

PEMBUATAN KOMPON KARET DENGAN PENAMBAHAN MINYAK KEMIRI (CANDLENUT OIL) EPOKSI

Rubber Compounding With Epoxy Candlenut Oil Addition

Rahmaniar¹, Gatot Priyanto² dan Basuni Hamzah²

¹) Balai Riset Dan Standardisasi Industri Palembang

²) Peneliti Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya

Abstrak

Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan formulasi yang baik dalam pembuatan kompon karet dengan penambahan epoksi minyak kemiri, dan mengetahui spesifikasi mutu yang dihasilkan dari perlakuan kompon karet vulkanisir ban. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 2 (dua) kali ulangan, 4 (empat) faktor dan 24 perlakuan. Faktor pertama temperatur epoksi (T_1 : 75°C, T_2 : 85°C), faktor kedua waktu epoksi (W_1 : 6 jam, W_2 : 10 jam, W_3 : 14 jam), faktor ketiga bahan pengisi (C_1 : 40 PHR, C_2 : 60 PHR) dan faktor keempat pelunak (P_1 : 5 %, P_2 : 15 %). Parameter yang diuji kekerasan, perpanjangan putus dan ketahanan kikis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, temperatur, lamanya epoksi, penambahan konsentrasi minyak biji kemiri epoksi dan *carbon black* serta interaksinya berpengaruh nyata terhadap perpanjangan putus dan ketahanan kikis, sedangkan terhadap kekerasan berpengaruh tidak nyata. Perlakuan terbaik diperoleh pada temperatur 75°C, waktu epoksi 10 jam, konsentrasi minyak biji kemiri epoksi 5% dan *carbon black* 60 PHR, dengan karakteristik kompon karet vulkanisir ban yaitu kekerasan 66 Shore A, perpanjangan putus 685 % dan ketahanan kikis 124,9 DIN mm³

Kata kunci : Epoksi, Kompon karet, *Carbon Black*, Minyak kemiri

Abstract

The research objective was to determine a proper formulation in rubber compound processing by addition of candlenut oil epoxy, and to investigate the specification of tire vulcanize rubber compound produce. The experimental design used in this study was Complete Randomized Design (CRD) with two replications, four factors and twenty four treatments. The first factor was epoxy temperatures ($T_1 = 75^{\circ}\text{C}$ and $T_2 = 85^{\circ}\text{C}$), the second factor was epoxy times ($W_1 = 6$ hours, $W_2 = 10$ hours, and $W_3 = 14$ hours), the third factor was filler materials ($C_1 = 40$ PHR and $C_2 = 60$ PHR), and the fourth factor was softeners ($P_1 = 5$ % and $P_2 = 15$ %). The tested parameters were hardness, elongation break and abrasive. The results showed that temperature, epoxy time, addition of epoxy candlenut oil concentration and carbon black as well as their interactions had significant effect on the elongation break and abrasive, but had no significant effect on hardness. The best treatment was found at temperature of 75°C, epoxy time of 10 hours, epoxy candlenut oil concentration of 5 % and carbon black of 60 PHR having characteristic of tire vulcanize rubber compound that consisted hardness of 66 Shore A, elongation break of 685 % and abrasive of 124.9 DIN.mm³.

Keywords : epoxy , rubber compound, carbon black, candlenut oil

PENDAHULUAN

Karet merupakan polimer hidrokarbon yang terbentuk dari emulsi

pada getah pohon karet atau dikenal sebagai lateks. (Syamsu, Y. 2003) Tanaman karet sekarang banyak dikembangkan di negara-negara Asia

Tenggara termasuk di Indonesia. Indonesia saat ini merupakan negara eksportir karet alam terbesar kedua di dunia setelah Thailand dengan negara tujuan ekspor utama adalah Amerika Serikat, Eropa, China dan Jepang. Produksi karet di Indonesia selama tiga tahun terakhir terus mengalami kenaikan. Kemampuan Indonesia sebagai eksportir karet alam yang terbesar kedua di dunia tidak seiring dengan kemampuannya dalam memenuhi kebutuhan barang jadi karet dalam negeri. Peluang pasar karet alam dunia yang besar mengakibatkan pemerintah Indonesia cenderung mengeksport karet alam untuk memperoleh devisa negara tanpa meningkatkan nilai tambah karet alam menjadi barang jadi karet. Sumatera Selatan merupakan salah satu propinsi yang mempunyai potensi karet yang besar di Indonesia. Produksi karet di Sumatera Selatan umumnya masih berupa karet mentah. Karet dalam keadaan mentah tidak dapat dibentuk menjadi barang jadi karet yang layak digunakan karena mempunyai berbagai kelemahan antara lain tidak elastis, tidak kuat dan tidak tahan cuaca. Agar dihasilkan barang jadi karet yang layak digunakan terlebih dulu karet mentah dicampur dengan bahan kimia misalnya bahan pelunak. Kompon karet akan mengalami pengerasan bila tidak diimbangi dengan penambahan bahan pelunak yang cukup. Pengerasan akan berakibat kualitas produk barang jadi karet menurun. Penambahan bahan pelunak dapat memudahkan pencampuran bahan pengisi ke dalam kompon karet, mempersingkat waktu dan menurunkan suhu pencampuran, menghambat *scorch* serta memudahkan proses pembentukan barang jadi karet (Alfa, 2007).

Bahan pelunak pada pembuatan kompon karet biasanya berasal dari minyak bumi (*petroleum oil*) yaitu jenis minyak mineral seperti parafinik, naftenik dan aromatik. Bahan pelunak yang berasal dari minyak bumi mempunyai kelemahan tidak ramah lingkungan, menyebabkan iritasi, korosif dan bersifat karsinogenik. Oleh karena itu perlu ada

alternatif bahan lain yang ramah lingkungan, diantaranya minyak yang berasal dari jenis minyak nabati.

Indonesia kaya akan sumber daya alam seperti minyak nabati yaitu minyak kemiri. Pada tahun 1990 ekspor kemiri mencapai 579 ton dan tahun 1995 meningkat menjadi 624 ton (Anonim, 2002). Minyak kemiri mengandung ikatan asam lemak tidak jenuh sekitar 85%. Minyak biji kemiri bersifat *degradable* dan sumber daya alam yang dapat diperbaharui. Minyak biji kemiri yang digunakan dalam penelitian ini berfungsi sebagai bahan pelunak dan telah diepoksi, yang merupakan hasil reaksi kimia dari minyak biji kemiri dengan senyawa epoksi. Senyawa epoksi dapat digunakan sebagai pelentur, stabilizer dan coating pada resin polimer serta merupakan bahan aditif, surfaktan, dan anti korosi, pada minyak pelumas (Sadi, 1995).

Senyawa epoksi didapat dari minyak nabati yang mengandung ikatan asam lemak tidak jenuh. Penelitian terhadap proses epoksidasi telah banyak dilakukan, diantaranya terhadap minyak biji karet (Okiemen *et al.*, 2002), olefin (Rainer *et al.*, 1990) ; dan minyak jarak (Goud *et al.*, 2007). Haryati (2001) menggunakan hasil epoksidasi asam lemak dari fraksi olein sebagai pelunak sekaligus memperbaiki ketahanan kompon polivinil klorida (PVC) terhadap panas dan cahaya.

Perbaikan tekstur karet alam melalui proses epoksidasi lebih banyak dilakukan terhadap lateks secara langsung (Roy *et al.*, 1990 ; Burfield *et al.*, 2003). Kelemahan dari proses secara langsung pada lateks adalah denaturasi protein lateks akibat dari penambahan asam H₂O₂. Selain itu, proses epoksidasi terhadap lateks langsung memerlukan pengontrolan terhadap pembentukan gugus oxiren. Pengontrolan ini diperlukan agar gugus oxiren yang telah terbentuk tidak terbuka membentuk gugus hidroksil dan gugus furan (Roy *et al.*, 1990). Modifikasi proses epoksidasi terhadap karet dilakukan secara tidak langsung pada lateks dengan menambahkan minyak yang telah mengalami epoksida

ke dalam kompon karet. Keuntungan dari proses ini adalah mempermudah proses pelenturan karet dan tingkat kelenturan karet yang diinginkan dapat diatur lebih mudah dengan mengatur konsentrasi penambahan minyak terepoksi.

Tahapan pencampuran dalam proses kompon karet menggunakan bahan kimia diantaranya bahan pelunak dan bahan pengisi. Bahan dan teknologi proses yang digunakan pada pembuatan kompon karet dengan menggunakan bahan pelunak minyak kemiri epoksi akan mempengaruhi sifat fisiknya. Perlakuan yang dilakukan adalah memvariasikan temperatur dan waktu epoksi, dimana variasi temperatur dan lamanya waktu epoksi bertujuan untuk meningkatkan kandungan oksigen oksiren sampai pada kondisi temperatur dan suhu tertentu, sedangkan bahan pengisi yang digunakan adalah *carbon black*. Variasi bahan pengisi dan bahan pelunak berguna untuk menjaga kekerasan sampai kondisi konstan, meningkatkan sifat fisik, memperbaiki karakteristik pengolahan, menambah volume dan menurunkan biaya. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan formulasi yang baik dalam pembuatan kompon karet dengan menggunakan epoksi minyak kemiri dan mengetahui spesifikasi mutu kompon karet vulkanisir ban yang dihasilkan.

BAHAN DAN METODA

Penelitian dilakukan di Laboratorium Balai Besar Karet Bogor dan Laboratorium Baristand Industri Palembang. Bahan baku yang digunakan adalah minyak kemiri NR. Bahan kimia yang digunakan untuk proses ekstraksi dan epoksi minyak kemiri yaitu n-Heksana pa, kertas saring, H_2O_2 , resin amberlit IR-120, asam asetat glasial. Bahan kimia yang digunakan untuk pembuatan kompon karet yaitu ZnO, asam stearat, Flektol H, 6 PPD, Cumaron resin. HAF N 330 (CB), minyak kemiri epoksi, minyak minarek, santocure CBS dan sulfur. Peralatan yang digunakan meliputi seperangkat alat ekstraksi, *Hardness Tester Shore A*, *rheometer*, timbangan *metler* P1210 g, timbangan

duduk Berkel kapasitas 15 kg. *Mooney viscosimeter*, *DIN Abrader* dan *Open Mill* L 40 cm D 18 cm kapasitas 1 kg dan peralatan lain untuk uji dilaboratorium.

Metode Penelitian

Pada pembuatan kompon karet dengan penambahan minyak kemiri epoksi rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 2 (dua) kali ulangan, dan empat perlakuan yaitu temperatur epoksi T_1 : $75^\circ C$, T_2 : $85^\circ C$, waktu epoksi yaitu W_1 : 6 jam, W_2 : 10 jam dan W_3 : 14 jam, bahan pengisi (*carbon black*) yaitu C_1 : 40 PHR, C_2 : 60 PHR dan bahan pelunak P_1 = 5 %, P_2 = 15 % Dari keempat perlakuan ini diperoleh 24 kombinasi perlakuan dan setiap perlakuan dilakukan analisis terhadap mutu kompon karet yang meliputi kekerasan, perpanjangan putus dan ketahanan kikis.

Tahapan pekerjaan yang dilakukan

1. Ekstraksi Minyak Biji Kemiri
Biji kemiri kering yang telah hancur ditimbang sebanyak 100 g, lalu dibungkus dengan kertas saring dan dimasukkan ke dalam alat soxlet. Air pendingin kemudian dialirkan melalui kondensor. Ekstraksi dilakukan dengan menggunakan 450 mL n-Heksana selama 8 jam. Selanjutnya n-Heksana yang telah mengandung ekstrak minyak kemiri dievaporasi sampai minyak menjadi pekat. Minyak yang diperoleh dihitung beratnya dan ditentukan *yield (oil yield)*.
2. Proses Epoksi Minyak Kemiri (Gall dan Greenspan, 1955).
 - a. Minyak kemiri sebanyak 200 g, ditambahkan n-heksana 40 g, asam asetat glasial 17,5 mL, dan resin amberlit IR-20 1,5 g lalu dipanaskan. Setelah suhu campuran mencapai $50^\circ C$, tambahkan hidrogen peroksida sebanyak 112,5 mL. Selama penambahan hidrogen peroksida, suhu campuran dipertahankan agar tetap pada $50^\circ C$.
 - b. Selanjutnya campuran direfluks dengan variasi suhu ($75^\circ C$ dan $85^\circ C$)

- dan variasi waktu (6 jam, 10 jam dan 14 jam).
- c. Minyak kemiri epoksi dipisahkan dari hasil epoksidasi dengan menggunakan vakum evaporator.
3. Prosedur kerja pembuatan kompon karet
 - a. Persiapan bahan
Bahan kimia dari masing-masing formula kompon ditimbang sesuai dengan yang telah ditentukan. Jumlah dari setiap bahan di dalam formula kompon dinyatakan dalam PHR (berat per seratus karet) dengan memperhatikan faktor konversinya.
 - b. *Mixing* (pencampuran)
Proses pencampuran dilakukan dalam gilingan terbuka (*open mill*), Selanjutnya dilakukan proses :
 - 1). Mastikasi SIR 20 selama 1-3 menit. Tambahkan bahan-bahan kimia sesuai dengan urutan pencampuran bahan sampai terjadi vulkanisasi.
 - 2). Kompon dikeluarkan dari *open mill* dan tentukan ukuran ketebalan lembaran kompon dan letakkan diatas plastik transparan, potong kompon disesuaikan dengan kebutuhan barang jadi yang akan dibuat.

Parameter yang diamati meliputi kekerasan, perpanjangan putus dan ketahanan kikis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kekerasan, Shore A (*Hardness*)

Kekerasan vulkanisat karet merupakan besarnya pergerakan jarum skala penunjuk ukuran, akibat besarnya tekanan balik dari vulkanisat karet terhadap jarum penekan yang melalui suatu mekanisme alat dihubungkan dengan pegas yang akan mengerakkan jarum penunjuk ukuran kekerasan, (Kusnata, 1976).

Analisis keragaman untuk suhu 75°C dan 85°C dengan waktu 6 jam, 10 jam dan 14 jam menunjukkan perlakuan dan faktor W (waktu) memberikan

pengaruh yang nyata terhadap parameter kekerasan, karena semakin lama waktu epoksi semakin besar nilai kekerasan kompon karet sehingga kompon karet akan mengalami perubahan keelastisannya. Perlakuan faktor T (temperatur) dan faktor P (pelunak) memberikan pengaruh yang sangat nyata. Pada penggunaan minyak epoksi temperatur 85°C, kekerasan kompon karet akan semakin rendah dibandingkan dengan menggunakan minyak kemiri epoksi pada temperatur 75°C. Penurunan kekerasan tersebut terjadi karena minyak nabati merupakan salah satu bahan pelunak yang dapat meningkatkan plastisitas kompon sehingga menyebabkan kekerasan kompon menjadi menurun. Kekerasan merupakan sifat yang sangat mempengaruhi penampilan dan ketahanan barang jadi karet. Pelunak dalam hal ini minyak kemiri epoksi sangat mempengaruhi kekerasan kompon karet, hal ini sesuai dengan pendapat Thomas (2003) bahwa penambahan bahan pelunak akan melunakkan kompon karet dan akan menurunkan jumlah ikatan silang yang terbentuk sedangkan faktor perlakuan TW, perlakuan TP, perlakuan TC, perlakuan WP, perlakuan WC, perlakuan PC, perlakuan TWP, perlakuan TWC, TPC, WPC dan perlakuan TWPC berpengaruh tidak nyata.

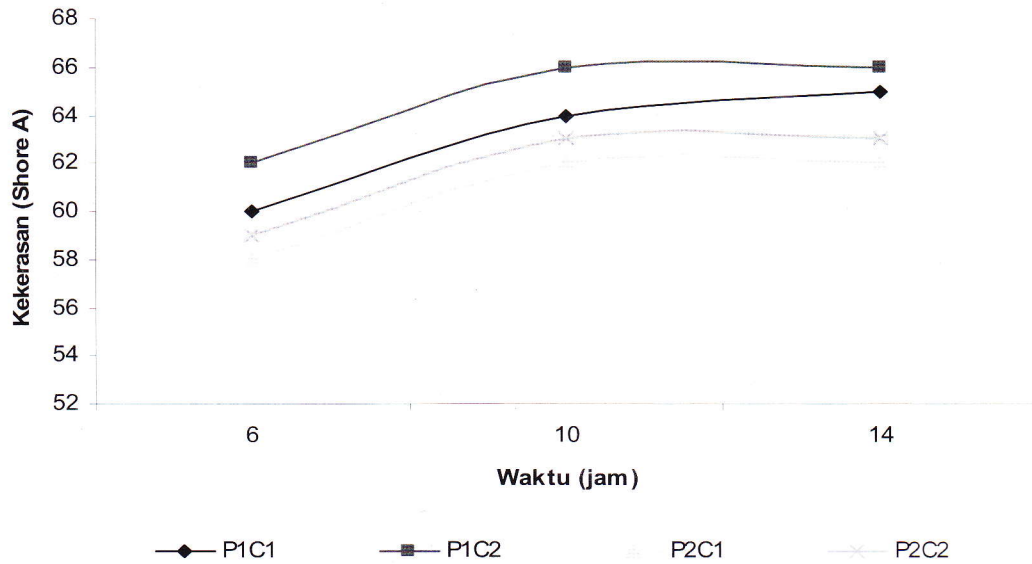
Kekerasan karet tergantung jumlah dari jenis bahan pengisi atau jumlah dan jenis bahan pelunak yang digunakan dalam penyusunan campuran kompon, dengan demikian kekerasan suatu vulkanisasi dapat diatur menurut yang diinginkan (Kusnata, 1976).

Penggunaan temperatur epoksi minyak kemiri pada 75°C dengan waktu 6 jam menghasilkan kekerasan kompon vulkanisir ban berkisar antara 58 shore A hingga 62 shore A, untuk waktu 10 jam berkisar antara 62 shore A hingga 66 shore A dan waktu 14 jam berkisar antara 62 shore A hingga 66 shore A. Pada penggunaan suhu 75°C, pelunak 5% dan pengisi 60 PHR, serta waktu epoksi 6 ke 10 jam, persentase kekerasan kompon vulkanisir ban mengalami kenaikan

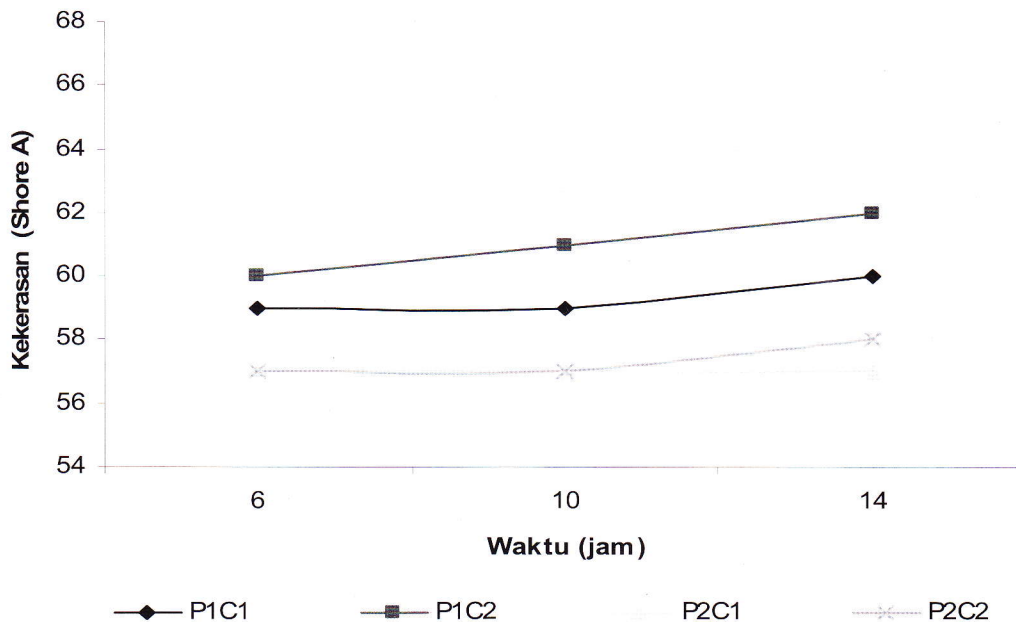
sebesar 6,06%, seperti ditampilkan pada Gambar 1.

Kekerasan kompon vulkanisir ban hasil penelitian untuk suhu epoksi 85°C dan minyak kemiri epoksi untuk waktu 6 jam berkisar antara 57 shore A hingga 60 shore A, untuk waktu 10 jam berkisar antara 57 shore A hingga 61 shore A dan

waktu 14 jam berkisar antara 57 shore A hingga 62 shore A. Kekerasan kompon vulkanisir ban hasil penelitian untuk suhu 85°C, pelunak 5% dan pengisi 60 PHR akan mengalami kenaikan persentase nilai kekerasan dari waktu epoksi 6 jam ke 10 jam sebesar 1,64%, terdapat pada Gambar 2.



Gambar 1. Pengaruh Penambahan Bahan Pelunak (T= 75°C) dan Bahan Pengisi terhadap Kekerasan Kompon Karet Vulkanisir Ban.



Gambar 2. - Pengaruh Penambahan Bahan Pelunak (T= 85°C) dan Bahan Pengisi terhadap Kekerasan Kompon Karet Vulkanisir Ban.

B. Perpanjangan putus % (*elongation at break*)

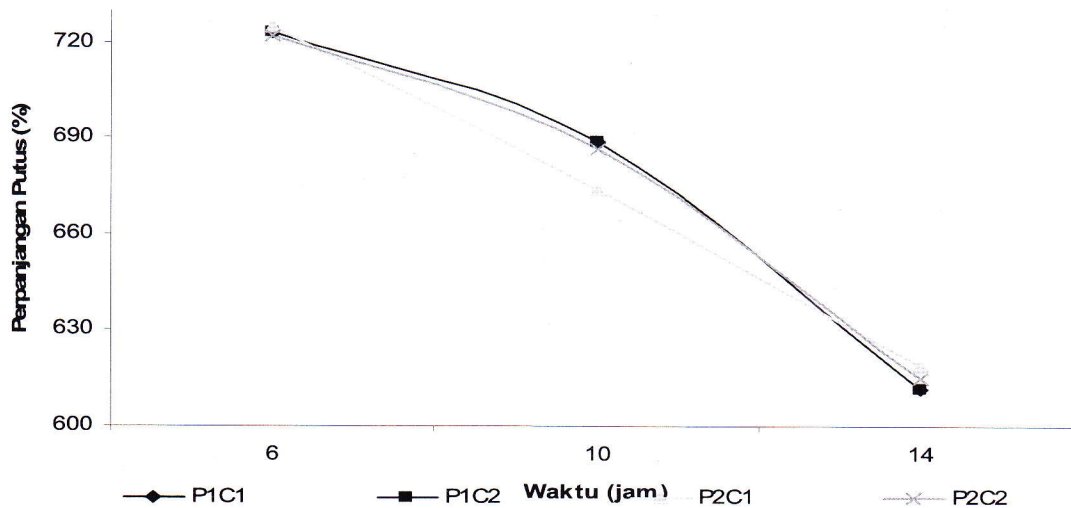
Perpanjangan putus merupakan penambahan panjang suatu potongan uji bila diregangkan sampai putus, dinyatakan dengan % dari panjang potongan uji sebelum diregangkan. Pengujian perpanjangan putus (*elongation at break*) bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat tegangan dan regangan dari karet vulkanisat dan thermoplastik dan termasuk penentuan *yield point* melalui kekuatan dan pertambahan panjang vulkanisat karet ketika mengalami penarikan sampai perpanjangan tertentu dan sampai putus.

Analisis keragaman untuk suhu 75°C dan 85°C dengan waktu 6 jam, 10 jam dan 14 jam menunjukkan faktor WP dan faktor TWPC memberikan pengaruh yang nyata terhadap perpanjangan putus, hal ini dikarenakan adanya interaksi antar perlakuan yaitu temperatur, waktu, minyak kemiri epoksi dan bahan pengisi yaitu *carbon black*. Dalam pembuatan kompon dipengaruhi oleh bahan-bahan kimia yang dicampurkan. Proses pembuatan kompon karet apabila pencampuran antara bahan baku karet alam dengan bahan kimia yang ditambahkan kurang homogen akan mengakibatkan waktu vulkanisasi menjadi lebih lama. Menurut Syamsu (2003), dalam produksi barang jadi karet untuk keperluan komersial seperti ban kendaraan dan barang jadi karet lainnya kecepatan vulkanisasi ini sangat penting

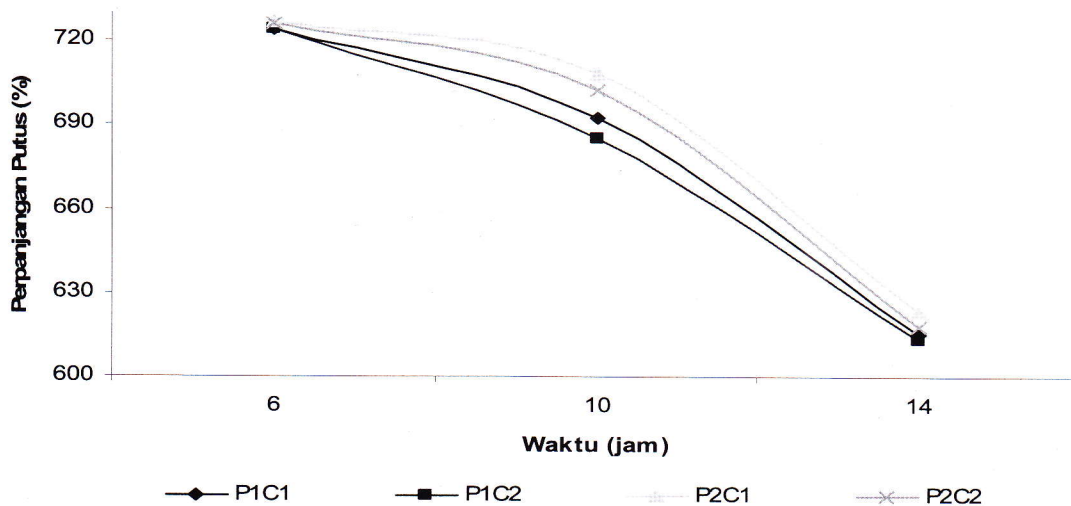
karena berkaitan dengan efisiensi energi yang digunakan dalam vulkanisasi. Oleh karena itu penambahan minyak kemiri epoksi dalam pembuatan kompon berguna untuk meningkatkan efektifitas pengolahan kompon. Faktor WC dan faktor PC memberikan pengaruh yang tidak nyata terhadap perpanjangan putus, sedangkan faktor perlakuan lainnya berpengaruh sangat nyata.

Perpanjangan putus kompon vulkanisir ban hasil penelitian untuk suhu 75°C dan minyak kemiri epoksi untuk waktu 6 jam berkisar antara 720 % hingga 725 %, untuk waktu 10 jam berkisar antara 674 % hingga 689 % dan waktu 14 jam berkisar antara 610 % hingga 619 %. Perpanjangan putus kompon karet vulkanisir ban hasil penelitian untuk suhu 75°C, pelunak 5% dan pengisi 60 PHR akan mengalami penurunan persentase nilai perpanjangan putus dari waktu epoksi 6 jam ke 10 jam sebesar 4,86% terdapat pada Gambar 3.

Perpanjangan putus kompon vulkanisir ban hasil penelitian untuk suhu 85°C dan minyak kemiri epoksi untuk waktu 6 jam berkisar antara 724% hingga 727%, untuk waktu 10 jam berkisar antara 685% hingga 708% dan waktu 14 jam berkisar antara 613% hingga 623%. Perpanjangan putus kompon karet hasil penelitian untuk suhu 85°C, pelunak 5% dan pengisi 60 PHR akan mengalami penurunan persentase nilai dari waktu epoksi 6 jam ke 10 jam sebesar 5,3% terdapat pada Gambar 4.



Gambar 3. Pengaruh Penambahan Bahan Pelunak ($T= 75^{\circ}\text{C}$) dan Bahan Pengisi terhadap Perpanjangan Putus Kompon Karet Vulkanisir Ban



Gambar 4. Pengaruh Penambahan Bahan Pelunak ($T= 85^{\circ}\text{C}$) dan Bahan Pengisi terhadap Perpanjangan Putus Kompon Karet Vulkanisir Ban.

C. Ketahanan Kikis DIN mm^3 (Abrasion rest)

Pengujian ketahanan kikis (*abrassion resistance*), bertujuan untuk mengetahui ketahanan kikis dari vulkanisat karet yang digesekkan pada sebuah ampelas kikis dengan mutu tertentu, dengan tekanan dan area tertentu. Kesanggupan karet bertahan terhadap gesekan dengan

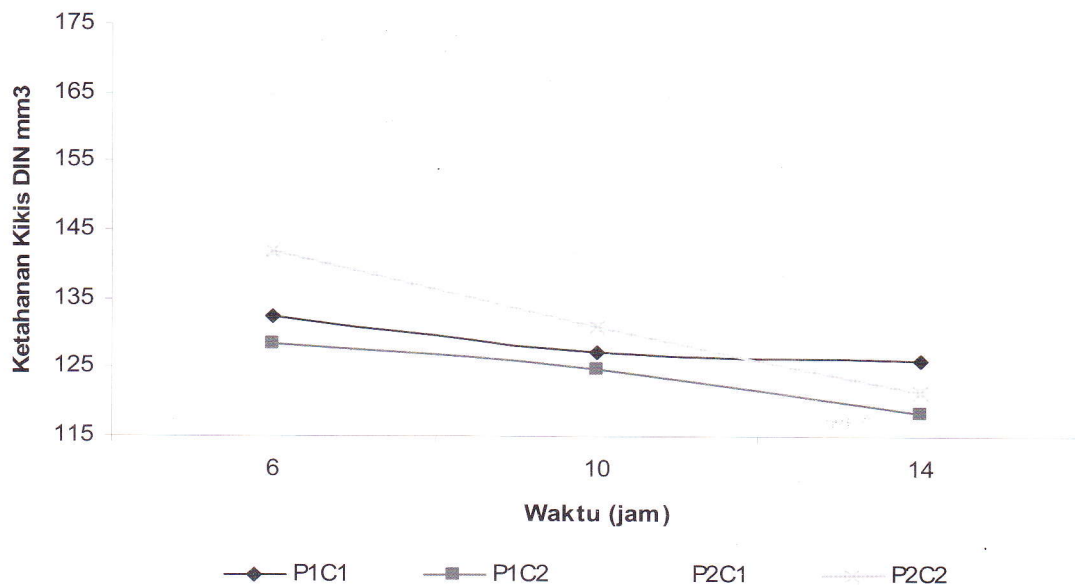
benda lain pada pemakaiannya, disebut ketahanan kikis. Pengujian ketahanan kikis dilakukan dengan cara penggesekan karet pada suatu permukaan pengikis atau pengikis digosokkan pada permukaan karet. Ketahanan kikis dari vulkanisat karet yang di gesekkan pada sebuah ampelas kikis dengan mutu tertentu, dengan tekanan dan area tertentu (Basseri, 2005).

Analisis keragaman untuk suhu 75°C dan 85°C dengan waktu 6 jam, 10 jam dan 14 jam menunjukkan seluruh perlakuan memberikan pengaruh sangat nyata terhadap ketahanan kikis. Hasil pengukuran ketahanan kikis menunjukkan makin besar pencampuran bahan pengisi maka ketahanan kikis makin kecil, hal ini dikarenakan adanya interaksi antar perlakuan. *Carbon black* merupakan bahan pengisi penguat yang sangat berpengaruh terhadap sifat fisik barang jadi karet dan proses pengolahannya. Ukuran partikel dan struktur *carbon black* merupakan hal yang penting dalam penggunaan bahan pengisi (Alfa, 2007).

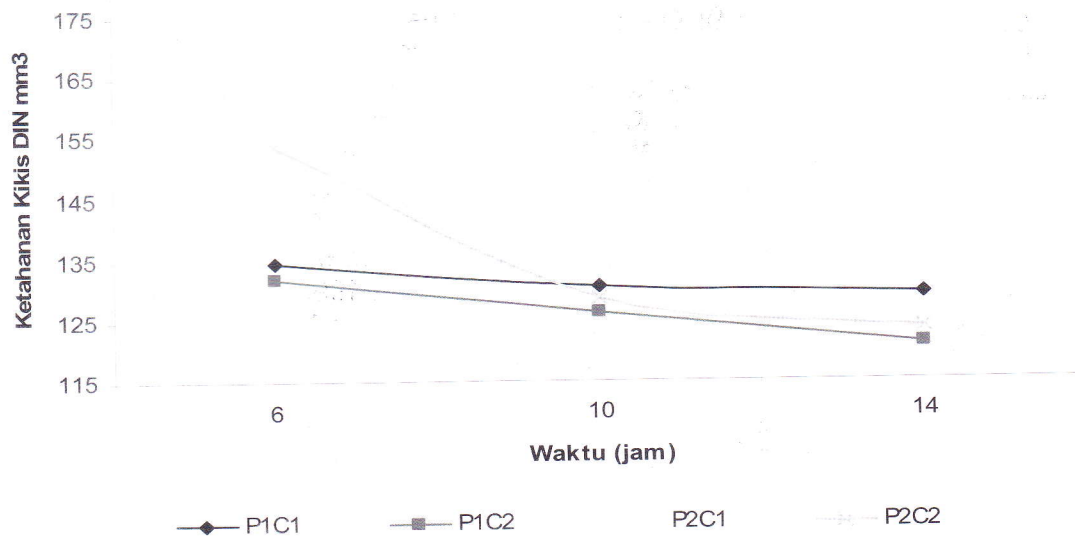
Ketahanan kikis kompon vulkanisir ban hasil penelitian untuk suhu 75°C dan minyak kemiri epoksi untuk waktu 6 jam berkisar antara 128,4 hingga 165,2 untuk waktu 10

jam berkisar antara 124.9 hingga 163.9 dan waktu 14 jam berkisar antara 118.3 hingga 142.8, ketahanan kikis kompon vulkanisir ban hasil penelitian untuk suhu 75°C akan mengalami penurunan persentase nilai ketahanan kikis dari waktu epoksi 6 jam ke 10 jam sebesar 2,7% terdapat pada Gambar 5.

Ketahanan kikis kompon vulkanisir ban hasil penelitian untuk suhu 85°C dan minyak kemiri epoksi untuk waktu 6 jam berkisar antara 131.8 hingga 177.9, untuk waktu 10 jam berkisar antara 126.4 hingga 176 dan waktu 14 jam berkisar antara 121.1 hingga 155.9. Ketahanan kikis kompon vulkanisir ban hasil penelitian untuk suhu 85°C akan mengalami penurunan persentase nilai ketahanan kikis dari waktu epoksi 6 jam ke 10 jam sebesar 4,1% terdapat pada Gambar 6.



Gambar 5. Pengaruh Penambahan Bahan Pelunak ($T = 75^{\circ}\text{C}$) dan Bahan Pengisi terhadap Ketahanan Kikis Kompon Karet Vulkanisir Ban



Gambar 6. Pengaruh Penambahan Bahan Pelunak ($T = 85^{\circ}\text{C}$) dan Bahan Pengisi terhadap Ketahanan Kikis Kompon Karet Vulkanisir Ban

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan :
 Pembuatan kompon karet vulkanisir ban dengan menggunakan minyak kemiri epoksi sebagai alternatif pengganti minyak minarek mendapatkan hasil yang baik pada perlakuan $T_1W_2P_1C_2$ ($T : 75^{\circ}\text{C}$, $W : 10$ jam, $P : 5\%$ dan $C : 60$ phr) dengan spesifikasi mutu, kekerasan (hardness), yaitu 66 shore A, perpanjangan putus (elongation at break) yaitu 685 %, dan ketahanan kikis (abrassion resistance) yaitu $124.9 \text{ mm}^3/40\text{M}$.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfa, A.A. 2007. Analisis Kimia Barang Jadi Karet. Kursus Teknologi Barang Jadi Karet. Balai Penelitian dan Teknologi Karet. Bogor.
- Anonim, 2002. "Plasticizer Based on Renewabel Resources" Presentated at the 18 th National Rubber Conference 2007 South of Africa.
- Basseri, A. 2005. Theori Praktek Barang Jadi Karet. Balai Penelitian dan Teknologi Karet. Bogor.
- Burfield, D.R., Lim, K.L., and Law, K.S. 2003. Epoxidation of Natural Rubber Latices Methods of Preparation and Properties of Modified Rubbers. Journal of Applied Polymer Science, 29(5) : 1661-1673.
- Gall, R.J. and F.P. Greenspan. 1995. Epoxy Compound from Unsaturated Fatty Acid Esters, Ind. Eng. Chem.47 (1) : 147-148.
- Goud, V.V., Anand, S., dan Pradhan, N.C. 2007. Kinetics of Epoxidation of Jatropha Oil with Peroxyacetic and Peroxyformic Acid Catalysed by Acidic Ion Exchange Resin. Chemical Engineering Science, 62(15): 4065-4076.
- Haryati, T dan Oerip Siswanto. 1991. Pembuatan Minyak Sawit Epoksi. Pusat Penelitian Perkebunan Bogor.
- Kusnata, T. 1976. Pengujian Fisika pada Karet. Balai Penelitian Perkebunan Bogor.
- Okiemen, F.E., Bakare, O.I., and Okiemen, C.O. 2002. Studies on the Epoxidation of Rubber Seed Oil. Industrial Crops and Products, 15(2): 139-144.

- Rainer, S., Willi.H., Gunter. P., and Helmut, M. 1990. Method for the Continuous Epoxidation of Olefins, US Patent 4921983.
- Refrizon. 2003. Viskositas Mooney Karet Alam. Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Roy, S., Gupta. B.R., and Maiti. B.R., 1990. Studies on the Epoxidation of Natural Rubber. *Journal of Elastomer and Plastic*, 22(4): 280-294.
- Sadi, S. 1995. Proses in situ Epoksidasi Minyak Sawit. *Buletin Perkebunan*, 23(2): 115-123. Pusat Penelitian Perkebunan (RISPA). Medan
- Syamsu, Y. 2003. Perbaikan Sifat Ketahanan Minyak Karet Alam melalui Modifikasi dengan Senyawa Vinilik. Balai Penelitian dan Teknologi Karet. Bogor.
- Thomas, J. 2003. Pengujian sifat fisika. Balai Penelitian dan Teknologi Karet. Bogor.
- Triwiyoso. 1999. Teknologi Pembuatan Barang Karet Secara Umum. Balai Penelitian dan Teknologi Karet. Bogor.