

KETAHANAN USANG KOMPON KARET DENGAN BAHAN EKSTRAK KAYU SECANG, SILIKA PASIR KUARSA DAN KALSIUM KARBONAT KULIT KERANG

AGEING RESISTANCE RUBBER COMPOUND WITH EXTRACT OF CAESALPINIA SAPPAN WOOD, QUARTZ SAND SILICA AND CALSIUM CARBONAT CLAMSHELL

Rahmaniar, Amin Rejo, Gatot Priyanto, Basuni Hamzah

Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang
Jl Perindustrian II No 12, KM 9, Palembang, Indonesia, 30152
e-mail: rahmaniar_eeen@yahoo.co.id

Diterima: 23 Februari 2015; Direvisi: 3 Maret 2015 – 24 April; Disetujui: 29 Mei 2015

Abstrak

Tujuan penelitian mengetahui pengaruh suhu dan lama penyimpanan terhadap karakteristik kompon bantalan dermaga sesuai SNI 06-3568-2006 dan mendapatkan umur usang kompon karet. Formula kompon karet yang digunakan perlakuan A₃P₄ (9 phr ekstrak kayu secang dan campuran silika pasir kuarsa : kulit kerang = 75:25). Rancangan percobaan dengan variasi suhu 60 °C, 70 °C dan 80 °C dan variasi waktu 1 hingga 7 hari. Parameter yang di uji Kekerasan, tegangan putus dan perpanjangan putus. Hasil penelitian untuk kekerasan 65-68 shore A, tegangan putus 22-30 N/mm² dan perpanjangan putus 263-496%. Analisa keragaman untuk kekerasan memberikan pengaruh yang tidak signifikan, untuk parameter tegangan putus perlakuan suhu dan waktu berpengaruh secara signifikan sedangkan interaksi berpengaruh signifikan. Untuk parameter perpanjangan putus berpengaruh secara signifikan terhadap suhu, waktu dan interaksi keduanya. Energi aktivasi (E_A) kompon karet kekerasan 5,994 K.kal/mol, tegangan putus 6,915 K.kal/mol dan perpanjangan putus 66,775 K.kal/mol. Umur usang kompon karet untuk variasi suhu penyimpanan 60 °C memberikan waktu 48,08 hari.

Kata Kunci : ekstrak kayu secang, ketahanan usang, kompon karet, kulit kerang, silika pasir kuarsa

Abstract

The objectives of this study were to find out the effect of temperature and long storage to the characteristic of dock pads on the basis of National Standard of Indonesia 06-3568-2006 and to obtain the aging resistance of rubber compound. The usage formula of rubber compound was treatment A₃P₄ (9 phr of the extract of caesalpinia sappan wood and the mixture of quartz sand silica : calcium karbonat clamshell 75:25 phr). The experimental design uses some various temperatures of 60 °C, 70 °C and 80 °C and variation of time from one day until 7 days. The tested parameters were the hardness, tensile strength and elongation at break. The result of the study showed that the obtained hardness were 65-68 shore A, tensile strength were 26-30 N/mm² and the elongation at break were 263-496%. The variety analysis showed that the hardness gave lack significant effect, meanwhile the temperature and time gave significant effect for the tensile strength parameter as well as the interaction. Futhermore, elongation at break parameter affected significantly toward the temperature, the time and intraction between them, Activated energy (E_A) of the rubber compound hardness 5,994 K.kal/mol., the tensile strength was 6,915 K.kal/mol and elongation at break was 66,775 K.kal/mol, finally the aging resistance of rubber compound for the storage temperature of 60 °C was 48,08 days.

Keywords : *the extract of caesalpinia sappan wood, after ageing, rubber compound, calcium karbonat clamshell, quartz sand silica*

PENDAHULUAN

Karet alam merupakan polimer isoprene (C₅H₈) yang mempunyai bobot molekul biasanya lebih dari 1.000.000, memiliki sifat umum warna agak kecoklat-coklatan, dengan berat jenis 0,91–0,93. Struktur dasar karet alam adalah cis-1,4 poliisoprene yang disintesis secara alami melalui polimerisasi enzimatis isopentilpirofosfat, dimana isoprene

merupakan produk degradasi utama senyawa karet. (Daik *et al.*, 2007; Masyrukan dan Alfian, 2013 ; Rahman, 2005). Karet merupakan polimer tinggi dan mempunyai komposisi kimia yang berbeda dan memungkinkan untuk diubah menjadi bahan-bahan yang bersifat elastis.

Barang jadi karet diproses dari kompon karet yang divulkanisasi. Proses vulkanisasi merupakan pembentukan

ikatan silang kimia dari rantai molekul yang berdiri sendiri, yang dapat meningkatkan elastisitas dan menurunkan plastisitas (Kumar dan Nijasure, 2007). Agar dihasilkan barang jadi karet yang layak digunakan terlebih dulu karet mentah dicampur dengan bahan kimia lain misalnya bahan pengisi, bahan pelunak, bahan penggiat, anti oksidan, bahan pencepat, bahan pewarna dan bahan kimia lainnya.

Barang jadi karet dihasilkan dari kompon karet yang merupakan komposit antara karet alam dengan bahan-bahan kimia yang ditentukan komposisinya dan pencampurannya dilakukan dengan cara penggilingan pada temperatur $70\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Sayekti, 1999). Salah satu bahan kimia yang digunakan pada pembuatan kompon karet adalah antioksidan dan bahan pengisi.

Ekstrak kayu secang mengandung tannin, tanin memiliki sifat larut dalam air dan alkohol karena tanin banyak mengandung fenol yang memiliki gugus OH, yang dapat mengikat logam berat (Carter *et al.*, 1978), gugus tanin yang terdapat di ekstrak secang mengakibatkan adanya fungsi ekstrak secang sebagai antioksidan, aktivitas antioksidan bergantung pada jumlah gugus-OH (Kresnawaty *et al.*, 2009).

Menurut Maryam (2006) komposisi serbuk kulit kerang mengandung unsur CaO sekitar 66,7%, SiO₂ 7,88%, Fe₂O₃, 0,03%, MgO 22,28% dan Al₂O₃ 1,25%. Kalsium oksida (CaO) merupakan senyawa turunan dari senyawa kalsium karbonat (CaCO₃), komposisi terbesar dari senyawa serbuk cangkang kerang mengandung 98,7% CaCO₃ (Retno, 2012; Sahara, 2011).

Kerang andara mengandung daging sekitar 30% dari berat keseluruhan yang mengandung mineral-mineral kalsium, fosfat, besi, yodium dan tembaga, kerang ini menghasilkan limbah padat yang cukup tinggi, sedangkan kulit kerang merupakan salah satu batuan *calcareous* yang mengandung kadar CaO yang tinggi (Surest *et al.*, 2012)., sehingga perlu adanya upaya untuk menanganinya agar

bermanfaat dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

Pasir kuarsa juga dikenal dengan nama pasir putih merupakan hasil pelapukan batuan yang mengandung mineral utama. Komposisi yang paling banyak terdapat pada pasir kuarsa adalah silika dioksida (SiO₂) sebanyak 99,08 %. Oleh sebab itu, pasir kuarsa sering disebut dengan silika dioksida (SiO₂). Bahan oksida khususnya silika (SiO₂) telah banyak dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi. Pemanfaatan silika yang paling familiar dan komersial adalah sebagai bahan utama industri gelas dan kaca serta sebagai bahan baku pembuatan sel surya. Bahan alam mempunyai keunggulan diantaranya ramah lingkungan, tidak karsinogenik dan mudah diperbaharui, tidak iritasi, tidak korosif.

Penggunaan bahan alami pada pembuatan kompon karet merupakan salah satu usaha untuk meningkatkan mutu barang jadi karet. Adapun tujuan penelitian mengetahui pengaruh suhu dan lama penyimpanan terhadap karakteristik kompon bantalan dermaga sesuai SNI 06-3568-2006 dan mendapatkan umur usang kompon karet.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu secang dan kulit kerang, pasir kuarsa, karet Rubber Smoke Sheet (RSS), Ethylene Propylene Diene Monomer (EPDM) methanol, HCl 2 M, HCl 6 M, NaOH 3M, Polysar, paraffinic oil, ZnO, SA, Coumarone Resin, N-Cyclohexyl-2benzothiazyl sulfenamide (CBS), Dibenzothiazyl disulfide (MBTS), Butil Hidroksil Toluene (BHT), Sulfur, Titanium dan bahan kimia untuk analisa kompon karet.

Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *open mill* 140 cm D18 cm kapasitas 1 kg, *cutting scrub*, neraca

analitis, timbangan metler p120 kapasitas 1200 g, *glassware*, timbangan duduk merek Berkel kapasitas 15 kg, cutting scraf besar, alat press, cetakan *sheet*, *glassware*, gunting dan peralatan untuk pengujian sifat fisik kompon karet.

Rancangan Percobaan

Variasi perlakuan yang digunakan yaitu variasi temperatur dan lama penyimpanan sebagai berikut :Variasi perlakuan waktu (A) : A₁ :1 hari , A₂ : 2 hari, A₃ : 3 hari, A₄ : 4 hari, A₅ : 5 hari, A₆ : 6 hari dan A₇ : 7 hari. Variasi perlakuan temperatur (P) :P₁ : 60 °C,P₂ : 70 °C dan P₃ : 80 °C.

Prosedur Kerja Pembuatan Kompon

Pembuatan kompon karet dilakukan dengan mencampur bahan-bahan kimia penyusun karet dengan karet alam dan sintetis. Tahapan proses pembuatan kompon karet (Thomas, 2005).

a. Penimbangan

Bahan yang diperlukan untuk masing-masing formulasi kompon ditimbang sesuai perlakuan. Jumlah dari setiap bahan di dalam 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 sebagai berikut :

RSS dimastikasi selama 1 hingga 3 menit, dilanjutkan mastikasi EPDM selama 1 hingga 3 menit, dilanjutkan penambahan penggiat/activator, ZnO dan asam stearat, digiling selama 2 hingga 3 menit. Pencampuran antioksidan dan bahan bantu lain ditambahkan, selama 2 hingga 3 menit digiling. Bahan pengisi (silika pasir kuarsa dan CaCO₃ sesuai rancangan percobaan) , bahan pelunak minyak minarek ditambahkan, digiling 3 hingga 8 menit. *Accelerator* CBS ditambahkan, digiling selama 1 hingga 3 menit, Ekstrak kayu secang ditambahkan (sesuai rancangan percobaan), dipotong setiap sisi sampai 3 kali selama 3 menit,

ditambah sulfur dan digiling sampai homogen.

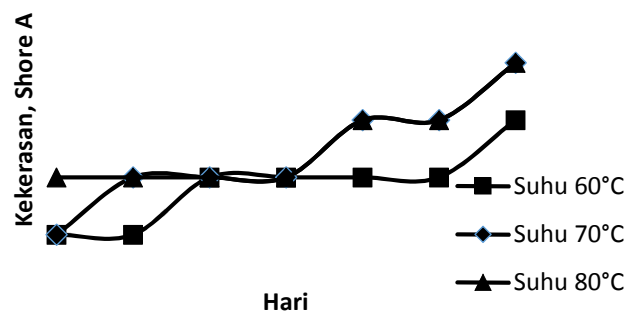
Kompon dikeluarkan dari *open mill* dan ditentukan ukuran ketebalan 5 cm lembaran kompon dengan menyetel jarak roll pada cetakan sheet, dikeluarkan dan diletakkan diatas plastik transparan dan kompon dipotong disesuaikan dengan ukuran barang jadi yang akan dibuat. Parameter yang dilakukan untuk pengujian karakteristik fisik kompon karet meliputi kekerasan (ASTM D 2240-1997), tegangan putus (ISO 37, 1994) dan perpanjangan putus (ISO 37, 1994).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kekerasan (Shore A)

Hasil kekerasan dari vulkanisat karet berbeda-beda sesuai dengan bahan-bahan pendukung yaitu bahan pengisi yang digunakan dalam proses pembuatan kompon karet (Thomas, 2003). Pengujian sifat fisik kompon karet yaitu kekerasan dilakukan untuk mengetahui besarnya kekerasan vulkanisat karet dengan kekuatan penekanan tertentu (Wahyudi, 2005).

Gambar 1 Hasil pengujian kekerasan kompon karet setelah pengusangan dengan nilai tertinggi yaitu 68 Shore A dan terendah 65 Shore A. Kekerasan kompon karet semakin bertambah dengan semakin lama pengusangan. Semakin tinggi suhu dan lama waktu pengusangan akan menaikkan nilai kekerasan kompon karet.



Gambar 1. Perubahan kekerasan kompon karet selama pengusangan dengan penambahan ekstrak kayu secang, pasir kuarsa dan kulit kerang.

Hal ini dikarenakan silika pasir kuarsa memiliki senyawa makro SiO₂ 99,08% (Hadi, 2010), silika merupakan bahan pengisi penguat (*reinforcing filler*) sehingga keelastisitas dan kekuatan kompon karet semakin meningkat, setiap jenis pengisi memberikan sifat-sifat tertentu terhadap barang jadi karet dikarenakan permukaan kimianya yang sangat spesifik, pengisi penguat dari silika memiliki permukaan yang sangat mudah menyerap (Ismail dan Hashim, 1998), sehingga perubahan kekerasan kompon karet setelah pengusangan tidak terlalu signifikan dibandingkan dengan kekerasan sebelum pengusangan. Kekerasan kompon karet setelah pengusangan untuk semua perlakuan memenuhi persyaratan mutu kekerasan kompon karet bantalan dermaga, yaitu 50-80 Shore A.

Berdasarkan Gambar 1 diperoleh persamaan regresi linier untuk setiap suhu pengusangan dan nilai koefisien korelasi (R²) dan ordo reaksi seperti diuraikan pada Tabel 1 untuk kompon karet, best fit line dari plot antara [C] terhadap t menunjukkan bahwa perubahan mutu kompon karet selama pengusangan lebih mengarah ketidakterlinear, baik untuk suhu 60 °C, 70 °C dan 80 °C. Dengan demikian perubahan mutu kompon karet termasuk ordo satu atau dua.

Tabel 1. Persamaan regresi linier parameter kekerasan untuk setiap suhu pengusangan dan nilai koefisien korelasi (R²) dan ordo reaksi.

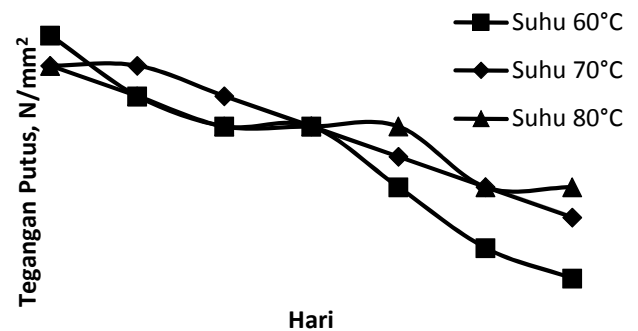
No	Suhu Pengusangan C	Persamaan regresi linear	Koefisien Determinasi (R ²)	Ordo Reaksi
1.	T ₁ (60)	y=-6 10 ⁻⁵ x+0,0154	0,825	Dua
2.	T ₂ (70)	y=9 10 ⁻⁵ x+0,0154	0,9198	Dua
3.	T ₃ (80)	y=1 10 ⁻⁴ x+0,0155	0,838	Dua

Analisa lanjut dilakukan untuk menentukan perubahan mutu termasuk ordo satu dan dua. Berdasarkan Tabel 1, hasil analisa untuk suhu pengusangan 60 °C menunjukkan bahwa koefisien determinasi (R²) dari plot straight line antara 1/[C] terhadap t lebih besar dari R² dari plot straight line antara ln [C]

terhadap t sehingga disimpulkan termasuk ordo dua, begitu juga untuk suhu 70 °C dan 80 °C.

B. Tegangan putus N/mm²

Perubahan tegangan putus kompon karet selama pengusangan menunjukkan terjadinya penurunan tegangan putus. Hasil analisa tegangan putus kompon karet setelah pengusangan terdapat pada Gambar 2. Hasil pengujian tegangan putus kompon karet setelah pengusangan dengan nilai tertinggi yaitu 30 N/mm² terendah 22 N/mm². Tegangan putus kompon karet semakin berkurang dengan semakin lama pengusangan, hal ini dikarenakan suhu merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap perubahan mutu barang jadi karet (Arpah dan Syarif, 2000). Disamping itu kurangnya interaksi antara karet alam dengan bahan pengisi yang digunakan dalam pembuatan kompon karet. Tegangan putus kompon karet setelah pengusangan untuk semua perlakuan memenuhi persyaratan mutu tegangan putus kompon karet (Tabel 2).



Gambar 2. Perubahan tegangan putus kompon karet selama pengusangan dengan penambahan ekstrak kayu secang, pasir kuarsa dan kulit kerang.

Berdasarkan Gambar 2, diperoleh persamaan regresi linier untuk setiap suhu pengusangan dan nilai koefisien korelasi (R²) dan ordo reaksi seperti diuraikan pada Tabel 2.

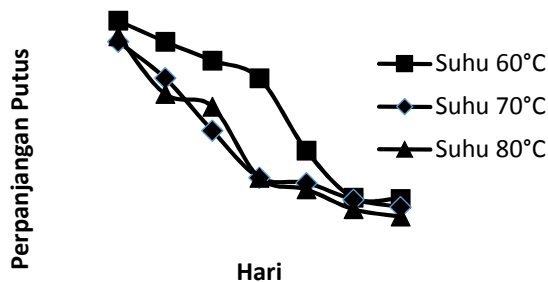
Tabel 2. Persamaan regresi linier parameter tegangan putus untuk setiap suhu pengusangan dan nilai koefisien korelasi (R^2) dan ordo reaksi.

No	Suhu Pengusangan °C	Persamaan regresi linier	Koefisien Determinasi (R^2)	Ordo Reaksi
1.	60	$y = -0,0457x + 3,4314$	0,9503	Satu
2.	70	$y = -0,0318x + 3,4125$	0,9737	Satu
3.	80	$y = -0,0253x + 3,3919$	0,931	Satu

Perubahan mutu kompon karet ordo satu, hasil analisa untuk suhu pengusangan 60 °C, 70 °C dan 80 °C menunjukkan bahwa koefisien determinan (R^2) dari plot straight line antara $1/[C]$ terhadap t lebih kecil dari R^2 dari plot straight line antara $\ln [C]$ terhadap t sehingga disimpulkan termasuk ordo satu.

C. Perpanjangan Putus (%)

Perubahan perpanjangan putus kompon karet selama pengusangan menunjukkan terjadinya penurunan tegangan putus setiap kenaikan suhu penyimpanan. Hasil analisa perpanjangan putus kompon karet setelah pengusangan terdapat pada Gambar 3. Hasil pengujian perpanjangan putus kompon karet setelah pengusangan dengan nilai tertinggi yaitu 450% terendah 263%.



Gambar 3. Perubahan perpanjangan kompon karet selama pengusangan dengan penambahan ekstrak kayu secang, pasir kuarsa dan kulit kerang.

Perpanjangan putus kompon karet semakin berkurang dengan semakin lama pengusangan. Semakin tinggi suhu dan lama waktu pengusangan akan semakin menurunkan nilai perpanjangan putus kompon karet. Kompon karet setelah

pengusangan untuk semua perlakuan memenuhi persyaratan mutu perpanjangan kompon karet bantalan dermaga.

Berdasarkan Gambar 3 diperoleh persamaan regresi linier untuk setiap suhu pengusangan dan nilai koefisien korelasi (R^2) dan ordo reaksi seperti diuraikan pada Tabel 3 untuk kompon karet, *best fit line* dari plot antara $[C]$ terhadap t menunjukkan bahwa perubahan mutu kompon karet selama pengusangan lebih mengarah ketidak linier, baik untuk suhu 60 °C, 70 °C dan 80 °C. Dengan demikian perubahan mutu kompon karet termasuk ordo satu atau dua. Analisa lanjut dilakukan untuk menentukan perubahan mutu termasuk ordo satu dan dua. Berdasarkan Tabel 3, hasil analisa untuk suhu pengusangan 60 °C menunjukkan bahwa koefisien determinan (R^2) dari plot straight line antara $1/[C]$ terhadap t lebih kecil dari R^2 dari plot straight line antara $\ln [C]$ terhadap t sehingga disimpulkan termasuk ordo satu, sedangkan untuk perubahan perpanjangan putus kompon karet yang di simpan pada suhu 70 °C dan 80 °C termasuk ordo dua.

Tabel 3. Persamaan regresi linier parameter perpanjangan putus untuk setiap suhu pengusangan dan nilai koefisien korelasi (R^2) dan ordo reaksi.

No	Suhu Pengusangan °C	Persamaan regresi linier	Koefisien Determinasi (R^2)	Ordo Reaksi
1.	60	$y = -0,0861x + 6,2312$	0,9432	Satu
2.	70	$y = 0,00021x + 0,0021$	0,9628	dua
3.	80	$y = -0,0003x + 0,0021$	0,9717	dua

Hasil pengujian perpanjangan putus kompon karet setelah pengusangan dengan nilai tertinggi pada perlakuan A_1P_1 (variasi suhu 60 °C dan lama pengusangan 1 hari) yaitu 450% dan nilai terendah pada perlakuan A_3P_7 (variasi suhu 80 °C dan lama pengusangan 7 hari) yaitu 263%. Perpanjangan putus kompon karet semakin berkurang dengan semakin lama pengusangan. Semakin tinggi suhu dan lama waktu pengusangan akan semakin menurunkan nilai perpanjangan putus kompon karet.

D. Penentuan umur usang kompon karet

Penentuan laju reaksi perubahan mutu yang menggunakan suhu sebagai salah satu parameter untuk mempercepat kerusakan, maka laju penurunan mutunya dapat ditentukan berdasarkan energi aktivasinya. Energi aktivasi merupakan energi minimum diperlukan untuk memulai suatu reaksi. Berdasarkan persamaan regresi linier plot $1/T$ dan $\ln k$ yang merupakan persamaan *Arrhenius* untuk setiap parameter pengamatan. Diantara beberapa parameter dipilih satu parameter untuk menghitung umur usang kompon karet, parameter tersebut dianggap sangat mempengaruhi perubahan mutu selama pengusangan.

Parameter yang digunakan tersebut adalah parameter yang mempunyai nilai energi aktivasi terendah sehingga reaksi kerusakan akan berlangsung lebih lama. Jika energi aktivasi tinggi maka energi yang dibutuhkan untuk memulai reaksi kerusakan lebih tinggi dan reaksi kerusakan akan berlangsung lebih cepat. Nilai energi aktivasi untuk setiap parameter pengamatan kompon karet pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai energi aktivasi setiap parameter pengamatan kompon karet

NO	Parameter	Nilai Energi Aktivasi, K. kal/mol
1.	Kekerasan	5,994
2.	Tegangan putus	6,915
3.	Perpanjangan putus	66,775

Umur usang kompon karet dipengaruhi oleh nilai kekerasan dan tegangan putus, nilai perpanjangan putus kompon karet yang tinggi dapat membuat karet menjadi tidak elastis, mengalami keretakan atau pecah akibat panas matahari dan pengaruh ozon sehingga terjadi pengusangan. Pengusangan akan mempengaruhi sifat fisik karet.

Pengusangan akan mempengaruhi ketahanan fisik karet. Penentuan laju penurunan mutu kompon dianalisis dengan menggunakan persamaan *Arrhenius*.

Tabel 5. Penentuan umur usang kompon karet

Suhu (°C)	K	t (umur usang, hari)
60	6×10^{-5}	48,08
70	9×10^{-5}	32,05
80	1×10^{-4}	28,85

Perubahan nilai sifat fisik kompon karet selama 7 hari penyimpanan dilakukan untuk menetapkan umur usang kompon karet pada variasi suhu 60 °C, 70 °C dan 80 °C. Hasil perhitungan umur usang kompon karet berbagai variasi suhu terdapat pada Tabel 5.

Nilai konstanta penurunan mutu kompon karet (nilai k) pada setiap suhu penyimpanan ditetapkan untuk perhitungan umur usang kompon karet. Berdasarkan pada Tabel 5. Umur usang kompon karet yang diambil pada suhu 60 °C yaitu 48,08 hari. Semakin tinggi suhu pengusangan, maka laju reaksi berbagai senyawa kimia akan semakin cepat. Hal ini disebabkan panas akan mempercepat proses oksidasi dan degradasi pada vulkanisat karet. Pada waktu pemanasan akan terjadi reaksi ikatan silang gugus aldehida yang berasal dari bahan karet dengan reaksi oksidasi yang memutuskan rantai molekul karet. Reaksi ikatan silang antara gugus aldehida berjalan lambat dan sangat dipengaruhi oleh tingkat kadar air yang terdapat dalam karet tersebut. Semakin rendah kadar air akan semakin dipercepat terjadinya reaksi ikatan silang gugus aldehida tersebut (Brown *et al.*, 2001; Refrizon, 2003), sehingga karet akan mengalami pengerasan setelah pengusangan dengan suhu 70 °C.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian, dapat disimpulkan sebagai berikut: Karakteristik

kompon karet yang dihasilkan memenuhi persyaratan Standar Nasional Indonesia kompon karet bantalan dermaga (SNI 06-3568-2006). Energi aktivasi (E_A) kompon karet bantalan dermaga untuk kekerasan 5,994 K kal/mol, tegangan putus 6,915 K kal/mol dan perpanjangan putus 66,775 K kal/mol. Umur usang kompon karet terbaik pada perlakuan dengan suhu 60 °C, yaitu 48,08 hari.

SARAN

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang umur simpan kompon karet dengan menggunakan bahan pengisi lain yang dapat diperbaharui.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ka. Baristand Industri Palembang atas kelancaran dalam melakukan penelitian ini dan Bapak / Ibu yang mendukung riset ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arpah, M. dan Syarif, R. (2000). Evaluasi model pendugaan umur simpan pangan dari difusi Hukum Fick Unidireksional. *Bulletin Teknologi dan Industri Pangan* XI(1): 11-16.
- Brown, R.P. Butler, T. dan Hawley, S.W. (2001). *Ageing of Rubber : Accelerated Heat Ageing Test Results*. Rapra Technology Limited. Shawbury, Shropshire SY4 4NR, United Kingdom.
- Carter, F. L., Carlo, A.M. and Stanly, J.B. (1978). Termiticidal Components of wood extracts:7-Methyjuglone from Diospyros Virginia. *Journal Agriculturee food chemistry*, 26(4):869-873.
- Daik, R, Shahinas Bidol and Ibrahim Abdullah. (2007). Effect of Molecular weight on the droplet size and Rheological Properties of Liquid natural Rubber Emulsion. *Malaysian Polym J. (MPJ)* : 29-38.
- Hadi, S., Munasir dan Triwikantoro. (2010). Sintesis silika berbasis pasir alam bancar menggunakan metode kopresipitasi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Ismail dan Hashim, A.S. (1998). Pengenalan penyebatan dan pemroses getah. Penerbit Universiti sains Malaysia, Pulau Pinang, Malaysia.
- Kresnawaty, I. dan Zainuddin, A. (2009). Aktivitas antioksidan dan antibakteri dari derivate metil ekstrak etanol daun gambir (*Uncaria gambir*), *jurnal Litri* 15(4), 145-151.
- Kumar, C.S.S.R. and Nijasure, M.A. (2007). Vulcanization of Rubber. *RESONANCE* April 1997, page 55 – 59.
- Maryam, S. (2006). Pengaruh Serbuk Cangkang Kerang Sebagai Filter Terhadap Sifat-Sifat dari Mortar. Skripsi. FMIPA. USU.
- Masyrukan, M. dan Azmi, A.N. (2013). Perbandingan kualitas Rubber Bushing produk Pasaran dengan buatan sendiri. *Media mesin* Vol 14 No 2 Juli 59-67 ISSN 1411-4348.
- Rahman, N. (2005). Pengetahuan Dasar Elastomer. *Teknologi Barang Jadi Karet Padat*. Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor.
- Refrizon. (2003). *Viskositas mooney karet alam*. Jurusan Fisika. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Retno, E., Agus, P., Barkah, R., S. dan Nurul W. (2012). Pembuatan Ethanol Fuel Grade Dengan Metode Adsorpsi Menggunakan Adsorben Granulated Natural Zeolite dan CaO. *Simposium Nasional RAPI XI FT UMS-2K012*. Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Sebelas Maret.
- Sahara, R. (2011). Komposisi Cangkang Kerang Darah. Institut Pertanian Bogor. Jawa barat.
- Sayekti. (1999). *Teknologi Pembuatan Barang Karet Secara Umum*. Balai Penelitian dan Pengembangan Industri. Yogyakarta.

- Surest, A.H., Wardani, A.R. dan Fransiska, R. (2012). Pemanfaatan Limbah Kulit Kerang untuk Menaikkan pH pada proses Pengelolaan air rawa menjadi air bersih. *Jurnal Teknik Kimia UNSRI*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2006). Standar Nasional Indonesia. Vulkanisat Karet Kompon Bantalan Dermaga SNI 06-3568-2006. Jakarta.
- Thomas. (2003). Desain kompon. Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor.
- Wahyudi, T. (2005). Teknologi Barang Jadi Karet. Bogor. Balai Penelitian teknologi Karet Bogor.