

PENGARUH ARANG AKTIF BAMBU TERHADAP KARAKTERISTIK PEMATANGAN DAN SIFAT MEKANIK KARET PEREDAM GONCANGAN KENDARAAN BERMOTOR

THE EFFECT OF BAMBOO ACTIVATED CHARCOAL ON CURE CHARACTERISTICS AND MECHANICAL PROPERTIES OF SPORT DAMPER

Bambang Sugiyono, Hari Adi Prasetya

Baristand Industri Palembang

Jl. Perindustrian II No. 12 Sukarami Km. 9 Palembang 30152

e-mail : sugiyonobambang88@gmail.com; hariadiprasetya@yahoo.co.id

Diterima: 4 Juni 2018 ; Direvisi: 21 Juni – 2 November 2018; Disetujui: 26 November 2018

Abstrak

Penelitian pemanfaatan arang aktif bambu sebagai bahan pengisi karet peredam goncangan kendaraan bermotor telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan formula terbaik karet peredam goncangan kendaraan bermotor dengan bahan pengisi arang aktif bambu dan mengkaji karakteristik pematangan dan sifat mekanik karet peredam yang dihasilkan. Rancangan yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial, setiap perlakuan diulang 3 (tiga) kali, dengan perlakuan konsentrasi arang aktif bambu B1 (konsentrasi 20 phr), B2 (konsentrasi 30 phr), B3 (konsentrasi 40 phr), B4 (konsentrasi 50 phr) dan B5 (konsentrasi 60 phr). Parameter yang diamati meliputi karakteristik vulkanisasi kompon karet peredam goncangan, yaitu laju vulkanisasi optimum (t_{90}), waktu pravulkanisasi (t_{s2}) dan modulus torsi (M_L dan M_H) dan karakteristik mekanik, yaitu ketahanan sobek dan pampatan tetap. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua perlakuan mempunyai pengaruh yang nyata pada karakteristik vulkanisasi dan karakteristik mekanik karet peredam goncangan. Perlakuan terbaik karet peredam goncangan kendaraan bermotor diperoleh pada perlakuan B3, B4 dan B5, dengan karakteristik yang memenuhi karakteristik karet peredam goncangan komersial. Arang aktif bambu dapat digunakan sebagai bahan pengisi untuk produk karet dan dapat digunakan sebagai alternatif pengganti bahan pengisi komersial.

Kata kunci : arang aktif bambu, karakteristik pematangan, karet peredam goncangan kendaraan bermotor, sifat mekanik

Abstract

The research on the utilization of bamboo activated charcoal as a filler for sport damper has been done. This study aims to obtain the best formula of motor vehicle sport damper with bamboo activated charcoal filler and to examine cure characteristics and mechanical properties of the resulting sport damper. The design is Completely Randomized Design (RAL) non factorial, each treatment repeated three times, by treatment of B1 (activated charcoal concentration 20 phr), B2 (activated charcoal concentration 30 phr), B3 (activated charcoal concentration 40 phr), B4 (activated charcoal concentration 50 phr) and B5 (activated charcoal concentration 60 phr). The parameters observed were characteristic of vulcanization of rubber compound sport damper, such as optimum vulcanization rate (t_{90}), pravulcanisation time (t_{s2}) and torsion modulus (M_L and M_H) and mechanical characteristics, such as tear resistance and compression set. The results showed that all treatments had a significant effect on the characteristics of vulcanization and mechanical characteristics of sport damper. The best treatment of motor vehicle sport damper obtained of B3, B4 and B5, with characteristics characteristic is fulfill of commercial sport damper. The bamboo activated charcoal can be used as a filler for rubber products and can be used as an alternative to commercial fillers.

Keywords : bamboo activated charcoal, characteristics of cure, sport damper, mechanical properties

PENDAHULUAN

Karet alam merupakan bagian integral dari industri, dalam jumlah besar karet alam banyak digunakan di berbagai aplikasi industri,

seperti ban, selang karet, *belt conveyor*, rol karet, gasket dan karet untuk otomotif atau komponen mobil diantaranya selang radiator, *bushing*, lis kaca pintu, dan lain-lain, namun

industri otomotif konsumen terbesar produk karet.

Bahan pengisi adalah bahan tambahan utama dalam pembuatan produk karet, yang berfungsi meningkatkan sifat mekanik, kemampuan proses serta mengurangi biaya produksi. Bahan pengisi dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu bahan pengisi penguat dan bahan pengisi non penguat. Bahan pengisi penguat dapat meningkatkan sifat mekanik produk karet dan bahan pengisi non penguat hanya berfungsi untuk mengurangi biaya dan menambah volume karet (Egwaikhide *et al.*, 2013). Contoh bahan pengisi penguat adalah *carbon black* dan silika, sementara bahan pengisi non penguat adalah kalsium karbonat, kaolin, *clay*. *Carbon black* paling banyak digunakan sebagai bahan pengisi dalam industri karet. Namun, *carbon black* tidak ramah lingkungan karena berasal dari turunan minyak bumi, sehingga menimbulkan kekhawatiran yang berkembang pada kelestarian lingkungan. Pemanfaatan bahan pengisi penguat terbarukan dan ramah lingkungan merupakan alternatif pengganti bahan pengisi turunan minyak bumi. Bambu merupakan tanaman yang mempunyai prospek baik untuk dijadikan bahan baku arang aktif karena ketersediaannya yang sangat banyak, murah, dan memiliki kandungan selulosa sebesar 42,40–53,60% (Krisdianto *et al.*, 2000), yang merupakan komponen utama arang aktif (Bonelli, 2001; Daud and Ali, 2004). Serat bambu memiliki sifat mekanik yang baik, kekuatan tinggi dan kepadatan rendah (Kumar *et al.*, 1995; Roslan *et al.*, 2015). Arang aktif bambu diperoleh dari proses karbonisasi menghasilkan karbon bebas berdaya serap tinggi dan karbon berpori yang telah mengalami reaksi dengan bahan kimia untuk meningkatkan sifat serapnya (Rijali *et al.*, 2015).

Penelitian pemanfaatan arang bambu sebagai bahan pengisi dalam produk karet telah banyak dilakukan. Ismail, *et al* (2001) menggunakan arang serat bambu sebagai pengisi penguat komposit karet alam, menghasilkan *scorch time* dan waktu pemasakan yang singkat dan meningkatkan sifat mekanik komposit karet alam. Onyeagoro

(2012), dihasilkan dari partikel arang serat bambu yang semakin kecil menghasilkan berat jenis vulkanisat karet yang tinggi dan waktu pemasakan kompon lebih pendek. Meng, *et al* (2013) mendapatkan vulkanisat karet dengan sifat mekanik meningkat setelah pengusangan.

Fungsi utama karet peredam guncangan adalah sebagai *stabilizer* aktif yang dapat menstabilkan, menyeimbangkan dan memperkuat suspensi mobil. Mengurangi gejala *body roll* pada mobil pada saat mobil berbelok atau mengerem. Meningkatkan faktor keamanan pada waktu mobil berada pada kecepatan tinggi dan pada saat pengereman. Mengatasi permasalahan tersebut, salah satu produk yang dibutuhkan adalah karet yang dapat meredam guncangan mobil, dimana karet peredam guncangan tersebut memiliki fungsi memperkuat sistem suspensi kendaraan, sebagai *stabilizer* aktif dan mampu meningkatkan keamanan bagi penumpang dan pengemudi mobil. Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan formula terbaik karet peredam guncangan kendaraan bermotor dengan bahan pengisi arang aktif bambu dan mengkaji karakteristik karet peredam yang dihasilkan. Pemanfaatan arang aktif bambu sebagai bahan pengisi karet peredam guncangan diharapkan dapat menghasilkan karet yang tahan terhadap tekanan, pampatan, sobek, dan panas.

BAHAN DAN METODA

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain : *Ethylene Propylene Rubber* (EPDM), RSS (*Ribbed Smoke Sheet*), arang aktif serat bambu, minyak minarek, ZnO, *Mercaptodithiobenzothiazol* (MBTS), asam stearat, *Trimethyl Quinon* (TMQ), Sulfur, Tetrametiltiuram disulfida (TMTD), TiO₂, *carbon black*, Si69, retarder PVI, H₃PO₄, Na₂S₂O₃.

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*, *glassware*, *furnace*, ayakan 400 mesh, *shaker* dan gunting.

Metoda Penelitian

Rancangan Percobaan

Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial, perlakuan variasi konsentrasi arang aktif bambu, masing-masing perlakuan di ulang 3 (tiga) kali, sebagai berikut :

B1 = Konsentrasi arang aktif bambu 20 phr

B2 = Konsentrasi arang aktif bambu 30 phr

B3 = Konsentrasi arang aktif bambu 40 phr

B4 = Konsentrasi arang aktif bambu 50 phr

B5 = Konsentrasi arang aktif bambu 60 phr

Tahapan Penelitian :

Pembuatan Bahan Pengisi Arang Aktif Bambu (Budiono *et al.*, 2009)

Sebanyak 500 gram arang bambu yang lolos ayakan 400 mesh direndam dalam larutan H_3PO_4 4M selama 10 jam. Kemudian ditiriskan, disaring dan dicuci dengan akuades, dikeringkan dalam oven pada suhu 110 °C selama 3 jam. Setelah itu didinginkan dalam desikator. Selanjutnya arang diaktivasi dengan cara dipanaskan dalam *furnace* pada suhu 600 – 800 °C selama 2 jam. Setelah itu arang aktif didinginkan selama 24 jam dalam desikator, ditimbang dan disimpan dalam plastik yang tertutup rapat. Arang aktif kemudian diuji daya serap I₂ dengan standar kualitas bentuk serbuk minimum 750 mg/g, sesuai SNI 06-3730-1995 tentang arang aktif teknis.

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).

Pencampuran

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

Mastikasi karet alam RSS dan SBR 1-3 menit, dilanjutkan pencampuran polimer 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, 6PPD ditambahkan, dipotong setiap sisi sampai 3 kali selama 2–3 menit. Bahan pengisi arang aktif bambu 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 Si69 ditambahkan sampai homogen. Vulkanisator sulfur ditambahkan sampai homogen dan retarder PVI. Kompon dikeluarkan dari *open mill* dan ditentukan ukuran ketebalan lembaran kompon dengan menyetel jarak roll pada cetakan sheet, dikeluarkan dan diletakkan diatas plastik transparan. Kompon di press kemudian vulkanisat yang dihasilkan dipotong disesuaikan dengan barang jadi yang akan dibuat, karet kopleng.

Peubah yang diamati

Peubah yang diamati meliputi karakteristik vulkanisasi (laju vulkanisasi optimum, waktu pravulkanisasi, dan modulus torsi), dan karakteristik mekanik (ketahanan sobek, dan pampatan tetap (suhu 100 °C, 72 jam).

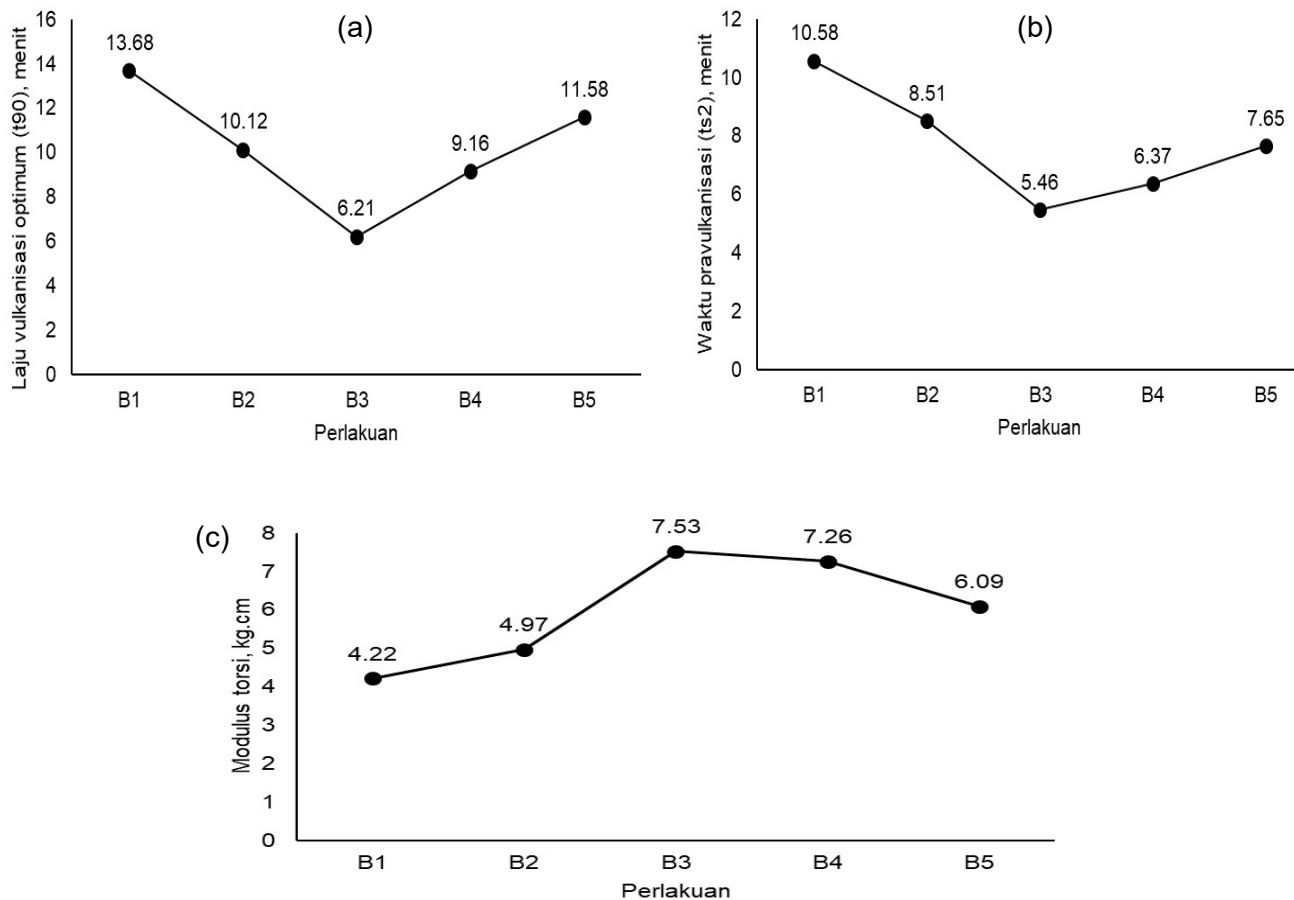
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Vulkanisasi

Hasil pengujian karakteristik pematangan kompon karet diperoleh dari kurva Rheometer. Kurva ini memberikan informasi mengenai waktu optimum terjadinya proses vulkanisasi (t_{90}), waktu pravulkanisasi (t_{s2}), modulus torsi maksimum (MH), modulus torsi minimum (ML) dan modulus torsi optimum (M_{90}). Besaran-

besaran ini diperlukan untuk pembuatan barang jadi karet.

Hasil pengujian karakteristik pematangan kompon karet peredam goncangan kendaraan bermotor disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. (a) Laju vulkanisasi optimum (t90), (b) waktu pravulkanisasi (ts2) dan (c) modulus torsi kompon karet peredam goncangan kendaraan bermotor.

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik pematangan kompon diperoleh perlakuan terbaik pada perlakuan B3 (konsentrasi arang aktif bambu 40 phr), dengan laju vulkanisasi optimum, waktu pravulkanisasi, yang cepat, dibandingkan perlakuan lainnya. Laju vulkanisasi optimum B1 sebesar 6,21 menit dan waktu pravulkanisasi 5,46 menit.

Waktu vulkanisasi yang lebih cepat ini sangat diperlukan untuk proses produksi yang banyak (massal) kaitannya dengan efisiensi waktu dan penggunaan energi. Waktu pemasakan dapat bervariasi tergantung pada jenis senyawa karet, ketebalan produk dan jenis bahan pengisi. Semakin tinggi

konsentrasi bahan pengisi arang aktif bambu, laju pemasakan dan waktu pravulkanisasi akan menurun dan mencapai optimum pada konsentrasi 40 phr (Perlakuan B3). Hal ini disebabkan semakin banyak arang aktif bambu yang ditambahkan ke senyawa karet, bagian karet menjadi kurang dan waktu untuk membentuk ikatan silang juga menurun. Saat konsentrasi bahan pengisi meningkat, waktu untuk penggabungan juga lebih lama. Akibatnya, terjadi pengurangan waktu pravulkanisasi (ts₂) dan waktu pemasakan (t₉₀) karena ikatan silang yang terbentuk belum sempurna (Daud *et al.*, 2017). Arang bambu yang telah diaktivasi memiliki gugus fungsional

OH yang bersifat reaktif, sehingga mendorong vulkanisasi dan mempercepat pemasakan kompon karet. Arang yang telah diaktivasi memiliki pori-pori terbuka yang dapat menghasilkan daya adsorpsi yang tinggi. Semakin banyak karbon yang dikandung, akan semakin luas permukaan karbon aktif yang dihasilkan dan daya adsorpsi akan semakin baik (Wei, 2008). Waktu pravulkanisasi yang terlalu panjang dapat mengakibatkan kenaikan viskositas kompon sehingga menyulitkan dalam proses pengolahan selanjutnya. Oleh karena itu, semakin pendek waktu pravulkanisasi akan semakin memudahkan untuk proses pembuatan barang jadi karet (Handayani, 2013).

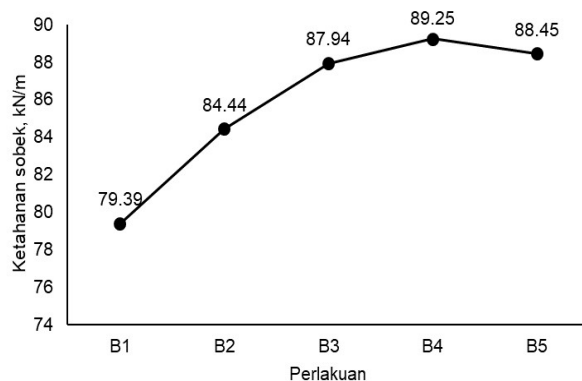
Proses vulkanisasi kompon karet merupakan suatu reaksi kimiawi yang bersifat tidak dapat balik (*irreversible*) melalui pembentukan ikatan silang bahan pemvulkanisasi pada rantai molekul karet. Hasil pengujian karakteristik pematangan kompon juga memberikan informasi tentang derajat tingkat vulkanisasi yang terjadi pada kompon karet.

Derajat vulkanisasi dapat diperkirakan melalui selisih antara modulus torsi maksimum (MH) dengan modulus torsi minimum (ML). Derajat vulkanisasi ini menunjukkan derajat ikatan silang yang terbentuk pada molekul karet, semakin tinggi nilai derajat vulkanisasi maka semakin tinggi pula derajat ikatan silang yang terbentuk (Cifriadi dan Maspanger, 2005). Perlakuan terbaik dengan nilai modulus torsi yang tinggi diperoleh pada perlakuan B3, yaitu 7,53 kg.cm. Semakin meningkat konsentrasi bahan pengisi, nilai torsi minimum dan torsi maksimum kompon karet meningkat. Penggabungan bahan pengisi ke dalam matriks karet menghasilkan viskositas dan modulus yang lebih tinggi pada komposit karet, hal ini disebabkan arang aktif bambu memiliki gugus aktif hidroksil (OH), sehingga akan terjadi interaksi antara gugus hidroksil pada permukaan arang dengan molekul karet. Semakin besar konsentrasi arang aktif bambu, semakin banyak interaksi arang aktif dengan molekul karet. Berlangsungnya proses vulkanisasi ditandai dengan meningkatnya

modulus torsi. Selain itu, waktu pemasakan dan penggilingan total yang tinggi menyebabkan senyawa karet lunak, sehingga luas permukaan bahan pengisi yang besar mampu menyerap lebih banyak ikatan rangkap karet dipermukaan. Oleh karena itu, karet terikat menjadi besar sehingga torsi maksimum tinggi (Hasan *et al.*, 2012). Besarnya nilai modulus torsi dapat digunakan sebagai indikator banyaknya ikatan silang yang terbentuk sebagai hasil vulkanisasi (Manna *et al.*, 1997; Ahmed *et al.*, 2012).

Sifat Mekanik Ketahanan Sobek

Ketahanan sobek adalah parameter untuk mengetahui ketahanan vulkanisat terhadap robekan atau sobekan. Ketahanan sobek berkaitan dengan energi pemutusan. Sifat-sifat tersebut dapat ditingkatkan dengan menambah ikatan silang hingga mencapai tingkat kerapatan tertentu (Thomas, 2003). Hasil pengujian ketahanan sobek karet peredam goncangan kendaraan bermotor dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Ketahanan sobek karet peredam goncangan kendaraan bermotor

Berdasarkan Gambar 2, semakin meningkat konsentrasi arang aktif bambu, ketahanan sobek meningkat dan mencapai optimum pada perlakuan B4 (konsentrasi arang aktif bambu 50 phr). Apabila penambahan arang aktif bambu dilanjutkan maka ketahanan sobek cenderung turun. Hal ini disebabkan kurang aktifnya luas permukaan dari arang aktif bambu yang terkait dengan

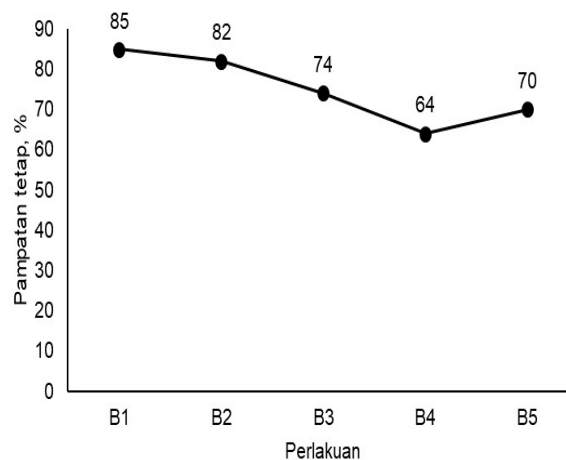
kurang sempurnanya proses aktivasi sehingga kemungkinan masih ada sisa-sisa ter yang menempel pada permukaan. Disamping itu struktur molekul bahan pengisi mempengaruhi ikatan antara bahan pengisi dan karet. Ketahanan sobek dipengaruhi oleh luas permukaan, dan ukuran partikel bahan pengisi. Luas permukaan yang besar memungkinkan berlangsungnya interaksi antara bahan pengisi dengan molekul karet secara fisika dan kimia lebih baik (Heminiwati dan Yuniari, 2010).

Meningkatnya ketahanan sobek, disebabkan meningkatnya ikatan silang antara molekul karet dengan arang aktif bambu. Interaksi bahan pengisi dengan molekul karet akan meningkatkan kerapatan ikatan silang antar molekul karet (Al-Nesrawy, 2014; Debapriya, *et al.*, 2013), partikel arang aktif mengisi ruang antara rantai karet dan meningkatkan ketahanan sobek karet peredam guncangan kendaraan bermotor, sehingga ketahanan sobek lebih baik. Sesuai dengan Prasetya, 2017, yang menyatakan peningkatan interaksi bahan pengisi arang aktif dengan molekul karet akan meningkatkan ketahanan sobek vulkanisat. Hal ini disebabkan karena gugus aktif hidroksil bahan pengisi yang dapat menyebabkan distribusi yang merata pada matrik karet. Semakin tinggi konsentrasi bahan pengisi maka partikel bahan pengisi akan semakin banyak mengisi ruang antara rantai karet dan meningkatkan ikatan mekanis di antara keduanya, sehingga ketahanan sobek meningkat (Ahmad *et al.*, 2014). Ketahanan sobek yang tinggi menghasilkan vulkanisat yang semakin baik sehingga waktu pakai produk semakin lama. Semakin besar nilai ketahanan sobek maka semakin besar tenaga yang dibutuhkan untuk menarik karet hingga putus. Hal ini mengindikasikan bahwa vulkanisat karet yang menggunakan bahan pengisi arang aktif bambu memiliki ketahanan yang lebih baik.

Perlakuan yang memenuhi standar mutu karet peredam guncangan kendaraan bermotor komersil (ketahanan sobek minimal 85 kN/m) pada perlakuan B3 (konsentrasi arang aktif bambu 40 phr), B4 (konsentrasi arang aktif bambu 50 phr) dan B5 (konsentrasi arang aktif bambu 60 phr).

Pampatan Tetap

Pengujian pampatan tetap bertujuan untuk mengetahui sifat elastis vulkanisat karet setelah ditekan pada waktu dan kondisi tertentu, terutama untuk vulkanisat dalam pemakaiannya mengalami penekanan. Hasil uji pampatan tetap karet peredam guncangan kendaraan bermotor disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pampatan tetap karet peredam guncangan kendaraan bermotor

Gambar 3 menunjukkan, nilai pampatan tetap terendah diperoleh pada perlakuan B4 (konsentrasi arang aktif bambu 50 phr), sebesar 64%. Semakin tinggi konsentrasi arang aktif bambu, pampatan tetap cenderung turun, ini menunjukkan vulkanisat karet peredam guncangan mempunyai ketahanan pampat baik. Hal ini disebabkan arang aktif tempurung kelapa yang mengandung gugus aktif OH, yang dapat berinteraksi dengan rantai molekul karet yang lebih baik, selain itu terbentuknya ikatan silang yang lebih banyak hingga vulkanisat makin kuat dan tidak mudah berubah bentuk (Maridass *et al.*, 2006).

Karet peredam dalam penggunaannya sangat sering terkena panas dan tekanan, sehingga makin kecil nilai tekanannya makin baik karena karet peredam tersebut biasanya cepat kembali ke bentuk semula. Pengujian pampatan tetap pada penelitian ini dengan suhu 100 °C, selama 72 jam. Suhu 100 °C dimaksudkan untuk menciptakan kondisi ekstrim guna mewakili pemakaian produk dalam jangka waktu yang lama. Vulkanisat

apabila disimpan dalam jangka waktu lama akan terjadi proses oksidasi. Proses oksidasi ini dalam pengujian laboratorium diwakili dengan pemakaian suhu tinggi ($>70\text{ }^{\circ}\text{C}$). Kebanyakan elastomer mengalami oksidasi pada suhu di atas $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ sehingga akan terjadi pemutusan karbon – karbon dan ikatan karbon hidrogen (Vught *et al.*, 2003). Oksidasi akan menyebabkan terputusnya ikatan-ikatan dalam polimer. Ikatan yang mudah putus dalam vulkanisat antara lain ikatan rangkap dua dalam polimer karet dan ikatan silang yang dihasilkan oleh penambahan sulfur, sehingga terjadi penurunan mutu vulkanisat karet.

Perlakuan terbaik pampatan tetap karet peredam goncangan kendaraan bermotor pada perlakuan B3, B4 dan B5, dengan nilai masing-masing 74%, 64% dan 70%. Nilai pampatan tetap masih memenuhi syarat mutu pampatan tetap karet peredam goncangan komersial, maksimal 80%.

KESIMPULAN

Arang aktif bambu dapat digunakan sebagai bahan pengisi alami dan memiliki potensi sebagai bahan pengisi alternatif dalam pembuatan karet peredam goncangan kendaraan bermotor. Perlakuan terbaik diperoleh pada konsentrasi B3 dengan karakteristik vulkanisasi meliputi laju vulkanisasi optimum 6,21 menit, waktu pravulkanisasi sebesar 5,46 menit, dan modulus torsi 5,46 kg.cm. Perlakuan terbaik karakteristik mekanik karet peredam goncangan, pada perlakuan B3, B4 dan B5, dengan nilai ketahanan sobek 87,94 kN/m, 89,25 kN/m dan 88,45 kN/m, pampatan tetap 74%, 64% dan 70%. Karakteristik karet peredam goncangan kendaraan bermotor yang dihasilkan memenuhi karakteristik karet peredam goncangan komersial (ketahanan sobek minimal 85 kN/m dan pampatan tetap maksimal 80%).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Eni Efendri, Ibu Florentina Andriyani yang telah membantu dalam pembuatan arang aktif bambu, kompon karet dan karet peredam goncangan kendaraan bermotor di Laboratorium Aneka Komoditi dan Laboratorium Karet BIPA, sehingga penelitian ini selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A, Mohd. DH and Abdullah. I. (2004). Mechanical properties of filled NR/LLDPE blends, *Iranian Polymer Journal*. 13(3) : 173-178.
- Ahmed, K., Sirajuddin, S.N., Raza, N.Z., dan Shirin, K. (2012). Cure Characteristics, Mechanical and Swelling Properties of Marble Sludge Filled EPDM Modified Chloroprene Rubber Blends. *Advances in Materials Physics and Chemistry*. 2 : 90-97.
- AL-Nesrawy, S.H. (2014). Effect of mixture of reclaimed tire and carbon black percent on the mechanical properties of SBR/NR blends. *International Journal Advantage Research*. 2 : 234-243.
- Bonelli, P.R., Rocca, P.A.D., Cerrela, E.G., and Cukierman, A.L. (2001). Effect of pyrolysis temperature on composition, surface properties, and thermal degradation rates of Brazil nut shell. *Bioresource Technology*. 76:15–22.
- Budiono, Suhartana, Gunawan. 2009. untuk adsorpsi fenol. *Skripsi*. Pengaruh aktivasi arang tempurung kelapa dengan asam sulfat dan asam fosfat Universitas Diponegoro.
- Cifriadi, A and Maspanger, D.R. (2005). Sifat teknis vulkanisat sol sepatu karet alam menggunakan bahan pengisi abu terbang. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Inovalif Pascapanen untuk Pengembangan Industri Berbasis Pertanian*. Fakultas Teknologi Pertanian, IPB, 7 -8 September 2005. Hal. 701- 708.
- Daud, W.M.A., Ali, W.S.W. (2004). Comparison of pore development of activated carbon produced from palm shell and coconut shell. *Bioresource Technology*. 93:63–69.
- Daud, S., Ismail, H., dan Bakar, A.A. (2017). A study on the curing characteristics, tensile, fatigue, and morphological properties of

- alkali-treated palm kernel shell-filled natural rubber composites. *BioResources*. 12(1) :1273-1287.
- Debapriya, D., Prabir, K.P., Madhusudan, R and Satyaban, B. (2013). Reinforcing effect of reclaim rubber on natural rubber/poly butadiene rubber blends. *Materials and Design*. 46 : 142-150.
- Handayani, H. (2013). Pengaruh Berbagai Jenis Penggumpal Padat terhadap Mutu Koagulum dan Vulkanisat Karet Alam. *Jurnal Penelitian Karet*. 32 (1) : 74 – 80.
- Hasan, A., Rochmadi., Sulisty, H., dan Honggokusumo, S. (2012). The Effect of Rubber Mixing Process on The Curing Characteristics of Natural Rubber. *Makara, Teknologi*. 16(2): 109-115.
- Herminiwati dan Yuniari. A. (2010). Penggunaan precipitated calcium carbonat (PPC) sebagai filler untuk karet sol sepatu olahraga. *Majalah Kulit, Karet dan Plastik*. 26(1) : 25 – 32.
- 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.
- Krisdianto, G. Sumarni, dan A. Ismanto. (2000). *Sari Hasil Penelitian Bambu*. Departemen Kehutanan. Jakarta.
- Kumar, R.P., Amma, G., Tomas, S. (1995). Short sisal fiber reinforced styrene-butadiene rubber composites. *Journal of Applied Polymer Science* .58 : 597-612.
- Manna, A.K., De P.P., dan D.K. Tripathy. (1997). *Chemical Interaction between Surface Oxidized Carbon Black and Epoxidized Natural Rubber*. Rubber Chemical Technology. 70(4): 624-633.
- Maridass, B.; Gupta, B.R. (2006). Effect of carbon black on devulcanized ground rubber tire— natural rubber vulcanizates: Cure characteristics and mechanical properties. *Journal of Elastomers Plastics*. 38 : 211–229.
- Meng, X., Zhang, Y., Lu, J., Zhang, Z., Liu, L and Chu, P.K. (2013). Effect of Bamboo Charcoal Powder on the Curing Characteristics, Mechanical Properties, and Thermal Properties of Styrene–Butadiene Rubber with Bamboo Charcoal Powder. *Journal of Applied Polymer Science*. 2013. 1 – 8.
- Ojinmah, N., Uchechukwu, T.O., Ezeh, V.O and Ogbobe, O. (2017). Studies on the effect of rice husk semi-nano filler on the mechanical properties of epoxidized natural rubber composite. *European Journal of Advances in Engineering and Technology*. 4 (3): 164-171
- Onyeagoro. G.N. (2012). Cure characteristics and physico-mechanical properties of carbonized bamboo fibre filled natural rubber vulcanizates. *International Journal of Modern Engineering Research*. 2(6): 4683-4690.
- Prasetya, H.(2017). Bahan pengisi sumber daya alam lokal dalam pembuatan vulkanisat seal tutup radiator. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*. 28(2): 131-137.
- Rijali, A., Usman, M dan Zulkarnain. (2015). Pembuatan dan Karakterisasi karbon aktif dari bambu betung dengan aktivasi menggunakan activating agent H₂O. *Jurnal FMIPA*. 2(1):102 - 107.
- Roslan, S.A.H., Rasid, Z.A and Hassan, M.Z. (2015). The natural fiber composites based on bamboo fibers: A review. *Journal Of Engineering and Applied Sciences*. 10(15) : 6279-6288
- Vught, F.A, Noordermeer, J.W.M, Datta, R.N. (2003). Durability of rubber products. *Disertasi*. Universiteit Twente. Netherlands.
- Wei, L. (2008). Effects of Carbonization Temperatures on Characteristics of Porosity in Coconut Shell Chars and Activated Carbons Derived from Carbonized Coconut Shell. *Industrial Crops and Products*. 28 (2) : 190–198.