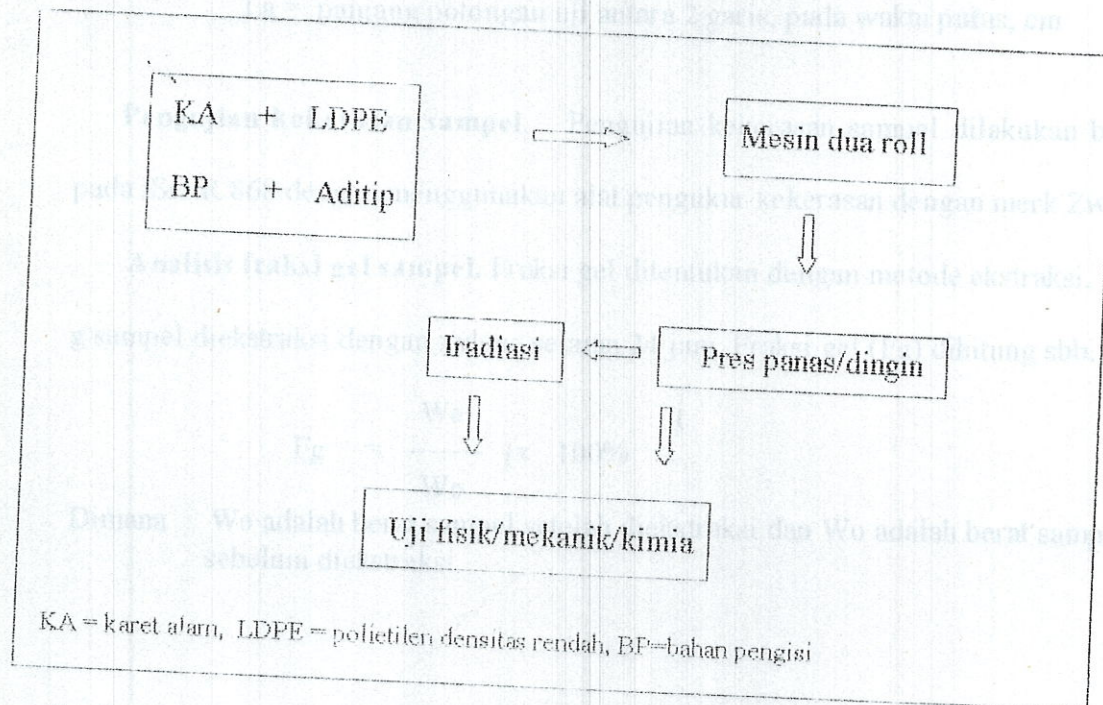
Pengaruh komposisi kompon karet alam-LDPE dan dosis iradiasi sinar gamma terhadap tegangan putus, perpanjangan putus dan kekerasan dibahas dalam makalah ini.

PERCOBAAN

Bahan. Pada percobaan ini dipakai karet alam berupa krep yang diperoleh dari perkebunan PTP XI Nusantara Bogor. Polietilen densitas rendah (LDPE) buatan Korea dengan nama dagang Samsung. Hitam karbon (HAF N-330), kalsium karbonat, asam stearat dan parafin wax dipakai buatan lokal. Anti oksidan dipakai irganox 1076. Xylen dipakai sebagai pelarut.

Metode. Secara garis besar tatakerja penelitian terlihat pada gambar 1. Kompon karet alam – LDPE diperoleh dengan mencampurkan karet alam (KA), LDPE, bahan pengisi (BP) dan bahan aditif (BA) dengan menggunakan mesin dua rol pada suhu 120°C untuk rol muka dan 100°C untuk rol belakang selama kurang lebih 20 menit dengan kecepatan pencampuran 18 rpm. Kompon yang dihasilkan selanjutnya dibuat film dengan ketebalan 2 mm, panjang 15 cm dan lebar 15 cm dengan menggunakan mesin pres panas dan dingin

masing-masing pada suhu 135°C dan suhu kamar selama 5 menit dengan tekanan 150 kg/cm². Kemudian film yang terbentuk diiradiasi dengan sinar gamma dari sumber cobalt-60 pada dosis 0, 150, 300 dan 500 kGy. Karakterisasi kompon karet alam-LDPE dilakukan setelah dan sebelum diiradiasi.



Gambar 1. Diagram alir pengaruh iradiasi sinar gamma dan penambahan hitam karbon terhadap sifat fisik/mekanik kompon karet alam-LDPE

Pengujian tegangan putus dan perpanjangan putus sampel. Tegangan putus dan perpanjangan putus sampel dilakukan berdasarkan pada ASTM D 412 dengan menggunakan alat uji tarik (Strograph-R1, Toyoseiki) dengan kecepatan penarikan 500 mm/menit.

Perhitungan : Tegangan putus =
$$\frac{F}{T \times W} \text{ kg/cm}^2$$

Mekanisme yang terjadi pada proses vulkanisasi radiasi karet pada intinya meliputi 3 tahap reaksi. Tahap reaksi pertama yaitu tahap pembentukan radikal bebas hasil interaksi radiasi dengan karet. Tahap selanjutnya adalah tahap propagasi radikal bebas melalui proses reaksi adisi. Tahap terakhir adalah tahap proses pembentukan ikatan silang atau produk stabil melalui reaksi rekombinasi radikal.

Menurut W. X. ZHANG dkk. (10) terbentuknya molekul yang berikatan silang atau jaringan tiga dimensi tersebut erat hubungannya dengan fraksi padatan yang tidak larut dalam pelarutnya atau fraksi gel. Dengan fraksi gel tersebut, maka kerapatan silang (jaringan tiga dimensi) polimer dapat dihitung dengan satu persamaan yang diturunkan oleh CHARLESBY dan PINNER sbb. :

$$R(S + S^{1/2}) = P_0 R^\beta / q_0 + 1/q_0 \mu$$

Dimana P_0 adalah konstanta, q_0 adalah kerapatan jaringan tiga dimensi per satuan dosis iradiasi, β adalah parameter struktur polimer, μ jumlah awal rata-rata derajat polimerisasi, S adalah fraksi terlarut pada dosis radiasi R yang sama dengan $1 - F_g$ (fraksi gel). Dari persamaan tersebut secara kualitatif dapat dihitung bahwa dengan bertambahnya fraksi gel, maka kerapatan ikatan silang bertambah.

HASIL PERCOBAAN DAN PEMBAHASAN

Didalam penelitian ini digunakan formulasi kompon karet alam-LDPE seperti yang tercantum dalam Tabel 3. Kadar hitam karbon yang berubah dalam formulasi tersebut mulai dari 0, 33, 67 dan 100 psk, sedangkan yang lainnya seperti karet alam, LDPE, kalsium karbonat, Zn O, asam stearat, irganox 1076, parafin wax dan minyak minarex B

tetap. Komposisi dan daya ikat antara bahan yang tersusun dalam kompon sangat menentukan sifat fisik/mekanik kompon. Hubungan antara perubahan komposisi terhadap sifat fisik/mekanik kompon karet alam-LDPE sebelum dan setelah diiradiasi 150 kGy diunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 3. Formulasi kompon karet alam-LDPE dengan satuan psk (perseratus bagian karet alam).

Bahan	I	II	III	IV
1. Karet alam (krep)	100 psk	100 psk	100 psk	100 psk
2. LDPE	33 psk	33 psk	33 psk	33 psk
3. Kalsium karbonat	67 psk	67 psk	67 psk	67 psk
4. Hitam karbon	0 psk	33 psk	67 psk	100 psk
5. ZnO	3,3 psk	3,3 psk	3,3 psk	3,3 psk
6. Asam stearat	1 psk	1 psk	1 psk	1 psk
7. Irganox 1076	0,67 psk	0,67 psk	0,67 psk	0,67 psk
8. Parafin wax	0,67 psk	0,67 psk	0,67 psk	0,67 psk
9. Minyak minarex B	13,3 psk	13,3 psk	13,3 psk	13,3 psk

Pada tabel tersebut terlihat bahwa sebelum diiradiasi, sifat tegangan putus dan kekerasan kompon karet alam-LDPE cenderung bertambah dengan bertambahnya kadar hitam karbon, sedangkan perpanjangan putusnya berkurang. Daya rekat antara molekuler bahan dalam kompon merupakan ikatan fisika. Hal ini terlihat pada fraksi gelnya yang menunjukkan tidak adanya bahan yang tersisa setelah kompon tersebut diekstrak dengan

pelarut xylen. Setelah kompon diiradiasi dengan sinar gamma pada dosis 150 kGy, terlihat adanya perubahan sifat fisik/mekanik dan ketahanan terhadap pelarut xylen. Tegangan putus, kekerasan dan fraksi gel kompon karet alam-LDPE bertambah sedangkan perpanjangan putusnya berkurang dengan bertambahnya kadar hitam karbon. Tegangan putus kompon bertambah secara nyata kemudian berkurang dengan penambahan hitam karbon setelah kompon diiradiasi pada dosis 150 kGy. Tegangan putus maksimum kompon dicapai pada penambahan hitam karbon sebanyak 33 psk.

Tabel 4. Pengaruh komposisi terhadap tegangan putus, perpanjangan putus dan kekerasan kompon karet alam-LDPE sebelum (A) dan setelah diiradiasi 150 kGy (B).

Kadar hitam karbon (psk)	Tegangan putus (kg/cm ²)		Perpanjangan putus (%)		Kekerasan (shore A)		Fraksi gel (%)	
	A	B	A	B	A	B	A	B
0	37	59	520	487	38	41	0	0
33	38	97	525	423	55	62	0	61,4
67	41	93	500	358	63	78	0	61,2
100	39	70	375	208	83	85	0	61,8

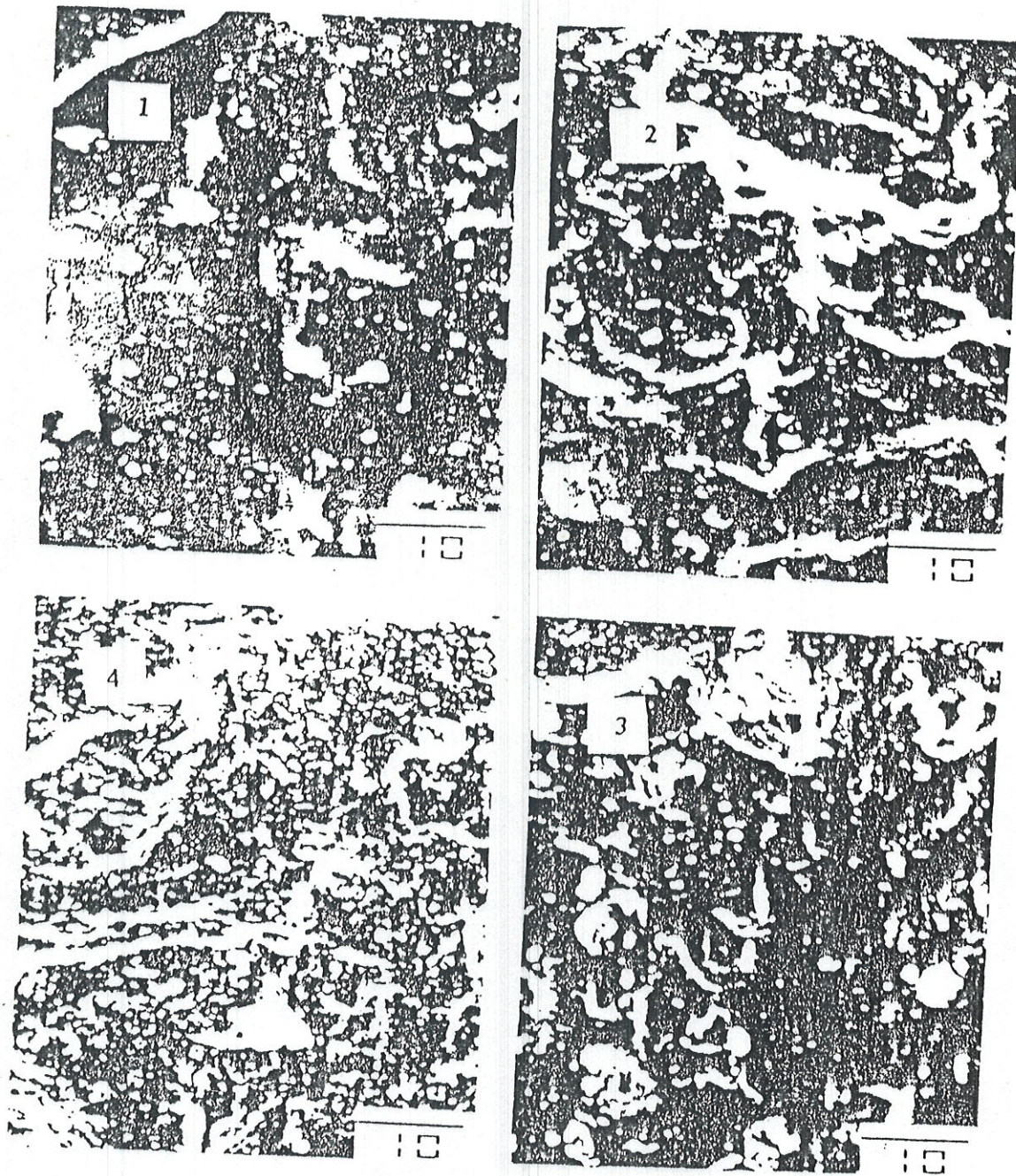
Dari data hasil penelitian menunjukkan bahwa kompon yang tidak ditambahkan hitam karbon, tidak memiliki fraksi gel sekalipun telah diiradiasi 150 kGy. Artinya jaringan tiga dimensi pada kompon belum terbentuk. Sedangkan setelah ditambahkan hitam karbon sebanyak 33, 67 atau 100 psk, fraksi gel kompon terlihat sekitar 61%. Dengan demikian

keberadaan hitam karbon memiliki peran penting dalam pembentukan molekul jaringan tiga dimensi dan peningkatan sifat fisik/mekanik kompon dalam sistim vulkanisasi radiasi.

Pada data diatas terlihat bahwa kompon iradiasi yang mengandung hitam karbon sebanyak 33 psk menghasilkan tegangan putus maksimum, oleh karena itu di dalam penelitian selanjutnya digunakan kompon dengan komposisi tersebut. Hubungan pengaruh dosis iradiasi terhadap tegangan putus, perpanjangan putus, kekerasan dan fraksi gel kompon karet alam-LDPE ditunjukkan pada Tabel 5. Tabel tersebut menunjukkan bahwa tegangan putus kompon bertambah kemudian berkurang, sedangkan perpanjangan putusnya berkurang secara nyata, kekerasan dan fraksi gelnya bertambah secara nyata dengan bertambahnya dosis iradiasi.

Tabel 5. Pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap tegangan putus, perpanjangan putus kekerasan dan fraksi gel kompon karet alam-LDPE dengan kadar hitam karbon sebanyak 33 psk.

Dosis iradiasi (kGy)	Tegangan putus (kg/cm ²)	Perpanjangan putus (%)	Kekerasan (shore A)	Fraksi gel (%)
0	38	525	55	0
150	97	433	62	61,4
300	113	425	71	72,3
500	82	375	72	86



Gambar 2. Foto elektron mikrograf bentuk permukaan patahan kompon karet alam-LDPE dengan kadar hitam karbon sebanyak 0 psk [1], 33 psk [2], 67 psk [3] dan 100 psk [4].

tersebar pada matrik karet alam. Partikel dengan diameter sekitar dibawah 0,5 mikron terlihat sanget mencolok pada penambahan tersebut. Perubahan lain dari ke empat komposisi tersebut yaitu pada bentuk patahannya. Semakin banyak kandungan hitam karbon di dalam kompon, terlihat semakin tajam bentuk permukaan patahannya. Kemungkinan perubahan tersebut erat hubungannya dengan mobilitas rantai molekul karet yang semakin berkurang dengan bertambahnya hitam karbon.

Mengamati hasil penelitian (Tabel 4 dan 5) dan syarat mutu barang jadi karet berupa karpet karet dan sol sepatu (Tabel 1 dan 2), terlihat bahwa sebelum penambahan hitam karbon dan diiradiasi dengan sinar gamma kompon karet alam-LDPE tidak memenuhi syarat untuk dibuat karpet karet atau sol sepatu. Hal ini terlihat dari sifat tegangan putus dan kekerasannya dibawah syarat mutu. Setelah penambahan hitam karbon minimal 33 psk dan diiradiasi dengan sinar gamma minimal pada dosis 300 kGy atau penambahan hitam karbon sekitar 67 psk dan diiradiasi pada dosis 150 kGy, sifat tegangan putus dan kekerasan kompon karet alam - LDPE telah memenuhi syarat mutu karpet karet ataupun sol sepatu. Kemungkinan kompon tersebut dapat digunakan dalam pembuatan karpet karet atau sol sepatu, namun masih perlu ada penelitian lanjutan, khususnya dalam mengevaluasi sifat fisik/mekanik lainnya.

KESIMPULAN

Iradiasi sinar gamma dan penambahan hitam karbon mempengaruhi sifat fisik/mekanik kompon karet alam-LDPE. Dengan bertambahnya dosis iradiasi, tegangan

putus, kekerasan dan ketahanan terhadap pelarut xylen kompon karet alam-LDPE bertambah secara nyata sedangkan perpanjangan tetapnya berkurang. Penambahan hitam karbon meningkatkan kekerasan dan tegangan putus kompon iradiasi dan menurunkan perpanjangan tetapnya. Tegangan putus maksimum kompon karet alam-LDPE dapat mencapai 113 kg/cm^2 pada komposisi kandungan hitam karbon sebanyak 33 psk dan diiradiasi dengan sinar gamma pada dosis 300 kGy. Kemungkinan kompon karet alam-LDPE dapat dibuat karpet karet dan sol sepatu.

DAFTAR PUSTAKA

1. AGUS TJAHAJANA, "Peluang untuk Industri Barang Jadi Karet Suku Cadang Otomotif", disajikan pada Pelatihan Pengawasan dan Pengendalian Mutu Barang Jadi Karet, "Suku Cadang Otomotif Non Ban", Jakarta (1996) tidak dipublikasi.
2. MUHAMAD SURJANI, "Industri Karet Berwawasan Lingkungan", Majalah Info Karet, 69 VI (1998) 4
3. ISAO ISHIGAKI, "Progress of Industrial Application of Radiation Processing", Regional UNDP (RCA) Industrial Training/Demonstration on Radiation Vulcanization of Natural rubber Latex, BATAN, Jakarta (1984) tidak dipublikasi
4. SUDRADJAT L, DIAN L, ISNI M., dan KADARIJAH, "Pengaruh Radiasi Sinar gamma Terhadap Sifat Fisika Campuran Polietilen-Karet Alam", Risalah Pertemuan Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi, Jakarta (1994) 277
5. SUDRADJAT L, YOSHII F., dan MAKUUCHI K., "Pengaruh Radiasi Berkas Elektron Terhadap Sifat Fisika Termoplastik Elastomer LDPE-Karet Alam", dipresentasikan pada pertemuan Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi, Batan, Jakarta (1996)
6. SUDRADJAT L, YOSHII F., and MAKUUCHI K., "Radiation Crosslinking of Natural Rubber-Low density Polyethylene Blends with Polyfunctional Monomers", Proceedings Of The International Workshop on Green Polymers, Indonesian Polymer Associations, Institute for Research and Development of Cellulose