PEMANFAATAN SERAT KELAPA SEBAGAI *REINFORCING FILLERS* PADA PEMBUATAN KARET EBONIT

Utilization of Coconut Fiber as a Reinforcing Filler in the making of Ebonite Rubber

Hari Adi Prasetya^{1*}, Popy Marlina¹

¹Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang, Jalan Perindustrian II, KM.9 No.12 Sukarami, Palembang

*main contributor and corresponding author

e-mail: hariadiprasetya@yahoo.co.id

Diterima: 18 Februari 2020; Direvisi: 18 Juni 2020; Disetujui: 18 Juni 2020

Abstrak

Pembuatan karet ebonit dari komposit karet alam dan serat kelapa telah dipelajari. Tujuan penelitian untuk menentukan karakteristik terbaik dari karet ebonit yang dibuat dengan komposit karet alam dengan serat kelapa. Sifat mekanik karet ebonit yang dihasilkan dibandingkan dengan karet ebonit dengan bahan pengisi *carbon black*. Proses vulkanisasi pada pembuatan karet ebonit, dilakukan menggunakan sulfur sebanyak 45 phr, sedangkan penggunaan serat kelapa bervariasi yaitu 15, 25, 35, 45 dan 55 phr. Parameter karet ebonit yang diamati meliputi, kekerasan, tegangan putus, perpanjangan putus, ketahanan sobek dan ketahanan ozon. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekerasan, tegangan putus dan ketahanan sobek untuk semua perlakuan meningkat dengan meningkatnya jumlah *filler*, sedangkan perpanjangan putus menunjukkan tren penurunan dengan meningkatnya jumlah *filler*. Karakteristik terbaik diperoleh pada perlakuan bahan pengisi serat kelapa (SK) 45 phr, dengan nilai kekerasan 82 Shore D, tegangan putus sebesar 6,8 MPa, perpanjangan putus dengan nilai 40% dan ketahanan sobek 60 N/mm² dan tidak ada retak (*no crack*) pada semua perlakuan setelah 48 jam pengamatan. Efek yang sama diperoleh karakteristik karet ebonit menggunakan bahan pengisi *carbon black* 45 phr, dengan karakteristik mekanik yang memiliki nilai tidak signifikan dengan karet ebonit dengan pengisi serat kelapa. Karakteristik terbaik ebonit yang dihasilkan memenuhi persyaratan karet ebonit komersial.

Kata kunci: Karet ebonit, komposit karet alam, serat kelapa, sifat mekanik.

Abstract

The making of rubber ebonite from natural rubber composites and coconut fibers had been studied. The purpose of this study was to determine the best characteristics of rubber's ebonite that made with the natural rubber composites with coconut fibers. The mechanical properties of produced rubber ebonite were compared with rubber's ebonite with carbon black fillers. The process of vulcanization in making rubber ebonite was carried out using sulfur as much as 45 phr, while the use of recycled fiber varies, namely 15, 25, 35, 45 and 55 phr. Rubber ebonite parameters observed included hardness, tensile strength, elongation at break, tear resistance and ozone resistance. The results showed that the hardness, tensile strength and tear resistance for all treatments that increased with loading of fillers increasing, while elongation at break showed a decreasing trend. The best characteristics were obtained in the treatment of coconut fiber filler (SK) 45 phr, with a hardness value of 82 Shore D, tensile strength of 6.8 MPa, elongation at break with a value of 40% and tear resistance of 60 N / mm² and no cracking in all treatments after 48 hours of observation. The same effect was obtained by rubber ebonite characteristics using carbon black 45 phr fillers, with mechanical properties which had insignificant value with coconut fiber filler. The best characteristics of ebonite produced met the requirements of commercial rubber ebonite.

Keywords: Ebonite rubber, natural rubber, coconut fiber, mechanical properties.

PENDAHULUAN

Karet alam merupakan komoditi perkebunan yang berperan penting di bidang perekonomian Indonesia. Karet alam sebagai pendorong ekonomi di sentra baru yang tumbuh disekitar daerah

perkebunan karet, sehingga karet alam juga menjadi sumber pendapatan dan kesejahteraan masyarakat. Selain itu komoditi hasil perkebunan ini juga memberikan kontribusi terhadap sumber devisa Negara. Upaya peningkatan nilai tambah, salah satunya dilakukan melalui

peningkatan konsumsi karet alam di dalam negeri dengan dilakukan pengembangan industri barang jadi karet, diversifikasi produk, substitusi impor bahan baku karet dan perluasan lapangan kerja.

Pada kegiatan penelitian pembuatan karet ebonit ini dilakukan dengan menggunakan *filler* dari serat sabut kelapa. Karakteristik mekaniknya dibandingkan dengan karet ebonit yang dibuat dari bahan pengisi *carbon black*. Karet ebonit dibuat menggunakan campuran karet alam, karet sintetis dan sulfur dengan ditambahkan bahan pengisi dan bahan kimia lainnya. Untuk mendapatkan tekstur yang keras, penambahan sulfur merupakan unsur kimia utama dan jumlah penggunaannya mencapai 25 sampai 60 phr. Pembuatan karet ebonit dilakukan dengan waktu yang cukup lama pada proses vulkanisasinya dengan sulfur 3- - 50%, agar didapatkan sifat fisik yang keras dan kuat (Winya, and Pittayaprasertkul, 2015). Karena sifatnya yang tahan terhadap benturan, kuat dan rigid, sehingga pada saat ini penggunaan karet ebonit diutamakan untuk membuat komponen teknik dan keperluan elektrik. Karet ebonite juga digunakan sebagai tangki penyimpanan, bejana reaksi, dan lapisan pompa (Al-Maamori dan Hamzah, 2018).

Buah kelapa mempunyai kandungan sabut dengan perkiraan sebesar 30 - 45% dari berat buah kelapa (Hanum, 2015). Menurut Naveen dan Raju, 2013, komposisi kimia sabut kelapa, hemiselulosa 15-28%, selulosa 35 -60% dan lignin 20 – 48%, dan mengandung gabus sebesar 25 % sabut. Fungsi gabus pada sabut buah kelapa untuk menggabungkan satu serat dengan serat lainnya.

Sampai saat ini pemanfaatan sabut di Sumatera Selatan belum dilakukan secara maksimal untuk meningkatkan nilai tambahnya, hal ini terlihat di perkebunan kelapa di daerah Gasing Banyuasin, sabut kelapa masih dibuang pada di daerah-daerah perkebunan.

Pada pembuatan karet ebonit, karet alam berfungsi sebagai matrik, yaitu untuk mengikat serat serta melindungi dan meneruskan gaya yang terjadi antar serat.

Sehingga serat dapat menahan gaya yang bekerja pada material komposit. Serat diharapkan dapat menentukan karakteristik karet ebonit yang meliputi kekerasan, keuletan, kekakuan dan sifat-sifat mekaniknya. Diharapkan pembuatan ebonit dengan *filler* dari serat kelapa ini dapat menghasilkan produk yang bermanfaat dan dapat diaplikasikan.

Pada penggunaan di alam terbuka karet alam mudah mengalami kerusakan terhadap cuaca, terutama ozon serta pengusangan/aging. Walaupun demikian karet alam juga mempunyai keunggulan, diantaranya tegangan putus, kekenyalan, ketahanan kikis dan ketahanan sobek yang baik (Sadewo *et al.*, 2016).

Penelitian pembuatan komposit karet ebonit telah dilakukan, diantaranya oleh Mulyanto (2016), melakukan penelitian pembuatan komponen otomotif penutup spion sepeda motor menggunakan komposit karet ebonit dengan penguat dari serat bambu. Penelitian menghasilkan kekuatan tarik dan *izo impact* yang meningkat dengan bertambahnya muatan serat bambu. Supratiningsih *et al.*, (2015), melakukan penelitian pembuatan karet ebonit untuk isolator panas dari karet alam dengan menggunakan berbagai variasi penambahan karet riklim, dan sulfur. Hasil penelitian kekerasan dan *specific gravity* sesuai standar ebonit komersil. Namun, sifat mekanik seperti perpanjangan putus dan ketahanan sobek tidak dilakukan pengamatan, sehingga belum bisa menyimpulkan karet ebonit yang dihasilkan sesuai standar karet ebonit komersil.

Penelitian ini menggunakan serat kelapa sebagai penguat karet ebonit. Tujuan penelitian untuk menentukan karakteristik terbaik dari karet ebonit yang dibuat dengan komposit karet alam dengan serat kelapa dan diharapkan dapat memenuhi standar mutu karet ebonit komersil.

BAHAN DAN METODA

Bahan

Penelitian ini menggunakan bahan-bahan, antara lain : SIR 20, serat kelapa (SK), *carbon black* (CB), ZnO, asam

stearat, minyak minarek, *tetramethylthiuram disulfide* (MBTS), *tetramethyl thiuram disulfide* (TMTD), sulfur, *butylated hydroxytoluen* (BHT), dibeli dari supplier PT. Bratacho Chemical.

Peralatan

Penggunaan peralatan meliputi, Two roll dengan ukuran mill D 18 cm dan L 40 cm, untuk kapasitas 2 kg, *hot press apparatus*, timbangan analitik (*Mettler p1210, 1200 g capacity*), pengujian sifat mekanik menggunakan *Durometer Frank Shore D* untuk pengujian kekerasan, mengacu pada ASTM D.2240-15, pengujian tegangan putus, ketahanan sobek dan perpanjangan putus dilakukan dengan alat *Tensometer Lloyd 2000R* menurut ASTM D 412-16 dan ASTM D.624-00(2012). Parameter ketahanan ozon dievaluasi berdasarkan ASTM D.1149-07 dengan menggunakan ruang ozon. Konsentrasi ozon adalah diatur pada 50 ppm selama 48 jam, strain 20% dengan suhu pada $\pm 37,7^\circ \text{C}$.

Metoda Penelitian

Rancangan Percobaan

Penelitian ini dilakukan percobaan perlakuan variasi penggunaan SK. Sebagai pembanding digunakan juga penelitian dengan penambahan CB. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dengan formulasi karet ebonit pada Tabel 1.

Tabel 1. Formula dari karet ebonit

Formula	Phr*
Karet alam SIR 20	100
Serat kelapa/ <i>carbon black</i>	15, 25, 35, 45, 55
ZnO	5
Asam stearat	1
BHT	2
MBTS	2
TMTD	0,5
Sulfur	45

*phr = part hundred rubber

Tahapan Penelitian

Pemisahan serat dari sabut kelapa.

Pemisahan serat dari sabut kelapa dengan cara, sabut kelapa direndam dengan larutan NaOH 5% selama 6 jam. Selanjutnya dicuci, dikeringkan dan dicacah hingga $3 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$.

Proses Pembuatan Vulkanisat Karet

Masing-masing bahan ditimbang dalam phr (berat per seratur karet) jumlahnya disesuaikan dengan masing-masing formula kompon.

Mixing (pencampuran)

Proses pencampuran karet dan bahan kimia lainnya dilakukan dengan alat *open mill* (gilingan terbuka) yang terlebih dahulu dibersihkan dari kotoran.

Tahapan pembuatan kompon karet dan vulkanisasi yaitu karet SIR 20 hasil mastikasi tambahkan masing-masing bahan pengisi SK, dan CB, variasi penambahan sesuai dengan rancangan percobaan dan giling sampai homogenkan. Bahan pengikat/*activator*, asam stearat dan ZnO ditambahkan, digiling hingga homogen. Antioksidan BHT dan pelunak (*softener*) *minarek oil* ditambahkan. *Accelerator* MBTS dan TMTD, lanjutkan penggilingan sampai semua bahan menjadi tercampur. Selanjutnya vulkanisator (sulfur) ditambahkan ke dalam bahan dan giling sampai homogen.

Vulkanisat ditentukan ukuran ketebalannya dengan mengukur kerenggangan roll silinder pada *open mill*. Vulkanisat dikeluarkan dari *open mill* dan letakkan diatas plastik lembaran. Kompon yang akan dicetak terlebih dahulu dipotong sesuai dengan ukuran barang karet ebonit yang akan dibuat.

Peubah yang Diamati

Pada penelitian ini pengujian vulkanisat dilakukan untuk perpanjangan putus, tegangan putus, kekerasan, ketahanan sobek dan ketahanan ozon.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh jumlah bahan pengisi serat kelapa dan CB terhadap sifat mekanik karet ebonit disajikan pada Gambar 1–4. Ada peningkatan kekerasan karena jumlah *filler* dalam komposisi meningkat. Hal ini disebabkan volume bahan pengisi yang ditambahkan ke dalam karet, komposit menjadi lebih kaku, karena adanya pengurangan elastisitas

rantai karet (Hassan *et al.*, 2012; Aguele *et al.*, 2014).

Kekerasan

Pada Gambar 1, terlihat bahwa semakin banyak jumlah *filler* SK dan CB yang ditambahkan pada karet ebonit, nilai kekerasan semakin meningkat dan mencapai optimum pada jumlah pengisi 45 phr. Komposit karet yang diisi *filler* CB memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi untuk berbagai volume bahan pengisi. Hal ini menggambarkan penetrasi yang lebih baik dari *filler* CB dalam matriks karet. Kekerasan juga merupakan faktor rapat ikatan silang, semakin banyak ikatan silang yang menghubungkan material selama vulkanisasi, semakin sulit vulkanisasi akhir. Oleh karena itu, CB membentuk ikatan silang yang lebih kuat dengan matriks karet dari pada SK.

Gambar 1. Kekerasan karet ebonit

Gambar 3. Perpanjangan putus karet ebonit

Namun, nilai kekerasan karet ebonit dengan *filler* SK memiliki potensi sebagai bahan pengisi penguat, berdasarkan Gambar 1 yang memiliki tren yang sama dengan *filler* komersial CB, karena nilai kekerasan tidak signifikan dengan kekerasan karet ebonit dengan *filler* CB. Sesuai dengan karakter karet ebonit memiliki sifat keunggulan yang kuat, rigid, dan tahan pukulan/benturan (Malomo *et al.*, 2019). Perlakuan jumlah bahan pengisi 45 phr, menunjukkan kekerasan yang paling tinggi bila dibandingkan dengan beberapa perlakuan lainnya, yaitu sebesar 82 Shore D dan 85 Shore D. Perlakuan bahan pengisi SK 45 phr dengan kekerasan 82 Shore D, sesuai spesifikasi karet ebonit komersil dengan kisaran hardness 80 hingga 85 Shore D. (Erwin Telle GmbH supplies industrial products).

Gambar 2. Tegangan putus karet ebonite

Gambar 4. Ketahanan sobek karet ebonit

Tegangan Putus

Gambar 2 menunjukkan tegangan putus karet ebonit mengalami peningkatan dengan bertambahnya jumlah *filler* SK maupun CB. Tegangan putus tertinggi diperoleh pada perlakuan bahan pengisi SK dan CB 45 phr, yaitu 6, 8 MPa dan 7 MPa. *Carbon black* akan meningkatkan tegangan putus jika interaksi antara *filler* CB dan polimer lebih kuat. Tetapi struktur *carbon black* yang besar dapat meningkatkan viskositas dari kompon karet vulkanisat sehingga kemampuan *carbon black* untuk meningkatkan tegangan putus menjadi berkurang. Hal ini yang menyebabkan tegangan putus karet ebonit dengan jumlah *filler* SK dan CB 45 phr menghasilkan nilai tegangan putus yang tidak signifikan. Semakin bertambahnya jumlah *filler* SK dan CB akan menyebabkan semakin tinggi rapat ikatan silang yang timbul dari reaksi vulkanisasi yang terbentuk dalam jaringan molekul karet. Selain itu, peningkatan tegangan putus dikaitkan dengan interaksi pengisi dengan molekul karet yang lebih kuat karena dispersi pengisi yang dihomogenisasi (Munirah *et al.*, 2016). Menurut Oktaviana *et al.*, (2015), *filler* yang berasal dari serat alami, mengandung selulosa, yang bersifat penguat alami, mempunyai struktur rantai yang mirip dengan senyawa hidrokarbon pada minyak bumi. Pemecahan rantai panjang dalam senyawa selulosa bertujuan untuk membuat senyawa-senyawa kimia dengan berat molekul yang rendah dari agregat karbon. Karbon yang terdapat dalam SK kemungkinan dapat memberikan dampak penguatan pada vulkanisatnya. Perlakuan terbaik nilai tegangan putus diperoleh pada bahan pengisi SK 40 phr, yaitu sebesar 6,8 MPa, sesuai tegangan putus karet ebonit komersil minimal 6 MPa.

Perpanjangan Putus

Berdasarkan Gambar 3, vulkanisat yang diisi SK dan CB memiliki tren cenderung menurun dengan semakin bertambahnya jumlah bahan pengisi. Hal ini berhubungan dengan jumlah pengisi yang ditambahkan dalam matriks karet, ukuran partikel bahan pengisi dan luas

dispersi. Semakin banyak pengisi SK yang ditambahkan kedalam matriks karet, vulkanisat menjadi lebih kaku dan kurang rentan terhadap elastistas vulkanisat, sehingga mengurangi nilai perpanjangan putus. Nilai perpanjangan putus adalah indikasi untuk penguatan yang lebih sedikit (Hussenayah and Mostapha, 2011; Momoh *et al.*, 2016).

Penurunan perpanjangan putus disebabkan adanya interaksi pengisi ke matriks karet. Sehingga terjadinya pengerasan rantai polimer dan karenanya resisten untuk meregangkan, sehingga perpanjangan putus menurun (Ojinmah *et al.*, 2017; Phrommedetch dan Pattamaprom, 2010). Selain itu, pada penelitian ini menggunakan sulfur sebanyak 45 phr, hal ini menyebabkan nilai perpanjangan putus menurun. Tidak semua SK dapat berikatan dengan molekul karet, hal ini dimungkinkan karena terjadinya aglomerasi agregat, yaitu semakin banyak bahan pengisi ditambahkan, perpanjangan putus akan menurun. Vulkanisat karet akan mudah putus bila ditarik, hal ini disebabkan molekul karet yang sudah jenuh dengan penambahan SK.

Menurut Honggokusumo (2006), vulkanisasi karet alam dengan menggunakan sulfur dalam jumlah besar (lebih dari 30 phr) akan terbentuk ikatan silang monosulfida yang cukup banyak, yang menyebabkan vulkanisasi bersifat kaku atau kehilangan sifat fleksibilitasnya sehingga pada saat ditarik perpanjangan putusnya sangat kecil.

Nilai perpanjangan putus terkecil diperoleh pada perlakuan bahan pengisi SK dan CB 45 dan 55 phr, yaitu 40 % dan 35 %. Untuk semua perlakuan, nilai perpanjangan putus karet ebonit sesuai dengan Perpanjangan putus karet ebonit komersil, yaitu minimal 10%.

Ketahanan Sobek

Hasil pengujian untuk parameter ketahanan sobek pada karet ebonit seperti pada Gambar 4. Berdasarkan Gambar 4, semakin bertambah jumlah SK dan CB, ketahanan sobek semakin meningkat serta mencapai tingkat yang optimum untuk perlakuan bahan pengisi

45 phr, yaitu masing-masing 60 N/mm² dan 75 N/mm². Meningkatnya ikatan silang antara molekul karet dengan SK dan CB menyebabkan meningkatnya ketahanan sobek.

Peningkatan kerapatan ikatan silang antar molekul karet dapat disebabkan karena adanya interaksi bahan pengisi dengan molekul karet. Menurut Sugiyono dan Prasetya (2018), waktu pakai produk akan semakin lama, apa bila semakin tinggi ketahanan sobeknya. Tingginya ketahanan sobek akan menghasilkan vulkanisat yang semakin baik. Bertambah besarnya kebutuhan tenaga untuk menarik karet sampai putus, dipengaruhi oleh nilai ketahanan sobek yang semakin besar. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin baik ketahanan sobek, bila vulkanisat karet menggunakan bahan pengisi SK.

Perlakuan pada penelitian yang memenuhi persyaratan standar mutu karet ebonit komersil (Erwin Telle GmbH *supplies industrial products*), ketahanan sobek minimal 60 N/mm², yaitu perlakuan pengisi SK 45 phr, yaitu 60 phr. Perlakuan bahan pengisi CB 25 phr hingga 55 phr, dengan kisaran nilai 60 hingga 75 phr. Pada pengisi CB nilai ketahanan sobek untuk semua perlakuan memenuhi standar mutu komersil, kecuali perlakuan pengisi 15 phr, hal ini disebabkan ukuran partikel kecil, sifat, struktur dan aktivitas permukaan CB yang tinggi dibandingkan dengan ukuran partikel dan sifat lainnya dari SK. Ukuran partikel, struktur dan aktivitas permukaan bahan, sangat mempengaruhi interaksi bahan dengan senyawa lainnya (Aguele *et al*, 2012; Okele *et al*, 2015).

Ketahanan Ozon

Karet ebonit dilakukan pengujian ketahanan ozon dengan konsentrasi ozon 50 ppm, selama periode waktu 48 jam. Hasil pengujian dilihat secara langsung dan dinyatakan dengan *cracks* atau *no cracks* (retak atau tidak retak).

Hasil pengujian untuk parameter ketahanan ozon pada karet ebonit seperti pada Tabel 2.

Hasil pengamatan semua perlakuan sampai 48 jam karet ebonit, ditunjukkan pada Tabel 2, semua perlakuan tidak

mengalami keretakan. Karet ebonit tidak mengalami keretakan karena adanya pengaruh antioksidan sehingga mampu melindungi vulkanisat karet dari kerusakan yang disebabkan oleh oksigen, ozon, dan cahaya matahari.

Tabel 2. Hasil pengujian ketahanan ozon

Perlakuan (phr)	Hasil Uji	
	SK	CB
15	Tidak retak	Tidak retak
25	Tidak retak	Tidak retak
35	Tidak retak	Tidak retak
45	Tidak retak	Tidak retak
55	Tidak retak	Tidak retak

Selain itu, beberapa faktor antara lain diantaranya adalah penggunaan antidegradan yang mempunyai aktivitas tinggi dan sesuai dengan kebutuhan, dapat meningkatkan ketahanan vulkanisat karet terhadap ozon.

Pada penelitian ini menggunakan antioksidan jenis Butil Hidroksi Toluen (BHT) dengan jumlah sebanyak 2 phr. BHT merupakan antioksidan primer, dapat menghentikan terbentuknya reaksi berantai radikal bebas yang melepaskan hidrogen. Reaksi ozon dengan antiozonan jauh lebih cepat dari pada reaksi dengan ikatan rangkap pada permukaan molekul karet. Permukaan molekul karet dilindungi dari serangan ozon sampai permukaan antiozonan habis bereaksi dengan ozon dipermukaan karet, difusi antiozonan dari bagian dalam ke permukaan terus mengisi konsentrasi permukaan antiozonan untuk memberikan perlindungan terus menerus terhadap ozon.

Bahan pengisi memberikan peranan yang cukup besar terhadap ketahanan karet ebonit terhadap ozon. Interaksi antara *filler* dengan molekul pada karet akan membentuk ikatan silang yang kuat dengan adanya sulfur sehingga komposit karet akan menjadi lebih kuat. Semakin kuat ikatan yang terbentuk, semakin rendah kerentanan terhadap ozon. Selain itu, senyawa karet yang memiliki rantai utama hidrokarbon memiliki ketahanan ozon, ketahanan terhadap panas dan oksidasi yang sangat baik (Ooi *et al.*, 2014; Ning *et al.*, 2015).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Serat kelapa memiliki potensi sebagai bahan pengisi penguat alami. Hasil penelitian menunjukkan sifat mekanik karet ebonit dipengaruhi oleh *filler*. Serat kelapa dan *carbon black* yang digunakan sebagai *filler* menunjukkan kekerasan, tegangan putus dan ketahanan sobek yang lebih tinggi. Namun, perpanjangan putus lebih rendah dari pada bahan pengisi serat kelapa. Karakteristik mekanik vulkanisat terbaik diperoleh pada perlakuan bahan pengisi serat kelapa (SK) 45 phr, dengan nilai kekerasan 82 Shore D, tegangan putus sebesar 6,8 MPa, perpanjangan putus dengan nilai 40% dan ketahanan sobek 60 N/mm² dan tidak ada retak (*no crack*) pada semua perlakuan setelah 48 jam pengamatan. Karakteristik karet ebonit menggunakan bahan pengisi *carbon black* 45 phr, dengan karakteristik mekanik yang memiliki nilai tidak signifikan dengan karet ebonit dengan *filler* serat kelapa. Karet ebonit dengan *filler* serat kelapa dapat menjadi sumber bahan baku yang berguna untuk produk *hard rubber*.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk pengembangan formula karet ebonit menggunakan serat yang lainnya seperti serat kelapa sawit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Bapak Bambang Sugiyono, Ibu Mimi Kurnia Yusya dan Bapak Aidil atas bantuannya pada praktek lapangan, dan pengujian di laboratorium hingga selesainya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aguele, F.O., Madufor, C.I. and Adekunle, K.F. (2014). Comparative Study of Physical Properties of Polymer Composites Reinforced With Uncarbonised And Carbonised Coir. *Open Journal of Polymer Chemistry*. 4: 73-82.
- Al-Maamori. M.H and Hamzah, A.F. (2018). Effect of sulfur and Nano-carbonblack on

- the mechanical properties of hard rubber. *Journal of University of Babylon, Engineering Sciences*. 26(2): 127-134.
- Hanum, M.S. (2015). Eksplorasi Limbah Sabut Kelapa. *e-Proceeding of Art & Design*. 2(2) : 930-938. Agustus 2015.
- Hassan, S., Ogherevwet, E.J and Aigbodion, V. (2012). Potential of Maize Stalk Ash as Reinforcements for Polyester Composites, *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*. 11(4): 543 - 557.
- Honggokusumo, S. (2006). Kimia dan Teknologi Vulkanisasi. *Makalah Teknologi Barang Jadi Karet BPPT. Bogor*.
- Hussenayah, S. and Mostapha M. (2011). The Effect of Filler Content on Properties of Coconut Shell Filled Polyester Composites, *Malaysian Polymer Journal*. 6(1): 87-97.
- Malomo, D., Obinna, Edeh, E., Okolo, P., Felix, C., Ibeh and Adewuyi, S.O. (2019). Preparation and Properties of NR Based Ebonite Rubber Suitable for Use as Engineering Material. *Evolution in Polymer Technology Journal* 2(1):1-5.
- Momoh, F.P, Mamza, P.A.P, Gimba, C.E and Nkeonye, P. (2011). Morphological Trends of Modified Coconut Fibre in Natural Rubber Reinforcement. *Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences*. 7(4): 167- 172.
- Mulyanto, A. (2016). Pengembangan Komposit Dari Karet Ebonit dengan Penguat Serat Bambu Untuk Komponen Otomotif Penutup Spion Sepeda Motor. *Skripsi Universitas Muhammadiyah Surakarta*.
- Munirah, N.R, Noriman, N.Z, Salihin, M.Z, Sam, S.T. Mustafa AL Bakri, A.m, Fatin, M.H, Rosniza, H. (2016). The Effects on Cure Characteristics, Physico-Mechanical Properties and Morphology of Bamboo Activated Carbon Filled Styrene Butadiene Rubber (SBR) Vulcanizates. *Key Engineering Materials* 673: 131-140.
- Ning, N.Y, Zheng, Z.P, Zhang, L.Q, Tian, M. (2015). An Excellent Ozone-Resistant Polymethylvinylsiloxane Coating on Natural Rubber By Thiol-Ene Click Chemistry. *eXPRESS Polymer Letters* 9(6): 490–495.
- Naveen, P.N.E., and Rahu, T. D. (2013). Evaluation of Mechanical Properties of Coconut Coir Fiber Reinforced Polymer Matrix Composites. *Journal of Nano Research*. 24: 34-45

- Ojinmah N, Uchechukwu TO, Ezech VO dan 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.
- Okele, I.A., Mohammed, F., Agho, B.O., Marut, A.J and Jekada, J.Z. (2015). Experimental Study on Particle Size and Filler Loading Reinforcement of Sugar Canebagasse on Natural Rubber Compound. *Research and Review in Polymer*. 6(4): 155-160.
- Oktaviana, R., Sitorus, B dan Malino, M.B. (2015). Pengaruh 3-Aminopropyltriethoxysilane Terhadap Sifat dan Morfologi Komposit Karet Alam-Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit. *JKK*, 4(4) : 94-100.
- Ooi, Z.X., Ismail, H and Bakar, A.A. (2014). Study on The Ageing Characteristics of Oil Palm Ash Reinforced natural Rubber Composites by Introducing A Liquid Epoxidized. *Polymer Testing*. 37: 156-162
- Phrommedetch, S and Pattamaprom, C. 2010. Compatibility Improvement of Rice Husk and Bagasse Ashes with Natural Rubber by Molten-State Maleation. *Europe Journal Science Research*. 43(3): 411-416.
- Sadewa, A.B., Joko. S dan Bambang, W.F. (2016). Pengembangan Komposit dari Karet Ebonit dengan Penguat Serat Serabut Kelapa untuk Komponen Otomotif Penutup Spion Sepeda Motor. *Skripsi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta*.
- Sugiyono, B dan Prasetya, HA. (2018). Pengaruh Arang Aktif Bambu Terhadap Karakteristik Pematangan dan Sifat Mekanik Karet Peredam Guncangan Kendaraan Bermotor. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*. 29(2): 91 – 98.
- Supraptiningsih, Herminiwati, Yuniari, A., Sugihartono dan Sholeh, M. (2015). Pembuatan Karet Ebonit Pada Berbagai Variasi Karet Alam, Karet Riklim, dan Sulfur untuk Isolator Panas. *Jurnal Teknologi Agro-Industri*. 2(1): 1 – 9.
- Winya, N and Pittayaprasertkul, N. (2015). SiO₂ Reinforcement of Mechanical Properties for Ebonite from Natural Rubber. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*. 6(3): 169-172