PENGARUH KOMPOSIT BAHAN PELUNAK TERHADAP SIFAT MEKANIK VULKANISAT KARET ALAM SIR-20

STUDY ON THE EFFECT OF SOFTENER COMPOSITES ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF VULCANIZED NATURAL RUBBER SIR-20

Nasruddin*

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

Diterima: 11 Juni 2019; Direvisi: 2019 – 25 Juli 2019; Disetujui: 30 Juli 2019

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh perbedaan rasio komposit *softener* terhadap sifat mekanik vulkanisat karet alam dari hasil mastikasi, vulkanisasi dan pencetakan. Komposit *softener* yang digunakan terdiri dari campuran *dioctyl phthalate* dengan minyak jelantah. Minyak jelantah yang digunakan merupakan turunan dari minyak sawit dari sisa penggorengan. Karet alam yang digunakan dari jenis SIR-20, bahan aditif dan *filler* dari keempat formula (F-01, F-02, F-03 dan F-04) rasionya dikondisikan sama, sementara untuk komposit *softener* rasionya divariasikan *dioctyl phthalate* : minyak jelantah (3 : 0,75; 3 : 10; 3 : 1,25; dan 3 : 1,50) phr. Hasil pengujian sifat mekanik vulkanisat dari perbedaan rasio *softener* untuk formula F-02 menunjukkan, nilai *hardness* 79 Shore A, *tensile strength* 19,6 Mpa, *elongation at break* 520%, *tear strength* 84,3 kN/m, *specific gravity* 1,225 g/cm³, dan *abrasion resistance* DIN 209,0 mm³. Untuk formula F-01 dan F-02 nilai *hardness*nya sama (79 Shore A), sementara untuk formula F-03 dan F-04 nilai *hardness*nya sama juga (80 Shore A).

Kata Kunci: *dioctyl phthalate*, minyak jelantah, sifat mekanik, *softener*, vulkanisat karet

Abstract

This research aims to study the effect of differences in the ratio of composite softener to the mechanical properties of natural rubber vulcanization from the results of mastication, vulcanization and formation. The softener composite that has been used consists of a mixture of dioctyl phthalate with used cooking oil. Natural rubber that has been used from the type of SIR-20, additives and fillers from the four formulas (F-01, F-02, F-03 and F-04) is the same condition, while for composite softener the ratio is varied dioctyl phthalate: oil used cooking (3 : 0,75; 3 : 10; 3 : 1,25; dan 3 : 1,50). The results of testing the vulcanic mechanical properties of the differences in the ratio of softener to F-02 formula showed, hardness value 79 Shore A, tensile strength 19.6 Mpa, elongation break 520%, tear strength 84.3 kN/m, specific gravity 1.225 g/cm³ and DIN 209.0 mm³ abrasion resistance. For F-01 and F-02 formulas the hardness value is the same (79 Shore A), while for formula F-03 and F-04 the hardness value is the same (80 Shore A).

Keywords: *dioctyl phthalate*, used cooking oil, mechanical properties, softener, rubber vulcanization

PENDAHULUAN

Sifat mekanik vulkanisat karet dipengaruhi oleh sifat mekanik bahan, rasio bahan, waktu mastikasi, proses vulkanisasi dan poses pencetakan. Proses mastikasi merupakan peristiwa terjadinya perubahan sifat fisik karet menjadi lebih elastis dengan viskositas rendah dari sifat asalnya (Ehable

et al., 2009). Demikian juga dengan proses vulkanisasi terjadi perubahan sifat karet dan kompon karet dari plastis menjadi elastis. Perubahan sifat fisik karet disebabkan terjadinya pembentukan ikatan silang di dalam struktur molekul karet. Hal ini disebabkan selama proses vulkanisasi terjadi juga reaksi *crosslinking* antara molekul-molekul karet alam karena adanya

aktivitas sulfur (Indah *et al.*, 2013). Reaksi *crosslinking* yang membentuk ikatan sulfida dapat memperkuat struktur vulkanisat (Siriyoung dan Keawwattana, 2002).

Proses mastikasi dilakukan untuk melunakkan struktur karet agar menjadi plastis, sementara proses vulkanisasi bertujuan agar terjadi reaksi antara bahan aditif dengan matrik polimer. Proses mastikasi secara umum dapat melunakkan karet menjadi lebih plastis dan meningkatkan gaya tarik menarik antar molekul yang tidak sejenis agar bahan yang ditambahkan mudah terdistribusi kedalam matrik karet (Poh, dan Yong, 2009; Khan dan Poh, 2011).

Proses vulkanisasi berpengaruh terhadap terjadinya perubahan sifat fisik karet dari termoplastik menjadi termoset (Kinasih *et al.*, 2015). Bagian akhir dari proses vulkanisasi karet adalah dengan penambahan sulfur. Dimana dengan adanya penambahan sulfur terjadi reaksi *crosslinking* yang memperkuat struktur vulkanisat karet (Hutapea *et al.*, 2012).

Untuk mempercepat terdistribusinya bahan aditif kedalam matrik karet salah satunya ditambahkan bahan pelunak. Menurut Nasruddin (2017) bahan pelunak yang ditambahkan berfungsi untuk melunakkan struktur karet agar bahan yang ditambahkan dapat terdistribusi kedalam molekul-molekul karet secara merata (homogen). Nandanan (2000), telah menggunakan minyak nabati sebagai bahan pelunak untuk pembuatan kompon karet. Menurut Chandrasekara *et al.* (2011) bahan pelunak dari *expoxidized palm oil* dan *epoxidized sunflower oil* untuk kompon karet lebih baik dari bahan pelunak turunan minyak bumi.

Bahan pelunak yang ditambahkan, jenis dan rasionya tergantung dari sifat mekanik vulkanisat yang diinginkan. Bahan pelunak yang banyak digunakan untuk membuat vulkanisat karet umumnya dari turunan minyak bumi. Bahan pelunak dari turunan

minyak bumi antara lain *parafinix oil*, *minarex*, *white oil*, DOP, DBP, *xylyl mercaptan*, *diphenyl sulfides* dan *polyisoprene* (Nasruddin, 2011; Wisojodharmo *et al.*, 2016).

Bahan pelunak yang saat ini banyak dikembangkan dari turunan minyak nabati antara lain turunan minyak jarak, turunan minyak sawit, minyak biji nyamplung, minyak biji karet. Menurut Samarth dan Mahwar (2015); Guner *et al.*, (2006); dan Espinosa dan Meier (2011) pengembangan dan pemanfaatan minyak nabati sebagai bahan pelunak digunakan karena ketersediaannya tidak terbatas, dapat diperbaharui, *biodegradable* dan ramah lingkungan.

Penggunaan bahan pelunak dari minyak nabati telah dilakukan oleh: Puspitasari dan Cifriadi, (2012) melakukan kajian pembuatan bahan pelunak karet berbasis minyak jarak terhidrogenasi yang dapat digunakan untuk karet jenis EPDM dan IIR. Nasruddin dan Susanto (2018) menggunakan minyak jarak sebagai bahan pelunak karet agar bahan aditif dapat terdistribusi kedalam matrik karet. Nurhayati *et al.*, (2015) mengembangkan minyak jarak sebagai bahan pemlastis campuran karet alam/*polipropilena*. Bahan pelunak yang digunakan pada penelitian ini adalah komposit *dioctyl phthalate* (DOP) dengan minyak jelantah.

Komposit merupakan campuran/kombinasi dua bahan atau lebih yang bersifat homogen yang masing-masing material mempunyai sifat yang berbeda (Hildayati *et al.*, 2009). Penggunaan komposit bahan pelunak ditambahkan pada saat penggilingan kompon setelah mastikasi di *open mill* bersama dengan bahan *aditif* dan *filler*.

Komposit bahan pelunak dilakukan untuk meningkatkan sifat mekanik produk (Sawere and Igbuku., 2016; Yahya *et al.*, 2011). Keunggulan *dioctyl phthalate* sebagai bahan pelunak antara lain stabil terhadap panas, volatilitas yang rendah, proses

compounding dapat berlangsung pada suhu rendah, menambah *flexibilitas*, *softener* dan *elongation* (Rochani *et al.*, 1984). Menurut Isa *et al.*, (2012) penggunaan *dioktil ftalat* dapat meningkatkan sifat mekanik seperti modulus, kekuatan tarik, elastisitas dan perpanjangan putus.

Menurut Yang *et al.*, (2009) *dioktil ftalat* adalah *plasticizer* mempunyai stabilitas termal yang baik, efektif berikatan silang secara kimia, dapat meningkatkan perpanjangan putus. Menurut Wei *et al.*, (2016) penggunaan DOP 20 phr dapat meningkatkan kekuatan tarik dan perpanjangan putus vulkanisat *thermoplastic* dari komposit *acrylonitrile-butadiene-styrene, nitrile butadiene rubber*.

Minyak jelantah (*fried palm oil*) sebagai bahan pelunak pada penelitian ini dari sisa penggorengan kemplang. Minyak jelantah merupakan turunan CPO (*crude palm oil*) mengandung senyawa yang bersifat karsinogenik. Asam lemak jenuh yang terkandung dalam minyak jelantah mempunyai ikatan rangkap jenuh (Ramdja *et al.*, 2010). Minyak jelantah dengan ikatan rangkap jenuh dikomposit dengan *dioctyl phthalate* (DOP) digunakan sebagai bahan pelunak pada pembuatan kompon karet. Komposit bahan pelunak ini ditujukan untuk melunakkan setruktur karet agar bahan yang ditambahkan dapat terdistribusi kedalam struktur karet secara merata. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh komposit bahan pelunak *dioctyl phthalate* dengan minyak jelantah terhadap sifat mekanik vulkanisat karet yang dihasilkan.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan penelitian ini terdiri dari karet alam (NR-SIR-20), titanium dioksida (TiO_2) R1931 A100 nomor CAS: 13463-67-7 serbuk putih kemurnian (assay) 98% min 99%,

pigmen kuning (*rubber grade inorganic pigments iron oxide yellow*), zink oksida (ZnO) CAS No: 1314-13-2 kemurnian 98%, asam stearat ($\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$) kode produk 1801, zeosil 142 10 SiO_2 1 H_2O , kaolin 300 mesh dari Tanjungpandan Belitung, *coumarone resin* jenis *synthetic resin and plastics, synthetic rubbers, polietilena glikol-4000* (PEG-4000) berat molekul 1350~1650 titik beku 43~46°C, *paraffin wax* HS Code: 2712200000, *butil hydroxytoluene* (BHT) assay $\geq 99,50$ titik leleh awal 69,0~70,0 & #8451 berat molekul 220,36, *dibenzothiazyl disulfida* (MBTS) berat molekul: 332,46 kepadatan pada 20°C (g/cm^3) 1,540 MP °C awal ≥ 166 , *dipropylene glycol* (DPG) [25265-71-8 110-98-5] cas no 102-06-7 mf $\text{C}_{13}\text{H}_{13}\text{N}_3$ kemurnian 98%, *dioctyl phthalate* (DOP) *densitas* 0,982-0,988 g/cm^3 *flashing point*: 195-215 kemurnian 99,5 kadar air max 0,1% kode HS: 29173200, minyak jelantah (MJ) turunan dari minyak sawit dari sisa penggorengan kemplang, dan sulfur (S) kadar 99 % asal Indonesia.

Alat yang digunakan terdiri dari neraca biasa *type* SW-1LR *double* (*double display*) kapasitas 10 kg ketelitian 0,5 g, neraca analitis merk MATRIK *type* AJ1002B kapasitas 1000 g atau 1 kg x 0.01 gram, *open mill* model xk-160, hidrolik *hot press* 100 ton, *moulding* untuk *specimen*, dan *digital laser infrared thermometer* *gun* *temperature range* -50 C~330°C (58°F~626°F) *accuracy* 1.5% or 1,5 *resolution* 1% or 1 *distance spot ratio* 12:1 *emissivity* 0.95 (*fixed*) *resolution* 0,1/0,1f *red laser power less than* 0,5 MW.

Rancangan Percobaan

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

Tabel 1. Formula Vulkanisat

Bahan	Rasio Bahan			
	F-01*	F-02*	F-03*	F-04*
NR-SIR 20	100	100	100	100
TiO ₂	3,75	3,75	3,75	3,75
Pigmen kuning	4,00	4,00	4,00	4,00
ZnO	4,62	4,62	4,62	4,62
Asam stearat	2,85	2,85	2,85	2,85
Zeosil	53,00	53,00	53,00	53,00
Kaolin	35,00	35,00	35,00	35,00
<i>coumarone resin</i>	1,75	1,75	1,75	1,75
PEG-4000	3,75	3,75	3,75	3,75
<i>Paraffin wax</i>	1,85	1,85	1,85	1,85
BHT	1,25	1,25	1,25	1,25
MBTS	1,25	1,25	1,25	1,25
DPG	1,00	1,00	1,00	1,00
DOP : MJ	3:0,75	3:1,00	3:1,25	3:1,50
Sulfur	2,85	2,85	2,85	2,85

Keterangan : *phr

Prosedur

Karet alam dimastikasi dengan *open mill* selama ± 15 menit, selanjutnya sambil terus digiling tambahkan titanium dioksida (TiO₂) sampai karet berwarna putih, setelah karet menjadi putih selanjutnya tambahkan pigmen warna kuning, Sambil terus digiling tambahkan seng oksida (ZnO), tambahkan asam stearat sambil terus digiling sampai homogen lalu tambahkan *filler*, tambahkan juga bahan pelunak sambil terus digiling tambahkan bahan pencepat, antidegradan. Setelah semua bahan terdistribusi secara merata kedalam komposit karet alam lalu tambahkan sulfur sampai homogen. Rasio masing-masing bahan yang ditambahkan sesuai dengan Tabel 1.

Kompon selanjutnya dicetak dengan menggunakan *moulding*. Pencetakan kompon dilakukan pada *hot press hidroulik* bertekanan 100 ton selama 14 menit pada temperatur $140^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$.

Pengujian sifat mekanik vulkanisat terdiri dari *hardness* dengan metode uji ASTM D.2240-15, *tensile strength* metode uji

ASTM D.412-16, *elongation at break* metode uji ASTM D.412-16, *tear strength* metode uji ASTM D.624-00(ra201), *specific gravity* metode uji ASTM D.297-15, dan *abrasion resistance* metode uji ASTM D.5963-04(ra2015).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hardness

Hasil pengujian *hardness* (kekerasan) dari empat sampel (F-01, F-02, F-03 dan F-04) menunjukkan adanya perbedaan antara perlakuan F-01, F-02 dengan F-03 dan F-04. Data hasil pengujian untuk sampel formula F-01 dan F-02 nilai *hardness* sama (79 Shore A), sementara untuk perlakuan F-03 dan F-04 nilai *hardness* masing-masing 80 shore A (Gambar 1).

Jika dilihat dari rasio komposit bahan pelunak (*dioctyl phthalate* dengan minyak jelantah) untuk formula F-01 *dioctyl phthalate* 3 phr dan minyak jelantah 0,75 phr, semetara untuk F-02 rasio *dioctyl phthalate* 3 phr dan minyak jelantah 1 phr (Tabel 1). Dari data tersebut ada kenaikan komposit bahan pelunak dari formula F-01 hingga F-04. Kenaikan rasio komposit bahan pelunak untuk F-01 dan F-02 tidak berpengaruh terhadap kenaikan nilai *hardness* (Gambar 1)

Gambar 1. Pengaruh rasio komposit bahan pelunak terhadap *hardness*

Data hasil pengujian unuk F-02 ke F-03 terjadi kenaikan nilai *hardness* yang cukup signifikan dari 79 Shore A (F-02) naik menjadi 80 Shore A (F-03). Pengaruh kenaikan komposit bahan pelunak terhadap nilai *hardness* terlihat dari F-02 ke F-03 (Gambar 1). Rasio komposit bahan pelunak yang ditambahkan pada kompon karet mempengaruhi sifat mekanik vulkanisat karet (Sri dan Titin, 2000). Pada rasio *dioctyl phthalate* 3 phr yang dikomposit dengan minyak jelantah 1,25 phr (F-03) merupakan rasio yang optimum pada penelitian ini untuk meregangkan molekul-molekul karet alam sehingga bahan *aditif* dan *filler* dapat tersisipkan ke dalam molekul-molekul karet. Menurut Oh *et al*, (2014), penggunaan bahan pelunak dari jenis *dioctyl phthalate* (DOP) dapat meningkat sifat mekanik vulkanisat.

Bahan *aditif* dan *filler* yang tersisipkan kedalam molekul-molekul karet secara merata disamping terjadi interaksi antar bahan dengan molekul karet, pada saat yang bersamaan terbentuk jaringan tiga dimensi. Jaringan tiga dimensi yang terbentuk dari reaksi sulfur dengan matrik karet alam yang menyebabkan terjadinya ikatan yang semakin kuat. Bahan pelunak yang ditambahkan pada rasio F-03 dan F-04, hasil pengujian menunjukkan, dapat meningkatkan nilai kekerasan. Hal ini disebabkan, bahan *aditif* bersama *filler* (Tabel 1) dapat terdistribusi kedalam semua bagian matrik karet, dimana pada saat yang bersamaan terjadi juga penguatan sifat mekanik vulkanisat.

Ikatan yang kuat antar matriks polimer karet alam dengan bahan *aditif*, dan *filler* dapat meningkatkan sifat mekanik vulkanisat termasuk *hardness* vulkanisat. Nilai *hardness* berhubungan dengan tingkat kepadatan yang membentuk struktur vulkanisat. Struktur vulkanisat berhubungan dengan interaksi bahan pembentuk dan

setruktur ikatan antar molekul antara bahan *aditif*, *filler*, dan bahan pelunak.

Nilai *hardness* pada formula F-03 ke F-04 pada Gambar 1 tidak terjadi kenaikan, dimana nilai *hardness* pada rasio F-03 adalah 80 Shore A, sementara untuk formula F-04 nilai *hardness* sama dengan nilai *hardness* F-03 yaitu 80 Shore A. Seperti halnya formula F-01 dan F-02 tidak ada kenaikan nilai *hardness* walau ada peningkatan rasio minyak jelantah (0,25 phr) untuk F-03 dan F-04 nilai *hardness* sama yaitu 80 Shore A.

Tensile Strength

Hasil pengujian *tensile strength* untuk semua perlakuan seperti terlihat pada Gambar 2 menunjukkan, untuk perlakuan F-02 nilainya lebih tinggi (19,6 Mpa) dari formula F-01, F-02 dan F-03.

Nilai *tensile strength* vulkanisat karet selain dipengaruhi oleh bahan pelunak secara alami karet merupakan elastomer yang elastis. Karet alam secara alami mempunyai struktur yang elastis dengan rumus molekul *cis-1,4-polyisoprene* (Alam dan Teuku, 2007). Struktur molekul karet alam yang elastis berpengaruh terhadap nilai *tensile strength*. Penambahan komposit bahan pelunak pada saat proses vulkanisasi untuk memasukkan bahan *aditif* dan *filler* pada rasio tertentu (Tabel 1) berpengaruh terhadap nilai *tensile strength* (Gambar 2).

Rasio bahan pelunak yang ditambahkan untuk formula F-02 seperti terlihat pada Tabel 1 berpengaruh terhadap nilai *tensile strength*. Hal ini terlihat untuk nilai *tensile strength* formula F-02 nilainya lebih tinggi (19,6 Mpa) dari formula F-01, F-03 dan F-04.

Gambar 2. Pengaruh rasio komposit bahan pelunak terhadap *tensile strength*

Selain itu bahan *aditif* dan *filler* yang berinteraksi dengan sulfur dalam matrik polimer karet membentuk struktur jaringan tiga dimensi di dalam matrik polimer karet yang memperkuat ikatan antar molekul. Vulkanisat karet dengan adanya ikatan silang dari atom sulfur dapat memperkuat ikatan antar molekul.

Sulfur yang ditambahkan untuk semua perlakuan rasionya dikondisikan, dengan demikian sumbangan atom sulfur untuk membentuk jaringan tiga dimensi pada vulkanisat karet mempunyai porsi yang sama. Namun demikian, perbedaan rasio komposit bahan pelunak menyebabkan terjadinya perbedaan nilai *tensile strength*.

Data hasil pengujian *tensile strength* dari Gambar 2 terlihat untuk formula F-01 nilai *tensile strength* vulkanisat karet 17,5 Mpa lebih rendah dari F-02, lebih tinggi dari F-03 dan F-04. Jika dilihat dari rasio komposit bahan pelunak, bahan *aditif* dan *filler* (Tabel 1) berpengaruh terhadap nilai elastisitas karet dan berpengaruh juga terhadap nilai *tensile strength* vulkanisat karet yang dihasilkan. Selain itu tingkat kepadatan vulkanisat yang digambarkan oleh nilai *specific gravity* pada Gambar 5 untuk F-02 nilai *specific gravity* nya lebih

rendah 1,225 g/cm³ nilai *tensile strength* lebih tinggi dari yang lainnya.

Hal ini menunjukkan tingkat kepadatan bahan yang membentuk vulkanisat berpengaruh terhadap perubahan nilai *tensile strength* (Gambar 2, Gambar 5 dan Tabel 1). Menurut Rosszainily *et al*, (2016) nilai *tensile strength* dipengaruhi oleh rasio bahan yang terkandung di dalam matrik polimer karet. Rasio *filler* pada penelitian ini dikondisikan sama (Tabel 1), namun dengan adanya perbedaan rasio dari komposit bahan pelunak berpengaruh terhadap penyebaran *filler* untuk menempati ruang diantara molekul molekul vulkanisat yang terbentuk. Perbedaan penyebaran *filler* dan bahan *aditif* kedalam matrik vulkanisat berdampak pada perbedaan sifat mekanik vulkanisat yang dihasilkan Gambar 1, 2, 3, 4, 5 dan 6).

Komposit bahan pelunak *dioctyl phthalate* dengan minyak jelantah berpengaruh terhadap peregangan molekul-molekul karet. Peregangan terjadi ketika ditambahkan pada saat proses vulkanisasi berlangsung. Hal ini disebabkan sifat bahan pelunak dapat meregangkan matrik polimer. Menurut Song (2018), bahan pelunak turunan dari minyak sawit selain dapat meregangkan molekul karet berfungsi sebagai *aditif* pada elastomer karet.

Elongation at Break

Pengaruh komposit bahan pelunak terhadap nilai *elongation at break* seperti terlihat pada Gambar 3 menunjukkan, untuk formula F-02 nilai *elongation at break* lebih tinggi (520%) dari formula lainnya. Rasio komposit bahan pelunak untuk formula F-02 seperti terlihat pada Tabel 1 untuk *dioctyl phthalate* 3 phr dan minyak jelantah 1,00 phr.

Rasio minyak jelantah untuk F-02 lebih tinggi 0,25 phr dari F-01 lebih rendah 0,25 phr dari F-03 dan lebih rendah 0,50 phr dari F-04. Hal ini menunjukkan, kekurangan minyak jelantah dalam komposit *dioctyl*

phthalate 3 phr F-01 dan kelebihan rasio komposit bahan pelunak pada perlakuan F-03 dan F-04 (Tabel 1) berpengaruh terhadap perbedaan nilai *elongation at break* seperti terlihat pada Gambar 3.

Proses vulkanisasi antara karet alam dengan bahan *aditif* dan *filler* dapat meningkatkan sifat termal yang lebih baik (Yahya *et al.*, 2011). Hasil penelitian menunjukkan, perbedaan rasio bahan pelunak yang ditambahkan pada proses pembuatan kompon karet menyebabkan terjadi perbedaan nilai *elongation at break* (Gambar 3). Hal ini disebabkan pengaruh komposit bahan pelunak yang diberikan pada matrik polimer karet dengan bahan *aditif* dan *filler* berpengaruh juga terhadap sifat elastisitas karet alam.

Bahan pelunak yang bersifat melunakkan matrik karet alam pada rasio tertentu (F-02) pada penelitian ini dapat memberikan nilai maksimum untuk *elongation at break*. Senyawa asam yang terkandung dalam minyak jelantah berkontribusi melunakkan struktur molekul karet alam hingga bahan pelunak dapat tersisipkan pada matrik karet alam.

Gambar 3. Pengaruh rasio komposit bahan pelunak terhadap *elongation at break*

Komposit bahan pelunak yang digunakan pada penelitian ini berasal dari sisa penggorengan kemplang dengan kandungan asamnya tidak terukur. Minyak jelantah turunan minyak dari minyak nabati umumnya mengandung asam palmitat 21,47% (wt), asam stearat 13% (wt), asam oleat 28,64% (wt) asam linoleat 13,58% (wt), asam linolenat 1,59% (wt), asam miristat 3,21% (wt) dan asam laurat 1,1% (wt) Taufiqurrahmi *et al.*, 2011).

Bahan *aditif* yang terkandung pada minyak jelantah merupakan *co-activator* bersama seng dioksida sebagai *activator* pada rasio yang optimal dapat memicu terjadinya proses vulkanisasi matrik karet bersama bahan *aditif* dan *filler*. *Elongation at break* sebagai salah satu sifat mekanik vulkanisat karet yang ditujukan untuk mengukur perpanjangan putus terutama saat vulkanisat diregangkan. Pada saat terjadinya proses peregang ikatan antar molekul yang membentuk vulkanisat akan mengalami pergerakan berlawanan arah mengikuti pergerakan vulkanisat.

Hubungan *Tear Strength* dengan *Specific Gravity*

Hasil pengujian *tear strength* (ketahanan sobek) dan *specific gravity* terlihat adanya perbedaan yang cukup signifikan dari masing-masing perlakuan (Gambar 4 dan Gambar 5).

Gambar 4. Pengaruh rasio komposit bahan pelunak terhadap *tear strength*

Gambar 5. Pengaruh rasio komposit bahan pelunak terhadap *specific gravity*

Data hasil pengujian menunjukkan, untuk nilai *tear strength* dari formula F-03 sangat rendah (76,3 kN/m) dibandingkan dengan perlakuan F-01, dan F-02. Untuk nilai *specific gravity* pada perlakuan F-02 sangat rendah (1,225 g/cm³) dibandingkan dengan perlakuan F-01, F-03 dan F-04.

Nilai *tear strength* dan *specific gravity* dipengaruhi oleh rasio bahan dan ikatan antar molekul yang membentuk vulkanisat karet. Selain itu sifat mekanik vulkanisat karet seperti kerapatan antar molekul yang digambarkan oleh nilai *specific gravity*, *elongation at break*, *tensile strength*, dan *hardness* menentukan nilai *tear strength*.

Nilai *specific gravity* menggambarkan kerapatan jumlah bahan yang membentuk vulkanisat karet. Nilai kerapatan yang tinggi maka ikatan antar molekul bahan yang membentuk vulkanisat semakin kokoh, namun demikian dengan kerapatan bahan yang tinggi berpengaruh terhadap nilai *tear strength*.

Jika dilihat dari nilai *specific gravity* pada Gambar 5 untuk formula F-02 nilai *specific gravity* rendah (1,225 g/cm³) berbanding terbalik dengan nilai *tear strength* 84,3 kN/m (F-02). Perbedaan nilai *specific gravity* dapat dipengaruhi oleh jumlah ikatan silang yang terbentuk, dimana kerapatan ikatan silang mengurangi jumlah pori-pori pada vulkanisat karet (Araya dan Rempel, 2013).

Nilai *tear strength* pada F-01 menunjukkan 77,9 kN/m, sementara pada formula yang sama nilai *specific gravity* 1,280 g/cm³, berbanding terbalik dengan nilai *tear strength* pada F-02 yaitu 84,3 kN/m dan nilai *specific gravity* F-02 lebih rendah (1,225 g/cm³) dari nilai *specific gravity* F-01 (1,280 g/cm³). Fenomena ini menunjukkan ada hubungan yang berbanding terbalik antara nilai *specific gravity* dan nilai *tear strength* pada perlakuan F-01 dan F-02.

Perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh distribusi bahan aditif dan *filler* yang masuk ke dalam matrik karet alam melalui peregangan molekul karet tidak homogen. Ketidak homogenan kemungkinan terjadi pada saat vulkanisasi sehingga menyebabkan nilai *specific gravity* dan *tear strength* tidak berbanding lurus.

Fenomena yang sama terjadi pada nilai *tear strength* untuk F-03 dan nilai *specific gravity* pada perlakuan F-03, dimana untuk nilai *specific gravity* F-03 adalah $1,28 \text{ g/cm}^3$, nilai *tear strength* lebih rendah $76,3 \text{ kN/m}$. Pada perlakuan F-04 nilai *tear strength* dan nilai *specific gravity* mengalami *trand* kenaikan yang sama atau berbanding lurus (Gambar 4 dan Gambar 5). Hal ini disebabkan oleh perbedaan rasio bahan pelunak yang ditambahkan.

Abrasion Resistance

Hasil pengujian *abrasion* terhadap keempat sampel terlihat adanya penurunan dari formula F-01 hingga formula F-04 (Gambar 6).

Gambar 6. Pengaruh rasio komposit bahan pelunak terhadap *abrasion resistance*

Penurunan nilai abrasi seperti terlihat pada Gambar 6 berbanding terbalik dengan peningkatan rasio minyak jelantah dalam komposit *dioctyl phthalate*. Penurunan abrasi vulkanisat menggambarkan adanya ikatan yang kuat terhadap vulkanisat saat menerima gesekan.

Pada Gambar 6, terlihat *trend* penurunan abrasi dipengaruhi juga oleh peningkatan rasio komposit bahan pelunak (Tabel 1). Terjadinya peningkatan nilai abrasi

dari F-04 ke F-01 akibat adanya pelepasan bagian permukaan vulkanisat oleh adanya gaya gesekan. Kemampuan vulkanisat karet untuk mempertahankan bagian permukaan menerima gesekan dipengaruhi oleh kekuatan ikatan antar molekul yang terbentuk. Ketahanan abrasi karena adanya ikatan silang antar molekul dan kekuatan jaringan tiga dimensi terutama monosulfida dan disulfide yang membentuk struktur molekul vulkanisat. Selain itu interaksi antar polimer karet alam dengan bahan pengisi zeosil dan kaolin yang terdistribusi kedalam matrik karet.

Rasio komposit bahan pelunak yang optimal sangat menentukan untuk melunakkan struktur molekul karet agar bahan *aditif* dan *filler* dapat terdistribusi dengan merata kedalam molekul-molekul matrik karet. Proses terdistribusinya bahan *aditif* dan *filler* (Tabel 1) kedalam matrik polimer terjadi pada saat proses vulkanisasi berlangsung. Pada saat terjadinya proses vulkanisasi berlangsung mulai terjadi interaksi antar bahan (Tabel 1) dengan matrik polimer karet dan pada saat yang bersamaan setelah penambahan sulfur mulai terbentuk juga ikatan silang yang membentuk jaringan tiga dimensi hingga proses vulkanisasi berakhir. Terbentuknya ikatan silang dan terjadinya interaksi antar bahan dengan matrik karet alam memperkuat vulkanisat untuk menerima gaya gesekan dan mempertahankan kehilangan bagian permukaan.

Komposit bahan pelunak yang ditambahkan pada matrik karet pada saat vulkanisasi memudahkan terdistribusinya bahan *aditif* dan *filler* kedalam matrik karet. Data hasil pengujian terlihat, pada rasio *dioctyl phthalate* dan minyak jelantah F-04 bagian yang mengalami abrasi lebih rendah ($198,3 \text{ mm}^3$) dari formula F-01, F-02, dan F-03). Bagian permukaan vulkanisat karet yang paling banyak mengalami abrasi pada penelitian ini adalah F-01 ($228,7 \text{ mm}^3$)

Gambar 6. Untuk perlakuan F-02 dan F-03 bagian permukaan vulkanisat yang mengalami abrasi *trend* hampir sama yaitu 209 mm³ untuk F-02 dan 207 mm³ untuk F-03.

KESIMPULAN

Penggunaan komposit bahan pelunak yang terdiri dari campuran *dioctyl phthalate* dengan minyak jelantah dari hasil penelitian ini dapat meningkatkan distribusi bahan aditif dan filler kedalam matrik karet. Komposit bahan pelunak yang ditambahkan pada saat pembuatan kompon karet di *open mill* berpengaruh terhadap sifat mekanik vulkanisat yang dihasilkan.

Hasil pengujian sifat mekanik vulkanisat dari perbedaan rasio *softener* untuk formula F-02 menunjukkan, nilai *hardness* 79 Shore A, *tensile strength* 19,6 Mpa, *elongation at break* 520%, *tear strength* 84,3 kN/m, *specific gravity* 1,225 g/cm³, dan *abrasion resistance* DIN 209,0 mm³. Untuk formula F-01 dan F-02 nilai *hardness*nya sama (79 Shore A), sementara untuk formula F-03 dan F-04 nilai *hardness*nya sama juga (80 Shore A).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang yang telah memberikan fasilitas untuk kegiatan penelitian. Teknisi laboratorium karet Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang yang telah membantu kegiatan penelitian.

Direktur PT. Shima Prima Utama dan Teknisi pabrik pengolahan karet PT. Shima Prima Utama yang telah membantu kegiatan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, P.A., dan R. Teuku. (2007). Sintesa dan Karakteristik Sifat Mekanik Karet Nanokomposit. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. 6(1), 1-6.
- Aprem, A., S. Thomas, K. Joseph, N.M. Barkoula dan J.K. Kocsis, (2003). Sulphur Vulcanisation of Styrene Butadiene Rubber using New Binary Accelerator Systems. *Journal of Elastomers and Plastics* 35: 29-55.
- Arayaprane, W., and G.L. Rempel. (2013). Effects of polarity on the filler-rubber interaction and properties of silica filled grafted natural rubber composites, *Journal of Polymers, Volume 2013* Article ID 279529, 1-9
- Chandrasekara, G., M.K. Mahanama, D.G. Edirisinghe, and L. Karunanayake. (2011). Epoxidized Vegetable Oils as Processing Aids and Activators in Carbon-Black Filled Natural Rubber Compounds. *J. Natn. Sci. Foundation Sri Lanka* 39 (3): 243-250.
- Ehabe, E.E., G.E. Collet., and Bonafils. (2009). Relations between hightemperature mastication and mooney viscosity relaxation in natural rubber". *Journal of Applied Polymer Science* 113(5): 2785-2790. doi.org/1002/app.30234.
- El-Sabbagh, S.H., M.N. Ismail., A.A. Yehia. (2001) Effect of the curing systems on the fatigue behavior of nr vulcanizates, *Journal of Elastomers and Plastics* 33: 263-281
- Espinosa, M.L. and Meier, M.A.R. (2011) Plant Oils: The Perfect Renewable Resource for Polymer Science. *European Polymer Journal* 47, 837-852. doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2010.11.020.
- Guner, F.S., Yagci. Y., and A.T. Erciyes. (2006) Polymers from Triglyceride Oils. *Progress in Polymer Science* 31, 633-670. doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2006.07.001.
- Hildayati, Triwikantoro, H. Faisal, dan Sudirman. (2009). Sintesis dan Karakterisasi Bahan Komposit Karet Alam-Silika. Seminar Nasional Pascasarjana IX – ITS, Surabaya 12 Agustus 2009. Halaman 1-8.
- Hutapea, D.S., H.L. Tampubolon, dan I. Surya. (2012). Pengaruh Penambahan Alkanoamida Turunan Minyak Kelapa Sawit

- Terhadap Sifat-sifat Uji Tarik Vulkanisat Karet Alam Berpengisi Silika. *Jurnal Teknik Kimia USU* 1(1): 25-29
- Indah M.S., Sitorus, Y. Widyana, I. Surya, (2013). Pengaruh Penambahan Alkanolamida Terhadap Karakteristik Pematangan dan Kekerasan Vulkanisat Karet Alam Berpengisi Kaolin. *Jurnal Teknik Kimia USU* 2(4): 38-42.
- Isa, M.T., A.S. Ahmeda., B.O. Aderemia., R.M. Taib., and I.A.M. Dabo. (2012). Effect of Dioctyl Phthalate on the Properties of Unsaturated Polyester Resin. *International Journal of Materials Science* 7(1): 9-20.
- Khan, I., & Poh, B. T. (2011). Effect of Molecular Weight and Testing rate on Adhesion Property of Pressure-Sensitive Adhesives Prepared from Epoxidized Natural Rubber. *Materials and Design*, 32(5), 2513-2519. doi.org/10.1016/j.matdes.2011.01.057
- Kinasih, N.A., M.I. Fathurrohman, dan D. Suparto. (2015). Pengaruh Suhu Vulkanisasi Terhadap Sifat Mekanis Vulkanisat Karet Alam dan Karet Akrilonitril-Butadiena. *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik* 31(2):65-74
- Nandanan, V. (2000). Studies on the use of drying oils as ingredients in the vulcanization of elastomers (Thesis). Cochin University of Science and Technology, India
- Nasruddin, (2017). Pengembangan Karet Alam Dengan Bahan Pengisi dan Bahan Pelunak Menjadi Tube Collar. Prosiding Seminar Nasional Kulit, Karet dan Plastik ke-6 Yogyakarta, 25 Oktober 2017. Halaman 123-126.
- Nasruddin, dan 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/mateconf/201815605 016.
- Nurhajati, D.W., Supratiningsih, dan N. Sarengat. (2015). Pengaruh Elastis Nabati Terhadap Sifat Elastomer Termoplastik Berbasis Campuran Karet Alam/Polipropilena. *Majalah Kulit, Karet dan Plastik* 31(2): 75-84.
- Oh, J., Y.H. Yoo, I.S. Yoo, Y.I. Huh, T.K. Chaki, C. Nah. (2014). Effect of Plasticizer and Curing System on Freezing Resistance of Rubbers. *Journal of Applied Polymer Science* 131(2), 1-8.
- Poh, B.T., dan A.T. Yong, (2009). Effect of Molecular Weight of Epoxidized-Natural Rubber on Viscosity and Tack of Pressure-Sensitive Adhesives. *Journal of Applied Polymer Science*, 115: 1120–1124. DOI 10.1002/app.31185
- Puspitasari, S, dan A. Cifriadi, (2012). Kajian pembuatan bahan pelunak karet berbasis hayati dari minyak jarak melalui reaksi hidrogenasi. *Warta Perkaretan* 31(1), 50-56.
- Ramdja, A.F., L. Febrina, dan D. Krisdianto. (2010). Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Ampas Tebu Sebagai Adsorben. *Jurnal Teknik Kimia* 1(17), 7-14.
- Rochani, S., Supratiningsih, H. Surip., Sunarsohs., dan Suyatini. (1984). Penelitian pengaruh plasticizer DOP terhadap sifat fisis slab kompon PVC untuk acuan sepatu. *Majalah Barang Kulit, Karet, dan Plastik* 1(2), 27-32.
- 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.
- Samarth, N.B., dan P. A. Mahanwar. (2015). Modified Vegetable Oil Based Additives as a Future Polymeric Material-Review. *Open Journal of Organic Polymer Materials* 5: 1-22 doi.org/10.4236/ojopm.2015.51001.
- Siriyong, T., and W. Keawwattana. (2012). Utilization of different curing systems and natural zeolite as filler and absorbent for natural rubber/nitrile rubber blend. *Kasetsart Journal Natural Science* 46, 918-930.
- Sawere. B.T., and A.U. Igbuku, (2016). "Evaluation of Some Mechanical Properties of Composites of Natural Rubber with Egg Shell and Rice Husk," *International Research Journal of Advanced Engineering and Science* 1(3): 71-75.
- Song, S.H. (2018). The effect of palm oil-based hybrid oils as green multifunctional oils on the properties of elastomer composites. *Polymers* 10, 1045; doi:10.3390/polym10091045

- Sri, B.P., dan S. Titin. (2000). Penelitian Pemanfaatan Minarex Sebagai *Plasticizer* pada Pembuatan Kompon Karpas Karet yang Memenuhi SNI 12.1000.1989 Karpas Karet. Prosiding Seminar Nasional Industri Kulit, Karet dan Plastik, Yogyakarta (2000) hal: 425-431.
- Taufiqurrahmi, N., A.R. Mohamed., and S. Bhatia. (2011). Production Of Biofuel From Waste Cooking Palm Oil Using Nanocrystallin Zeolite as Catalyst : Process Optimization Studies. University Sains Malaysia.
- Wei. D., J. Zhao., T. Liu and Z. Wang. (2016). Mechanical and morphological properties of acrylonitrile–butadiene–styrene terpolymer/nitrile butadiene rubber thermoplastic vulcanizates plasticized by dioctyl phthalate. *Journal of Thermoplastic Composite Materials* Hal 1-5. DOI: 10.1177/0892705713518796.
- Wisojodharmo, L.A., R. Fidyarningsih, D.A. Saputra dan D.A. Fitriani. (2016). Pengaruh Variasi Peptizers Terhadap Viskositas dan Sifat Fisik Kompon Karet. *Jurnal Sains Materi Indonesia* 17(3): 110-114.
- Yang, S.L., Z.H. Wu., B. Meng., and W. Yang. (2009). The effects of dioctyl phthalate plasticization on the morphology and thermal, mechanical, and rheological properties of chemical crosslinked polylactide. doi.org/10.1002/polb.2176.
- Yahya, Y.R., A.R. Azura., and Z. Ahmad. (2011). Effect of curing systems on thermal degradation behaviour of natural rubber (SMR CV 60). *Journal of Physical Science* 22(2): 1-14.