

MASA SIMPAN KOMPON KARET LIS KACA KENDARAAN BERMOTOR BERPENGISI SILIKA BATU APUNG DAN TANAH LIAT

SHELF LIFE OF RUBBER COMPOUND FOR GLASS SEAL OF MOTOR VEHICLE BY USING SILICA FROM PUMACE AND CLAY AS THE FILLER

Aprillena Tornadez Bondan dan Rahmaniar

Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang
Jalan Perindustrian II No. 12 Km. 9 Palembang 30152
e-mail: benaprio@gmail.com

Diterima: 25 Maret 2016 ; Direvisi: 1 April 2016 – 28 Agustus 2016; Disetujui: 5 September 2016

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kondisi optimal penyimpanan dan masa simpan kompon karet lis kaca kendaraan bermotor berbahan pengisi silika dari batu apung dan tanah liat. Formulasi kompon karet dilakukan dengan memvariasikan bahan pengisi silika dari batu apung dan tanah liat. Rancangan penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap dengan 2 (dua) faktor, terdiri dari 3 (tiga) perlakuan suhu (T) yaitu 25 °C, 35 °C dan 45 °C, serta 5 (lima) perlakuan masa penyimpanan (t) yaitu 1, 3, 6, 9, dan 12 hari. Penentuan masa simpan menggunakan metode *Accelerated Shelf-Life Testing (ASLT)* dengan pendekatan *Arrhenius* pada parameter uji yang memiliki energi aktivasi (E_a) paling rendah. Parameter uji yang diamati untuk energi aktivasi kompon adalah kekerasan, tegangan putus, dan perpanjangan putus. Hasil penelitian menunjukkan bahwa energi aktivasi (E_a) kompon yang terendah terdapat pada parameter uji kekerasan, yaitu sebesar 3435,78 kal/mol dengan masa simpan (t) kompon karet 75,26 hari pada suhu (T) 25 °C. Hasil uji kompon yang didapat pada perlakuan ini memenuhi syarat SNI 06-1490-1989 tentang Kompon Lis Karet Kaca Kendaraan Bermotor, yaitu kekerasan 73 Shore A, tegangan putus 161 kg/cm², dan perpanjangan putus 506%.

Kata Kunci : batu apung, energi aktivasi, kompon karet, masa simpan, tanah liat

Abstract

This research was aimed to study the optimal storage condition and the shelf life of rubber compound for glass seal of motor vehicle, which consists of pumice and clay as the fillers. The formulation of rubber compound was performed by using variation of pumice stone and clay as the filler materials. The research design was Completely Randomized Design with 2 (two) factors, consists of 3 (three) levels of temperature treatment (T) which were 25 °C, 35 °C and 45 °C, also 5 (five) levels of storage time treatment (t) which were 1, 3, 6, 9, and 12 days. The method used to estimate the shelf life was Accelerated Shelf-Life Testing (ASLT) with Arrhenius approach for the parameter that has the lowest activation energy (E_a). The observed parameters for compounds were hardness, tensile strength, and elongation at break. Result showed that the lowest E_a of compound was found in hardness, with the value 3435.78 kal/mol, and the shelf life (t) 75.26 days at temperature (T) of 25 °C. The test result of hardness obtained in this research has met the requirements of SNI 06-1490-1989 of the Rubber Compound for Glass Seal of Motor Vehicle, with the value of 73 Shore A for hardness, 161 kg/cm² for tensile strength, and 506% for elongation at break.

Keywords : pumice, activation energy, rubber compound, shelf life, clay

PENDAHULUAN

Karet merupakan komoditas unggulan Indonesia dari sub-sektor perkebunan yang memiliki prospek industri cerah sejalan dengan peningkatan kebutuhan untuk industri ban dan otomotif. Dalam proses pembuatan barang jadi karet, bahan-bahan kimia dicampurkan ke dalam karet secara merata (homogen) dan dapat dilakukan

dalam mesin pencampur terbuka (*open-mill mixer*) atau dengan cara pencampuran tertutup dalam *internal mixer* (Bhuana, 1994). Menurut Suharto dan Hanggokusumo (1994), dalam penyusunan formula atau perancangan kompon perlu diperhatikan spesifikasi teknis, biaya, tahap pengolahan kompon dan sifat-sifat vulkanisat yang harus memenuhi persyaratan dari kompon yang akan

dihasilkan. Proses pencampuran kompon karet berlangsung baik jika pada proses mastikasi terjadi pemutusan rantai molekul polimer yang optimal, sehingga diperoleh berat molekul lebih rendah yang mengakibatkan karet menjadi lunak dan mudah bercampur dengan bahan yang lain (Bhuana, 1994). Pemutusan rantai molekul dipengaruhi oleh suhu dan waktu penggilingan. Bahan kimia yang ditambahkan dalam pembuatan kompon karet diantaranya bahan pengisi (*filler*) yang dapat meningkatkan sifat vulkanisat karet. Jenis bahan pengisi yang paling umum digunakan dalam pembuatan kompon karet yaitu *carbon black*. Penggunaan karbon hitam yang merupakan turunan dari minyak bumi mempunyai keterbatasan karena karbon hitam tidak dapat diperbaharui.

Material yang dapat digunakan sebagai bahan pengisi selain karbon hitam (*carbon black*) adalah silika. Bahan yang mengandung silika antara lain batu apung dan tanah liat (tanah liat). Batu apung yang merupakan bahan galian dari batuan kaca vulkanik memiliki pori besar dan ringan, berwarna putih dan memiliki komposisi kimia 65-75% SiO_2 dan 12-15% Al_2O_3 , secara umum digunakan untuk menghaluskan permukaan logam (Elvinas, 2011). Tanah liat (*clay*) merupakan jenis mineral halus dan berbentuk kepingan yang sebagian besar mengandung silikat.

Silika dan karbon hitam merupakan bahan pengisi penguat yang bermanfaat dalam peningkatan sifat mekanis karet alam (Rattanasom et al., 2009). Penggunaan komposit batu apung dan tanah liat sebagai bahan pengisi kompon karet diharapkan dapat meningkatkan sifat fisik barang jadi karet. Silika termasuk bahan pengisi penguat yang dapat meningkatkan sifat fisik karet yaitu kekerasan, kekuatan tarik, ketahanan kikis dan pampatan tetap (Alfa, 2005). Silika mempunyai luas permukaan dan volume pori yang besar, sehingga mudah menyerap berbagai zat seperti air, oli dan bahan radioaktif. Silika bersifat *hidrofobik* ataupun *hidrofilik* sesuai struktur dan morfologinya (Nugroho dan Triono, 2006).

Kompon yang telah menjadi barang jadi karet sering mengalami penurunan elastisitas, menjadi keras dan rusak. Kondisi pemakaian dan penyimpanan dapat mempengaruhi masa simpan barang jadi karet. Barang jadi karet harus disimpan ditempat yang sejuk, kering, serta terlindung dari cahaya, kelembaban, oksigen, panas, ozon, bahan kimia dan deformasi. Oksidasi akibat ozon dan cahaya selama pemakaian barang jadi karet dapat mengakibatkan keretakan, pelunakan dan degradasi sehingga karet tidak dapat digunakan lagi. Dalam penelitian ini digunakan bahan pengisi dari unsur selain turunan minyak bumi yang dapat diperbaharui untuk pembuatan kompon karet yaitu komposit batu apung dan tanah liat, serta melakukan penentuan masa simpan kompon karet yang dihasilkan

Penelitian yang menggunakan bahan pengisi selain turunan minyak bumi untuk pembuatan kompon karet telah dilakukan antara lain menggunakan arang cangkang sawit, *brushing rubber*, abu sabut kelapa, abu briket batubara, abu sekam padi, dan kaolin (Nuyah dan Rahmaniar, 2013; Bondan, 2013; Vachlepi, A. dan Suwardin, 2015; Prasetya, 2014; serta Daud, 2015). Penelitian ketahanan usang atau masa simpan kompon karet yang menggunakan bahan ekstrak kayu secang silika pasir kuarsa dan kalsium karbonat kulit kerang pernah dilakukan oleh Rahmaniar *et al.*, (2015), serta Marlina *et al.*, (2014) tentang ketahanan usang kompon karet dengan bahan pengisi arang aktif tempurung kelapa dan nano silika sekam padi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi optimal penyimpanan dan masa simpan kompon karet lis kaca kendaraan bermotor yang berbahan pengisi silika dari batu apung dan tanah liat.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah karet alam *ribbed smoked sheet (RSS)*, *ethylene propylene diene monomer (EPDM)*, batu apung, tanah

liat, *paraffinic oil*, *coumaron resin*, *zink oxyde* (ZnO), asam stearat (SA), MBTS, *N-Cyclohexyl-2-benzothiazylsulfenamide* (CBS), *tri methyl quinon* (TMQ), dan belerang (*sulphur*).

Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *open mill L 140 cm* D18 cm kapasitas 1 kg, neraca analitis, timbangan Metler p120 kapasitas 1200 g, *glassware*, timbangan duduk merek *Berkel* kapasitas 15 kg, *cutting scraf* besar, alat press, cetakan *sheet*, gunting dan oven.

Metode

Penelitian dilakukan dengan beberapa percobaan di laboratorium untuk pembuatan kompon karet lis kaca kendaraan bermotor, meliputi: formulasi komposit batu apung dan tanah liat, pembuatan bahan pengisi dari batu apung dan tanah liat dengan jumlah perbandingan sesuai rancangan formula, penimbangan bahan baku dan bahan kimia, pembuatan kompon karet, pengujian kompon karet sebelum dan sesudah penyimpanan. Penentuan masa simpan kompon karet menggunakan metode *Accelerated Shelf-Life Testing (ASLT)* dengan pendekatan *Arrhenius* terhadap parameter uji yang mempunyai energi aktivasi (E_a) yang paling rendah.

Ukuran partikel batu apung dan tanah liat yang digunakan dalam penelitian adalah 200 mesh. Perbandingan batu apung dan tanah liat sebagai silika (bahan pengisi) dalam formula kompon adalah 60:40, dengan total komposit silika sebagai bahan pengisi sebanyak 80 phr (berat per seratus karet) dan 90 phr. Variasi yang digunakan pada penelitian ini adalah variasi suhu (T) yaitu 25 °C (T_1), 35 °C (T_2), dan 45 °C (T_3), serta variasi waktu (t) penyimpanan selama 1 hari (t_1), 3 hari (t_2), 6 hari (t_3), 9 hari (t_4), dan 12 hari (t_5). Formula pembuatan kompon karet dengan menggunakan pengisi batu apung dan tanah liat terdapat pada Tabel 1. Dari variasi perlakuan diatas didapat ($2 \times 3 \times 5 = 30$ perlakuan). Parameter yang diamati meliputi kekerasan

(ASTM D 2440-1997), tegangan putus (ISO 37, 1994), dan perpanjangan putus (ISO 37, 1994).

Tabel 1. Formula kompon karet lis kaca kendaraan bermotor

Nama Bahan	Formula (phr)	
	Total Silika 80 phr	Total Silika 90 phr
EPDM	40	40
RSS	60	60
Batu apung	48	54
Tanah liat	32	36
<i>Paraffinic oil</i>	2	2
<i>Coumaron resin</i>	1	1
ZnO	5	5
SA	2	2
MBTS	0,5	0,5
CBS	0,7	0,7
TMQ	1,5	1,5
Sulfur	2,5	2,5

Prosedur kerja

Prosedur pembuatan kompon mengikuti prosedur penelitian Rahmaniar et al. (2015), dimana pencampuran (*mastikasi*) dilakukan dengan menggunakan *open mill*, dengan tahapan sebagai berikut :

1. EPDM dimastikasi selama 1-3 menit, lalu RSS juga dimastikasi selama 1-3 menit hingga karet menjadi lunak.
2. Bahan pengikat (ZnO dan SA) ditambahkan dalam campuran lalu digiling selama 2-3 menit.
3. Antioksidan (TMQ) dan resin (*coumarone resin*) ditambahkan dan digiling selama 2-3 menit.
4. Bahan pengisi (batu apung dan tanah liat sesuai formula) serta bahan pelunak (*paraffinic oil*) ditambahkan ke dalam campuran, lalu digiling selama 3-8 menit.
5. Bahan pencepat (MBTS dan CBS) ditambahkan, lalu campuran digiling selama 1-3 menit.
6. Kompon dipotong setiap sisinya sebanyak 3 kali selama 3 menit.
7. Belerang ditambahkan ke dalam campuran, lalu campuran digiling

hingga menjadi homogen. Lakukan pengaturan jarak roll pada cetakan sheet sebesar 5 cm untuk penentuan ketebalan kompon.

8. Kompon dikeluarkan dari *open mill*, lalu diletakkan di atas plastik transparan.
9. Kompon dipotong sesuai dengan ukuran cetakan karet lis kaca kendaraan bermotor.

Perhitungan masa simpan kompon karet lis kaca kendaraan bermotor mengikuti pendekatan penelitian Haryati et al. (2015) yaitu :

1. Membuat plot persamaan regresi linear parameter uji terhadap waktu (hari), sehingga diperoleh pola persamaan $y = bx + a$. y merupakan karakteristik produk, b adalah laju perubahan karakteristik, x adalah waktu penyimpanan (hari), dan a adalah nilai karakteristik awal produk. Orde reaksi dengan nilai R^2 yang lebih besar digunakan sebagai orde reaksi untuk parameter yang diamati.
2. Menghitung energi aktivasi parameter yang diuji berdasarkan persamaan Arrhenius, $\ln k = \ln k_0 - (E_a/R) \cdot (1/T)$, dimana R adalah konstanta gas ideal (1,986 kal/mol) dan E_a adalah energi aktivasi. k adalah konstanta penurunan mutu. $\ln k_0$ merupakan *intercept* dan (E_a/R) adalah *slope*. Dalam persamaan logaritma *Arrhenius*, konstanta perubahan mutu ($\ln k$) berbanding lurus dengan konstanta yang tidak tergantung pada suhu (k_0) yang telah dikurangi nilai energi aktivasi (E_a).
3. Penentuan parameter kunci untuk masa simpan dilakukan dengan melihat parameter yang memiliki energi aktivasi paling rendah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik kompon karet untuk semua parameter memenuhi syarat mutu SNI 06-1490-1989, dapat dilihat pada Tabel 2.

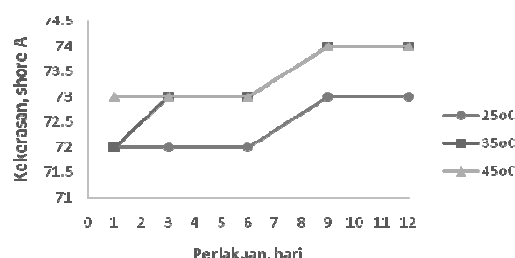
Tabel 2. Hasil percobaan karakteristik kompon karet sebelum penyimpanan

Parameter uji	Hasil	Syarat Mutu SNI 06-1490-1989
Kekerasan (shore A)	72	70±5
Tegangan putus (kg/cm ²)	161	Min. 10
Perpanjangan putus (%)	506	Min. 200
Pengusangan		
Kekerasan		Maks. ±5
Tegangan putus		Maks. 20
Perpanjangan putus		Maks. 10

1. Perubahan karakteristik kompon selama penyimpanan

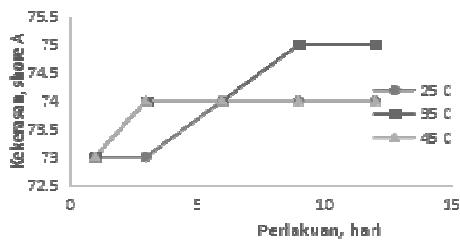
Kekerasan

Hasil pengujian kekerasan tertinggi pada kompon lis kaca yang mengandung silika 80 phr, mulai diperoleh pada kombinasi suhu 35 °C hingga 45 °C dengan lama penyimpanan mulai 9 hingga 12 hari, dengan nilai kekerasan 74 shore A. Nilai kekerasan terendah diperoleh pada kombinasi perlakuan suhu 25 °C dan 35 °C, pada lama penyimpanan 1 dan 3 hari dengan nilai kekerasan 72 shore A. Sementara, hasil pengujian kekerasan kompon yang mengandung silika 90 phr selama penyimpanan, nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan suhu 35 °C selama 9 dan 12 hari dengan nilai kekerasan 75 shore A, sedangkan nilai terendah diperoleh pada semua perlakuan suhu (25 °C, 35 °C dan 45 °C) selama 1 hari dengan kekerasan 73 Shore A.



Gambar 4. Kekerasan kompon karet lis kaca kendaraan bermotor selama penyimpanan (80 phr silika)

Secara keseluruhan, nilai kekerasan kompon memenuhi persyaratan SNI 06-1490-1989. Hasil pengujian kekerasan selama penyimpanan dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 5. Kekerasan kompon karet lis kaca kendaraan bermotor selama penyimpanan (90 phr silika).

Perubahan kekerasan disebabkan oleh pemanasan vulkanisat karet, sehingga mengakibatkan reaksi oksidasi yang memutuskan rantai molekul karet lebih cepat. Semakin besar jumlah ikatan jenuh dalam polimer karet, semakin rentan terjadinya degradasi. Polimer karet tak jenuh tinggi dapat bereaksi dengan oksigen, terutama ketika adanya energi. Energi dapat berasal dari panas, pergeseran, tenaga mekanis dan sinar ultraviolet (UV), yang menyebabkan lebih cepat terjadinya oksidasi. Pada proses mastikasi kompon karet, terjadi pemutusan rantai molekul oleh tenaga mekanis, diikuti dengan terikatnya oksigen dari udara pada radikal-radikal bebas (Bhuana, 1994).

Jika penentuan laju reaksi perubahan mutu menggunakan suhu sebagai salah satu parameter untuk mempercepat kerusakan, maka laju penurunan mutunya dapat ditentukan berdasarkan energi aktivasi yang merupakan energi minimum untuk memulai suatu reaksi (Prasetya *et al.*, 2014). Persamaan regresi linier untuk setiap penyimpanan dan nilai koefisien korelasi (R^2) dan orde reaksi diuraikan pada Tabel 3.

Kekerasan merupakan besarnya kekerasan vulkanisat karet dengan kekerasan penekanan tertentu (Wahyudi, 2005). Berdasarkan hasil regresi linear untuk parameter kekerasan pada Tabel 4,

nilai R^2 yang mendekati 1 terdapat dalam perlakuan suhu 35 °C pada kompon bersilika 80 phr. Namun, nilai R^2 yang tertinggi untuk regresi linear dengan orde reaksi 2, terdapat dalam perlakuan suhu 25 °C pada kompon bersilika 90 phr. Hal ini berarti lama penyimpanan berpengaruh terhadap nilai kekerasan. Semakin lama penyimpanan kompon pada suhu 25 °C, maka kekerasan semakin meningkat.

Tabel 3. Persamaan regresi linier parameter kekerasan untuk setiap suhu penyimpanan, nilai koefisien korelasi (R^2) dan orde reaksi

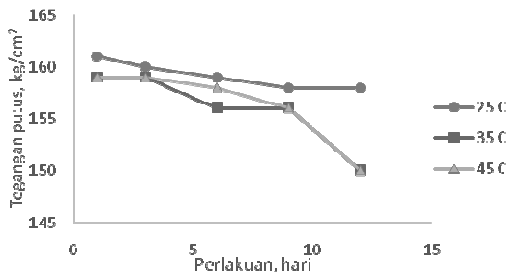
Silika (phr)	T (°C)	Pers. regresi linier	Koef. Determinasi (R^2)	Orde reaksi
80	25	$y = 14(10^{-4})x + 4,2762$	0,7955	1
	35	$y = 25(10^{-4})x + 4,2776$	0,9014	1
	45	$y = 20(10^{-4})x + 4,282$	0,7964	1
90	25	$y = -2(10^{-5})x + 0,0137$	0,7955	2
	35	$y = 31(10^{-4})x + 4,2858$	0,8329	1
	45	$y = -3(10^{-5})x + 0,0138$	0,7945	2

Silika merupakan bahan pengisi penguat, sehingga akan menaikkan sifat fisik vulkanisat karet. Suhu yang semakin tinggi dan lama waktu pengusangan cenderung menaikkan nilai kekerasan vulkanisat karet, hal ini dikarenakan bahan pengisi batu apung yang digunakan mengandung senyawa silika sekitar 60,56 - 66,2% (Miskah, 2010; Pramudono dan Bambang, 1997) dan tanah liat 50,03% (Sebayang *et al.*, 2010).

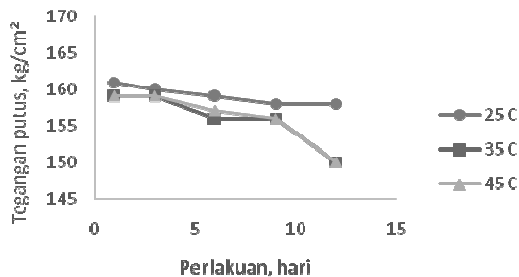
Tegangan putus

Hasil pengujian tegangan putus pada kompon bersilika 80 phr selama penyimpanan, nilai tertinggi terdapat pada perlakuan suhu 25 °C dengan lama penyimpanan 1 hari yaitu 161 kg/cm², sedangkan nilai terendah diperoleh pada suhu mulai 35 °C dengan lama penyimpanan 12 hari, yaitu 150 kg/cm².

Hasil pengujian tegangan putus kompon bersilika 90 phr, nilai tertinggi terdapat pada perlakuan suhu 25 °C dengan lama penyimpanan 1 hari yaitu 161 kg/cm², sedangkan nilai terendah diperoleh pada suhu 35 °C dan 45 °C dengan lama penyimpanan 12 hari yaitu 150 kg/cm². Hasil pengujian tegangan putus selama penyimpanan dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Tegangan putus kompon karet lis kaca kendaraan bermotor selama penyimpanan (80 phr silika)



Gambar 7. Tegangan putus kompon karet lis kaca kendaraan bermotor selama penyimpanan (90 phr silika)

Pada Gambar 6 dan Gambar 7, dapat dilihat bahwa semua nilai tegangan putus kompon cenderung menurun selama masa penyimpanan, namun penurunan yang drastis terdapat pada kondisi penyimpanan di suhu 35 °C dan 45 °C. Pada suhu 25 °C terjadi penurunan namun grafik terlihat landai. Hal ini dapat dipahami bahwa suhu merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi perubahan suatu produk pada masa penyimpanan (Bazin *et al.*, 2011). Penurunan tegangan putus sebagai akibat reaksi di dalam kompon terjadi lebih cepat seiring dengan peningkatan suhu penyimpanan. Persamaan regresi linier

parameter tegangan putus untuk setiap penyimpanan, nilai koefisien korelasi (R²) dan orde reaksi diuraikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Persamaan regresi linier parameter tegangan putus untuk setiap suhu penyimpanan dan nilai koefisien korelasi (R²) dan orde reaksi

Silika (phr)	T (°C)	Pers. regresi linier	Koef. Determinasi (R ²)	Orde reaksi
80	25	$y = 10^{-5}x + 0,0062$	0,9434	2
	35	$y = -5(10^{-3})x + 5,0806$	0,8843	1
	45	$y = 49(10^{-4})x + 5,0823$	0,8489	1
90	25	$y = 10^{-5}x + 0,0062$	0,9434	2
	35	$y = -5(10^{-3})x + 5,0806$	0,8843	1
	45	$y = -49(10^{-4})x + 5,0815$	0,875	1

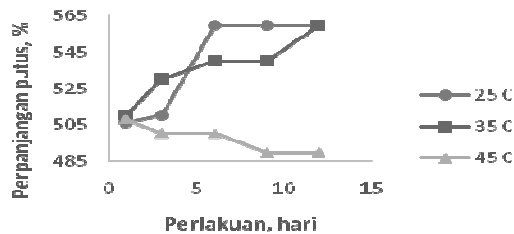
Parameter tegangan putus dengan orde reaksi tertinggi dan nilai R² yang paling mendekati 1 terdapat dalam perlakuan suhu penyimpanan 25 °C pada kompon bersilika 80 phr maupun 90 phr. Hal ini berarti semakin lama penyimpanan kompon pada suhu 25 °C, maka laju reaksi untuk parameter tegangan putus selanjutnya akan meningkat secara kuadratik (orde reaksi 2).

Perpanjangan putus

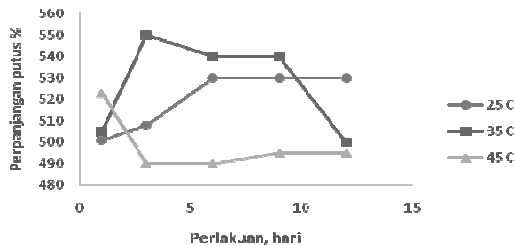
Hasil pengujian perpanjangan putus pada kompon bersilika 80 phr selama penyimpanan, nilai tertinggi terdapat pada perlakuan suhu 25 °C dengan lama penyimpanan 6, 9, 12 hari yaitu 560%, dan suhu 35 °C lama penyimpanan 12 hari yaitu 560%, sementara nilai terendah diperoleh pada suhu 45 °C dengan lama penyimpanan 12 hari yaitu 467%.

Hasil pengujian perpanjangan putus pada kompon bersilika 90 phr selama penyimpanan, nilai tertinggi terdapat pada perlakuan suhu 25 °C dengan lama penyimpanan 6, 9, 12 hari yaitu 560%, dan pada suhu 35 °C lama penyimpanan 12 hari yaitu 560%. Nilai terendah diperoleh pada suhu 45 °C dengan lama

penyimpanan 9 dan 12 hari yaitu 490%. Hasil pengujian tegangan putus selama penyimpanan dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 8. Perpanjangan putus kompon karet lis kaca kendaraan bermotor selama penyimpanan (80 phr silika)



Gambar 9. Perpanjangan putus kompon karet lis kaca kendaraan bermotor selama penyimpanan (90 phr silika)

Berdasarkan Gambar 8 dan Gambar 9, perpanjangan putus kompon pada masing-masing perlakuan suhu penyimpanan tidak memiliki pola grafik yang sama. Hal ini dapat terjadi karena kompon mengandung bahan karet sintesis yaitu EPDM. Menurut Arizal, (1994) EPDM yang merupakan *copolymer* dari *ethylene-propylene diene* dan monomer ketiga sebagai gugus samping yang bisa dari 1,4 *hexadiene* (HD), *etiliden nobonen* (EN) dan *disiklopentadiena* (DCDP), jika digunakan dalam kompon karet akan mengakibatkan vulkanisat kurang stabil pada suhu yang tinggi dibanding dengan karet EPM.

Persamaan regresi linier parameter perpanjangan putus untuk setiap penyimpanan, nilai koefisien korelasi (R^2) dan orde reaksi diuraikan pada Tabel 5, dimana parameter perpanjangan putus

dengan orde reaksi tertinggi dan nilai R^2 yang paling mendekati 1 yaitu 0.9111 terdapat dalam perlakuan suhu penyimpanan 35 °C pada kompon bersilika 90 phr. Hal ini berarti semakin lama penyimpanan kompon pada suhu 35°C, maka perpanjangan putus semakin meningkat seperti terlihat pada Gambar 8.

Tabel 5. Persamaan regresi linier parameter perpanjangan putus untuk setiap suhu penyimpanan dan nilai koefisien korelasi (R^2) dan orde reaksi

Silika (phr)	T (°C)	Pers. regresi linier	Koef. Determinasi (R^2)	Orde reaksi
80	25	$y = -2(10^{-5})x + 0,002$	0,8124	2
	35	$y = 87(10^{-4})x + 6,221$	0,8976	1
	45	$y = -75(10^{-4})x + 6,2429$	0,9179	1
90	25	$y = 2(10^{-5})x + 0,002$	0,8124	2
	35	$y = 10^{-5}x + 0,002$	0,9111	2
	45	$y = -31(10^{-4})x + 6,2285$	0,8979	1

Sebaliknya, perpanjangan putus akan lambat berubah pada orde reaksi terendah dan R^2 terkecil yaitu dalam perlakuan suhu penyimpanan 35 °C pada kompon bersilika 80 phr. Hal ini terlihat pada Gambar 9, dimana penurunan perpanjangan putus terjadi secara drastis dari masa penyimpanan 9 hari hingga 12 hari. EPDM memiliki fleksibilitas yang baik pada suhu yang rendah (Arizal, 1994), hal ini dapat dilihat pada grafik perpanjangan putus kompon pada suhu 25 °C yang berangsur meningkat pada penyimpanan 1 hingga 6 hari dan stabil hingga penyimpanan 12 hari.

2. Penentuan masa simpan kompon karet lis kaca kendaraan bermotor

Berdasarkan persamaan regresi linier plot $1/T$ dan $\ln k$ yang merupakan persamaan *Arrhenius* untuk setiap parameter pengamatan, dapat dipilih satu parameter untuk menghitung masa simpan

(umur usang) kompon karet. Parameter yang dianggap mempengaruhi perubahan mutu selama pengusangan tersebut adalah parameter yang mempunyai nilai energi aktivasi terendah, karena reaksi kerusakan yang terjadi akan berlangsung lebih lama (Prasetya *et al.*, 2014). Sebaliknya, energi aktivasi yang tinggi mengakibatkan reaksi kerusakan akan berlangsung lebih cepat.

Persamaan *Arrhenius* digunakan untuk menganalisis kecepatan/laju penurunan kualitas kompon. Nilai energi aktivasi untuk setiap parameter pengamatan kompon karet terdapat pada Tabel 6, dimana energi aktivasi yang terendah terdapat pada parameter kekerasan dalam kompon bersilika 80 phr, yaitu sebesar 3435,78 kal/mol. Dengan demikian, parameter kekerasan merupakan parameter yang digunakan dalam penentuan masa simpan kompon karet dalam penelitian ini.

Tabel 6. Nilai energi aktivasi kompon karet lis kaca kendaraan bermotor

No	Parameter	Nilai Energi Aktivasi (E_a) kal/mol	
		80 phr silika	90 phr silika
1.	Kekerasan	3435,78	4799,76
2.	Tegangan putus	58904,76	58904,76
3.	Perpanjangan putus	56386,51	46788,17

Nilai kekerasan sangat mempengaruhi umur usang atau masa simpan kompon karet. Nilai kekerasan yang tinggi dapat membuat karet menjadi tidak elastis, mengalami keretakan atau pecah akibat panas matahari dan pengaruh ozon sehingga terjadi pengusangan yang mempengaruhi ketahanan fisik karet (Marlina *et al.*, 2014).

Penentuan masa simpan kompon karet dengan parameter kekerasan pada variasi suhu penyimpanan 25 °C, 35 °C dan 45 °C dilakukan dengan menggunakan data perubahan nilai sifat fisik kompon karet selama 1 hingga 12 hari penyimpanan. Hasil perhitungan masa simpan kompon

karet pada berbagai variasi suhu terdapat pada Tabel 7.

Tabel 7. Penentuan masa simpan kompon karet bersilika 80 phr berdasarkan parameter kekerasan

Suhu (°C)	k	t (masa simpan, hari)
25	0,0014	75,26
35	0,0025	42,14
45	0,002	52,68

Nilai k merupakan konstanta penurunan kualitas kompon karet pada masing-masing suhu penyimpanan digunakan untuk perhitungan masa simpan kompon karet. Berdasarkan Tabel 7, masa simpan kompon karet terlama pada suhu 25 °C yaitu 75,26 hari.

Suhu 25 °C merupakan suhu terendah pada perlakuan penyimpanan kompon dengan masa simpan terlama dan mampu menjaga perubahan mutu kompon karet. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4, dimana nilai kekerasan kompon bersilika 80 phr yang disimpan pada suhu 25 °C cenderung stabil dengan nilai kekerasan 73 Shore A mulai dari penyimpanan selama 6-12 hari.

Peningkatan kecepatan reaksi dipengaruhi oleh kenaikan suhu, sehingga hasil reaksi akan semakin besar yang mengakibatkan produk semakin cepat rusak atau umur simpannya menjadi semakin singkat (Haryati *et al.*, 2015). Kompon karet yang disimpan pada suhu yang semakin tinggi akan mengalami peningkatan kecepatan laju reaksi berbagai senyawa kimia di dalamnya. Akibatnya, degradasi kompon karet yang mengakibatkan pengusangan menjadi lebih cepat terjadi.

KESIMPULAN

Masa simpan kompon karet lis kaca kendaraan bermotor terbaik yang diperoleh dalam penelitian ini yaitu 75,26 hari pada kompon karet yang mengandung bahan pengisi silika 80 phr (komposisi silika dari batu apung 48 phr dan tanah liat 32 phr) dengan suhu penyimpanan 25 °C.

Penentuan masa simpan ini menggunakan parameter kekerasan karena memiliki energi aktivasi (E_A) terkecil yaitu 3435,78 kal/mol. Nilai hasil uji kompon yang didapat pada perlakuan ini memenuhi persyaratan Standar Nasional Indonesia untuk kompon lis karet kaca kendaraan bermotor SNI 06-1490-1989, yaitu kekerasan 73 Shore A, tegangan putus 161 kg/cm², dan perpanjangan putus 506%.

SARAN

Perlu dilakukan penelitian tentang bahan pengisi barang jadi karet yang bersumber dari bahan yang dapat diperbaharui lainnya, sebagai alternatif untuk mengurangi penggunaan bahan pengisi yang berasal dari turunan minyak bumi atau bahan impor dalam pembuatan kompon karet.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Baristand Industri Palembang atas pendanaan dalam penelitian, kepada tim pelaksana penelitian, reviewer dan editor jurnal atas masukan yang telah diberikan untuk penyempurnaan tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfa, A. A. (2005). Bahan Kimia untuk Kompon Karet . Kursus Teknologi Barang Jadi Karet Padat. *Bogor: Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor.*, 2005.
- Arizal, R. (1994). Pengetahuan Dasar Elastomer. *Dalam Kursus Teknologi Barang Jadi Karet* (pp. 1–62). Bogor: Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor.
- Bazin, J., Batlla, D., Dussert, S., El-Maarouf-Bouteau, H., & Bailly, C. (2011). Role of relative humidity, temperature, and water status in dormancy alleviation of sunflower seeds during dry after-ripening. *Journal of Experimental Botany*, 62(2), 627–640. <http://doi.org/10.1093/jxb/erq314>
- Bhuana, K. S. (1994). Proses Mastikasi dan Pencampuran Kompon. *Dalam Kursus Teknologi Barang Jadi Karet* (pp. 1–8). Bogor: Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor.
- Bondan, A. T. (2013). Nano Brushing Rubber sebagai Bahan Pengisi dalam Pembuatan Karet Tromol Kendaraan Bermotor Roda Dua. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 24(2), 82–89.
- Daud, D. (2015). Kaolin sebagai Bahan Pengisi pada Pembuatan Kompon Karet: Pengaruh Ukuran dan Jumlah terhadap Sifat Mekanik Fisik. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 26(1), 41–48.
- Elvinas, H. (2011). Pemanfaatan Batu Apung Asal Lombok sebagai Bahan utama pembuatan bata beton ringan di PT. Ubin Alpen Bandung., 2011.
- Haryati, Estiasih, T., Heppy, F., & Ahmadi, K. (2015). Pendugaan Umur Simpan Menggunakan Metode Accelerated Shelf-Life Testing (ASLT) dengan Pendekatan Arrhenius pada Produk Tape Ketan Hitam Khas Mojokerto Hasil Sterilisasi. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 3(1), 156–165.
- Marlina, P., Pratama, F., Hamzah, B., dan Pambayun, R. (2014). Ketahanan Usang Kompon Karet dengan Bahan Pengisi Arang Aktif Tempurung Kelapa dan Nano Silika Sekam Padi. *Prosiding Diseminasi Hasil Litbang Industri*, 33–39.
- Miskah, S. (2010). Pemanfaatan Batu Apung (Pumice) sebagai Bahan Pemucat Crude Palm Oil. *Jurnal Teknik Kimia*, 17(2), 2010.
- Nugroho dan Triono, L. B. (2006). *Sintesis Partikel Silika dengan Metode Spray Drying dari Sol Silika*. Surabaya.
- Nuyah dan Rahmaniar. (2013). Pembuatan Kompon Karet dengan Bahan Pengisi Arang Cangkang Sawit. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 24(2), 114–121.
- Prasetya, H. A. (2014). Kompon Karet Grip Handle dengan Bahan Pengisi Abu Sekam Padi. In *Prosiding Diseminasi Hasil Litbang Industri* (pp. 57–63). Palembang.
- Prasetya, H.A., Suyatno, Sugiyono, B., Idris, Umardi, M., N. (2014). *Penentuan Masa Simpan Barang Jadi Karet dengan Bahan Penyusun Kompon yang Berasal dari Sekam Padi*. Palembang.
- Rahmaniar, Rejo, A. Priyanto, G., dan Hamzah, B. (2015). Ketahanan Usang Kompon Karet dengan Bahan Ekstrak Kayu Secang, Silica Pasir Kuarsa dan Kalsium Karbonat Kulit Kerang. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 26(1), 67–74.
- Rattanasom, N., Prasertsri, S., Ruangritnumchai, T. (2009). Comparison of the mechanical properties at similar hardness level of natural rubber filled with

- various reinforcing-fillers. *Journal of Polymer Testing*, 28(1), 8–12. <http://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2008.08.004>
- Sebayang P. , Muljadi, Ginting, M., H. (2010). Pembuatan Keramik Gerabah Berbasis Limbah Padat dari Industri Pulp dan Tanah Liat. *Jurnal Teknologi Indonesia*, 33(2), 79–85.
- Suharto dan Hanggokusumo. (1994). *Kimia dan Teknologi Vulkanisat . Makalah pada Kursus Teknologi Barang Jadi Karet. Bogor: Balai Penelitian Karet Bogor.*
- Vachlepi, A. dan Suwardin, D. (2015). Kajian Pembuatan Kompon Karet Alam dari Bahan Pengisi Abu Briket Batubara dan Arang Cangkang Sawit. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 26(1), 1–9.
- Wahyudi, T. (2005). *Teknologi Barang Jadi Karet Padat . Bogor: Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor.*