

PENGARUH ARANG TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT PADA SIFAT MEKANIK KARET KOPLING KENDARAAN BERMOTOR RODA DUA

EFFECT OF OIL PALM EMPTY FRUIT BUNCHES CHARCOAL IN MECHANICAL PROPERTIES OF RUBBER CLUTCH OF MOTORCYCLE VEHICLES

Popy Marlina, Tri Susanto

Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang
Jln. Perindustrian II No 12, KM 9 Sukarami, Palembang 30152
e-mail: popymarlina@gmail.com

Diterima: 31 Mei 2018 ; Direvisi: 2 Juni – 1 November 2017; Disetujui: 27 November 2018

Abstrak

Arang tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dapat digunakan sebagai bahan pengisi alternatif dalam pembuatan karet kopling kendaraan bermotor roda dua. Arang TKKS merupakan limbah proses pengolahan kelapa sawit dan sumber daya alam yang dapat diperbaharui. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh arang TKKS terhadap sifat mekanik karet kopling kendaraan bermotor. Pengaruh konsentrasi arang TKKS (T1= 15 phr, T2= 25 phr, T3= 35 phr, T4= 45 phr dan T5= 55 phr) pada masing-masing konsentrasi terhadap ketahanan kikis, ketahanan retak lentur, ketahanan minyak dan berat jenis. Penelitian eksperimental menggunakan Rancangan Acak Lengkap non Faktorial dan setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat mekanik terbaik yang memenuhi persyaratan karet kopling kendaraan bermotor roda dua komersial menggunakan 35 hingga 55 phr arang TKKS. Kisaran konsentrasi tersebut menunjukkan sifat mekanik untuk ketahanan kikis 397,5 hingga 432,5 mm³, ketahanan retak lentur 20 hingga 25 kcs, ketahanan minyak 13,2 hingga 14,0%, dan berat jenis kisaran 1,044 hingga 1,112 g/cm³.

Kata kunci : arang TKKS, bahan pengisi, karet kopling, sifat mekanik

Abstract

The charcoal of oil palm empty fruit bunches can be used as a filler in the making of rubber clutch of motorcycle vehicles. Oil palm empty fruit bunches is a waste processing of palm oil and renewable resources. This research aimed to determine the effect of TKKS charcoal on the mechanical properties of the rubber clutch of two-wheel motor vehicle. The effect of TKKS charcoal concentrations (15, 25, 35, 45 and 55 phr, respectively) on the abrasion resistance, flex cracking resistance, oil resistance and density were evaluated. The experimental research used non Factorial Completely Randomized Design and each treatments was replicated three times. The results showed that the best properties fulfilled the requirements of commercial rubber clutch of motorcycle vehicles was using of 35 until 55 phr of TKKS charcoal. This range showed the mechanical properties of: 397.5 until 432.5 mm³ in abrasion resistance, 20 until 25 kcs in flex cracking, 13.2 until 14.0% for oil resistance and 1.044 until 1.112 g/cm³ for density.

Keyword : TKKS charcoal, filler, rubber clutch, mechanical properties

PENDAHULUAN

Karet alam merupakan polimer yang berasal dari pohon *Hevea brasiliensis*. Karet alam memiliki kelebihan, diantaranya kekuatan mekanik yang tinggi, fleksibilitas pada suhu rendah, ketahanan sobek dan kikis yang sangat baik serta dapat diperbaharui. Karet alam jarang digunakan dalam keadaan aslinya untuk aplikasi di industri seperti bidang

otomotif, kesehatan dan rumah tangga. Sehingga dalam pembuatan produk dari karet diperlukan bahan tambahan lainnya agar senyawa karet dapat diproses dengan baik untuk memperbaiki sifat senyawa karet sehingga bisa diaplikasikan di industri yang menghasilkan produk karet. Bahan tambahan yang digunakan dalam pembuatan karet meliputi vulkanisator, akselerator, aktivator, pengisi, antioksidan dan pelunak. Bahan

pengisi merupakan salah satu bahan tambahan terpenting yang digunakan dalam pembuatan produk karet. Bahan pengisi ditambahkan dalam formulasi karet untuk mengoptimalkan sifat yang dibutuhkan untuk pembuatan aneka produk karet, seperti ban kendaraan (sepeda, motor, mobil, traktor, hingga pesawat terbang), pipa karet, kabel, *wipe blade*, lis kaca mobil. Bahan pengisi ditambahkan ke dalam senyawa karet dengan tujuan untuk meningkatkan sifat fisik, memperbaiki karakteristik pengolahan dan menurunkan biaya. Jenis bahan pengisi penguat yang umum digunakan dalam industri karet adalah *carbon black*, namun *carbon black* berasal dari minyak bumi yang tidak terbarukan, dan menimbulkan polusi.

Pemanfaatan sumber daya alam terbarukan merupakan upaya untuk mencari alternatif bahan pengisi yang ramah lingkungan, dapat diperbaharui dan menghasilkan produk karet dengan karakteristik sesuai dengan persyaratan mutu yang telah ditentukan. Pemanfaatan sumber daya alam sebagai bahan pembantu dalam pembuatan barang jadi karet telah banyak dilakukan, diantaranya Jacob, *et al* (2004), menggunakan komposit serat alam hibrida kelapa sawit, dapat meningkatkan tegangan putus dan ketahanan sobek karet. Prasetya (2017), memanfaatkan arang cangkang sawit sebagai bahan pengisi *seal* tutup radiator, menghasilkan sifat mekanik vulkanisat *seal radiator*, meliputi kekerasan, tegangan putus, perpanjangan putus, ketahanan usang dan ketahanan sobek yang memenuhi persyaratan *seal* tutup radiator komersial. Pemanfaatan abu sekam padi sebagai bahan pengisi dengan karet alam epoksida, telah dilakukan penelitian oleh Pangdong, *et al* (2015), menghasilkan peningkatan kinerja vulkanisat karet.

Bahan pengisi alternatif dari sumber daya terbarukan sangat menarik, meningkatkan keberlanjutan produksi karet secara keseluruhan. Serat tandan kosong kelapa sawit dipilih sebagai penguat merupakan sumber daya alam yang melimpah. Tandan kosong kelapa sawit memiliki komposisi selulosa sekitar 45,95%,

hemiselulosa sekitar 16,4% dan lignin sekitar 22,84% (Krisdianto *et al.*, 2000). Selulosa mempunyai struktur rantai yang mirip dengan hidrokarbon dalam minyak bumi (Herminiwati *et al.*, 2005). Rantai yang panjang dalam selulosa dapat dipecah menjadi agregat karbon dan senyawa-senyawa kimia dengan berat molekul rendah, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengisi alternatif pengganti *carbon black*. Selain itu, serat alami memiliki kelebihan karena sifat terbarukan, biaya rendah, ketersediaan mudah, dan kemudahan modifikasi kimia dan mekanik (Ismail *et al.*, 2002).

Karet kopling berfungsi untuk meredam hentakan, maka dari itu perlu dipilih material yang memiliki tahanan tumbukan yang baik, selain itu, terkadang dalam kopling terdapat pelumas untuk memperlancar gerak, maka dalam hal ini juga perlu diperhatikan untuk menggunakan material yang tahan terhadap pelumas yang digunakan. Selain itu, kopling bekerja pada temperatur yang cukup tinggi, hal ini akan memperpendek usia karet kopling yang digunakan, maka material yang digunakan juga harus tahan terhadap panas sehingga umur penggunaannya dapat lebih lama.

Penelitian ini akan dilakukan pembuatan karet kopling menggunakan komposit karet alam dan serat tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan alami dari sumber daya alam yang berasal dari daerah Sumatera Selatan. Komposit karet alam dan serat alami mempunyai keuntungan diantaranya mempunyai modulus regangan yang fleksibel, kekakuan, anti redam dan pengolahan yang ekonomis, diharapkan dengan pengembangan komposit karet alam dan serat tandan kosong kelapa sawit dalam pembuatan karet akan dihasilkan karet kopling yang tahan terhadap gesekan, minyak dan panas, sehingga umur pemakaian karet kopling dapat lebih lama.

BAHAN DAN METODA

Bahan

Bahan - bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serat tandan kosong kelapa sawit, *Nitrille Butadiena Rubber* (NBR),

SIR 20, sulfur, ZnO, asam stearat, *Trimethyl Quinon* (TMQ), *Tetramethyl Thiuram Disulfide* (TMTD), 6PPD, *N-Cyclohexyl-2-benzothiazylsulfenamide* (CBS), *carbon black*, Si69, Retarder PVII.

Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah timbangan metler p1210 kapasitas 1200 g, timbangan duduk merek Berkel kapasitas 15 kg, open mill L 40 cm D18 cm kapasitas 1 kg, *cutting scraf* besar, alat press, cetakan *sheet*, *autoclave*, *glassware*, furnace, ayakan 400 mesh, *shaker* dan gunting.

Metoda Penelitian

Rancangan Percobaan

Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan faktor perlakuan variasi konsentrasi arang TKKS pada yaitu :

T1 = 15, phr, T2= 25 phr, T3= 35 phr, T4= 45 phr, dan T5= 55 phr, masing-masing perlakuan diulang 3 (tiga) kali.

Tabel 1. Formula karet kopling kendaraan bermotor roda dua

Formula	Perlakuan (phr)				
	T1	T2	T3	T4	T5
SIR 20	80	80	80	80	80
NBR	20	20	20	20	20
N330 (Carbon Black)	5	5	5	5	5
Arang TKKS	15	25	35	45	55
6PPD	2	2	2	2	2
TMQ	1	1	1	1	1
ZnO	5	5	5	5	5
Asam Stearat	2	2	2	2	2
CBS	3	3	3	3	3
TMTD	2	2	2	2	2
Sulfur	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Si69	3	3	3	3	3
PVII	1	1	1	1	1

Tahapan Penelitian :

Pembuatan Bahan Pengisi Arang Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (Hendra dan Pari, 1999)

Bahan baku tandan kosong kelapa sawit dikarbonisasi dalam furnace pada suhu 450 °C selama 5 jam. Setelah dingin arang diayak dengan ukuran partikel 400 mesh.

Prosedur Pembuatan Kompon Karet 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).

Mixing (pencampuran)

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

Mastikasi karet alam SIR dan NBR 1-3 menit, dilanjutkan pencampuran polymer dengan bahan kimia (pembuatan kompon karet/vulkanisasi), meliputi bahan penggiat/activator, ZnO dan asam stearat ditambahkan, dipotong setiap sisi satu sampai tiga kali selama 2-3 menit. Antioksidan, TMQ ditambahkan, dipotong setiap sisi sampai 3 kali selama 2–3 menit. Bahan pengisi arang TKKS ditambahkan, setiap sisi dipotong sampai dua atau tiga kali selama 3-8 menit. Pelunak (*softener*) minarek oil ditambahkan, setiap sisi dipotong sampai dua atau tiga kali selama 3-8 menit. Accelerator MBTS dan CBS ditambahkan, setiap sisi dipotong dua atau tiga kali selama 1–3 menit. Agent ikatan Phenol formaldehyde (PF), Hexamethylene tertamine (Hexa) dan silica (sil) ditambahkan sampai homogen. Vulkanisator sulfur ditambahkan sampai homogen. Kompon dikeluarkan dari *open mill* dan ditentukan ukuran ketebalan lembaran kompon dengan menyetel jarak roll pada cetakan sheet, dikeluarkan dan diletakkan diatas plastik transaran. Kompon di press kemudian vulkanisat yang dihasilkan dipotong disesuaikan dengan barang jadi yang akan dibuat, karet kopling.

Peubah yang diamati

Peubah yang diamati meliputi ketahanan kikis, ketahanan retak lentur, ketahanan minyak (suhu 70 °C, 72 jam), dan berat jenis.

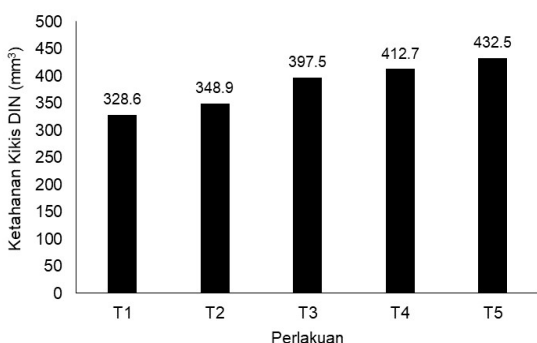
Hasil dan Pembahasan

Ketahanan kikis

Pengujian ketahanan kikis bertujuan untuk mengetahui ketahanan kikis dari vulkanisat karet yang digesekan pada sebuah ampelas kikis dengan mutu tertentu, dengan tekanan dan area tertentu. Ketahanan kikis merupakan kesanggupan karet bertahan terhadap gesekan dengan benda lain pada pemakaiannya. Nilai ketahan kikis merupakan sifat yang penting yang harus dimiliki oleh produk karet, jika ketahanan kikis rendah maka produk yang dihasilkan akan mudah aus. Nilai ketahanan kikis vulkanisat kopling kendaraan bermotor disajikan pada Gambar 1.

Nilai ketahanan kikis vulkanisat kopling yang memenuhi mutu vulkanisat kopling komersil (maksimal 450 mm³) diperoleh pada perlakuan T3 (arang TKKS 35 phr), T4 (arang TKKS 45 phr) dan T5 (arang TKKS 55 phr) dengan masing-masing nilai sebesar 397,5 mm³, 412,7 mm³ dan 432,5 mm³.

Gambar 1 menunjukkan pola yang teratur dari peningkatan nilai ketahanan kikis dengan meningkatnya konsentrasi arang TKKS. Hal ini menunjukkan bahan pengisi sebagai fungsi parameter ketahanan kikis yang dikaitkan dengan derajat dispersi bahan pengisi (Eichhom *et al*, 2001; Ekabafe *et al*, 2010).



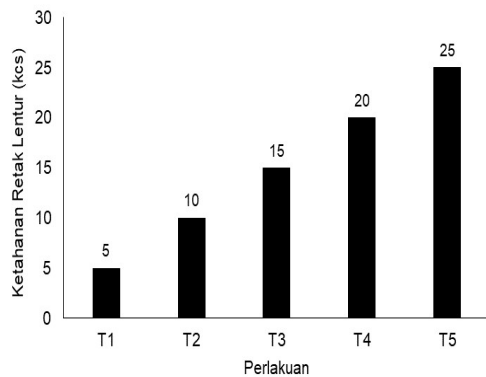
Gambar 1. Ketahanan Kikis Vulkanisat Kopling Kendaraan Bermotor

Arang TKKS merupakan bahan pengisi penguat yang mengandung karbon dengan gabungan hidrogen dan oksigen (Abdullah *et al*, 2011). Aktivitas permukaan karbon TKKS dalam fungsinya sebagai penguat akan membatasi mobilitas karet. Karet yang teradsorpsi dengan kuat di permukaan karbon mengurangi mobilitas karet menjadi karet terikat, karet bertambah keras dan ulet, makin sulit diregangkan sehingga ketahanan kikis vulkanisat karet meningkat. Ikatan permukaan yang terjadi merupakan gaya adhesi yang ditimbulkan, yang memungkinkan terjadinya ikatan intermolekul. Selain itu, ketahanan kikis yang meningkat dipengaruhi oleh ukuran partikel bahan pengisi. Ukuran partikel yang lebih kecil dan pengembangan struktur karbon yang lebih baik meningkatkan ketahanan kikis (Hong *et al*, 2007). Selain itu, ketahanan kikis vulkanisat karet bergantung juga pada kekerasan dan kerapatan ikatan silang molekul karet (Rattanasom dan Chaikumpollert, 2003). Bahan pengisi yang semakin kecil maka makin luas permukaan, menunjukkan makin banyak gugus fungsional bahan pengisi yang berikatan dengan molekul karet, sehingga interaksi yang terjadi baik secara fisika dan kimia akan semakin baik (Arayapraneer dan Rempel, 2008; Vichitcholchai *et al.*, 2012; Marlina *et al*, 2014).

Interaksi arang TKKS dengan molekul karet menghasilkan karakteristik vulkanisat karet yang dapat bertahan terhadap beberapa kondisi seperti abrasi, temperatur tinggi, tekanan. Penambahan bahan pengisi penguat dalam jumlah optimum, akan meningkatkan ketahanan kikis karet.

Ketahanan retak lentur

Pengujian ketahanan retak lentur bertujuan untuk mengetahui kemampuan karet bertahan atas flexing yang berulang-ulang dan terus menerus. Nilai ketahanan retak lentur vulkanisat kopling kendaraan bermotor dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Ketahanan Retak Lentur Vulkanisat Kopling Kendaraan Bermotor

Ketahanan retak lentur hasil pengujian vulkanisat untuk perlakuan yang memenuhi standar mutu vulkanisat kopling kendaraan bermotor komersil pada perlakuan T4 dan T5, dengan nilai 20 kcs dan 25 kcs. Nilai ketahanan retak lentur vulkanisat kopling komersil minimal 20 kcs. Perlakuan T1 hingga T3, dibekuk-bekuk berulang-ulang dengan jumlah putaran 5000 dan 10.000 putaran, terjadi retakan yang melebar pada permukaan karet vulkanisat. Perlakuan T3 hingga T4 dengan jumlah putaran 25.000 kali terjadi retakan yang sangat kecil bahkan hampir tidak terlihat. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas karet vulkanisat perlakuan T4 dan T5 cukup bagus, karena dengan jumlah putaran 25.000 kali retakan yang terjadi sangat kecil, bahkan tidak terlihat. Interaksi arang TKKS sebagai bahan pengisi penguat akan mampu menahan penekanan selama proses pembuatan kompon karet. Semakin besar jumlah bahan pengisi yang ditambahkan dalam pembuatan kompon karet, semakin tinggi nilai ketahanan retak lentur kompon karet. Kekuatan ikatan atom C antar arang TKKS dan kompon karet tinggi, sehingga ketahanan retak lenturnya akan baik, begitu juga sebaliknya. Oleh sebab itu, pada saat sampel diuji dengan diberikan bekukan-bekukan dan hentakan, ikatan antar atom C pada karet akan merenggang dan akhirnya terlepas sehingga menyebabkan retakan pada karet. Selain itu, daya elastisitas karet juga mempengaruhi ketahanan retak lentur karet vulkanisat. Semakin elastis, maka akan semakin baik, dan juga sebaliknya.

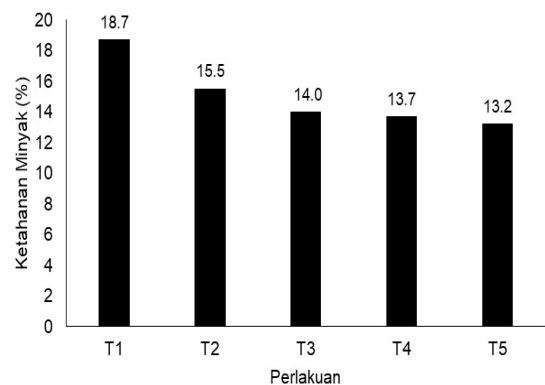
Selama masa pemakaiannya, karet kopling kendaraan bermotor harus mempunyai ketahanan retak lentur yang baik sehingga tidak mudah retak dan patah. Ketahanan retak lentur merupakan fungsi sistem ikatan silang sulfidic (Ghosh *et al*, 1996).

Keretakan karet vulkanisat juga disebabkan oleh karet yang mengalami deformasi berulang di udara, yang menyebabkan kerusakan oksidatif. Keretakan ozon dan retak dapat terjadi pada saat yang sama yang melibatkan mekanisme yang rumit. Selain itu, tidak semua bahan pengisi dapat berikatan dengan molekul karet, sehingga menyebabkan aglomerasi agregat dan terjadinya konsentrasi lokal dari bahan pengisi. Akibatnya vulkanisat karet menjadi retak apabila dilakukan pembengkukan (Roche and Perier, 2013).

Ketahanan Minyak

Uji ketahanan minyak untuk mengetahui karet kopling mengembang (swelling) setelah direndam dalam minyak dengan suhu 70 °C dan waktu 72 jam.

Hasil pengujian ketahanan minyak vulkanisat kopling kendaraan bermotor dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Ketahanan Minyak Vulkanisat Kopling Kendaraan Bermotor

Hasil pengujian ketahanan minyak vulkanisat kopling kendaraan bermotor untuk perlakuan T3 hingga T5 memiliki nilai terkecil pengembangan volume, yaitu masing-masing 14 %, 13,7 % dan 13,2%. Sesuai dengan

persyaratan mutu ketahanan minyak karet kopling komersil, yaitu kisaran 12 – 14%. Secara fisik, karet yang diisi dengan arang TKKS 55 phr adalah yang paling keras. Semakin besar konsentrasi arang TKKS yang digunakan, perubahan volume vulkanisat karet semakin kecil. Semakin kecil nilai perubahan volume vulkanisat, ketahanan vulkanisat untuk tidak mengembang dalam minyak (pelarut) tinggi. Adanya arang TKKS membatasi difusi pelarut ke matrik karet, karena matrik karet menjadi lebih kaku dengan penambahan arang TKKS sebagai bahan pengisi. Rendahnya nilai *swelling* menunjukkan derajat polimerisasi makin tinggi. Proses *swelling* dalam vulkanisat karet merupakan proses difusi. Sejumlah pelarut terdifusi dalam karet sampai mencapai kesetimbangan (Roslaili *et al*, 2010). Semakin banyak jumlah bahan pengisi yang digunakan, matriks karet disekitar partikel bahan pengisi akan mempertahankan perubahan volume, hal ini disebabkan bahan pengisi menyediakan lebih banyak resistensi dan penghalang penetrasi pelarut ke dalam matriks karet (Da Costa *et al*, 2001; Eighwaikhide *et al*, 2007; Chang *et al*, 2015).

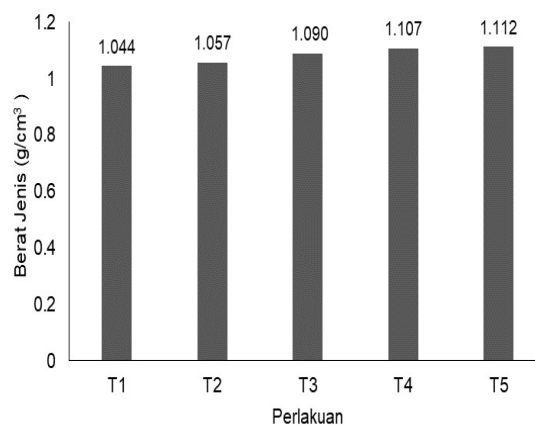
Swelling terjadi karena ekspansi polimer dan tersedianya volume bebas yang lebih banyak untuk memfasilitasi perpindahan massa pelarut. *Swelling* juga dipengaruhi oleh proses terbentuknya ikatan silang, dalam proses ikatan silang terbentuk gugus polar pada cabang-cabangnya dan berdampak meningkatkan ketahanan terhadap *swelling*. Ikatan silang tersebut menghambat daya mulur rantai karet yang diinduksi oleh *swelling*, akibatnya difusi pelarut ke dalam celah diantara molekul karet menjadi sulit, sehingga menurunkan persentase *swelling* dan mencegah terjadinya pemutusan rantai (Indrajati *et al*, 2012).

Ketika kontak karet dengan pelarut, molekul-molekul pelarut akan menembus ke dalam matriks karet dan menyebabkan karet *swelling*. *Swelling* terjadi karena penyerapan cairan. Kecepatan difusi cairan ke dalam pori-pori karet menentukan waktu yang diperlukan untuk mencapai kesetimbangan. Kemudian kecepatan difusi fluida melambat. Semakin rendah viskositas cairan, semakin tinggi

kecepatan difusi. Ketika cairan masuk ke karet, permukaan karet cair dapat diserang secara kimia (Sari *et al*, 2017). Cairan serap berdifusi ke dalam karet dapat menyebabkan penurunan volume/massa dan ini disebut menyusut (Wongthong *et al*, 2014). Peristiwa *swelling* dapat menyebabkan beberapa perubahan sifat fisik dan memungkinkan perubahan sifat-sifat kimia.

Berat Jenis (g/cm³)

Pengujian berat jenis digunakan untuk mengontrol berat kompon karet yang akan digunakan untuk membuat vulkanisat karet dengan hitungan volume dan mengawasi mutu dari kompon karet serta perhitungan jumlah karet yang dibutuhkan untuk volume tertentu. Hasil pengujian berat jenis vulkanisat kopling kendaraan bermotor dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Berat Jenis Vulkanisat Kopling Kendaraan Bermotor

Berat jenis vulkanisat kopling kendaraan bermotor yang memenuhi sesuai standar mutu berat jenis vulkanisat kopling komersil (maksimal 1,3 g/cm³) pada semua perlakuan. Nilai berat jenis yang besar menunjukkan vulkanisat memiliki tekstur yang lebih padat. Berat jenis akan turun bila permukaan dalam (internal surface) bahan pengisi lebih besar. Peningkatan berat jenis disebabkan karena makin banyak arang TKKS yang terikat pada polimer karet menjadikan kompon karet makin padat sehingga berat jenisnya makin besar. Hal ini disebabkan adanya peningkatan ikatan

silang dari senyawa karet. Sesuai pendapat Mohammed and Hadi (2012), menyatakan interfensi partikel antara rantai karet membuat karet lebih padat per satuan volume.

KESIMPULAN

Penggunaan bahan pengisi arang TKKS berpengaruh terhadap sifat mekanik karet kopling kendaraan bermotor roda dua, meliputi ketahanan kikis, ketahanan retak lentur, ketahanan minyak dan berat jenis. Perlakuan terbaik yang memenuhi persyaratan karet kopling kendaraan bermotor roda dua komersil adalah Perlakuan T3 (variasi karet alam SIR 20 dan karet sintetis NBR 80 : 20 dan arang TKKS 35 phr), T4 (karet alam SIR 20 dan karet sintetis NBR 80:20 dan arang TKKS 45 phr) dan T5 (karet alam SIR 20 dan karet sintetis NBR 80 : 20 dan arang TKKS 55 phr). Sifat mekanik karet kopling kendaraan bermotor dengan nilai ketahanan kikis, masing-masing sebesar 397,5 mm³, 412,7 mm³ dan 432,5 mm³. Ketahanan minyak, masing-masing sebesar 14%, 13,7% dan 13,2%. Ketahanan retak lentur untuk perlakuan terbaik T4 dan T5, masing-masing sebesar 20 kcs dan 25 kcs. Berat jenis karet kopling kendaraan bermotor untuk semua perlakuan memenuhi berat jenis karet kopling komersil, dengan kisaran 1,044 g/cm³ hingga 1,112 g/cm³.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Mimi Kurnia Yusya (Fungsional Penguji Mutu Barang) dan Bapak Aidil yang telah membantu kegiatan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, N., Sulaiman, F and Gerhauser, H. (2011). Characterisation of Oil Palm Empty Fruit Bunches for Fuel Application. *Journal of Physical Science*. 22(1) : 1–24.
- Arayaprane, W. and Rempel, G. L. (2008). A comparison of the properties of rice husk ash, silica, and calcium carbonate filled NR/EPDM blends. *Journal of Applied Polymer Science*. 110 : 1165–1174.
- Chang, S.Y., Andriyana, A., Tee, Y. L and Verron, E. (2015). Effects of carbon black and the presence of static mechanical strain on the swelling of elastomers in solvent. *Materials*. 8 : 884-898.
- Da Costa, H.M., Nunes, R. C. R., Visconte, L. L. Y and Furtado, C. R. G. (2001). Physical Properties and Swelling of Natural Rubber Compounds Containing Rice Husk Ash. *Kautschuk Gummi Kunststoffe*. 54 (5) : 242 – 249.
- Egwaikhide, P. A., Akporhonor, E. E and Okieimen, F. E. (2007). Effect of coconut fibre filler on the cure characteristics physico–mechanical and swelling properties of natural rubber vulcanisates. *International Journal of Physical Sciences*. 2 (2) : 039-046.
- Eichhorn S.J, Baillie C.A, Zafeiropoulos N, Mwaikambo L.Y, Ansell M.P, Dufresne A. (2001). Current international research into cellulosic fibres and composites. *Journal of Material Science*. 36(9): 2107 - 2111.
- Ekebafé L.O, Ayo M.D, Eguare K.O, Ugbesia S.O. (2010). Effect of chemical modification of powdered rubber seed shell as filler on the tensile properties of natural rubber compounds. *Journal of Polymer Science and Technology*. 37 (2) : 1113 - 1119.
- Ghosh, A.K, Maiti, S and Adhikan, B. (1996). Modified carbon black as reinforcing filler for SBR. *Indian Journal of Chemical Technology*. 4 : 135 – 140.
- Hendra, D and Pari, G. (1999). Pembuatan Arang Aktif dari Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Buletin Penelitian Hasil Hutan*. 17(2) : 113-122.
- Herminiwati, Purnomo, D, dan Supranto. 2005. Pembuatan vulkanisat ban dalam dengan bahan pengisi arang aktif kayu bangkirai. *Majalah Kulit, Karet dan Plastik*, 19(1) : 32-39.
- Hong, C. K.; Kim, H. ; Ryu, C. ; Nah C. ; Huh, Y.-il & Kaang, S. (2007). Effect of particle size and structure of carbon blacks on the abrasion of filled elastomer compounds. *Journal of Materials Science*. 42 : 8391-8399.
- Indrajati, I.N., Dewi, I.R dan Irwanto, D. (2012). Pengaruh variasi rasio HAF/SRF terhadap sifat vulkanisat NBR. *Majalah Kulit, Karet dan Plastik*. 28(2): 59-68.
- Ismail, H, Edyham, M.R, Wirjosentono, B. 2002. Bamboo Fibre Filled Natural Rubber

- Composite : The Effects of Filler Loading and Bonding Agent. *Polymer Testing*, 21: 139 – 144.
- Jacob, M., Thomas, S and Varughese, K. T. (2004). Mechanical properties of sisal/oil palm hybrid fiber reinforced natural rubber composites. *Composites Science and Technology*. 64(2004) : 955–965.
- Krisdianto, G. Sumarni, dan A. Ismanto. 2000. *Sari Hasil Penelitian Bambu*. Departemen Kehutanan. Jakarta.
- Marlina. P, Pratama. F, Hamzah. B dan Pambayun R. (2014). Pengaruh Suhu dan Lama Penyimpanan terhadap Karakteristik Kompon Karet dengan Bahan Pengisi Arang Aktif Tempurung Kelapa dan Nano Silika Sekam Padi. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*. 25 (1) : 41-49.
- Mohammed, R and Hadi, A. (2012). Effect of egg shells powder on some mechanical and physical properties of natural rubber (NR). *The Iraqi Journal For Mechanical And Material Engineering*. 12(3) : 446-458.
- Pongdong, W, Nakason, C, Kummerlöwe, C and Vennemann, N. (2015). Influence of Filler from a Renewable Resource and Silane Coupling Agent on the Properties of Epoxidized Natural Rubber Vulcanizates. *Journal of Chemistry*. 2015 : 1 – 15.
- Prasetya, H.A. (2017). Bahan Pengisi Sumber Daya Alam Lokal dalam Pembuatan Vulkanisat Seal Tutup Radiator. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*. 28(2) : 131 – 138.
- Rattanasom, N and Chaikumpollert, O. (2003). Crack growth and abrasion resistance of carbon black-filled purified natural rubber vulcanizates. *Journal of Applied Polymer Science*. 90 : 1793-1796.
- Roche, N and Perier, L. (2013). Influence of elastomers formulation on fatigue crack growth properties. *Procedia Engineering* 66 (2013) : 705 – 712.
- Roslaili, A.A., Nor, A.A. S., Nazry, M.S. and Nihla, A. K. (2010). Determination of structural and dimensional change of o-ring polymer/rubber seals immersed in oils. *International Journal of Civil and Environmental Engineering*. 10(5): 1 – 13.
- Sari, T.I., Saputra, A. H., Maspanger, D. R and Bismo, S. (2017). modification of natural rubber as a resistant material to dimethyl ether. *Journal of Applied Sciences*. 17(2): 53-60.
- Vichitcholchai N., Na-ranong N., Noisuwan W., and Arayapranee W. (2012). Using rice husk ash as filler in rubber industry. *Rubber Thailand Journal*. 1: 48
- Wongthong, P., C. Nakason, Q. Pan, G.L. Rempel and S. Kiatkamjornwong. (2014). Styrene-assisted grafting of maleic anhydride onto deproteinized natural rubber. *Europe Polymer Journal*. 59: 144-155.