

SIFAT MEKANIK *RUBBER WAVES* DARI KOMPOSIT KARET ALAM DAN KARET SINTESIS MENGGUNAKAN *MULTI FILLER*

MECHANICAL PROPERTIES OF RUBBER WAVES FROM COMPOSITE OF NATURAL RUBBER AND SYNTHETIC RUBBER USING MULTI FILLER

Nasruddin

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

Diterima: 16 April 2018; Direvisi: 17 April 2018 – 22 Juni 2018; Disetujui: 28 Juni 2018

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh *multi filler* (*carbon black*, kaolin, dan kalsium karbonat) terhadap sifat mekanik *rubber waves*. Penelitian ini dilakukan dengan 5 formula (A; B; C; D; dan E), masing-masing bahan pembentuk *rubber waves* yang divariasikan terdiri dari: karet alam (92; 90; 88; 84; dan 80) phr, *nytrile butadiene rubber* (4; 5; 6; 8; dan 10) phr, *chloroprene rubber* (4; 5; 6; 8; dan 10) phr. Bahan pengisi penguat berupa *carbon black* (50; 49; 48, 47, dan 46) phr, kaolin (10; 8; 6; 4; dan 2) phr, dan kalsium karbonat (2; 4; 6; 8; dan 10) phr. Karet alam, karet sintesis dimastikasi dan divulkanisasi bersama dengan bahan proses lainnya di *open mill*. *Rubber waves* dari formula B yang merupakan *rubber waves* terbaik dilakukan pengujian sifat mekanik yang meliputi: *specific gravity* 1,206; *hardness* 71 shore A; *abrasi* 190 mm³; *modulus* 300% adalah 7,9 MPa; *tensile strength* 12,8 MPa; *compression set* 9,51%; dan *ozon resistance* no crack.

Kata kunci : karet alam, karet sintesis, *multi filler*, *rubber waves*, sifat mekanik

Abstract

The objective of this research was to study the effect of fillers such as carbon black, caolin, and calcium carbonates on the physic-mechanical properties of rubber product (*rubber waves*). The design formula of this research was five formulas (A; B; C; D; and E), that designs as follows natural rubber (92; 90; 88; 84; and 80) phr; *chlorprene rubber* (4; 5; 6; 8; and 10); *carbon black* (50; 49; 48; 47; and 46) phr; *caoline* (10; 8; 6; 4; and 2) phr; and *calcium carbonate* (2; 4; 6; 8; and 10) phr respectively for each formulas. The natural and synthetics were masticated using two roll mill and then vulcanized according to the standard procedures. The best formula for rubber wave product is formula B that has properties as follows: *specific gravity* 1.206; *hardness* 71 shore A; *abrasion resistance* 190 mm³; 300% *modulus* 7.9 MPa; *tensile strength* 12.8 MPa; *compression set* 9.51%; and *ozone resistance* no crack.

Keywords : natural rubber, synthesis rubber, multi-filler, rubber waves, mechanical properties

PENDAHULUAN

Karet alam merupakan polimer hidrokarbon, dapat dikembangkan untuk berbagai jenis produk antara lain ban, peralatan tambang, peralatan medis, dan peralatan petrokimia (Singhet *et al.*, 2015). Struktur molekul karet alam terdiri dari *cis-1,4-polyisoprene*, dengan sifat tidak tahan ozon, minyak dan panas tinggi (Alam dan Rihayat, 2007). Keunggulan karet alam bersifat elastis yang tidak dimiliki oleh bahan lain (Masyrukan, 2013). Karet alam lebih kuat, dan tahan benturan (Nabil *et al.*, 2013; dan Bahruddin *et al.*, 2010).

Rubber waves (RW) berbentuk silinder dikembangkan dari campuran

karet alam, karet sintesis, dan bahan proses lainnya. RW pada penelitian ini khusus digunakan untuk pelapis permukaan *roller*. RW fungsinya sama dengan *rubber idle roller* (RIR) sebagai penyangga *conveyor* ketika menerima beban batubara atau tanpa beban dari mulut tambang ke *stock file* atau ketempat yang telah ditentukan.

RW dan RIR pada saat digunakan pada *belt conveyor* berputar dengan kecepatan mengikuti gerakan *belt conveyor*. RW dan RIR merupakan bagian yang penting dari rangkaian *conveyor*, dimana bagian permukaan RW terjadi kontak langsung dengan bagian bawah *belt conveyor* dan menerima beban langsung dari *belt*

conveyor pada saat pemindahan material (Kharage *et al.*, 2015; Rensburg 2013; Molnar *et al.*, 2013; Molnar *et al.*, 2014).

Kelemahan RW dan RIR sering mengalami kerusakan fisik, seperti abrasi, kerusakan pada lubang poros, dan terjadi keretakan pada bagian permukaan. Selain itu RW dan RIR tidak tahan ozon, minyak, umur pemakaian, dan perubahan temperatur (Mulia *et al.*, 2015). Bagian permukaan RW dan RIR merupakan daerah pertama yang sering menerima serangan ozon secara langsung dari udara luar, dan bagian poros merupakan daerah dinamis yang menerima beban (Soni, dan Patel, 2014).

Sifat mekanik, waktu pakai, dan mutu RW dipengaruhi oleh jenis bahan, rasio bahan, waktu vulkanisasi, temperature pemasakan, dan waktu pencetakan. Karet alam sebagai bahan utama pembuatan RW rentan terhadap serangan ozon, pelarut organik, sinar matahari, serta kelembaban (Phanny *et al.*, 2012). Untuk meningkatkan sifat mekanik RW dilakukan rekayasa karet alam, karet sintesis, *multi filler* (CB, kaolin, dan kalsium karbonat) dan bahan pelunak dari minyak jarak.

Pengembangan karet alam menjadi RW pada penelitian ini dilakukan melalui proses mastikasi, vulkanisasi dan pencetakan dengan merujuk dari beberapa hasil penelitian yang berkaitan dengan RIR. Untuk meningkatkan sifat mekanik RW digunakan *multi filler* yang terdiri dari *carbon black*, kalsium karbonat dan kaolin. Menurut Sadequl *et al.*, (2006) penambahan *carbon black* dan kalsium karbonat sebagai bahan pengisi vulkanisat melalui proses vulkanisasi dapat meningkatkan kuat tarik, perpanjangan putus, kekuatan sobek, dan pampatan tetap.

Proses vulkanisasi merupakan faktor penting untuk menentukan *modulus*, elastisitas, kekuatan tarik, dimana karet dengan bahan pengisi *carbon black* yang di vulkanisasi dengan sulfur memiliki sifat mekanik yang baik (Al-Maamori, dan Hamza, 2018). Menurut Kandil dan Gaafar, (2010) campuran karet alam dan *carbon black* pada konsentrasi 25 phr dapat meningkatkan kompatibilitas yang lebih baik karena struktur dan ukuran

partikelnya dapat mengisi ruang intersitital di EPDM dan memberikan penguatan elastomer yang lebih baik.

RW pada penelitian ini menggunakan komposit karet alam, karet sintesis dari jenis *nytrile butadiene rubber* (NBR), *chloroprene rubber* (CR), karbon hitam, kalsium karbonat, dan kaolin. Pemilihan NBR sebagai bahan komposit karet alam, hal ini disebabkan karena NBR mengandung akrilonitril yang menyebabkan NBR tidak mengembang dan tahan minyak. Menurut Mohammed *et al.*, (2015); Alneamah dan Almaamori (2015) polimida dalam matriks karet nitril dapat meningkatkan stabilitas thermal dari suhu 360 °C ke suhu 368 °C.

Menurut Baeta *et al.*, (2009) penambahan NBR pada komposit karet alam dapat meningkatkan kekuatan tarik, kekerasan, ketahanan sobek dan pemampatan tetap. Menurut Mohammed *et al.*, (2016); dan Ahmad *et al.*, (2015) penambahan NBR pada karet alam dapat meningkatkan sifat mekanik komposit dan meningkatkan stabilitas thermal dari komposit. Peningkatan sifat mekanik RW selain NBR ditambahkan *chloroprene rubber* (CR), anti degradan agar tahan terhadap kelembaban, serangan ozon, dan perubahan cuaca. Komposit karet alam, CR, dan NBR pada pembuatan RW dapat meningkatkan ketahanan terhadap pengaruh oksigen, ozon, dan perubahan cuaca. Menurut Khalaf *et al.*, (2012) komposit *acrylonitrile butadiene rubber*, *chloroprene rubber*, dan *polivinil klorida* dapat meningkatkan ikatan silang. Peningkatan ikatan silang dalam struktur vulkanisat komposit karet dapat meningkatkan sifat mekanik, kekuatan tarik, modulus, kekerasan, energi regangan, dan ketahanan minyak.

Peningkatan sifat mekanik *vulkanizate* karet alam selain ditambahkan NBR dan CR dapat ditingkatkan dengan penambahan anti-oksidan, silika, tanah liat, karbon hitam, dan kalsium karbonat (Iheoma *et al.*, 2015; dan Dahham *et al.*, 2015). Menurut Zafarmehrabian *et al.*, (2012); dan Hasan *et al.*, (2013) komposit *carbon black* sebagai bahan pengisi NR dan BR

berpengaruh terhadap laju reaksi vulkanisasi, dan sifat dinamis kompon.

Bahan pelunak pada penelitian ini berasal dari minyak nabati dari jenis jarak pagar (*Jatropha curcas oil*). Minyak nabati dengan indeks viskositas tinggi, volatilitas rendah, dan titik nyala tinggi sebagai aditif polimer dapat menyediakan reaktivitas untuk membentuk *linkage* dengan polimer lainnya (Samarth dan Mahanwar, 2015).

Menurut Nasruddin (2017); Nasruddin dan Susanto (2018) minyak jarak dapat meregangkan molekul-molekul karet agar bahan yang ditambahkan dapat terdistribusi kedalam molekul-molekul karet. Penelitian ini mempelajari sifat mekanik RW dengan merujuk dari beberapa hasil penelitian seperti diuraikan di atas.

BAHAN DAN METODA

Bahan dan Alat

Bahan penelitian terdiri dari karet alam (NR), *nytrile butadiene rubber* (NBR), *chloroprene rubber* (CR), zink oksida (ZnO), asam stearat (AS), *carbon black* (CB N 330), kaolin, kalsium karbonat (CaCO₃), minyak jarak (MJ), polietilena glikol 4000 (PEG-4000), PBN, tetrmetiltiuram disulfida (TMTD), sulfur dan dibenzothiazyl disulfida (MBTS).

Alat yang digunakan terdiri dari neraca biasa, neraca analitis, *open mill*, molding, dan thermometer infrared.

Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan penelitian ini dikembangkan dari beberapa formula hasil penelitian pendahuluan seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Formula *Rubber Waves*

Bahan	phr	Formula				
		A	B	C	D	E
NR	phr	92	90	88	84	80
NBR	phr	4	5	6	8	10
CR	phr	4	5	6	8	10
ZnO	phr	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85
STA	phr	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75
CB	phr	50	49	48	47	46
Kaolin	phr	10	8	6	4	2
CaCO ₃	phr	2	4	6	8	10
PEG	phr	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55
MJ	phr	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
PBN	phr	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
TMTD	phr	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
MBTS	phr	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Sulfur	phr	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85

Pengujian sifat mekanik hasil penelitian terdiri dari *specific gravity* metode uji ASTM D 624, *hardness shore A* metode uji ASTM D 2240, abrasi metode uji ASTM D 5963, modulus 300% metode uji ASTM D 412, *tensile strength* metode uji ASTM D 412, *compression set* metode uji ASTM D 395 dan *ozon resistance* metode uji SNI. 7655-2010.

Prosedur

Karet alam, karet sintesis dimastikasi sengan *open mill* selama 3-4 menit, tambahkan activator dan co-activator, terus digiling sampai homogen. Sambil terus digiling tambahkan bahan pelunak sedikit demi sedikit, lalu tambahkan bahan pengisi, bahan pencepat, antidegradan. Setelah semua bahan terdistribusi secara sempurna kedalam komposit karet alam, dan karet sintesis tambahkan sulfur sampai homogen. Proses selanjutnya dilakukan pencetakan. RW hasil pencetakan seperti Gambar 1.



Gambar 1. *Rubber Waves* Hasil Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil pengujian sifat mekanik *rubber waves* dari 5 (lima) formula ditampilkan pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Sifat Mekanik *Rubber Waves*

Parameter	Hasil Pengujian				
	A	B	C	D	E
<i>Specific Gravity</i>	1,325	1,206	1,186	1,125	1,108
<i>Hardness Shore A</i>	72	71	69	70	68
Abrasi (mm ³)	197	190	185	189	182
Modulus 300% (MPa)	6,5	7,9	5,4	5,2	4,8
<i>Tensile Strength</i> (MPa)	12,5	12,8	9,6	8,4	9,2
<i>Compression Set</i> (%)	8,30	9,51	12,42	15,25	17,48
<i>Ozon Resistance</i>	No. Crack	No. Crack	No. Crack	No. Crack	No. Crack

Pembahasan

Specific Gravity

Hasil pengujian *specific gravity* (SG) menunjukkan, perbedaan rasio bahan dengan *multi filler* (*carbon black*, kaolin, dan kalsium karbonat) (Tabel 1) berpengaruh terhadap perbedaan nilai *specific gravity* RW (Tabel 2). Nilai SG tertinggi (1,325) dari semua perlakuan didapat dari formula A. Jika dilihat dari rasio bahan yang digunakan untuk RW, rasio *multi filler* untuk formula A lebih tinggi (62 phr) dibandingkan dengan rasio formula lainnya (Tabel 1).

Peningkatan rasio *multi filler* berbanding lurus dengan kenaikan SG, selain itu SG dari masing-masing bahan berpengaruh terhadap nilai *specific gravity* RW yang dihasilkan. Nilai *specific gravity* RW menggambarkan tingkat kepadatan struktur molekul bahan yang membentuk RW, dimana tingkat kepadatan berhubungan langsung dengan tingkat kekerasan dan sifat mekanik lainnya. Kepadatan RW pada saat digunakan pada *belt conveyor* berpengaruh terhadap beban yang diterimanya dari *belt conveyor*.

Carbon black merupakan *filler* yang mempunyai rasio tertinggi (Tabel 1) dibandingkan dengan rasio kaolin dan kalsium karbonat. Dimana dalam kaitan dengan nilai SG, maka rasio tertinggi dan jenis bahan pengisi seperti *carbon black* sangat berpengaruh terhadap nilai *specific gravity* RW pada penelitian ini.

Menurut Hamzah dan Alibadi (2013) pengaruh *carbon black* dalam kompon karet menghasilkan nilai SG yang berbeda (1,131; 1,122; dan 1,112). Hal ini diperkuat dari hasil penelitian yang berkaitan dengan peningkatan *filler* pada pembuatan kompon karet pada saat vulkanisasi yang menghasilkan peningkatan nilai SG vulkanizate.

Igwe dan Ejim (2011) melaporkan penambahan *carbon black* 0,075 μm dari 5 phr sampai dengan 20 phr terjadi peningkatan nilai SG dari 1,2 hingga 1,7. Al-Nesrawy *et al*, (2014) melaporkan penambahan *carbon black* dari 10 phr hingga 40 phr dapat meningkatkan nilai SG dari 1,03 hingga 1,10. Perbedaan nilai SG pada penelitian ini (Tabel 2) selain dipengaruhi oleh bahan *multi filler*

dipengaruhi juga oleh bahan pembentuk RW yang lainnya seperti karet alam dan karet sintesis.

Kekerasan

Hasil pengujian tingkat kekerasan (*hardness*) RW dari semua perlakuan diperlihatkan pada Tabel 2. Data hasil pengujian menunjukkan, untuk formula A tingkat kekerasannya lebih tinggi (72 Shore A) dibandingkan dengan formula yang lainnya (formula B, C, D, dan formula E). Hal ini menunjukkan, tingkat kekerasan dipengaruhi oleh tingkat kepadatan bahan persatuan volume.

Tingkat kepadatan bahan pembentuk RW dipengaruhi juga oleh nilai SG, dimana pada ruang dan volume yang sama jika terjadi perbedaan kerapatan, dan nilai SG maka berpengaruh terhadap tingkat kekerasan. Menurut Bao *et al*, (2016) karet alam yang diperkuat dengan *filler carbon black* dan kalsium karbonat dapat meningkatkan kekerasan. Nilai kekerasan berhubungan dengan kemampuan RW untuk menahan beban pada saat beroperasi.

Rasio *carbon black* bersama kaolin, dan kalsium karbonat berdasarkan data dari Tabel 1, dan Tabel 2 memberikan kontribusi terhadap perubahan nilai kekerasan. Menurut Phanny *et al*, (2012) penambahan *carbon black* sampai dengan 30 phr dapat meningkatkan nilai kekerasan mencapai 58,0 Shore A. Al-Maamori, dan Hamza (2018) melaporkan untuk penambahan *carbon black* sampai dengan 30 phr dengan kombinasi penambahan sulfur yang membentuk alomerasi pada matrik polimer dapat meningkatkan kekerasan.

Bahan pengisi penguat seperti *carbon black* maupun bahan pengisi penambah volume seperti kaolin dan kalsium karbonat memberikan kontribusi terhadap tingkat kekerasan. Hal ini menunjukkan, kerapatan *filler* persatuan volume matrik polimer berpengaruh terhadap kekerasan. Menurut Ghosh dan Chakrabati, (2000) peningkatan *carbon black* hingga 40 phr dapat meningkatkan kerapatan massa, kekerasan, dan kekuatan tarik.

Nilai kekerasan RW dari hasil penelitian ini selain dipengaruhi oleh *filler*

dipengaruhi juga oleh komposit karet alam dengan karet sintesis dan bahan pelunak yang digunakan. Minyak jarak pagar sebagai pelunak bersama PEG berkontribusi terhadap terdistribusinya *multi filler* kedalam matriks polimer (NR, NBR dan CR) dengan membentuk jaringan tiga dimensi yang kokoh. Menurut Bawadukji dan Jabra (2017) *carbon black* dengan rasio 20 phr sampai 100 phr sebagai bahan pengisi penguat dalam matriks NBR dapat meningkatkan kekerasan dari 60 *shore A* sampai dengan 87 *shore A*.

Abrasi

Ketahanan abrasi (*abrasion resistance*) merupakan kemampuan material untuk menahan gesekan atau friksi terutama pada bagian permukaan dari benda lain. RW yang dimodifikasi dari karet alam, karet sintesis dengan *multi filler* (Tabel 1) berdasarkan data hasil pengujian (Tabel 2) terjadi perbedaan nilai abrasi.

Peningkatan *multi filler* pada penelitian ini terlihat terjadi fluktuasi nilai abrasi pada formula C, D, dan E. *Multi filler* yang ditambahkan pada formula A dengan rasio 62 phr mengalami abrasi 197 mm³, sementara pada rasio *multi filler* 58 phr pada formula E bagian yang mengalami abrasi 182 mm³. El-Tayeb, dan Nasir, (2007) menyatakan peningkatan *carbon black* sebagai *filler* dari 25 phr ke 50 phr terjadi kehilangan abrasi dari 33% ke 35%.

Hasil pengujian abrasi pada rasio *multi filler* 62 phr (formula A) ke 58 phr (formula E) mengalami fluktuasi, dimana pada formula B mengalami abrasi 190 mm³ turun menjadi 185 mm³ (formula C), selanjutnya pada formula D abrasinya naik menjadi 189 mm³, pada formula E abrasinya turun menjadi 182 mm³. RW dengan tingkat abrasi yang tinggi menyebabkan umur pakainya semakin singkat, dimana terjadi pengurangan ketebalan.

Perbedaan tingkat abrasi pada berbagai formula pada penelitian ini disebabkan oleh ketidak stabilan ikatan antar molekul pada bagian permukaan sampel. Kemungkinan juga disebabkan oleh ketidak stabilan ikatan *multi filler*

(*carbon black*, kaolin, dan kalsium karbonat).

Aguele *et al.*, (2014) menyatakan, peningkatan *carbon black* dari 10 phr ke 50 phr indek abrasi terjadi fluktuasi dari rasio *carbon black* 10 phr dengan nilai indek abrasi 39, pada rasio CB 30 phr nilai indeks abrasi 41, selanjutnya pada rasio CB 40 phr indek abrasi 39, dan pada CB 50 phr nilai indek abrasi menjadi 40. *Carbon black* yang ditambahkan 50% sebagai bahan pengisi penguat dalam produk karet dapat meningkatkan kekuatan tarik dan ketahanan aus (Karmanker, 2016).

Modulus

Hasil pengujian *modulus* 300% menunjukkan terjadi penurunan yang berbanding lurus dengan penurunan nilai SG dan rasio *multi filler*. Menurut Dahham *et al.*, (2015) peningkatan modulus dapat terjadi karena adanya peningkatan ikatan adhesi antara matriks karet dengan partikel *filler*. Chaturvedi *et al.*, (2016) menyatakan, nilai modulus menunjukkan kepadatan *cross-link* yang lebih baik pada pemuatan lebih rendah dari pengisi karbon hitam. Kombinasi *multi filler* dapat meningkatkan kinerja termal komposit karena terjadi efek sinergis (Valentini *et al.*, 2016).

Pengaruh rasio komposit karet sintesis (NBR dan CR) dalam karet alam dan *multi filler* terhadap *modulus* 300% terlihat, dengan penurunan rasio karet alam, dan *multi filler* berpengaruh terhadap penurunan *modulus* dan sifat mekanik vulkanisat. Selain itu peningkatan rasio karet sintesis (Tabel 1) berpengaruh terhadap penurunan elastisitas yang berdampak pada penurunan *modulus* (Tabel 2).

Peningkatan *multi filler* yang terdispersi kedalam campuran matriks polimer karet alam dan karet sintesis dipengaruhi oleh bahan pelunak (minyak jarak pagar), dan PEG. Terdistribusinya *multi filler* oleh PEG kedalam komposit karet alam dan karet sintesis mengakibatkan terjadi interaksi timbal balik antara partikel *multi filler* dengan molekul-molekul karet alam dengan karet sintesis. Menurut Kim *et al.*, (2011) penggunaan PEG sebagai bahan

pendistribusi *multi filler* kedalam matriks karet alam dan karet sintesis dapat meningkatkan *modulus* karena terjadi interaksi antara eter PEG dan *filler*.

Dampak yang terjadi dengan adanya interaksi antar bahan pembentuk matriks polimer, maka pada saat yang bersamaan terbentuk juga kerapatan ikatan silang matriks polimer karet dengan tingkat *modulus* sesuai dengan rasio bahan pembentuknya (Tabel 2).

Menurut Choi, (2004) penamahan *carbon black* sebagai *filler* penguat pada matriks polimer dapat meningkatkan kepadatan *crosslink* yang berpengaruh langsung terhadap kenaikan *modulus*. Hal ini terlihat bahwa perubahan *modulus* dipengaruhi juga oleh tingkat kepadatan *crosslink*.

Kekuatan Tarik

Hasil pengujian kekuatan tarik (*tensile strength*) menunjukkan terjadi fluktuasi dari 12,5 MPa, turun menjadi 9,6 MPa, hingga 8,4 MPa (Tabel 2). Fenomena terjadinya fluktuasi nilai kuat tarik, hal ini disebabkan oleh adanya interaksi antara komposit karet alam, karet sintesis, *multi filler* dan bahan proses lainnya. Kekuatan tarik merupakan gaya yang digunakan untuk merobekkan bahan per satuan meter cubic (Phanny *et al.*, 2012).

Karet alam dan karet sintesis pada saat proses mastikasi dan vulkanisasi berlangsung dengan penambahan bahan proses maka terbentuk ikatan silang yang mengubah struktur karet dari elastis menjadi kaku. Menurut Li *et al.*, (2008) penyebab terjadinya penurunan fleksibilitas matriks karet dari lunak menjadi kaku karena kehilangan segmental mobilitas rantai polimer.

Bagian dari komposit karet alam dengan karet sintesis pada saat terjadi interaksi dengan bahan pelunak, maka pada bagian komposit yang tidak mengalami peregangan secara sempurna berdampak pada perbedaan kuat tarik. Menurut Rosszainily *et al.*, (2016) peningkatan kekuatan tarik karena adanya peningkatan *filler* kedalam matriks polimer, dimana pada saat yang bersamaan terjadi interaksi antara *filler* dengan matriks polimer.

Menurut Rajkumar *et al.*, (2013) kekuatan tarik berbanding lurus dengan penambahan *filler* aktif. *Multi filler* yang ditambahkan pada penelitian antara 58 phr sampai dengan 62 phr yang menghasilkan kuat tarik antara 9,2 MPa hingga 12,5 MPa. Rajkumar *et al.*, (2013); dan Ramesan, (2004) menjelaskan, pembebanan *filler* aktif yang lebih tinggi terjadi interaksi *filler-matriks* dan *cross-links* yang menyebabkan perubahan nilai kuat tarik.

Komposit karet yang molekul-molekulnya mengalami peregangan oleh bahan pelunak dengan adanya PEG memudahkan *multi filler* dan bahan proses lainnya masuk dan berinteraksi dengan molekul-molekul karet membentuk jaringan tiga dimensi. Menurut Rajkumar *et al.*, (2013) pemuatan *filler* dapat meningkatkan sifat mekanik vulkanisat seperti kekuatan tarik, dan sifat *modulus*, karena terjadi efek penguat dari interaksi antara *filler* dengan polimer.

Al-Maamori, dan Hamza (2018) menjelaskan dengan adanya sulfur yang ditambahkan pada matriks polimer komposit, pada saat yang bersamaan terjadi pembentukan ikatan silang antar molekul yang menyebabkan peningkatan kekuatan tarik dan modulus. Efek penambahan *carbon black* dalam komposit kaolin dan kalsium karbonat dengan bantuan PEG-4000 telah memicu terjadinya percepatan interaksi *multi filler* untuk menempati ruang-ruang komposit karet alam dan karet sintesis.

Pemampatan Tetap

Pengujian pemampatan tetap (*compression set*) RW yang digunakan untuk menopang *belt conveyor* memindahkan material merupakan parameter penting untuk diketahui. RW ketika menerima beban secara terus menerus dari *belt conveyor* akan mengalami pemampatan maksimum (pemampatan tetap). Pemampatan tetap yang terjadi berhubungan langsung dengan sifat mekanik RW lainnya seperti kekerasan, elastisitas, dan *specific gravity* (Nasruddin 2017).

Penyebaran *multi filler* kedalam molekul-molekul karet alam secara

merata dapat meningkatkan struktur molekul komposit karet alam yang berpengaruh terhadap terbentuknya ikatan silang yang membentuk jaringan tiga dimensi. *Multi filler* yang rasionya didominasi oleh *carbon black* (Tabel 1) pada rasio tertentu memberikan kontribusi secara aktif dan signifikan membentuk struktur karet dari elastis menjadi kaku, dan kuat.

Molekul-molekul *carbon black* berperan secara aktif membentuk *crosslinking* yang menyebabkan terbentuknya kepadatan silang sesuai dengan rasio *carbon black* yang ditambahkan. Menurut Husnan *et al.*, (2018) *carbon black* sebagai *filler* aktif pada komposit karet membentuk kepadatan *crosslinking* yang lebih besar dengan mobilitas rantai karet mengalami penurunan karena terjadi peningkatan densitas *crosslink* dalam campuran matriks karet. Selanjutnya Husnan *et al.*, (2018) peningkatan *carbon black* dalam matriks polimer dari 30 phr ke 70 phr pada saat yang bersamaan terjadi peningkatan pemampatan tetap dari 19% menjadi 24%. Menurut Ekebafé *et al.*, (2010) penambahan *filler* dari karbon aktif dapat meningkatkan sifat mekanik vulkanisat.

Rasio *multi filler* sebagai bahan RW pada penelitian ini dari 62 phr ke 58 phr (Tabel 1) memperlihatkan terjadi kenaikan pemampatan tetap dari 8,30% ke 17,48%. Nilai pemampatan tetap berkaitan dengan sejumlah partikel yang menempati ruang komposit karet alam dengan karet sintesis yang diisi oleh *multi filler*. Ruang yang terisi berhubungan dengan sejumlah *multi filler* yang disediakan (Tabel 1).

Ali *et al.*, (2017) menjelaskan campuran karet alam dengan CR pada rasio 95:5 dengan *filler carbon black* 48 phr menghasilkan pemampatan tetap 9,8%, dan NR 100 phr, *carbon black* 48 phr dengan nilai pemampatan tetapnya 8,8%. Rasio CR dalam komposit karet alam dengan NBR pada penelitian ini antara 4 phr sampai dengan 10 phr menghasilkan pemampatan tetap antara 8,3% hingga 17,48%.

Hasil penelitian ini jika dilihat hasil penelitian Ali *et al.*, (2017) pada rasio NR

100 phr dengan *carbon black* 48 phr nilai pemampatan tetap yang dihasilkan mendekati nilai pemampatan tetap dari formula A dengan rasio *multi filler* 62 phr (*carbon black* 50 phr) dengan komposit karet (NR:NBR:CR;92:4:4) menghasilkan pemampatan tetap 8,30%.

Menurut Amoke *et al.*, (2017) peningkatan *filler* dari 10 phr ke 40 phr dalam matriks polimer pada saat yang bersamaan terjadi penurunan *compression set* dari 18% ke 9%. Selanjutnya menurut Egwaikhide *et al.*, (2007) peningkatan *carbon black* sebagai *filler* pada matriks komposit karet dari 10 phr ke 70 phr terjadi juga penurunan *compression set* dari 35% turun menjadi 5%. Jika dilihat dari hasil penelitian yang telah dilakukan seperti diuraikan di atas terlihat, pengaruh *filler* yang menempati ruang pada matriks karet mengalami perbedaan sesuai dengan rasio *filler* yang ditambahkan.

Ketahanan Ozon

Pengujian ketahanan ozon (*ozone resistance*) sangat penting dilakukan untuk RW, hal ini berkaitan dengan penempatannya di alam terbuka dengan kondisi lingkungan, dan perubahan cuaca yang sangat ekstrim. Perubahan cuaca dapat mengakibatkan pada bagian permukaan RW mengalami keretakan akibat serangan ozon. Menurut Datta *et al.*, (2007) pendekatan paling umum digunakan sebagai perlindungan terhadap serangan ozon jangka panjang adalah N-isopropil-N'-fenil-p-fenilendiamin (IPPD) dan N-(1,3-dimethylbutyl)-N'-fenil-p-fenilendiamin (6PPD).

Hasil pengujian RW secara kualitatif dari 5 (lima) formula dengan menggunakan paparan ozon 50 ppm, 20% strain, pada temperature 40°C selama 24 jam tidak terjadi keretakan. Anti oksidan yang digunakan pada pembuatan *rubber waves* adalah PBN turunan amina jenis phenyl-(alfa,beta)-aphthylamine.

Serangan ozon terjadi karena adanya ikatan rangkap hasil dari proses vulkanisasi dengan belerang yang menyebabkan terjadinya oksidasi oleh oksigen dan ozon. Menurut Sulekha *et al.*, (2004) penggunaan antioksidan dari

jenis vulkanoax 4020 dengan konsentration 45 phr dapat mempertahankan vulkanisat dari serangan ozon dan menstabilkan sifat mekanik vulkanisat.

KESIMPULAN

Pengembangan karet alam menjadi *rubber waves* dengan menggunakan *multi filler* yang terdiri dari *carbon black*, kaolin, dan kalsium karbonat dilakukan dengan 5 formula (A; B; C; D; dan E). Proses mastikasi dan vulkanisasi dengan batuan PEG-4000 dan minyak jarak sebagai bahan pelunak dapat mendistribusikan *multi filler* kedalam molekul-molekul komposit. *Multi filler* dan minyak jarak sebagai bahan pelunak dari hasil penelitian ini dapat meningkatkan sifat mekanik *rubber waves*. *Rubber waves* untuk formula B dari hasil pengujian sifat mekanik yang meliputi: *specific gravity* 1,206; *hardness* 71 shore A; *abrasi* 190 mm³; *modulus* 300% adalah 7,9 MPa; *tensile strength* 12,8 MPa; *compression set* 9,51%; dan *ozon resistance no crack* dapat direkomendasikan untuk diujicobakan sebagai penopang *belt conveyer*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang, Direktur PT. Shima Prima Utama Palembang dan Direktur CV. Putra Tekedum *Rubber Industry* Tanjung Enim Kabupaten Muara Enim Provinsi Sumatera Selatan perusahaan Industri *Ruber Waves* beserta teknisi yang telah membantu kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aguele, F.O., Madufor, A.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.
doi.org/10.4236/ojchem.2014.43009.
- Ahmad, H.S., Ismail, H., and Rashid, A.A, A.A, (2015). ENR-50 Compatibilized Natural Rubber/Recycled Acrylonitrile-Butadiene Rubber Blends. *Sains Malaysiana*. 44(6): 835-842.
- Alam, P.N., dan Rihayat, T. (2007). Sintesa dan karakteristik sifat mekanik karet nanokomposit. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 6(1):1-6
- Al-Maamori, M.H., and Hamza, A.F. (2018). Effect of Sulfur and Nano-Carbon Black on the Mechanical Properties of Hard Rubber. *Journal of University of Babylon. Engineering Sciences*. 26(2): 127-134.
- Ali, N.K.A., Farhan, M.M., and Moosa, A.S. (2017). Improvement of Mechanical and Rheological Properties of Natural Rubber for Anti-Vibration Applications. *Al-Khwarizmi Engineering Journal*. 13(1): 20-27.
- Alneamah, M., and Almaamori, M. (2015). Study of Thermal Stability of Nitrile Rubber/Polyimide Compounds. *International Journal of Materials and Chemistry*. 5(1): 1-3.
- AL-Nesrawy, S.H., Al-Maamori, M., Hassan, A.S., and Jaafar, H.I. (2014). Effect of Mixture of Reclaimed Tire and Carbon Black Percent on the Mechanical Properties of SBR/NR Blends. *International Journal of Advanced Research*. 2(3): 234-243.
- Amoke A., Ogbobe, O., Tenebe, G.O., Ichetaonye, S.I., and Ayo, M.D. (2017). Physico-Mechanical Properties and Water Absorption Behavior of Natural Rubber Vulcanizates Filled With Sawdust. *Res Rev Polym*. 8(1): 1-9.
- Baeta, D.A., Zattera, J.A., Oliveira, M.G., and Oliveira, P.J. (2009). The Use of Styrene-Butadiene Rubber Waste As a Potential Filler in Nitrile Rubber: Order of Addition and Size of Waste Particles. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*. 26(01): 23-31.
- Bahrudin, I. Zahrina, dan S.Z. Amraini, (2010). Pengaruh Filler Carbon Black Terhadap Sifat dan Morfologi Komposit Natural Rubber/Polypropylene. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, Vol. 9(2), 62-68.
- Bao, C.A., Kamaruddin, S., Yeow, T.K., Ing, K., Han, B.T.J., and Ying, C.S. (2016). The Effect of Oil Palm Fiber/Eggshell Powder Loading on The Mechanical Properties of Natural Rubber Composites. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 11(1): 128-134
- Bawadukji, N.A., and Jabra, R. (2017). Formulation, Preparation, and Mechanical Characterization of Nitrile Butadiene Rubber (NBR) Composites.

- Materials Science: An Indian Journal*. 15(1): 1-18.
- Chaturvedi, A., Chaturvedi, S., Rajkumar, K., and Patil, A.S. (2016). Experimental Study of Natural Rubber Based Shock Attenuation Device. *International Journal of Engineering Studies*. 8(1): 63-71.
- Choi, S.S., Park, B.H and Song, H. (2004). Influence of Filler Type and Content on Properties of Styrene-Butadiene Rubber (SBR) Compound Reinforced with Carbon Black or Cilica. *Polym. Adv. Technol.* 15: 122–127. DOI: 10.1002/pat.421.
- Dahham O.S., Noriman, N.Z., Kahar, A.W.M., Ismail, H., and Sam, S.T. (2015). The Effect of Sawdust Loading as Natural Hort Fiber on NBR/NRL-G Compounds. *J. Appl. Sci. & Agric.* 10(5): 33-39.
- Datta, R.N., Huntink, N.M., Atta, S., and Talma, A.G. (2007). Rubber Vulkanizates Degradation and Stabilization. *Rubber Chemistry and Technology*. 80(3): 436-480.
- 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.
- Ekebafé, L.O., Imanah, J.E., and Okieimen, F.E. (2010). Physico-Mechanical Properties of Rubber Seed Shell Carbon – Filled Natural Rubber Compounds. *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly* 16 (2) 149–156.
- El-Tayeb, N.S.M., and Nasir, R.Md. (2007). Effect of Soft Carbon Black on Tribology of Deproteinised and Polyisoprene Rubbers. *Elsevier. Wear*. 262:350–361. doi.org/10.1016/j.wear.2006.05.021.
- Ghosh. P., and Chakrabati, A. (2000). Conducting Carbon Black Filled EPDM Vulcanizates: Assessment of Dependence of Physical and Mechanical Properties and Conducting Character on Variation of Filler Loading. *Esevier, Eropean Polymer Journal*. 36(1): 1043-1054.
- Hasan, A., Rochmadi., Sulistyó, H., and Honggokusumo, S. (2013), Vulcanization Kinetics of Natural Rubber Based on Free Sulfur Determination. *Indo. J. Chem.* 13(1): 21-27.
- Hamzah, M., and Alibadi, A.A. (2013). Effect of Carbon Black Type on the Mechanical Behaviour of Elastomeric Material. *AL-Qadisiya Journal For Engineering Sciences*. 6(3): 268-286.
- Husnan, M.A., Ismail, H., and Shuib, R.K. (2018). The Effect of Carbon Black (CB) Loading on Curing Characteristics and Mechanical Properties of Virgin Acrylonitrile Butadiene Rubber (NBRv)/Recycled Acrylonitrile Butadiene Rubber (NBRr) Blends. *Materials Science and Engineering*. 309 (2018) 012028 doi:10.1088/1757-899X/309/1/012028
- Igwe, I.O., and Ejim, A.A. (2011). Studies on Mechanical and End-Use Properties of Natural Rubber Filled with Snail Shell Powder. *Materials Sciences and Application*. 2: 802-810. doi:10.4236/msa.2011.27109.
- Iheoma .C., Chukwujike, I.C., Odo, J.U., and Ihekwe, G.O. (2015). Studies on the Mechanical Properties of Carbonized/Uncarbonized Cornhub Powder Filled Natural Rubber/Acrylonitrile Butadiene Rubber Bicomposite. *International Journal of Scientific and Research Publications*. 5(4): 1-13.
- Kandil, A., and Gaafar, (2010). Effect of Different Types of Carbon Black on the Mrchanical and Acoustic Properties of Ethylene-Propylene-Diene Rubber. *Journal of Applied Polymer Science*. 117(3): 1502-1508.
- Karmankar, R.G. (2016). Extraction of Carbon Black From The Coconut Shell. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. 3(1): 1286-1291.
- Kharage, A.B., Nelge, B., and Ketan, D. (2015). Analysis And Optimization Of Gravity Roller Conveyor Using Ansys. *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology*. 4(4); 296-301.
- Khalaf, A.I., Yehia, A.A., Ismail, M.N., and El-Sabbagh, S.H. (2012). High Performance Oil Resistant Rubber. *Open Journal of Organic Polymer Materials*. 2: 88-93. doi.org/10.4236/ojopm.2012.24013.
- Kim, W.S., Paik, H.J., Bae, J.W., and Kim, W. (2011). Effect of Polyethylene Glycol on the Properties of Styrene-Butadiene Rubber/Organoclay Nanocomposites Filled with Silica and Carbon Black.

- Journal of Applied Polymer Science*. 122: 1766-1777. DOI 10.1002/app.34120.
- Li, Z.H., Zhang, J., and Chen, S.J. (2008). Effects of Carbon Blacks with Various Structures on Vulcanization and Reinforcement of Filled Ethylene-Propylene-Diene Rubber. *eXPRESS Polymer Letters*, 2(10): 695-704.
- Masyrukan, (2013). Karakterisasi Bahan Karet Untuk Keperluan Gasket Kendaraan Terhadap Pengaruh Kandungan Sulfur. Simposium Nasional RAPI XII - 2013 FT UMS. Hal. 87-94.
- Mohammed, H., Al-Maamori., Alneamah, M.T., and Albermany, K. (2015). Effect of Bismaleimide on Heat Resistance of Nitrile Rubber Composites. *Int'l Journal of Research in Chemical, Metallurgical and Civil Engg. (IJRCMCE)*. 2(2): 90-93.
- Mohammed, H.S., Elangovan, K., and Subrahmanian, V. (2016). Studies on Aramid Short Fibers Reinforced Acrylonitrile Butadiene Rubber Composites. *Indian Journal of Advances in Chemical Science*. 4(4): 458-463.
- Molnar, V., Fedorko, G., Stehlikova, B., Michalik, P., and Weiszler, M. (2013). A Regression Model for Prediction of Pipe Conveyor Belt Contact Forces on Idler Rolls. *Elsevier*, 46(10): 3910-3917.
- Molnar, V., Fedorko, G., Syehlikova, B., Tomaskova, M., and Hulinovar, Z. (2014). Analysis of Asymmetrical Effect of Tension Forces in Conveyor Belt on the Idler Roll Contact Forces in the Idler Housing. *Elsevier*. 52: 22-35. doi.org/10.1016/j.measurement.2014.02.035.
- Mulia, A., Bahrudin., dan Irdoni. (2015). Pengaruh Kadar Coupling Agent Maleated Natural Rubber Terhadap Morfologi dan Sifat Karet Alam Thermoset dengan Filler Abu Sawit/Carbon Black. *JOM FTEKNIK*. 2(2): 1-10.
- Nabil, H., Ismail, H. and A. R. Azura, (2013). Compounding, mechanical and morphological properties of carbon-blackfiller natural rubber/recycled ethylenepropylene-diene-monomer blends, *Polymer Testing*, 32: 385-393.
- Nasruddin. (2017). Karakteristik Sifat Mekanik Solid Tyre dengan Bahan Pengisi dan Pelunak Berbasis Sumber Daya Alam Lokal. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*. 28(1): 20-31.
- Nasruddin, and Susanto, T. (2018). Thermal, Morphological and Physic-Mechanical Properties of Natural Rubber-CaCO₃ Composites Using Jatropa Oil as Softener. *MATEC Web of Conferences* 156, 05016. doi.org/10.1051/matecconf/201815605016
- Phanny, Y., Azura, A.R., and Ismail, H. (2012). Effect of Different Origins of Natural Rubber on The Properties of Carbon Black Filled Natural Rubber Composites. *ASEAN Engineering Journal Part B*. 2(1): 60-67.
- Rajkumar. K., Prem. R., Thavamani. P., Jeyanthi. P., and Pazhanisamy. P. (2013). Dispersion Studies of Nanosilica in NBR Based Polymer Nanocomposite. *Rasayan J. Chem*, 6(2): 122-133.
- Ramesan, M.T. (2004). The Effects of Filler Content on Cure and Mechanical Properties of Dichlorocarbene Modified Styrene Butadiene Rubber/Carbon Black Composites. *Journal of Polymer Research*. 11(4): 333-340.
- Rensburg, B.J. (2013). The development of a Light Weight Composite Conveyor Belt Idler Roller. Disertasi Faculty of Health, Engineering and Sciences, University of Southern Queensland. pp. 174.
- Rosszainily, I.R.A., Salim, M.A., Mansor, M.R., Akop, M.Z., Putra, A., Musthafah, M.T., Hassan, M.Z., Rahman, M.N.A and Sudin, M.N. (2016). Effect of Carbon Black fillers on Tensile Stress of Unvulcanized Natural Rubber. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences (JMES)*. 10(2): 2043-2052.
- Sadequ, A.M., Poh, B.T., and Ishiaku, U.S. (2006). Effect of Filler Loading on the Mechanical Properties of Epoxidized Natural Rubber (ENR 25) Compared with Natural Rubber (SMR L). *International Journal of Polymetric Materials*. 34(3-4): 261-278.
- Samarth, N.B., and Mahanwar, P.A. (2015). Modified Vegetable Oil Based Additives as a Future Polymeric Material-Review. *Open Journal of Organic Polymer Materials*. 5: 1-22.
- Singh, G., Mahajan, A., & Kumar, M. (2015). Comparative study of tyre rubber and v-belt rubber: composition and mechanical properties. *Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 12(5), 60-65
- Soni, H.J., and Patel, R.R. (2014). Design and Optimization of Idler for Belt Conveyor. *International Journal for*

- Scientific Research & Developmet.* 2(4): 222-227.
- Sulekha, P.B., Joseph, R., and Manjooran, K.B. (2004). New Oligomer-Bound Antioxidants in Natural Rubber/Polybutadiene Rubber and Natural Rubber/Styrene-Butadiene Rubber Blends. *Journal of Applied Polymer Science.* 93: 437-443. DOI 10.1002/app.20427.
- Valentini, L., Bon, S.B., Manchado, M.A.L., Verdejo, R., Pappalardo, L., Bolognini, A., Alvino, A., Borsini, S., Berardo, A., and Pugno, N.M. (2016). Synergistic Effect of Graphene Nanoplatelets and Carbon Black in Multifunctional EPDM Nanocomposites. *Elsevier, Composites Science and Technology.* 128: 123-130. doi.org/10.1016/j.compscitech.2016.03.024.
- Zafarmehrabian, R., Gangali, S.T., Ghoreishy, M.R. and Davallu, M. (2012). The Effects of Silica/Carbon Black Ratio on the Dynamic Properties of the Tread compounds in Truck Tires. *E-Journal of Chemistry.* 9(3): 1102-1112.