

PEMANFAATAN TER SEBAGAI SOFTENER DALAM PEMBUATAN KARET RIKLIM (THE UTILIZATION OF COAL TAR AS SOFTENER IN RECLAIM RUBBER PRODUCTION)

Arum Yuniari ¹⁾

ABSTRACT

The aims of this research was to study the effect of Coal Tar as softener for reclaim rubber production from waste of rubber of tyre rethreading . The waste of tyre rethreading as input materials was scrap rubber. Coal Tar as softener was used with variation; 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5 and 15% respectively from total scrap rubber. Reclaimed rubber was made at temperature 120°C for 1 hour in autoclave and than it was subsequently ground with two rolls mills. The characteristics of the reclaimed rubber was tested for the vulcanization and physical properties. The results showed that Coal Tar could be utilized as softener for reclaimed rubber. Reclaimed rubber production containing Coal Tar 15% would give good vulcanization and physical properties. The vulcanization properties were as follows: rate vulcanization 819 seconds, scorch time 243 seconds, optimal vulcanization 1062 seconds, maximum torque 39,08 kgf-cm, minimum torque 4,71 kgf-cm. Good physical properties: tensile strength 80,74 kg/cm² elongation at break 444,62%, hardness 49 shore A, tear strength 40,39 kg/cm, density 1,15 g/cm³, abrasion resistance 1,87 mm³/kgm, and no crack detected on the flex cracking test of 150 kcs.

Key words : reclaimed rubber, scrap rubber, coal tar, softener.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh *softener* jenis ter pada pembuatan karet riklim dari limbah vulkanisir ban. Limbah vulkanisir ban sebagai bahan baku berupa karet skrap, sedangkan ter yang digunakan dengan variasi berturut turut 2,5 ; 5 ; 7,5; 10 ; 12,5 dan 15% dari jumlah total karet skrap. Proses pembuatan karet riklim dilakukan pada suhu 120° C selama 1 jam didalam *autoclave* kemudian diikuti proses penggilingan menggunakan *two rolls mills*. Karet riklim yang diperoleh ditentukan sifat vulkanisasi dan kualitas vulkanisatnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ter ternyata dapat dimanfaatkan sebagai *softener* dalam pembuatan vulkanisat karet riklim. Vulkanisat dengan penambahan ter 15% memberikan sifat vulkanisasi dan kualitas vulkanisat terbaik. Sifat vulkanisasi yang diperoleh meliputi: waktu pra vulkanisasi 243 detik, waktu vulkanisasi optimum 1062 detik, laju vulkanisasi 819 detik, modulus torsi maksimum 39,08 kgf-cm, modulus torsi minimum 4,71 kgf-cm. Sedangkan nilai kualitas vulkanisat terbaik adalah sebagai berikut: tegangan putus 80,74 kg/cm², perpanjangan putus 444,62 %, kekerasan 49 shoreA, ketahanan sobek 40,39 kg/cm², bobot jenis 1,15 g/cm³, ketahanan kikis 1,87 mm³/kgm, ketahanan retak lentur 150 kes tidak retak.

Kata kunci : karet riklim, karet skrap, ter, softener

PENDAHULUAN

Ban merupakan salah satu pendukung yang sangat penting dari kendaraan bermotor. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia akan memberikan dampak terhadap jumlah kebutuhan ban. Dengan melonjaknya harga karet dipasaran Internasional menyebabkan harga ban ikut naik. Dalam suasana krisis ekonomi maka keinginan masyarakat untuk membeli ban vulkanisir merupakan salah satu alternatif solusi yang meringankan. Industri vulkanisir ban menghasilkan limbah karet yang berupa karet skrap. Limbah karet tersebut apabila dibuang kelingkungan tidak dapat terdegradasi oleh mikrobia dan dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan. Salah satu upaya mengatasi hal tersebut

adalah dengan memanfaatkan karet skrap menjadi karet riklim.

Beberapa metode untuk pembuatan karet riklim menurut Stafford dan Wright 1961, karet riklim dibuat dengan cara menggiling karet bekas menjadi butiran karet. Butiran tersebut dicampur dengan karet baru sebagai bahan pengisi. Hasil penelitian Rumpoko, Sutardi dan Herminiwati (2004) menunjukkan bahwa karet riklim dapat dibuat dengan menggunakan pemanasan microwave 200 watt, selanjutnya karet riklim dicampur dengan karet RSS. Menurut Franta (1989), karet riklim dibuat melalui proses devulkanisasi menggunakan panas. Prinsip prosesnya adalah pemutusan ikatan silang yang selanjutnya terjadi pemendekan rantai secara

¹⁾Balai Besar Kulit, Karet dan Plastik , Yogyakarta

simultan, terbentuk ikatan rangkap baru yang dapat divulkanisasi kembali. Pada umumnya pembuatan karet riklim dipengaruhi oleh suhu, oksigen dan bahan pembantu proses (*softener*). Hasil penelitian Dwi Wahini (2005), menunjukkan bahwa karet riklim dapat dibuat dengan menambahkan oli bekas sebagai reclaiming oil pada karet skrap, oli bekas berfungsi membantu terjadinya proses devulkanisasi karet skrap.

Dalam penelitian ini karet riklim dibuat melalui proses devulkanisasi menggunakan panas dan bahan pembantu proses yang digunakan adalah hidrokarbon cair yaitu ter yang bertujuan untuk mempermudah pengolahan karet skrap. Ter ini akan membuat vulkanisat mengembang dan berpengaruh terhadap kecepatan dan derajat degradasi selama proses pembuatan karet riklim.

Ter merupakan larutan kental yang berwarna coklat hingga hitam dihasilkan dari proses destruktif bahan organik seperti batu bara, petroleum dan kayu (Kirk and Othmer, 1954). Ter batu bara mengandung banyak komponen kimia terutama senyawa aromatik (Austin, 1985), oleh karena itu ter batu bara dapat digunakan sebagai *softener* dalam pembuatan karet riklim.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh *softener* jenis ter pada pembuatan karet riklim dari limbah vulkanisir ban ditinjau dari sifat vulkanisasi dan kualitas vulkanisatnya.

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan penelitian terdiri atas karet skrap atau limbah vulkanisir ban yang diperoleh dari perusahaan vulkanisir ban Sidomulyo Sleman Yogyakarta, *Ribbed Smoke Sheet* kualitas I (RSSI), ter (*softener*), *carbon black*, Zinc oksida, pre vulcanization inhibitors (Pilgard PVI), vulkanox HS, vulkacit H30, asam stearat, dispergator FL, 2 merchapto benzo thiazole, tetramethyl-thiuram disulfide(TMT) dan serbuk belerang.

Peralatan

Peralatan penelitian terdiri atas: drum kecil kapasitas 2 liter, pengaduk kayu, *autoclave*, *two roll mills* kapasitas 2 kg, hydraulic press (Toyosseiki, A-652200500) *oscillating disc rheometer* (Kunhwa KHR 2000), neraca analitis merk Sartorius, *tensile strength tester* (KaoTieh, Model KT 7010A, seri 70287, kapasitas, 500kg), *hardnes tester* (Durometer A merk Toyo Seiki), alat uji ketahanan kikis Grasselli (Wallace seri No.C79038/3), alat uji ketahanan retak lentur (Ross flexing machine, Satra) dan densimeter (Mirage,EW-20050 seri N0520154)

Cara Penelitian

Rancangan Penelitian

Dalam penelitian ini faktor yang dipelajari adalah jumlah *softener* jenis ter yang ditambahkan pada karet skrap. Jumlah ter yang ditambahkan divariasikan berturut turut 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5 dan 15% dari berat karet skrap. Disamping itu ditambahkan pula aktivator yang jumlahnya dibuat konstant 1%. Karet riklim yang dihasilkan diaplikasikan dalam formulasi kompon sebagai berikut pada tabel 1.

Tabel 1. Matriks jumlah *softener* dan formula kompon campuran karet alam dan karet skrap.

Bahan	Formula kompon (part per hundred rubber) phr					
	I	II	III	IV	V	VI
Karet RSSI	50	50	50	50	50	50
Karet skrap	50	50	50	50	50	50
Ter	2,5	5	7,5	10	12,5	15
Carbon black	10	10	10	10	10	10
ZnO	5	5	5	5	5	5
PVI	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Vulkasit H30	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Vulkanox HS	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Asam stearat	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Dispergator FL	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
MBT	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Belerang	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

Prosedur Percobaan

Karet skrap dipisahkan dari bagian kawat dan benangnya secara manual, selanjutnya karet skrap dicacah atau diperkecil ukurannya. Karet skrap dimasukkan dalam drum kemudian ditambah *softener* ter dengan perbandingan sesuai yang disajikan dalam tabel 1, dengan jumlah activator konstant 1%. Campuran diaduk hingga homogen kemudian dibiarkan semalam untuk memberi kesempatan ter diabsorpsi oleh partikel karet skrap. Campuran dipanaskan kedalam *autoclave* pada suhu 120°C selama 1 jam dan tekanan 3 psi. Karet riklim yang dihasilkan ditambah karet RSS kemudian digiling menggunakan two roll mills hingga plastis dan secara berurutan ditambahkan asam stearat, zink oksida, MBTS, PVI, dispergator FL, vulkacit H30, vulkanox HS dan bahan pengisi *carbon black*, digiling hingga homogen dan terakhir ditambah sulfur. Sebelum divulkanisasi kompon diuji waktu vulkanisasi optimum dengan rheometer. Selanjutnya kompon divulkanisasi dengan menggunakan hydraulic press pada suhu 150°C, tekanan 150kg/cm² dengan waktu sesuai rheometer. Vulkanisat karet disimpan pada ruang kondisi selama 24 jam sebelum dilakukan pengujian.

Pengujian

Karet riklim diuji sifat vulkanisasi yang diamati dari kurva rheometer pada suhu 150°C meliputi waktu pra vulkanisasi (t_{s2}), waktu vulkanisasi optimum (t_{90}), laju vulkanisasi, modulus torsi maksimum (MH), modulus torsi minimum. Uji sifat fisis vulkanisat meliputi: tegangan putus, perpanjangan putus, kekerasan, berat jenis, ketahanan sobek, ketahanan retak lentur dan ketahanan kikisnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengaruh penambahan jumlah *softener* terhadap sifat vulkanisat karet riklim

Waktu vulkanisasi optimum merupakan waktu yang diperlukan sejak awal pemanasan untuk mematangkan kompon. Tabel 2 menunjukkan bahwa dengan makin banyak ter yang ditambahkan waktu untuk vulkanisasi makin lama.

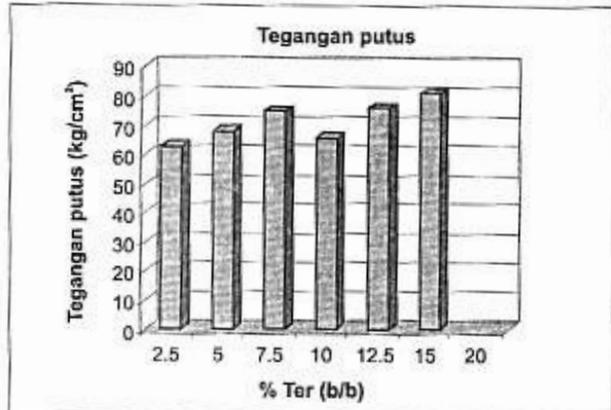
Tabel 2. Pengaruh ter terhadap sifat vulkanisat karet riklim

Parameter	Jumlah ter, % b/b						Kompon riklim
	2,5	5	7,5	10	12,5	15	
1. Waktu pravulkanisasi (t_{s2}), detik	224	249	217	169	238	243	63
2. Waktu vulkanisasi optimum (t_{90}), detik	1027	1007	997	1070	989	1062	645
3. Laju vulkanisasi, detik	803	758	780	840	750	819	582
4. Modulus torsi maksimum (MH), kgf-cm	205	2293	2054	1971	1850	2343	56,92
5. Modulus torsi minimum (ML), kgf-cm	317	350	276	270	228	282	0

Hal ini ditunjukkan oleh vulkanisat karet riklim yang menggunakan ter 15% waktu vulkanisasinya adalah 1062 detik. Hasil penelitian ini lebih tinggi bila dibandingkan kompon pasaran yaitu 645 detik, hal ini disebabkan oleh makin banyak ter yang ditambahkan maka makin banyak ter yang diabsorpsi oleh rantai karbon akibatnya vulkanisat akan mengembang. Selanjutnya dapat memutuskan ikatan rangkap antara karbon dengan karbon dan karbon dengan sulfur sehingga akan menyebabkan terjadinya ikatan rangkap baru. Menurut Franta (1989) menyatakan bahwa *softener* berfungsi mengaktifkan kembali ikatan rangkap sehingga lebih banyak ikatan rangkap yang dapat bereaksi dengan sulfur. Laju vulkanisasi merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kematangan optimum yang diukur sejak pertama kali terjadi vulkanisasi dari tabel 2 tampak bahwa laju vulkanisasi optimum terjadi pada vulkanisat karet riklim yang menggunakan ter 10% yaitu 840 detik dan nilai ini lebih besar dari riklim pasaran sebesar 582 detik.

2. Pengaruh *softener* terhadap sifat tegangan putus

Tegangan putus vulkanisat karet riklim cenderung naik dengan penambahan jumlah ter. Hasil uji tegangan putus berturut turut adalah 63; 67,52 ; 74,5 ; 65,85 ; 75,75 dan 80,74 kg/cm², seperti disajikan pada gambar 1.

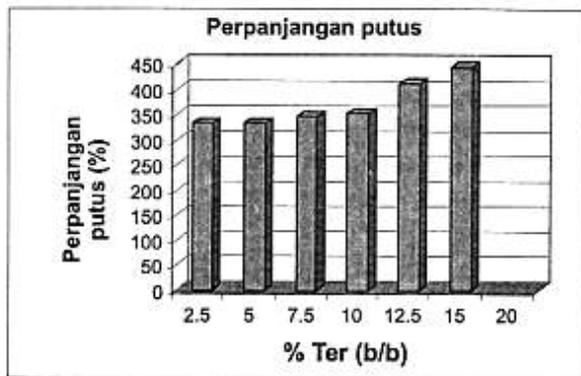


Gambar 1. Tegangan putus vulkanisat karet riklim

Hasil uji tegangan putus terendah adalah vulkanisat karet riklim yang menggunakan ter 2,5% (63 kg/cm²) sedangkan hasil uji tegangan putus tertinggi dicapai oleh vulkanisat karet riklim menggunakan ter 15% (80,74 kg/cm²), nilai ini lebih tinggi dari kompon karet riklim pasaran sebesar 69,60 kg/cm². Dengan demikian dapat dikatakan bahwa ter dapat dimanfaatkan dalam pembuatan vulkanisat karet riklim karena ter terbukti mampu menaikkan tegangan putus. Hal ini didukung oleh penjelasan Vladimir (1991) bahwa jenis *softener* berperan sangat penting dalam pembuatan karet riklim. *Softener* yang akan memberikan pengaruh terhadap tingginya nilai tegangan putus adalah *softener* yang bersifat polar dan mempunyai struktur monomer alipatik dan siklis. *Softener* ter menurut Shreve (1985) merupakan minyak aromatis yang mempunyai struktur monomer alipatik demikian pula pendapat Hill dan Lyon (1962) bahwa ter merupakan minyak aromatis yang mempunyai struktur monomer heterosiklis. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa ter merupakan *softener* yang sesuai untuk pembuatan vulkanisat karet riklim karena terbukti dapat menaikkan tegangan putus (gambar 1).

3. Pengaruh *softener* terhadap sifat perpanjangan putus

Pada gambar 2 menunjukkan bahwa perpanjangan putus vulkanisat karet riklim cenderung naik sejalan dengan penambahan jumlah ter. Hasil uji perpanjangan putus berturut turut sebagai berikut : 333,07%; 333,07%; 346,19%; 352,76%; 411,81% dan 444,62% seperti disajikan pada gambar 2.



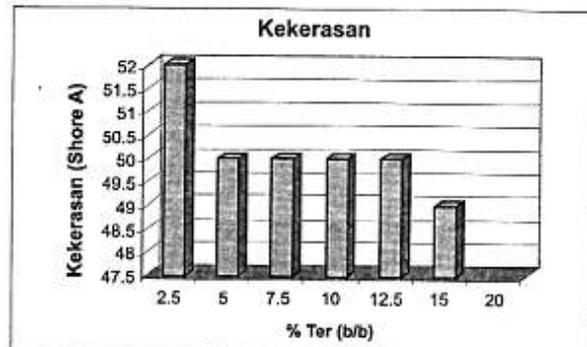
Gambar 2. Perpanjangan putus vulkanisat karet riklim.

Hasil uji perpanjangan putus terendah dijumpai pada vulkanisat karet riklim menggunakan ter 2,5% (333,07%) dan 5% (333,07%). Sedangkan hasil uji perpanjangan putus tertinggi dicapai oleh vulkanisat karet riklim menggunakan ter 15% (444,62%) nilai ini lebih besar dari nilai perpanjangan putus kompon karet riklim pasaran sebesar 116,7%. Hal ini kemungkinan dapat disebabkan *softener* ter mempunyai struktur monomer heterosiklis dan bersifat polar maka akan memberikan pengaruh yang sangat besar pada kenaikan nilai tegangan putus maupun perpanjangan putus (Vladimir, 1991). Selain itu makin banyak jumlah ter yang terabsorpsi oleh molekul karet maka vulkanisat makin elastis dan hal ini dapat mengakibatkan tiap unit volume karet yang diberi *softener* akan menyebabkan rantai jaringan menjadi lebih panjang dari pada tanpa *softener* (Franta, 1989). Dengan demikian dapat dikatakan bahwa *softener* ter menyebabkan vulkanisat makin elastis sehingga nilai perpanjangan putus menjadi tinggi.

4. Pengaruh *softener* ter terhadap sifat kekerasan

Pada gambar 3, menunjukkan bahwa kekerasan vulkanisat karet riklim cenderung turun dengan penambahan jumlah ter. Hasil uji kekerasan berturut turut adalah; 52, 50, 50, 50, 50 dan 49 shore A. Hasil uji kekerasan terendah adalah vulkanisat karet riklim yang menggunakan ter 15% (49 shore A). Sedangkan hasil uji kekerasan tertinggi dicapai oleh vulkanisat karet riklim yang menggunakan ter 2,5% (52 shore A) nilai kekerasan vulkanisat karet riklim ini ternyata lebih rendah bila dibandingkan kekerasan kompon karet riklim pasaran sebesar 54,33 shore A. Penurunan nilai kekerasan dapat disebabkan penambahan ter yang berfungsi sebagai *softener* dapat menyebabkan kandungan karet perunit volume berkurang yang selanjutnya berdampak melunakkan kompon karet sehingga

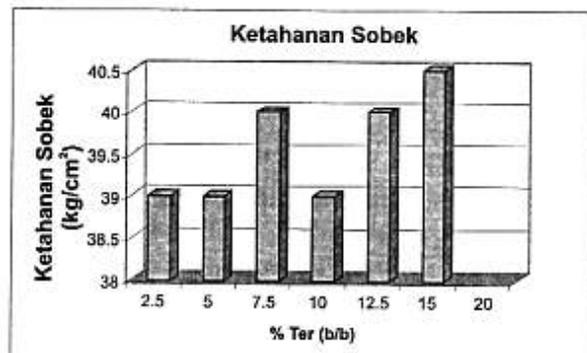
menurunkan kekerasan dan mengurangi kekuatan vulkanisat karet riklim yang dihasilkan.



Gambar 3. Kekerasan vulkanisat karet riklim

5. Pengaruh *softener* ter terhadap sifat ketahanan sobek

Ketahanan sobek vulkanisat karet riklim cenderung naik dengan penambahan jumlah ter. Hasil uji ketahanan sobek berturut turut 38,7; 38,61; 40; 38,71; 40,10 dan 40,39 kg/cm² disajikan pada gambar 4.

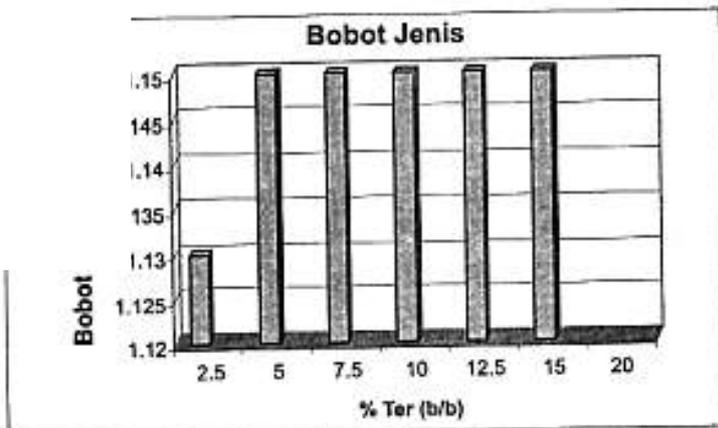


Gambar 4. Ketahanan sobek vulkanisat karet riklim

Hasil uji ketahanan sobek terendah dijumpai pada vulkanisat karet riklim yang menggunakan ter 2,5% (38,61 kg/cm²) sedangkan ketahanan sobek tertinggi dicapai oleh karet riklim menggunakan ter 15% (40,39 kg/cm²). Nilai ketahanan sobek vulkanisat karet riklim dengan penambahan ter (2,5% - 15%) lebih tinggi bila dibandingkan dengan karet riklim pasaran sebesar 25,58 kg/cm². Hal ini kemungkinan dapat disebabkan ter yang digunakan merupakan *softener* dengan berat molekul tinggi dan sangat kental yang menyebabkan mobilitas molekul menjadi berkurang sehingga memberikan dampak rantai polimer menjadi tidak terpisahkan dan akibatnya ketahanan sobek menjadi tinggi hal ini didukung oleh penjelasan dari Vladimir (1991). Demikian pula dengan bertambahnya jumlah *softener* ter maka rantai polimer yang terbentuk makin panjang, lebih efektif dan gaya kohesi intermolekul lemah mengakibatkan

sobek tinggi (Franta, 1989).

Pengaruh softener terhadap sifat bobot jenis.
 Penambahan jumlah *softener* ter tidak mempengaruhi bobot jenis vulkanisat karet riklim. Bobot jenis berturut turut 1,13; 1,15; 1,15; dan 1,15 g/cm³ disajikan pada gambar 5.

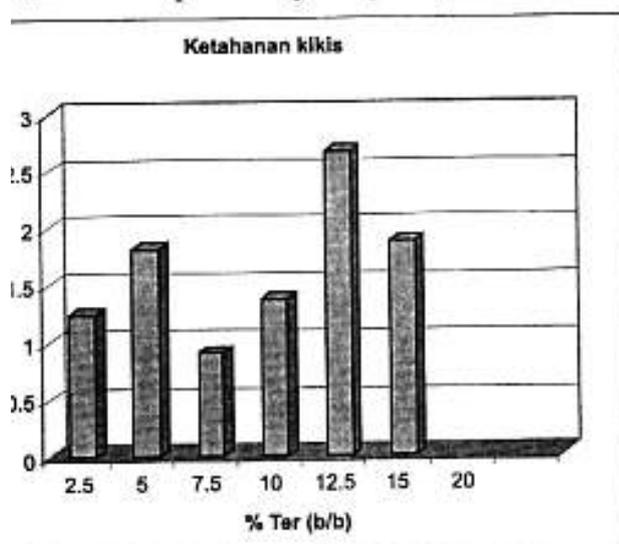


Gambar 5. Bobot jenis vulkanisat karet riklim.

Bobot jenis terendah dicapai oleh vulkanisat karet riklim menggunakan ter 2,5% (1,13 g/cm³). Sedangkan vulkanisat karet riklim menggunakan Ter (5% - 15%) mempunyai bobot jenis sama yaitu 1,15 g/cm³. Nilai bobot jenis vulkanisat karet riklim ternyata lebih tinggi bila dibandingkan komponen karet riklim pasaran (1,11 g/cm³). Hal ini disebabkan vulkanisat karet riklim hasil penelitian menggunakan *softener* ter yang merupakan larutan kental dan mempunyai berat jenis tinggi sehingga menyebabkan vulkanisat karet riklim menjadi lebih berat.

Pengaruh softener terhadap sifat ketahanan kikis (Grasselli)

Ketahanan kikis dinyatakan dengan volume kikis per satuan usaha (mm³/kgm). Makin volume terkikis per satuan usaha vulkanisat karet makin baik seperti disajikan pada gambar 6.



Gambar 6. Ketahanan kikis (Grasselli)

Gambar 6. menunjukkan bahwa penambahan jumlah ter memberikan pengaruh terhadap vulkanisat karet riklim. Hasil penelitian menunjukkan bahwa makin banyak ter yang ditambahkan terbukti memberikan pengaruh yang berfluktuasi terhadap ketahanan kikis. Ketahanan kikis tertinggi dicapai oleh vulkanisat karet riklim menggunakan ter 7,5% (0,9 mm³/kgm) nilai ini lebih tinggi daripada komponen karet riklim pasaran yaitu sebesar 0,24 mm³/kgm. Ketahanan kikis terendah dicapai oleh vulkanisat karet riklim yang menggunakan ter 15% (2,66 mm³/kgm). Penambahan *softener* ter dalam komponen karet riklim menyebabkan jumlah karet per unit volume turun, dengan demikian konsentrasi rantai polimer turun sehingga kekuatan vulkanisat karet juga turun.

8. Pengaruh softener terhadap sifat ketahanan retak lentur (150 kcs).

Ketahanan retak lentur vulkanisat karet erat kaitannya dengan jumlah bahan pengisi dan *softener*. Pada tabel 2. menunjukkan bahwa semua vulkanisat karet riklim hasil penelitian pada penambahan *softener* 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5 dan 15% semua tidak retak pada waktu dibengkokkan 150.000 bengkokkan. Demikian juga untuk riklim dari pasaran tidak retak pada waktu dibengkokkan selama 150.000 bengkokkan. Hal ini disebabkan *softener* sebagai pelumas antar molekul polimer berfungsi untuk meningkatkan plastisitas komponen. Akibatnya viskositas komponen turun, vulkanisat menjadi lunak dan lentur.

Tabel 3. Hasil uji ketahanan retak lentur Vulkanisat karet riklim

No	% b/b Ter	Hasil uji
1.	2,5	Tidak retak
2.	5	Tidak retak
3	7,5	Tidak retak
4.	10	Tidak retak
5.	12,5	Tidak retak
6.	15	Tidak retak

KESIMPULAN

Ter dapat dimanfaatkan sebagai *softener* dalam pembuatan karet riklim karena dapat membantu proses devulkanisasi karet skrap limbah vulkanisir ban disamping itu ter juga memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap vulkanisat karet riklim karena terbukti dapat menaikkan sifat tanggang putus, perpanjangan putus dan ketahanan sobek. Formulasi terbaik dicapai oleh vulkanisat karet riklim dengan kandungan ter 15% ditandai oleh sifat fi

sebagai berikut: tegangan putus 80,74 kg/cm², perpanjangan putus 444,62%, kekerasan 49 shoreA, ketahanan sobek 40,39 kg/cm², bobot jenis 1,15 g/cm³, ketahanan kikis 1,87 mm³/kgm, ketahanan retak lentur 150 kcs tidak retak. Secara umum karet riklim yang dihasilkan lebih baik dari karet riklim pasaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Austin, T., 1985. *Shreve's Chemical Process Industries*, fifth edition, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Dwi Wahini Nurhayati., 2005. *Pengaruh Oli Bekas Terhadap Sifat Karet Riklim dan Kualitas Vulkanisatnya*, Majalah Kulit, Karet dan Plastik Vol 21, Balai Besar Kulit, Karet Dan Plastik., Yogyakarta.
- Franta, L., 1989. Reclaimed rubber, *Elastomer And Rubber Compounding Materials : Manufacture, properties and Applications*, Elsevier Science Publishing Company, Inc., Amsterdam.
- Hill, and Lyon., 1962. A New Chemical Structure For Coal, *Shreve's Chemical Process Industries*, fifth edition, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Raymond E. Kirk and. Donald F. Othmer., 1954. *Tar and Pitch Encyclopedia of Chemical Technology Inc.* New York.
- Rumpoko Wicaksono, Sutardi dan Herminiwati., 2004. *Pembuatan Karet Riklim Dari Ban Bekas Dengan Microwave Ditinjau Dari Karakteristik Vulkanisat Kompon.* Majalah Kulit, Karet Dan Plastik Vol 20. Balai Besar Kulit, Karet Dan Plastik Yogyakarta.
- Stafford, W.E. and R. A. Wright., 1961. *Fundamental Aspects of Reclaimed Rubber.* In W.J.S. Naunton (ed). *The Applied Science of Rubber.* Edward Arnold Ltd. London.
- Makarov, VM and V.F. Drozdovski, 1991. *Reprocessing of tyres and Rubber Wastes: Recycling from Rubber Products Industry*, Ellis Horwood Limited, New York