

**PENGUNAAN FAKTIS MINYAK BIJI JARAK EPOKSI (CASTOR JATRPHA OIL)
UNTUK PEMBUATAN KOMPON RUBBER WASHER****USE OF FACTICE EPOXIDIZE JATROPHA OIL FOR RUBBER WASHER
COMPOUND****Rahmaniar⁽¹⁾ dan Nuyah⁽²⁾**Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang^(1,2)

Jl. Kapten A. Rivai No 92 / 1975 Palembang

e-mail: rahmaniar_ee@yahoo.co.id⁽¹⁾ ; nuyah1957@yahoo.co.id⁽²⁾

Diajukan: 5 Januari 2011; Disetujui: 21 juni 2011

Abstrak

Epoksidasi merupakan suatu reaksi kimia dimana atom oksigen direaksikan dengan molekul tak jenuh membentuk siklis eter. Proses ini mempunyai kelebihan mempermudah proses pelenturan karet, bersifat *degradable*, sumber dayanya dapat diperbaharui. Tujuan Penelitian mendapatkan formulasi yang baik dalam pembuatan kompon karet dengan penambahan epoksi minyak jarak. Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 2 (dua) faktor dan 2 (dua) kali ulangan. Faktor pertama adalah konsentrasi penambahan bahan pelunak (P), yaitu : P₁ = minyak biji jarak epoksi 3 phr, P₂ = minyak biji jarak epoksi 6 phr dan P₃ = minyak biji jarak epoksi 9 phr, Faktor kedua adalah konsentrasi penambahan antioksidan (A), yaitu : A₁ = Anti Oksidan (Fenolat) 1 phr, A₂ = Anti Oksidan (Fenolat) 2 phr dan A₃ = Anti Oksidan (Fenolat) 3 phr. Parameter yang diuji rheometer, kekuatan tarik, modulus, dan massa jenis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, penambahan konsentrasi minyak jarak epoksi dan antioksidan, serta interaksi keduanya berpengaruh nyata terhadap kekuatan tarik dan modulus. Penambahan minyak jarak epoksi berpengaruh tidak nyata terhadap massa jenis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan terbaik didapat pada perlakuan P₁A₃ (pelunak minyak jarak 3 phr dan antioksidan 3 phr). Didapat hasil uji, rheometer (tC₉₀, mnt) : 3,15 mnt, kekuatan Tarik 166 kg/cm², modulus 13,8 kg/cm dan massa jenis 1,11 g/ml.

Kata Kunci: Minyak jarak epoksi, kompon karet dan *rubber washer*.

Abstract

Epoxidation is a chemical reaction where oxygen atoms are reacted with unsaturated molecules to form cyclic ether. The advantages of this process are enhancing the rubber pliance process, degradable in nature, and found in renewable resources form. The objective of this research is to obtain the proper formulation in rubber compound processing with the addition of castor oil epoxy. The experimental design used in this study was Completely Randomized Design with two factors and two replications. The first factor was addition of softener concentrations (P) consisting of P₁ = 3 phr epoxy castor oil, P₂ = 6 phr epoxy castor oil and P₃ = 9 phr epoxy castor oil. The second factor was antioxidant concentrations (A) consisting of A₁ = 1 phr antioxidant (phenolate), A₂ = 2 phr antioxidant (phenolate) and A₃ = 3 phr antioxidant (phenolate). The tested parameters by using rheometer were consisted of tensile strength, modulus and specific gravity. The results showed that addition of epoxy castor oil and antioxidant as well as their interaction had significant effect on tensile strength and modulus. The addition of epoxy castor oil had no significant effect on specific gravity. The best treatment was found in P₁A₃ (3 phr castor oil softener and 3 phr antioxidant). The testing results were as follows : rheometer (tC₉₀.mnt) of 3.15 minutes, tensile strength of 166 kg/cm², modulus of 13.8 kg/cm and specific gravity of 1.11 g/ml.

Keywords : Epoxy castor oil, rubber compound, rubber washer

PENDAHULUAN

Karet alam diperoleh dari pohon karet (*Hevea brasiliensis*) dengan cara menyadap pohon karet, sedangkan karet sintetis dibuat melalui reaksi polimerisasi monomer-monomer yang berasal dari fraksi minyak bumi. Dibanding dengan karet sintetis, karet alam lebih mudah teroksidasi, tidak tahan panas dan pelarut organik. Namun demikian karet alam juga memiliki keunggulan yakni merupakan produk alam yang bisa diperbaharui, memiliki keuletan, elastisitas, daya lekat, daya rendam dan kalor timbul (*heat built up*) yang rendah dibanding karet sintetis. Kelebihan-kelebihan tersebut menyebabkan karet alam tetap bertahan sebagai bahan baku untuk pembuatan berbagai jenis barang jadi karet. Kualitas barang jadi karet sangat ditentukan oleh bahan baku dan bahan-bahan tambahan yang digunakan serta teknologi cara pembuatannya. Pengerasan kompon karet dapat dicegah dengan penambahan bahan pelunak dan antioksidan.

Kompon karet adalah campuran antara karet alam dengan bahan-bahan kimia yang ditentukan komposisinya dan pencampurannya dilakukan dengan cara penggilingan pada suhu $70^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Komposisi kompon karet berbeda-beda tergantung pada tujuan pembuatan barang jadi karetnya. Sebelum bahan baku karet alam dicampur dengan bahan pembantu, terlebih dahulu bahan baku karet tersebut dilunakan (mastikasi) atau diplastisasi dengan cara digiling.

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, iritasi, korosif dan bersifat karsinogenik. Produksi minyak bumi di Indonesia pada tahun 1970 hingga 1990 cukup potensial, setelah periode tersebut produksi minyak bumi mengalami penurunan 5-15 %. Cadangan minyak bumi hanya dapat diproduksi selama jangka waktu 20 tahun kedepan. Oleh karena itu perlu adanya

alternatif yang lain, diantaranya minyak yang berasal dari jenis minyak nabati. Indonesia kaya akan sumber daya alam seperti minyak nabati yaitu minyak jarak.

Minyak jarak yang digunakan dalam pembuatan kompon karet adalah minyak jarak yang diepoksi. Senyawa epoksi dapat digunakan sebagai pelentur, stabilizer dan coating pada resin polimer serta merupakan surfaktan dan agen anti korosi, aditif pada minyak pelumas.

Epoksidasi merupakan senyawa yang mengandung tiga cincin berupa eter yang masing-masing memberi ciri tersendiri. Menurut Phinyocheep dan Boonjairak, 2006. Epoksidasi merupakan suatu reaksi kimia dimana suatu atom oksigen dihubungkan dengan molekul tak jenuh membentuk suatu siklus eter. Salah satu senyawa epoksidasi yang disintesa dari minyak nabati yaitu minyak jarak.

Antioksidan berfungsi melindungi karet terhadap suhu tinggi, sinar matahari, kerusakan karena oksigen dan ozon di udara, keretakan dan kelenturan, serta ion-ion prooksidan, yaitu ion tembaga, ion mangan atau ion besi (Haris, 2004). Antioksidan mempunyai daya pelindung yang baik, dapat memberikan perlindungan terhadap degradasi yang padat di dalam kondisi-kondisi operasi dinamis dan statis, melawan degradasi katalitis oleh tembaga dan logam berat lainnya, antiozonant dan antioksidan kuat pada temperatur tinggi dan tahan retak lentur pada campuran karet serta memberi perlindungan ozon dan perlawanan jangka panjang lebih baik.

Rubber washer merupakan salah satu barang jadi karet yang memegang peranan yang cukup penting dan baik untuk dikembangkan terutama dalam skala usaha kecil dan menengah, adapun manfaat dari produk tersebut yaitu untuk men cat permukaan pensil yang sesuai dengan kebutuhan pasar, dimana selama ini pabrik pensil yang ada di Indonesia pada umumnya masih banyak import dari Jepang atau Cina, dengan demikian didapat adanya beberapa problem yang dihadapi dengan barang impor tersebut, disamping

menggunakan biaya yang cukup tinggi didalam pembelian pun memerlukan waktu yang cukup lama, minimal pesanan harus satu container, jika ada claim sulit untuk ditindak lanjuti. Dengan adanya beberapa pertimbangan diatas, maka perlu diadakan penelitian dengan judul “minyak jarak epoksi sebagai bahan pelunak untuk pembuatan kompon *rubber washer*” dan perlu dihitung kajian Tekno Ekonominya sehingga dapat diterapkan dimasyarakat.

Tujuan Penelitian ini mendapatkan formulasi yang baik dalam pembuatan kompon karet dengan penambahan epoksi minyak jarak.

BAHAN DAN METODE

A. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini NBR, RSS1, zeosil, DOP, ZnO, asam stearat, anti oksidan, cumaron resin, CBS, TMTD, sulfur, kaolin, CaCO_3 , vulkalent A, titanium, pigmen merah, pigmen coklat, hidrogen peroksida, asam asetat glasial, n-heksane, resin amberlit IR 20.

B. Peralatan

Alat yang digunakan meliputi tensiometer, penjepit, Shore A Durometer, Toyoseiki ozon tester, tanur, pemanas listrik, termometer, grinder, mikrometer, botol timbang, tatakan kasa, tang, dan spatel.

C. Metoda Penelitian

Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 2 (dua) faktor dan 2 (dua) kali ulangan.

Faktor pertama adalah konsentrasi penambahan bahan pelunak (P), yaitu :

P_1 = minyak biji jarak epoksi 3 phr

P_2 = minyak biji jarak epoksi 6 phr

P_3 = minyak biji jarak epoksi 9 phr

Faktor kedua adalah konsentrasi penambahan antioksidan (A), yaitu :

A_1 = Anti Oksidan (Fenolat) 1 phr

A_2 = Anti Oksidan (Fenolat) 2 phr

A_3 = Anti Oksidan (Fenolat) 3 phr

Prosedur Proses Pembuatan Kompon

1. Proses Epoksi Minyak Biji Jarak

Minyak biji jarak, n-heksana konsentrasi 10% sebanyak 150 mL, asam asetat glasial dan resin amberlit IR-20 dipanaskan. Penambahan hidrogen peroksida ke dalam campuran dilakukan setelah suhu campuran mencapai 50°C . Selama penambahan hidrogen peroksida, suhu campuran dipertahankan agar tetap pada 50°C . Setelah itu campuran direfluks pada suhu $60 - 65^\circ\text{C}$ selama 6 jam. Minyak biji jarak epoksi dipisahkan dari hasil epoksidasi dengan menggunakan vakum evaporator.

2. Proses pembuatan kompon

a. Penimbangan

Bahan yang diperlukan untuk masing-masing formulasi kompon ditimbang sesuai perlakuan. Jumlah dari setiap bahan didalam formulasi kompon dinyatakan dalam PHR (berat per seratus karet).

b. *Mixing* (pencampuran)

Proses pencampuran dilakukan dalam gilingan terbuka (*open mill*), yang telah dibersihkan. Selanjutnya dilakukan proses :

- Mastikasi RSS1 selama 1-3 menit, dilanjutkan mastikasi NBR selama 1-3 menit.
- Pencampuran polymer dengan bahan kimia (pembuatan kompon karet/vulkanisasi)
 - a. Kemudian masukan *accelerator*, *activator*, antioksidan (fenolat) secara bersama-sama 5 menit
 - b. Setelah itu masukan cumaron resin sampai pengilingan rata/homogeny
 - c. Lalu di masukan filler sedikit demi sedikit 10 menit
 - d. Sambil dimasukan minyak jarak epoksi sedikit demi sedikit sambil terus digiling sampai tercampur homogen.
 - e. Setelah selesai diamkan minimal 4 jam, agar kompon tercampur homogen

- f. Setelah itu kompon digiling kembali untuk dimasukkan sulfur (5 menit)
- g. Didiamkan/didinginkan min 4 jam (paling baik 24 jam) pada suhu ruangan 20°C s/d 25°C, setelah itu kompon dapat digunakan untuk proses vulkanisasi.
- h. Kompon dikeluarkan dari *open mill* dan ditentukan ukuran ketebalan lembaran kompon dengan menyetel jarak roll pada cetakan sheet, dikeluarkan dan diletakkan diatas plastik transaran dan kompon dipotong disesuaikan dengan barang jadi yang akan dibuat.

Parameter yang diamati

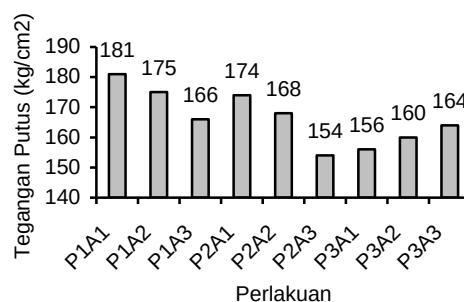
Parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi parameter *tensile strength*, *modulus*, *rheometer* dan *mass jenis*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tegangan Putus (*Tensile Strength*), kg/cm²

Tegangan putus merupakan pengujian fisika karet yang terpenting dan paling sering dilakukan dengan pengujian ini pula dapat ditetapkan waktu vulkanisasi optimum suatu kompon dan pengaruh pengusangan pada suatu vulkanisasi, selain itu juga pengujian ini menggambarkan kekuatan dan kekenyalan karet. Tegangan putus adalah besarnya beban yang diperlukan untuk meregangkan potongan uji sampai putus, dinyatakan dengan kg/cm² luas penampang potongan uji sebelum diregangkan.

Hasil pengujian tegangan putus *rubber washer* hasil penelitian minyak jarak epoksi berkisar antara 154 kg/cm² hingga 181 kg/cm² kompon karet terendah diperoleh pada perlakuan P₂A₃ yaitu 154 kg/cm² dan tertinggi diperoleh pada perlakuan P₁A₁ sebesar 181 kg/cm². Nilai tegangan putus *rubber washer* yg terbaik terdapat pada perlakuan P₁A₁ (pelunak minyak jarak 3 phr dan anti oksidan 1 phr), Sedangkan nilai tegangan putus dipasaran yaitu 164 kg/cm².



Gambar 1. Tegangan Putus kompon karet

Analisis keragaman menunjukkan bahwa konsentrasi minyak biji jarak epoksi memberikan pengaruh yang nyata terhadap tegangan putus *rubber washer*. Uji BNJ pengaruh konsentrasi minyak jarak epoksi dan konsentrasi antioksidan serta interaksi keduanya terhadap *rubber washer* disajikan pada Tabel 1, 2 dan 3.

Tabel 1. Hasil Uji BNJ Konsentrasi Minyak Jarak Epoksi (P) terhadap Tegangan Putus (kg/cm²) *Rubber Washer*

Persentase Minyak Jarak Epoksi	Rata-rata Tegangan Putus (kg/cm ²)	Uji BNJ 5%=8,74
P ₁ (3 phr)	1042	A
P ₂ (6 phr)	990	B
P ₃ (9 phr)	958	C

Keterangan: Angka-angka dengan huruf kecil berbeda menunjukkan pengaruh perlakuan berbeda nyata pada kolom yang sama.

Tabel 2. Hasil Uji BNJ Konsentrasi Antioksidan (A) terhadap Tegangan Putus (kg/cm²) *Rubber Washer*

Antioksidan (A)	Rata-rata Tegangan Putus (kg/cm ²)	Uji BNJ 5%=8,74
A ₁ (1 phr)	1020	A
A ₂ (2 phr)	1005	B
A ₃ (3 phr)	965	C

Keterangan: Angka-angka dengan huruf kecil berbeda menunjukkan pengaruh perlakuan berbeda nyata pada kolom yang sama.

Tabel 3. Hasil Uji BNJ Interaksi Konsentrasi Minyak Jarak Epoksi (P) dan Konsentrasi Antioksidan (A) terhadap Tegangan Putus (kg/cm^2) *Rubber Washer*

Perlakuan	Rata-rata Tegangan Putus (kg/cm^2)	Uji BNJ 5% = 8,74
P ₁ A ₁	361	A
P ₁ A ₂	350	B
P ₂ A ₁	347	B
P ₂ A ₂	336	Bc
P ₁ A ₃	331	C
P ₃ A ₃	327	C
P ₃ A ₂	319	C
P ₃ A ₁	312	C
P ₂ A ₃	307	C

Keterangan: Angka-angka dengan huruf kecil berbeda menunjukkan pengaruh perlakuan berbeda nyata pada kolom yang sama

Data pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa konsentrasi minyak biji jarak epoksi (P) terhadap Tegangan Putus (kg/cm^2) *rubber washer* berbeda nyata untuk semua perlakuan.

Konsentrasi Antioksidan (A) terhadap Tegangan Putus (kg/cm^2) *rubber washer* untuk semua perlakuan berbeda nyata (Tabel 2).

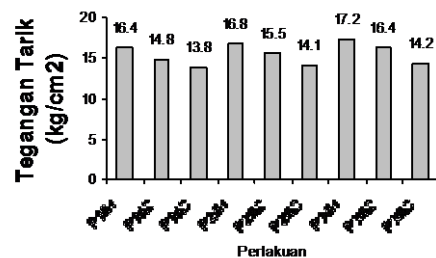
Pada Tabel 3 interaksi perlakuan P₁A₁ berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Minyak jarak epoksi akan berinteraksi dengan gugus molekul karet, dan interaksi tersebut tidak merubah stuktur ruang teratur dari molekul-molekul karet. Nilai tegangan putus dipengaruhi oleh bahan pelunak, penambahan bahan pelunak yang banyak akan menurunkan sifat tegangan putus kompon karet. Pada proses komponding minyak pelunak memainkan peranan yang penting yaitu sebagai media pelemasan antar molekul, untuk memperlambat peningkatan panas dan pemutusan ikatan rantai molekul karet lebih lanjut.

B. Tegangan Tarik (Modulus), kg/cm

Tegangan tarik (modulus) merupakan besarnya beban yang diperlukan untuk meregangkan potongan uji sampai perpanjangan tertentu, dinyatakan dengan tiap cm^2 luas

penampang potongan uji sebelum diregangkan. Modulus merupakan sifat fisika bahan jadi karet yang fungsi utamanya ukuran dan struktur.

Hasil pengujian tegangan tarik *rubber washer* hasil penelitian minyak jarak epoksi berkisar antara 13,8 kg/cm^2 hingga 17,2 kg/cm^2 kompon karet terendah diperoleh pada perlakuan P₁A₃ yaitu 13,8 kg/cm^2 dan tertinggi diperoleh pada perlakuan P₃A₁ sebesar 17,2 kg/cm^2 . Nilai tegangan tarik *rubber washer* yg terbaik terdapat pada perlakuan P₁A₃ (pelunak minyak jarak 3 phr dan anti oksidan 3 phr), hal ini dikarenakan tegangan putus yang dipasaran yaitu 13,4 kg/cm^2 .



Gambar 2. Tegangan Tarik Kompon Karet

Analisis keragaman menunjukkan bahwa konsentrasi minyak jarak epoksi, konsentrasi antioksidan memberikan pengaruh yang nyata terhadap modulus *rubber washer*. Uji BNJ konsentrasi minyak jarak epoksi dan konsentrasi antioksidan disajikan pada Tabel 4 dan 5.

Tabel 4. Hasil Uji BNJ Konsentrasi Minyak Jarak Epoksi (P) terhadap Modulus (kg/cm) *Rubber Washer*

Minyak Biji Jarak Epoksi	Rata-rata Modulus (kg/cm)	Uji BNJ 5% = 1,29
P ₃ (9 phr)	95,30	A
P ₂ (6 phr)	92,70	A
P ₁ (3 phr)	89,70	b

Keterangan : Angka-angka dengan huruf kecil berbeda menunjukkan pengaruh perlakuan berbeda nyata pada kolom yang sama.

Tabel 5. Hasil Uji BNJ Konsentrasi Antioksidan (A) terhadap Modulus (kg/cm) Rubber Washer

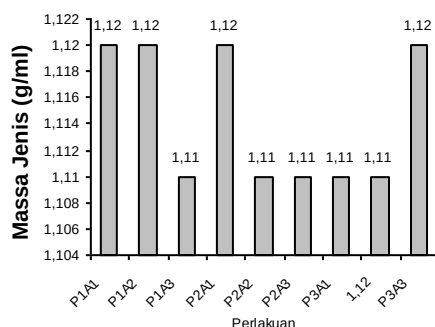
Antioksidan (A)	Rata-rata Modulus (kg/cm)	Uji BNJ 5%=1,29
A ₁ (1 phr)	100,50	a
A ₂ (2 phr)	93,20	b
A ₃ (3 phr)	84,00	c

Keterangan : Angka-angka dengan huruf kecil berbeda menunjukkan pengaruh perlakuan berbeda nyata pada kolom yang sama.

Konsentrasi pada perlakuan P₁ (3 phr) terhadap modulus berbeda nyata dengan perlakuan lainnya (Tabel 4). Data pada Tabel 5 menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi antioksidan terhadap modulus rubber washer berbeda nyata satu sama lain.

C. Massa Jenis

Massa jenis adalah berat dari satuan volume vulkanisat karet pada suhu tetap, dinyatakan dalam miligram per meter kubik (Mg/m³) atau gram per centimeter kubik (g/cm³). Hasil pengujian massa jenis rubber washer hasil penelitian minyak jarak epoksi berkisar antara 1,11g/ml hingga 1,12 g/ml.



Gambar 3. Massa Jenis Kompon Karet

Analisis keragaman menunjukkan bahwa konsentrasi minyak jarak epoksi, konsentrasi anti oksidan dan juga interaksi keduanya tidak memberikan

pengaruh yang nyata terhadap massa jenis rubber washer.

D. Karakteristik pemasakan kompon (Rheometer)

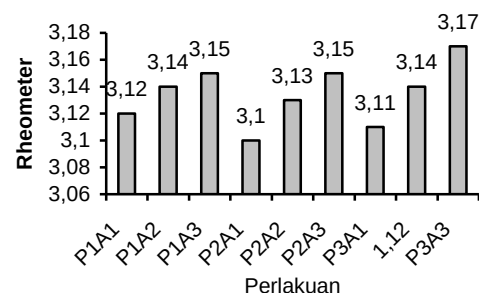
Untuk memperoleh hasil vulkanisasi dengan sifat-sifat fisika yang optimal, waktu vulkanisasi campuran karet harus ditentukan dengan tepat pada suhu tertentu dan ketebalan vulkanisasi tertentu.

Jika dilihat Rheometer 140 °C untuk variasi minyak jarak epoksi pada suhu 65 ± 1 °C (T₁), waktu 6 jam. Formula P₂A₁ waktu vulkanisasi optimum / Optimum cure time (t₉₀) dengan penambahan pelunak (minyak jarak epoksi) 6 phr dan bahan antioksidan 1 phr semakin cepat dibandingkan dengan formula yang lain tetapi perbedaannya tidak begitu signifikan.

Waktu vulkanisasi optimum/Optimum cure time (t₉₀) berkisar antara 3,10 - 3,17 mnt, perlakuan dengan memerlukan waktu yang semakin lama, berarti menghambat proses kematangan dari kompon. Karakteristik pemasakan kompon, terdapat pada Tabel 6.

Tabel 6. Karakteristik Pemasakan Kompon

Parameter	Rata-rata Perlakuan								
	P ₁ A ₁	P ₁ A ₂	P ₁ A ₃	P ₂ A ₁	P ₂ A ₂	P ₂ A ₃	P ₃ A ₁	P ₃ A ₂	P ₃ A ₃
Rotorless Rheometer									
TC10, menit	1:30	1:28	1:27	1:38	1:30	1:27	1:39	1:36	1:24
TC90, menit	3:12	3:14	3:15	3:10	3:13	3:15	3:11	3:14	3:17
ML, kg/cm	0,18	0,19	0,20	0,15	0,17	0,20	0,21	0,22	0,23
MH, kg/cm	0,76	0,77	0,80	0,73	0,75	0,79	0,77	0,79	0,82
ASTM D 5289									



Gambar 4. Karakteristik pemasakan kompon

Hasil pengujian rheometer *rubber washer* hasil penelitian minyak jarak epoksi berkisar antara 3,11 hingga 3,17 terdapat pada tabel 6.

Penetapan waktu vulkanisasi optimum yang teliti dilakukan dengan cara membuat beberapa vulkanisasi dengan waktu vulkanisasi yang berbeda-beda dan menguji beberapa sifat fisika hasil vulkanisasi tersebut untuk ditentukan pada waktu vulkanisasi mencapai optimum. Dalam pembuatan kompon dipengaruhi oleh bahan-bahan kimia yang dicampurkan. Proses pembuatan kompon karet apabila pencampuran antara bahan baku karet alam dengan bahan kimia lain yang ditambahkan kurang homogen akan mengakibatkan waktu vulkanisasi menjadi lebih lama. Menurut Syamsu (2007), dalam produksi barang jadi karet untuk keperluan komersial dan barang jadi karet lainnya kecepatan vulkanisasi ini sangat diperhatikan sekali karena berkaitan dengan efisiensi energi yang digunakan dalam vulkanisasi. Oleh karena itu penambahan minyak jarak epoksi dalam pembuatan kompon berguna untuk meningkatkan efektifitas pengolahan kompon

KESIMPULAN

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, penambahan konsentrasi minyak jarak epoksi dan antioksidan, serta interaksi keduanya berpengaruh nyata terhadap tegangan putus dan modulus. Penambahan minyak jarak epoksi berpengaruh tidak nyata terhadap masa jenis.
2. Perlakuan terbaik didapat pada perlakuan P₁A₃ (pelunak minyak jarak epoksi 3 phr dan antioksidan 3 phr) dengan hasil uji, rheometer (tC₉₀, mnt) : 3,15 mnt, kekuatan Tarik 166 kg/cm², modulus 13,8 kg/cm dan massa jenis 1,11 g/ml.

DAFTAR PUSTAKA

- Basseri, A. (2005). Teori Praktek Barang Jadi Karet. Bogor: Balai Penelitian dan Teknologi Karet.
- Haris, U. (2004). *Karet Alam Hevea dan Industri Pengolahannya*. Bogor: Balai Penelitian Karet Bogor, Pusat Penelitian Karet, Lembaga Riset Perkebunan Indonesia.
- Haryadi, B. (2001). Pengaruh Bahan Pengisi terhadap Sifat Kompon Barang Jadi Karet. Palembang: Balai Penelitian dan Pengembangan Industri dan Perdagangan Palembang.
- Hambali E. dkk. (2007). Teknologi Bioenergi. Jakarta: Agromedia.
- Maspanger, D.R. (2005). Sifat Fisik Karet. Bogor: Teknologi Barang Jadi Karet Padat. Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor.
- Rahman, N. (2005). *Pedoman Pemilihan dan Sifat-sifat Elastomer*. Bogor: Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor
- Prayitno. (2002). Pengaruh Suhu Vulkanisasi terhadap Sifat Tegangan Putus, Perpanjangan Putus dan Ketahanan Sobek Kompon Sol Karet. *Majalah Barang Kulit, Karet dan Plastik* 2008.
- Prihandana, R. dkk. (2007). *Meraup Untung dari Jarak Pagar*. Jakarta: P.T Agromedia Pustaka
- Refrizon. (2003). Viskositas Mooney Karet Alam. Medan: Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara.
- Sinaga, M.S. (2007). Pengaruh Katalis H₂SO₄ pada Reaksi Epoksidasi Metil Ester PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*). *Jurnal Teknologi Proses* 6(1): 70-74.
- Thomas, J. (2003). *Desain Kompon*. Bogor: Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor.