

Pengaruh Maleated Natural Rubber Terhadap Morfologi Dan Sifat Thermoset Rubber Dengan Filler Abu Sawit - Carbon Black

Hara Novarisa Nanda¹⁾, Bahruddin² dan Ahmad Fadli²

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, ²⁾Dosen Jurusan Teknik Kimia

Fakultas Teknik Universitas Riau

Kampus Binawidya Jl. HR. Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru Kode Pos 28293

email: novarisa.hara@yahoo.com

ABSTRACT

Oil palm ash is a solid waste that is generated from the burning of oil palm shell. It was assumed, this material can be a filler to improve the properties of thermoset rubber because it contains elements of silica. It is expected processing the filler to nano size, the filler can blend with (TR) thermoset Rubber for the improvement. This study aims to improve the properties and morphology of natural rubber-based thermoset rubber by using oil palm ash as filler. Nanofiller-making process begins with the conversion of oil palm ash size into nanometer sizes using ballmill. Variable levels of research was nanofiller (30 and 50 phr), the ratio of palm ash / carbon black (0/100, 30/70 and 50/50), concentrations of coupling agent MNR (maleated natural rubber) 1.3 and 5 phr. Rubber compound made by mixing natural rubber and nanofiller into rollmill with MNR coupling agent, additives ZnO, Stearic Acid, TMQ (Trimethylquinone), MBTS (Mercaptodibenzothiazylsulfide) and sulfur for \pm 50 minutes. After the rubber mastication, molding was done using hot press at temperature of 200oC and pressure of 50 kgf / cm² for 10 minutes. Once formed, the thermoset rubber was exposed to some testing which were mechanical properties, namely tensile strength, elongation at break, tension set using the ISO 527-2 standard type 5A with UTM (Universal Testing Machine), Hardness Test, abrasion test, water absorption test. And analysis of SEM (Scanning Electron Microscopy) to depict TR morphology. The results showed the best properties and morphology of TR obtained at 30 phr filler content, 30/70 rasio of palm ash / carbon black and 3 phr MNR content which was 23.214 MPa tensile strenght, 832.641% elongation at break, 1, 77% Tension Set, 58 \pm 5 Shore A Hardness and 0.22 mm³/Kg Abrasion Resistance.

Keyword : Filler Hybrid, Maleated Natural Rubber, Thermoset Rubber, vulcanization

Pendahuluan

Sampai pada tahun 2009 Indonesia memiliki total lahan karet seluas 3,45 juta ha dengan produksi karet alam mencapai 2,59 juta ton, hasil produksi tersebut hanya dikonsumsi sebesar 431 ribu ton dan selebihnya diekspor (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2011). Indonesia merupakan produsen karet alam terbesar kedua di dunia setelah Thailand, namun potensi pengembangan karet di Indonesia masih belum dimanfaatkan secara maksimal. Area perkebunan karet di Sumatera mencapai 70% dari total area di Indonesia dan Provinsi Riau merupakan area terbesar ketiga yang memiliki perkebunan karet setelah Sumatera Selatan dan Jambi. Sebagai salah satu wilayah sentral perkebunan karet di Indonesia. Provinsi Riau merupakan daerah yang strategis untuk

pengembangan komoditi-komoditi berbahan dasar karet, seperti *thermoset rubber*.

Propinsi Riau juga memiliki area perkebunan kelapa sawit yang terus meningkat setiap tahun. Semakin meningkatnya area perkebunan kelapa sawit tersebut, maka semakin banyak pula masalah yang timbul. Salah satunya adalah sisa dari pembakaran pada ketel (*boiler*) berupa abu dengan jumlah yang terus meningkat sepanjang tahun yang masih belum dimanfaatkan sampai sekarang.

Menurut hasil penelitian Pratomo (2001) diketahui bahwa abu kelapa sawit dari sisa pembakaran cangkang dan serabut buah kelapa sawit mengandung unsur kimia silika (SiO₂) sebanyak 31,45 % dan unsur kapur (CaO) sebanyak 15,2%. Kadar silika yang

cukup tinggi tersebut dapat digunakan untuk bahan pengisi (*filler*) untuk *thermoset rubber*.

Maka dari itu untuk meningkatkan kualitas karet di Indonesia, perlu adanya pengembangan produksi karet agar kualitas karet meningkat dan tidak kalah oleh negara lain. Salah satu pengembangan produk dari karet alam adalah *thermoset rubber* (TR).

TR memiliki beberapa kelebihan sehingga sangat cocok sebagai bahan dalam pembuatan ban (Graham dan Zhang, 2008). TR memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan melihat dari kelebihan TR dibanding dengan pengembangan produk karet yang lain. Dari beberapa penelitian mengenai perkembangan TR diketahui bahwa penambahan *filler* dan *coupling agent* sangat berpengaruh terhadap sifat mekanik karet, sifat antar muka dan adhesi *filler* dengan matriks polimer.

Menurut Saowapark (2005) *filler* abu sawit dapat meningkatkan ketahanan sobek pada karet, sedangkan Wang dkk (2001) menyatakan *filler carbon black* dapat mempertahankan sifat elastis karet.

Penelitian mengenai TR menggunakan *filler* abu sawit saat ini masih dalam ukuran mikro. Salah satu penelitian yang menggunakan *filler* abu sawit dalam ukuran mikro dilakukan oleh Saktiani (2012), yaitu tentang pengaruh kadar dan rasio massa *filler hybrid* abu sawit/*carbon black* terhadap morfologi dan sifat material karet alam vulkanisat. Hasilnya semakin banyak kadar *carbon black* yang digunakan, maka *tensile strength* karet alam vulkanisat akan semakin tinggi. Tetapi, ukuran mikro *filler* pada TR masih memiliki kekurangan sehingga dikembangkan *nanofiller* pada TR. Pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan TR dengan menggunakan *filler* abu sawit berukuran nanometer.

Beberapa peneliti telah mengembangkan metode-metode untuk penggunaan teknologi *nanofiller*, seperti penelitian yang dilakukan oleh Jufri (2011) menggunakan proses nano teknologi dalam penelitiannya, yaitu dengan optimalisasi proses *injection moulding* pada nanoalumina. Hasilnya *filler* ini dapat menambah kekuatan tarik pada biji plastik *polypropylene*. Kim dkk (2012) menggunakan nanopartikel logam dan

carbon nanotube sebagai *nanofiller* pada *acrylonitrile butadiene styrene* (ABS) dapat meningkatkan *tensile strength* dan *elongation* pada ABS. Pocut dan Teuku (2007) menggunakan tanah liat nanokomposit ke dalam matrik polimer. Hasilnya terjadinya peningkatan yang drastis terhadap *basal spacing* dari matrik polimer dan menunjukkan intercalasi diantara polimer dengan pengisinya. Penelitian lainnya berasal dari Institut Pertanian Bogor (2012) yang menggunakan teknologi nano dari serat kulit rotan yang hasilnya dapat meningkatkan nilai *matrix* dari *polypropylene*. Dari penelitian-penelitian tersebut, teknologi nano dapat diaplikasikan kedalam *nanofiller* silika /*carbon black* untuk pembuatan *thermoset rubber*.

Pada penelitian ini akan digunakan abu sawit yang telah dilakukan *treatment* dengan cara penghancuran abu sawit menjadi ukuran nanopartikel dengan menggunakan alat *ballmill*. Penelitian ini diharapkan agar *filler* abu sawit ukuran nano dapat meningkatkan ketahanan sobek dan mempertahankan sifat elastis TR sehingga kualitas TR semakin baik.

Bahan dan Metodologi Penelitian

Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah Karet Alam (*natural rubber*) SIR 20 sebagai komponen elastomer, *Nanofiller* yang digunakan Abu sawit sebagai *filler* 1 diperoleh dari pabrik *Crude Palm Oil* (CPO) yang berada di Sorek, Pekanbaru (PT. Sarikat Putra Riau) dari sisa pembakaran cangkang dan sabut sawit dalam *boiler* yang jatuh dalam *dumper dust collector* dan *Carbon Black* N220 sebagai *filler* 2. *Coupling agent* yang digunakan yaitu *Maleated natural rubber* (MNR), *Plastisizer* yang digunakan yaitu *Minarex*. Bahan additive yang digunakan yaitu Asam stearat sebagai *co-activator*, *Mercaptodibenzothiazyl disulfide* (MBTS) sebagai *vulcanization accelerator*, *Zinc oxide* sebagai *activator*, *Trimethylquinone* (TMQ) sebagai *anti degradant*, Sulfur sebagai *curative agent*. Alat yang digunakan adalah *Ballmill*, *Internal Mixer*, dan *Rollmill*.

Penyiapan Filler Hybrid

Abu sawit diperoleh dari pabrik *Crude Palm Oil* (CPO) yang berada di Sorek, Pekanbaru (PT. Sarikat Putra Riau). Abu sawit (*fly ash*) yang akan digunakan dioven terlebih dahulu dengan suhu ± 100 °C untuk mendapatkan berat kostan kemudian disaring menggunakan ayakan 200 mesh dilakukan pada Laboratorium Teknologi Bahan, Teknik Sipil, Universitas Riau, kemudian abu sawit di *mechanical milling* menjadi ukuran 700 – 800 nm menggunakan alat *ballmill*. *Filler hybrid* dibuat dengan mencampurkan abu sawit (*fly ash*) dengan *carbon black* N220, dengan rasio massa FA/CB 100/0, 50/50, 30/70.

Penyiapan Maleated Natural Rubber (MNR)

Karet alam dipotong kecil-kecil ± 1 cm kemudian dikeringkan dalam oven pada temperatur 40°C selama 24 jam. Karet alam dimastikasi di dalam *internal mixer* jenis Banbury Type B60 B selama 10 menit dengan temperatur 160°C dan kecepatan rotor 60 rpm. Setelah dimastikasi ditambahkan maleat anhidrida (MAH) 8 phr dan diaduk dalam mixer selama 10 menit. MAH yang tidak ter-*grafting* pada karet alam dihilangkan melalui proses ekstraksi dengan cara merefluks

Proses Vulkanisasi

Vulkanisasi merupakan suatu proses pembentukan polimer untuk saling bertautan satu sama lain (*crosslinking*). Proses vulkanisasi kompon dilakukan menggunakan *hot press* dengan membentuknya seperti lembaran flat. Kompon dibentuk lembaran dan dipotong sebesar ukuran cetakan (*spisel*) berbentuk lingkaran dengan diameter 20 cm dan ketebalan 2 mm. Kedua permukaan *spisel* ditutupi dengan *glossing plate* yaitu logam datar yang terbuat dari aluminium. Alat *hot press* diset pada suhu 150°C, kemudian sampel yang telah berada didalam cetakan di-*press* dengan tekanan 200 kgf/cm² selama 15 menit. Sampel yang terbentuk merupakan kompon yang telah mengalami vulkanisasi (*thermoset rubber*).

dengan toluen pada suhu 100°C selama 6 jam. Selanjutnya MNR yang telah bebas MAH dicuci dengan menggunakan aseton dan dikeringkan di dalam oven pada temperatur 40°C selama 24 jam.

Penyiapan Kompon Karet

Proses penyiapan kompon karet dapat dilakukan dengan cara yaitu karet dimastikasi dengan menggilingnya dalam *roll mill* sampai teksturnya halus dan lunak. Karet ditambahkan dengan bahan aditif pada suhu kamar dengan kecepatan putaran *roll* 20 rpm. Bahan untuk proses pencampuran ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Bahan Dan Kuantitas Pembuatan Kompon Karet

No	Bahan	Kuantitas
1	Karet (NR)	150 gr
2	Penambahan <i>plasticizer</i>	2,5 ; 5 ; 7 phr
3	Penambahan MNR	3 phr
4	<i>Filler</i>	30, 50, 70 phr
5	Nisbah <i>Filler</i> (Abu Sawit/ <i>Carbon Black</i>)	100/0; 50/50 dan 30/70
6	Penambahan ZnO	5 phr
7	Penambahan asam stearat	3 phr
8	Penambahan TMQ	1 phr
9	Penambahan MBTS	0,6 phr
10	Penambahan Sulfur	3 phr

Analisa Hasil

Uji Tarik (*Tensile Strength dan Elongation at Break*)

Pengujian sifat mekanik meliputi *tensile strength* dan *elongation at break*. Alat yang digunakan untuk melakukan uji *tensile* adalah *Universal Testing Machine* (UTM). Penyiapan sampel dilakukan dalam dua tahap yaitu pembuatan spesimen uji (ISO 527-2 type 5A) dan proses uji tarik (*tensile testing*). Spesimen uji di bentuk menggunakan alat *dummbel* sesuai dengan ISO 527-2 type 5A. Spesimen dipotong dari setiap titik pada lembaran sampel dan minimal berjumlah 5 spesimen. Spesimen tersebut diuji tarik dengan kecepatan 500 mm/menit. Hasil uji tarik yang diperoleh berupa grafik hubungan tegangan (*stress*) terhadap regangan (*strain*) dari masing-masing spesimen uji.

Tension Set

Tension set diukur menggunakan UTM. Pengujian ini dilakukan pada suhu kamar, sampel dilakukan peregangan selama 10 menit pada 100% elongasi menurut ASTM D 412-98 (Chatterjee dan Naskar, 2007).

Uji Kekerasan (Hardness)

Hardness dilakukan untuk mengetahui besarnya kekerasan material dengan penekanan tertentu. Alat yang digunakan untuk melakukan uji kekerasan, yaitu Hardness Tester ISO R 868 A

Uji Abrasi

Sebelum melakukan uji abrasi, material yang akan diuji dimasukkan ke dalam cetakan, lalu di-press pada suhu 150 °C dan tekanan 200 kgf/cm². Sampel yang sudah di-press didinginkan pada suhu kamar, kemudian ditimbang sebagai berat awal sampel dan sampel juga ditimbang di dalam air untuk dapat diketahui densitasnya. Setelah diketahui densitasnya, sampel diabrasi menggunakan alat Abrasi DIN 53516, kemudian ditimbang.

Uji Penyerapan Air

Sampel yang akan diuji sebelumnya dipotong kecil-kecil dengan ukuran 1 cm x 1 cm. Sampel tersebut ditimbang beratnya terlebih dahulu dan direndam dalam *aquadest* pada suhu kamar dan ditimbang dengan selang waktu 24 jam. Perendaman ini terus dilakukan hingga massa dari sampel tersebut konstan. Berat konstan sesudah perendaman dikurangi dengan berat sebelum perendaman sehingga dengan begitu diketahui kadar serapan airnya (Ismail dkk, 2005). Persentase serapan air ini dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Penyerapan air} = \frac{W_b - W_k}{W_k} \times 100\%$$

Sumber : Ismail dkk (2005)

dimana : Wk = berat sampel kering (gr)

Wb= berat sampel setelah direndam air (gr)

Analisa SEM (Scanning Electron Microscope)

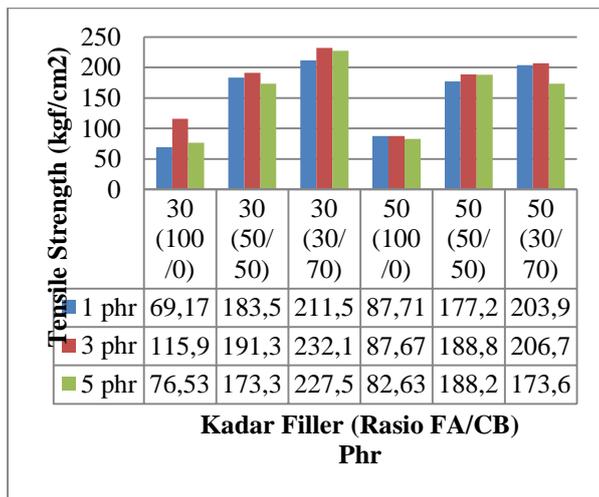
Sebelum dilakukan analisa SEM, sampel yang akan *discan* terlebih dahulu direndam didalam nitrogen cair selama ± 2 menit. Sampel yang telah direndam nitrogen cair dipatahkan dan dilapisi platina (*coating* platina). Perbesaran morfologi sampel dilakukan untuk dapat mengamati distribusi *filler* didalam kompon karet dengan cukup jelas. Morfologi karet vulkanisat diamati dengan 2 kali perbesaran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian *Thermoset Rubber*, serta analisa data percobaan akan diuraikan dalam bab ini. Dalam penelitian ini, variable berpengaruh yang dipelajari adalah pengaruh *plasticizer* minyak kelapa dan kadar serta rasio dari *filler hybrid abu sawit/carbon black*. Dengan melihat pengaruhnya, maka diperoleh hasil berupa sifat mekanik dan morfologi *Thermoset Rubber*.

Sifat Mekanik Karet Vulkanisat

Sifat mekanik *Thermoset Rubberyaitu* sifat dimana ukuran kemampuan material *Thermoset Rubber* untuk menahan gaya luar yang bekerja pada *Thermoset Rubber*. Uji sifat mekanik atau uji tarik bertujuan untuk mengidentifikasi kemampuan *Thermoset Rubber* dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine*. Parameter yang menjadi dasar utama dalam menilai sifat mekanik suatu material *Thermoset Rubber* adalah nilai *tensile strength*, *elongation at break* dan *tension set* yang dihasilkan. Hasil analisa sifat mekanik *Thermoset Rubber* dengan variasi kadar *coupling agent* dan rasio *filler hybrid* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 dan 3.5.



Gambar 3.1 Pengaruh Kadar *Coupling Agent* dan *Filler Hybrid* Terhadap *Tensile Strength* *Thermoset Rubber*

Dari Gambar 3.1 dapat dipelajari pengaruh kadar *Coupling Agent* dan *Filler Hybrid* pada *Thermoset Rubber* terhadap *tensile strength*. *Tensile strength* merupakan tegangan maksimum material untuk dapat menahan ketika sedang diregangkan atau ditarik sebelum putus. Dari Gambar 3.1 dapat dilihat peningkatan *tensile strength* tertinggi pada *Thermoset Rubber* dengan kadar *Coupling Agent* 3 phr dan kadar nanofiller 30 phr dengan rasio Abu Sawit / *Carbon Black* 30/70 dengan nilai 232,14 kgf/cm², jika dibandingkan dengan *thermoset rubber* pada kadar *coupling agent* 1 phr dan 7 phr dengan nisbah AS/CB yang sama. Sedangkan untuk nilai *tensile strength* terendah terdapat pada *thermoset rubber* dengan kadar *coupling agent* MNR 1 phr, kadar *filler* 30 phr dan rasio 100/0 dengan nilai 69,17 kgf/cm².

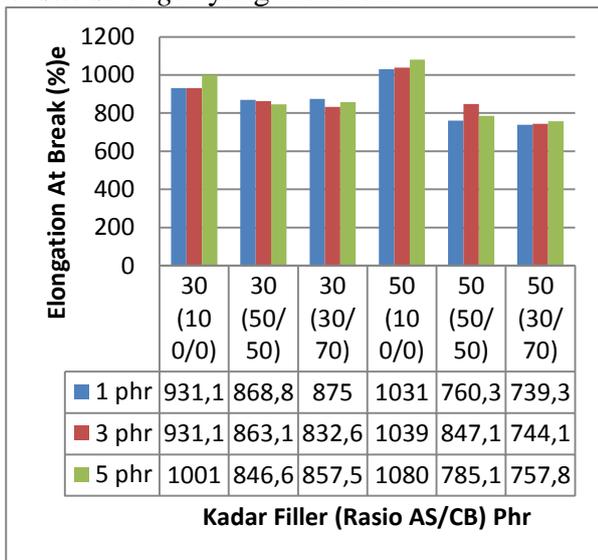
Berdasarkan hasil analisa menunjukkan bahwa perbedaan penambahan kadar *Coupling Agent* dan *filler* pada pembuatan *Thermoset Rubber* sangat mempengaruhi nilai *tensile strength* material tersebut. Nilai *Tensile strength* dari *Thermoset Rubber* yang hanya menggunakan *filler* abu sawit saja jauh lebih rendah dibanding dengan menggunakan *filler hybrid* AS/CB. Hal ini disebabkan oleh silika yang terkandung dalam abu sawit. Silika memiliki sifat polar sehingga cenderung membentuk aglomerasi. (Wang dkk, 2001). Gugus hidroksil yang dimiliki oleh silika akan berusaha membentuk ikatan hydrogen dengan molekul silika atau material lain yang bersifat

polar sehingga interaksi antara polimer dan *filler* menjadi lemah (Saowapark, 2005). Penambahan *filler* menjadi 50 phr menyebabkan karet tidak mampu berinteraksi dengan *filler* dikarenakan terlalu jenuh. Rongga – rongga kosong pada karet lebih terisi dengan *filler*. Hal ini dapat menurunkan sifat mekanik seperti *tensile* dan ketahanan abrasi.

Filler hybrid 30 phr memiliki nilai *tensile strength* yang lebih tinggi dibandingkan dengan *filler* abu sawit dikarenakan ukuran partikel *carbon black* lebih kecil dibanding dengan ukuran partikel abu sawit. Ukuran partikel *carbon black* yang lebih kecil mempermudah *filler* berinteraksi dengan polimer (Peng, 2007). Ukuran partikel dari *carbon black* memberi pengaruh terhadap ketahanan abrasi, tegangan tarik, ketahanan kikis, dan kekerasan (*Hardness*). Berdasarkan hasil pada Gambar 3.1 diperoleh nilai peningkatan *tensile strength* berbanding lurus dengan penambahan kadar *carbon black* dari *filler hybrid* tersebut.

Kadar *Coupling Agent* MNR juga dapat mempengaruhi nilai *tensile strength* pada *Thermoset Rubber*. Pada pembuatan TR akan ditambahkan bahan pengisi (*filler*) ke dalam *natural rubber*. *Natural rubber* merupakan material non polar sedangkan *filler* merupakan material polar, sehingga gaya adhesi dan interfase antara polimer dengan bahan pengisi sangat lemah, oleh karena itu diperlukan zat penggabung (*coupling agent*) yang berfungsi sebagai jembatan penyambung perbedaan sifat antara karet alam dengan bahan pengisi tersebut. Fungsi dasar dari *coupling agent* adalah untuk meningkatkan gaya adhesi dan menurunkan energi permukaan antara *filler* dengan karet alam (Nakason, 2006). Pada Gambar 3.1 *Thermoset Rubber* dengan penambahan kadar *coupling agent* MNR 1 phr menghasilkan *tensile strength* yang tidak terlalu tinggi, Hal ini disebabkan karena penambahan *coupling agent* yang masih rendah menyebabkan hubungan *filler* dengan matrix polimer masih lemah sehingga persebaran *filler* tidak merata dan mempengaruhi kekuatan material tidak dapat secara penuh dikembangkan. Pada penambahan *coupling agent* MNR 3 phr menghasilkan *tensile strength* yang lebih

tinggi sesuai dengan peningkatan penambahan *coupling agent*. Tetapi pada peningkatan penambahan *coupling agent* MNR 5 phr mengalami penurunan *tensile strength* dibanding dengan penambahan 3 phr. Hal ini disebabkan penambahan *coupling agent* yang terlalu banyak menyebabkan *coupling agent* tidak hanya mengikat *filler* yang ada, melainkan sudah saling mengikat dengan sesamanya sehingga *thermoset rubber* yang dihasilkan lebih elastis dengan nilai *tensile strength* yang menurun.

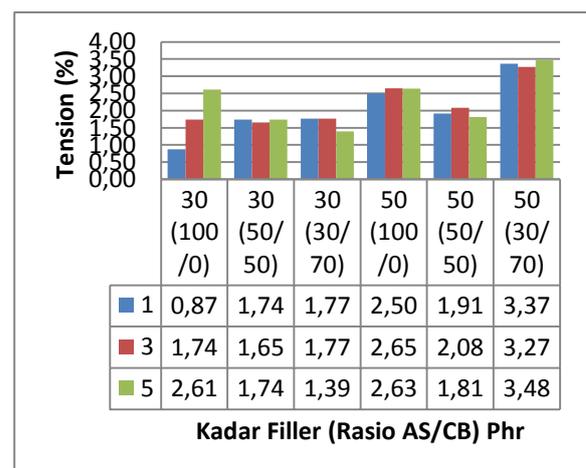


Gambar 3.2 Pengaruh Kadar *Coupling Agent* dan *Filler Hybrid* Terhadap *Elongation at Break* *Thermoset Rubber*

Elongation at Break merupakan regangan pada material pada saat sebelum material tersebut putus. Nilai *elongation at break* berbanding terbalik dengan nilai *tensile strength*. Peningkatan nilai *elongation at break* berbanding lurus dengan peningkatan kadar abu sawit yang digunakan. Nilai *elongation at break* tertinggi terdapat pada sampel yang menggunakan kadar *coupling agent* MNR 5 phr dan kadar *filler* 30 phr dengan rasio AS/CB 100/0 yaitu sebesar 1143,72%. Sedangkan untuk *thermoset rubber* yang memiliki nilai *elongation break* terendah yaitu pada sampel dengan kadar *coupling agent* MNR 1 phr dan kadar *filler* 50 phr dengan rasio AS/CB 30/70 sebesar 739,2915%. *Carbon black* akan meningkatkan *elongation at break* jika ditinjau dari interaksi *filler carbon black* dan polimer yang lebih kuat. Namun struktur dari *carbon black* yang besar dapat meningkatkan

viskositas dari kompon karet vulkanisat sehingga kemampuan *carbon black* untuk meningkatkan *elongation at break* menjadi berkurang. Sampel karet vulkanisat dengan nilai *elongation at break* tertinggi (kadar 30 phr, AS/CB 100/0) memiliki *elongation at break* yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan karet vulkanisat yang menggunakan *filler hybrid*. Silika lebih cenderung meningkatkan kekerasan (*hardness*) dari karet vulkanisat. Kekerasan ini menurunkan elastisitas dari karet vulkanisat yang mengakibatkan *elongation at break* yang diperoleh lebih rendah. Namun abu sawit tidak mengandung 100% silika, ada kandungan senyawa lain di dalamnya sehingga tingkat kekerasan yang dihasilkan abu sawit terhadap *thermoset rubber* berkurang, yang menyebabkan nilai *elongation at break* untuk *filler* abu sawit lebih tinggi.

Pada Gambar 3.2 menunjukkan *thermoset rubber* yang memiliki kadar *filler* 30 phr dengan rasio AS/CB 100/0 kadar *coupling agent* MNR 5 phr memiliki nilai *elongation at break* melebihi 1000%. Hal ini menunjukkan bahwa waktu yang digunakan untuk proses vulkanisasi masih terlalu kecil, sehingga reaksi vulkanisasi terjadi secara tidak sempurna. Reaksi vulkanisasi yang terjadi secara sempurna dapat dilihat jika nilai *elongation at break* kecil dari 1000%.



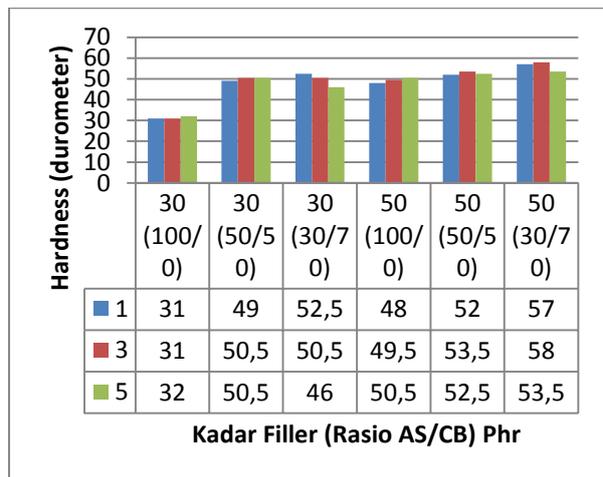
Gambar 3.3 Pengaruh Kadar *Coupling Agent* dan *Filler Hybrid* Terhadap *Tension Set* *Thermoset Rubber*

Pada Gambar 3.3 menunjukkan pengaruh kadar *Coupling Agent* dan *Filler Hybrid* terhadap *Tension Set*. *Tension Set* merupakan pengujian yang dilakukan terhadap suatu

material untuk mengetahui persentase pertambahan perpanjangan suatu material apabila material tersebut diregangkan pada % elongasi tertentu dan waktu tertentu. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat elastisitas suatu material. Pada dasarnya semakin kecil persentase *tension set* pada material tersebut, maka tingkat elastisitasnya semakin baik. Pada Gambar 3.3 kadar *coupling agent* 1 phr dengan kadar *filler* 30 phr menghasilkan nilai *tension set* terbaik yaitu 0,87%. Sedangkan untuk nilai *tension set* terbesar pada *thermoset rubber* dengan kadar *coupling agent* 5 phr dengan *filler hybrid* 50 phr rasio AS/CB 30/70 yaitu 3,48%.

Nilai terbesar *tension set* memperlihatkan, bahwa peningkatan nilai *tension set* terus meningkat sebanding dengan peningkatan jumlah *carbon black* yang digunakan. Hal ini dikarenakan *carbon black* memiliki struktur yang besar sehingga dapat meningkatkan viskositas dari *thermoset rubber* sehingga cenderung meningkatkan kekerasan (*hardness*) dari *thermoset rubber*. Tingkat kekerasan dapat menurunkan nilai elastisitas suatu material sehingga nilai *tension set* material tersebut meningkat.

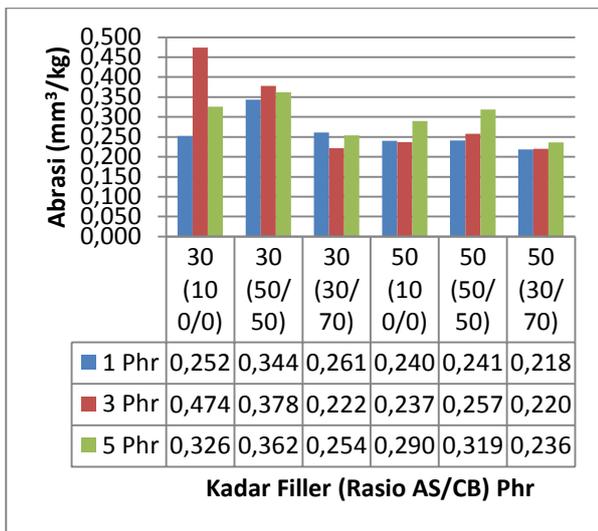
Nilai *Tension Set* juga dipengaruhi oleh kadar *coupling agent* yang digunakan pada *thermoet rubber*. *Coupling agent* membantu meningkatkan interaksi *filler* dengan polimer. *Coupling agent* akan menjadi jembatan penghubung antara *filler* dan polimer dikarenakan perbedaan sifat polar dan non polarnya. Pada Gambar 3.3 menunjukkan *Thermoset Rubber* dengan penambahan kadar *coupling agent* MNR 1 phr memiliki nilai *tension set* yang paling rendah, untuk kadar *coupling agent* 3 phr dan 5 phr memiliki nilai *tension set* yang lebih tinggi. Sehingga semakin banyak *coupling agent* yang digunakan meningkatkan nilai *tension set* *thermoset rubber* tersebut. Hal ini dikarenakan peningkatan penggunaan *Coupling agent* dapat meningkatkan interaksi *filler* dengan polimer sehingga tingkat kekerasan *thermoset rubber* meningkat, maka diperoleh nilai *tension* yang lebih tinggi, yang menunjukkan tingkat elastisitas yang semakin rendah.



Gambar 3.4 Pengaruh Kadar *Coupling Agent* dan *Filler Hybrid* Terhadap *Hardness Thermoset Rubber*

Gambar 3.4 menunjukkan pengaruh kadar *Coupling Agent* dan *Filler Hybrid* terhadap kekerasan (*hardness*) *Thermoset Rubber*. Dilakukan uji kekerasan (*hardness*) untuk mengetahui besarnya kekerasan *thermoset rubber* dengan penekanan tertentu. Dari hasil pengujian diperoleh hasil tertinggi untuk nilai *hardness* pada *thermoset rubber* dengan kadar *coupling agent* 3 phr dan kadar *filler* 30 phr dengan rasio AS/CB 30/70 yaitu 58 ± 5 durometer. Sedangkan nilai *hardness* terendah pada material *thermoset rubber* dengan kadar *coupling agent* 1 phr dan kadar *filler* 30 phr dengan rasio AS/CB 100/0 yaitu 31 ± 5 durometer.

Dari hasil analisa menunjukkan bahwa penambahan *coupling agent* dan *filler* yang berbeda pada pembuatan *thermoset rubber* sangat mempengaruhi nilai *hardness* yang dihasilkan. Semakin banyak *filler carbon black* yang digunakan pada pembuatan *thermoset rubber*, semakin besar pula nilai kekerasan pada material dikarenakan struktur dari *carbon black* yang besar dan menambah viskositas dari *thermoset rubber*. Untuk peningkatan penambahan *coupling agent* berbanding terbalik dengan penambahan *filler*, peningkatan penambahan *coupling agent* akan mengurangi tingkat kekerasan pada *thermoset rubber*.



Gambar 3.5 Pengaruh Kadar *Coupling Agent* dan *Filler Hybrid* Terhadap Abrasi *Thermoset Rubber*

Pada Gambar 3.5 menunjukkan pengaruh kadar *Coupling Agent* dan *Filler Hybrid* terhadap Abrasi *Thermoset Rubber*. Uji Abrasi dilakukan untuk mengetahui ketahanan suatu material apabila mengalami gesekan. Semakin rendah nilai abrasi yang dihasilkan dari suatu material, maka semakin bagus ketahanan kikis suatu material tersebut. Dari hasil pengujian Abrasi *Thermoset Rubber* diperoleh hasil terbaik pada *thermoset rubber* dengan kadar *coupling agent* 3 phr dan kadar *filler hybrid* 30 phr dengan rasio AS/CB 30/70 yaitu 0,222 mm³/Kg. Untuk nilai abrasi terburuk diperoleh pada material *thermoset rubber* dengan kadar *coupling agent* 3 phr dan *filler hybrid* 30 phr dengan rasio AS/CB 100/0 yaitu 0,474 mm³/Kg.

Berdasarkan hasil pengujian, menunjukkan pengaruh penambahan kadar *coupling agent* dan *filler hybrid* yang berbeda pada pembuatan *thermoset rubber* sangat mempengaruhi nilai abrasi yang dihasilkan. Pada Gambar 3.5 untuk material *thermoset rubber* yang memiliki nilai abrasi lebih besar terdapat pada *thermoset rubber* yang hanya menggunakan *filler* abu sawit saja rasi 100/0, dibandingkan dengan yang menggunakan *filler hybrid*. Hal ini menunjukkan lemahnya ikatan antara abu

sawit dengan karet sehingga material lebih mudah terabrasi (terkikis). Ukuran abu sawit yang masih besar dan kadar silika yang terkandung di dalamnya lebih cenderung berikatan dengan sesama unsur silika lainnya yang bersifat polar, hal ini menyebabkan terbentuknya aglomerasi. Penambahan *coupling agent* yang lebih banyak juga dapat menyebabkan *free volume* yang disebabkan hanya diisi oleh *coupling agent* saja sehingga *coupling agent* hanya mengikat *filler* disekitar penumpukan saja, yang menyebabkan jarak antara *filler – filler* yang lainnya tidak terdistribusi secara merata dan ikatan *filler* dengan karet melemah.

Material *thermoset rubber* yang menggunakan *coupling agent* MNR dan *filler hybrid* abu sawit/*carbon black* ini dapat direkomendasikan sebagai material *thermoset rubber* yang berkualitas baik yang dapat digunakan sebagai kompon ban dalam pembuatan ban kendaraan bermotor. Hal ini ditunjukkan dengan nilai rata – rata *tensile strength* yang lebih besar dari 11,8 Mpa dan nilai *elongation at break* besar dari 500 % (SNI 06 – 1542 -2006). Material *thermoset rubber* ini juga dapat digunakan sebagai kompon untuk sol sepatu dengan nilai *tensile strength* minimal 5 N/mm² dan nilai *elongation at break* minimal 100% , kemudian untuk sol luar sepatu dengan nilai *tensile strength* 4,9 N/mm² dan nilai *elongation at break* minimal 100%.

Sifat mekanik *thermoset rubber* (karet vulkanisat) yang dihasilkan pada penelitian ini tergolong baik. *Tensile strength* dan *modulus elastic* yang dihasilkan pada penelitian ini masih lebih tinggi dibanding dengan penelitian mengenai *thermoset rubber* (karet vulkanisat) sebelumnya seperti terlihat pada Tabel 2.

Pada penelitian Isra (2013) menggunakan *filler hybrid carbon black* N330/ abu sawit (70/30 phr) dengan kadar *filler hybrid* 30 phr menghasilkan sifat mekanik karet vulkanisat yang cukup baik. Dengan *tensile strength* 17,82 MPa dan *elongation at break* 1234,7%

Tabel 2 Standar Mutu Untuk Beberapa Produk Karet Vulkanisat

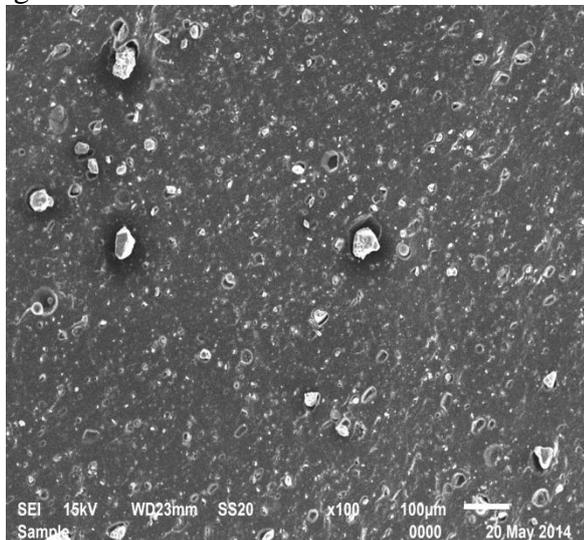
No.	Jenis uji	Standar Mutu Kompon Ban Dalam Kendaraan Bermotor (SNI 06- 1542-2006)	Standar Mutu Kompon Sol Sepatu (SNI 12- 0172-1987)	Standar Mutu Kompon Sol Luar Sepatu (SNI 12- 0172-2005)	Penelitian ini
1	<i>Tensile strength</i> (N/mm ²)	Min 11,8	Min 5	Min 4,9	24,795
2	<i>Elongation at break</i> (%)	Min 500	Min 100	Min 100	816,056
3	<i>Tension Set</i> 100% (%)	Maks 7,5	Maks 10	-	2,17
4	Berat Jenis (g/cm ³)	1,00 – 1,25	Maks 1,5	Maks 1,5	1,061
5	Kekerasan (Shore A)	50 ± 5	55 – 75	55 – 75	54 ± 5
6	<i>Abrasion Resistance</i> (mm ³ /kg)	-	Maks 2,5	Maks 2,5	0,14

Tabel 3 Perbandingan Sifat Mekanik Karet Vulkanisat

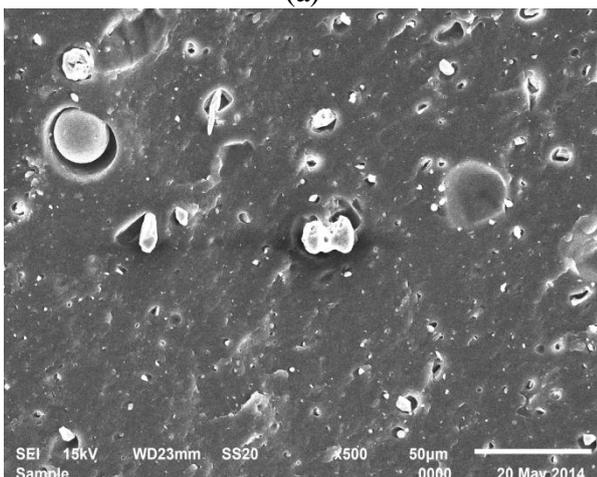
Keterangan	Ismail (2005)	Lili (2012)	Bahrudin dkk (2013)	Isra (2013)	Penelitian ini
<i>Filler</i> yang digunakan	Bubur kertas	<i>Abu sawit/carbon black</i>	<i>Abu sawit/carbo n black</i>	<i>Abu sawit/carbo n black</i>	<i>Abu sawit/carbo n black</i>
Rasio massa <i>filler hybrid</i> (phr)	-	30/70	30/70	30/70	30/70
Kadar <i>filler</i> (phr)	10 - 40	30	30	30	30
Alat yang digunakan	<i>Roll mill</i> dan <i>internal mixer</i>	<i>Roll mill</i>	-	<i>Roll mill</i>	<i>Roll mill</i>
<i>Coupling agent</i>	MNR	Tidak	MNR	MNR	MNR
<i>Tensile strength</i> (MPa)	Lebih baik dari yang tidak menggunakan MNR	19,6	18	17,82	23,214
<i>Elongation at break</i> (%)	Lebih baik dari yang tidak menggunakan MNR	1500	-	1234,7	832,641
<i>Modulus elastic</i> (MPa)	Lebih baik dari yang tidak menggunakan MNR	0,75	-	1,0865	-
<i>Hardness</i> (Durometer)	-	-	-	-	58 ± 5

Morfologi *Thermoset Rubber*

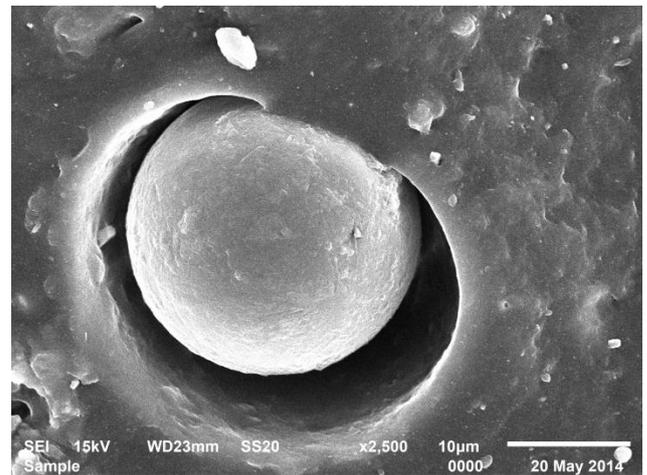
Uji Morfologi atau uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*) karet vulkanisat dilakukan untuk mengetahui persebaran *filler hybrid carbon black/abu sawit* yang berpengaruh pada sifat karet alam vulkanisat tersebut. Hasil SEM (*Scanning Electron Microscopy*) berupa gambar persebaran *filler* dengan berbagai skala pembesaran. Skala pembesaran yang akan digunakan untuk penelitian ini adalah pembesaran 500 kali dan 2500 kali. Sampel yang diuji SEM adalah sampel yang mempunyai sifat *Thermoset Rubber* yang terbaik yaitu sampel pada suhu dan tekanan vulkanisasi 150 °C dan 150 kgf/cm².



(a)



(b)



(c)

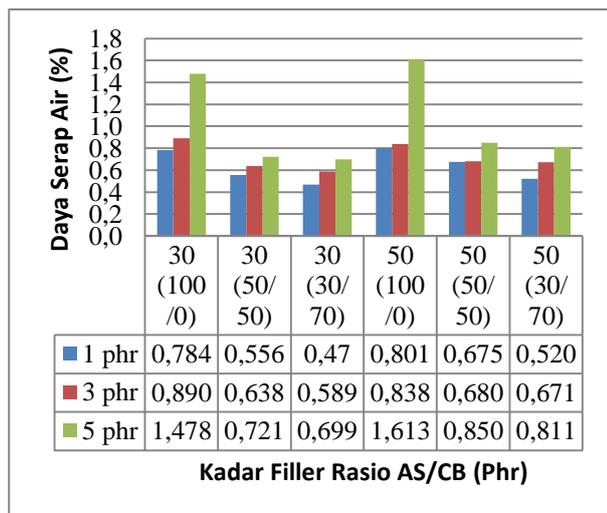
Gambar 3.6 (a), (b) dan (c) Micrograph SEM *Thermoset Rubber* dengan Suhu dan Tekanan vulkanisasi 150 °C dan 150 kgf/cm².

Gambar 3.6 (a) dengan pembesaran 500 kali menunjukkan penyebaran *filler* yang cukup merata pada karet vulkanisat rasio massa *filler hybrid carbon black/abu sawit* 70/30 dan kadar *filler* 30 phr dengan suhu dan tekanan vulkanisasi 150 °C dan 150 kgf/cm². *Filler* terdistribusi dengan baik, hampir disetiap bagian polimer terdapat *filler*. Gambar 3.5 (b) dan (c) dengan perbesaran 500 kali dan 2500 kali menunjukkan interaksi antara polimer dan *filler*, masih terdapat rongga kosong antara polimer dan *filler hybrid*. Rongga kosong terjadi karena kecenderungan abu sawit yang membentuk aglomerasi dikarenakan silika pada abu sawit memiliki gugus hidroksil yang akan berusaha membantu ikatan hidrogen dengan molekul silika atau material kimia lain yang bersifat polar. Penyebaran *filler* yang cukup merata pada gambar dengan perbesaran yang lebih kecil belum mengindikasikan bahwa interaksi antara polimer dan *filler* juga akan baik. Hal ini berpengaruh terhadap nilai *tensile strength* karet vulkanisat tersebut, dimana rata-rata *tensile strength* yang dihasilkan *filler hybrid carbon black/abu sawit* lebih rendah dari *Thermoset Rubber* dengan massa *filler carbon black* (Xinxing 2008). *Elongation at break Thermoset Rubber filler hybrid carbon black/abu sawit* lebih besar dibanding *Thermoset Rubber* yang menggunakan *carbon black* (Xinxing 2008). Hal ini karena ukuran *carbon black* yang digunakan lebih kecil dari pada *filler hybrid carbon black/abu*

sawit. Rongga-rongga kosong yang ada mengindikasikan interaksi yang kurang baik antara *filler* dan polimer yang berakibat rendahnya nilai *tensile strength* yang diperoleh.

Uji Penyerapan Air

Hasil analisa uji penyerapan air pada *Thermoset Rubber* dengan menggunakan *filler hybrid carbon black*/abu sawit untuk 18 sampel dapat dilihat pada Gambar 3.7



Gambar 3.7 Pengaruh Kadar *Coupling Agent* dan *Filler Hybrid* Terhadap Penyerapan Air *Thermoset Rubber*

Dari Gambar 3.7 dihasilkan uji penyerapan air dengan nilai tertinggi yaitu pada *thermoset rubber* dengan kadar *coupling agent* 5 phr dan kadar *filler hybrid* 50 phr dengan rasio AS/CB 100/0 yaitu 1,613%. Hal ini menunjukkan peningkatan massa dikarenakan sampel karet vulkanisat menggunakan *filler* abu sawit secara keseluruhan, tidak menggunakan *filler carbon black*. Kadar *filler* abu sawit yang tinggi ini menyebabkan daya serap air pada sampel *Thermoset rubber* ini semakin besar karena sifat dari abu sawit yang cenderung menyerap air (*hydroscopic*).

Gambar 3.7 menunjukkan pengaruh *filler hybrid* pada *Thermoset Rubber* dalam menyerap air dengan kadar *filler hybrid*. Massa sampel karet vulkanisat meningkat pada setiap sampel uji. Sampel yang mengalami kenaikan massa paling rendah adalah sampel karet vulkanisat yang memiliki rasio massa *filler hybrid carbon black*/abu sawit 30/70 pada variasi *filler hybrid* 30 phr.

Massa sampel ini meningkat dengan persentase penyerapan air sebesar 0,47%. Massa sampel karet vulkanisat ini tidak meningkat secara signifikan karena sampel karet vulkanisat menggunakan *filler carbon black* lebih besar dalam rasionya dibandingkan dengan abu sawit. Sifat *carbon black* ini berlawanan dengan abu sawit, dimana sifat abu sawit *hydroscopic* sedangkan *carbon black* tidak. Inilah yang menyebabkan daya serap air pada sampel ini sangat rendah.

4. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah :

Sifat mekanik dan morfologi *Thermoset Rubber* yang baik meningkat sebanding dengan peningkatan kadar *carbon black* dalam *filler hybrid* dan kadar *filler hybrid* dengan kadar 30 phr memberikan sifat dan morfologi yang lebih baik dibanding penggunaan *filler* dengan kadar 50 phr.

Thermoset Rubber dengan sifat mekanik terbaik diperoleh pada saat rasio massa *filler hybrid carbon black*/abu sawit 70/30 kadar *filler hybrid* 30 phr dan kadar MNR 3 phr, dengan *tensile strength* 23,214 MPa, *elongation at break* 832,641 % dan *Hardness* 58±5 Durometer. Karet vulkanisat yang dihasilkan dapat direkomendasikan sebagai bahan kompon ban dalam kendaraan bermotor (SNI 06-1542-2006) dan sebagai kompon sol sepatu (SNI 12-0172-1987).

Tingginya kadar abu sawit yang terikat dalam karet *Thermoset Rubber* menyebabkan daya serap *Thermoset Rubber* terhadap air meningkat. Hal ini dikarenakan sifat silika dalam abu sawit *hydroscopic* (menyerap air).

5. Saran

Sifat mekanik dari *Thermoset Rubber* dapat ditingkatkan lagi dengan penggunaan *filler hybrid* dengan ukuran yang lebih kecil. Disarankan penelitian lebih lanjut untuk dapat melakukan vulkanisasi yang lebih merata.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak INABEC PT Karet Ngagel khususnya pak Tedjo dan Pak Wawan di Surabaya yang telah mengizinkan penulis melakukan pengujian sampel dan membantu penulis. Terima kasih juga kepada pihak – pihak yang membantu penelitian khususnya di Laboratorium Teknologi Bahan Alam dan Mineral Fakultas Teknik Universitas Riau, serta teman-teman penelitian Afrila, Mery Christina, Ricky Arie Andy dan Lily Saktiani yang telah turut membantu penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, M., P. Kurian., and E. T. Thachil. (2007). *Effectiveness of Cardanol as Plasticizer for Silica-Filled Natural Rubber*. Proquest Science Journals 1(23), 43-45
- Auchter, J. F. (2005). *Chemical Economic Handbook: Carbon Black*. Menlo Park, CA. SRI Consulting.
- Barlow, F. W. (1988). *Rubber Compounding 2nd Edition*, Lewis Publisher. New York.
- Bhuvaneswary, M. G. (2010). *Modification of Natural Rubber using Thermoset Resins*. Doctor of Phylosophy. Faculty of Technology. Cochin University of Science and Technology. India.
- Budiasih, S. (2008). *Pembuatan Produk Karet Dan Plastik*. Akademi Teknologi Kulit. Yogyakarta.
- Chatterjee, K., Naskar, K. (2007). *Development Of Thermoplastic Elastomers Based On Maleated Ethylene Propylene Rubber (M-EPM) And Polypropylene (PP) By Dynamic Vulcanization*. eXPRESS Polymer Letters Vol.1, No.8 (2007) 527–534.
- Ciesielski, A. (1999). *An Introduction to Rubber Technology*. Rapra Technology Limited. United Kingdom.
- Gervajio, G. C. (2005). *Fatty Acids And Derivatives From Coconut Oil*. In: Bailey's Industrial Oil and Fat Products, Sixth Edition. John Wiley & Sons, Inc.
- Ghosh, P., Katare, S., Patkar, P., Caruthers, J.M. & Venkatasubramanian, V. (2003). *Sulfur Vulcanization of Natural Rubber For Benzothiazole Accelerated Formulations: From Reaction Mechanisms to A Rational Kinetic Model*. Rubber Chemistry and Technology, 76 (3), 592.
- Graham & Zhang. (2008). *Rubber Products-Thermoset Rubber*, <http://www.china mould.com>. 18 Maret 2013.
- Hildayati., Triwikantoro., Heny, F. & Sudirman. (2009). *Sintesis dan Karakteristik Bahan Komposit Karet Alam-Silika*. Seminar Nasional Pascasarjana. Institut Teknologi Sepuluh November..
- Ismail, H., Rusli, A., Rashid, A. A. (2005). *Maleated Natural Rubber As A Coupling Agent For Paper Sludge Filled Natural Rubber Composites*. Polymer Testing, 24 (7), 856-862.
- Jufri, M. (2011). *Optimalisasi Proses Injection Moulding Pada Nanoalumina*. Jurnal Teknik Industri Volume 12 No. 1 Februari 2011. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Machado, A. V. & Covas, J. A. (2000). *Monitoring Polyolefin Modification along the Axis of a Twin-Screw Extruder II Maleic Anhydride Grafting*. Journal of Polymer Science: Part A (38), 3919-1932.
- Morton, M. (1973). *Rubber Technology*, Van Nastrand, Reinhold CO, New York.
- Morton, M. (1987). *Rubber Technology, 3rd Edition*, Vani Nostrand, New York.
- Nakason, C., Saiwari, S. & Kaesaman, A. (2006). *Thermoplastic Vulcanizates Based on Maleated Natural Rubber/Polypropylene Blends: Effect of Blend Ratios on Rheological, Mechanical, and Morphological Properties*. Polymer Engineering and Science, 46, 594-600.
- Putra, A. (2013). *Pengaruh Waktu dan Suhu reaksi Grafting pada Proses Pembuatan Maleated Natural Rubber*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Kimia Teknologi Oleokimia & Petrokimia Indonesia. Pekanbaru. Riau
- Rahmawati. (2009). *Pengaruh Komposisi Arang Cangkang Kelapa Sawit dan Hitam Arang (Carbon Black) Terhadap Kualitas Kompon Karet Sol Sepatu*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara.

- Ridha, A. (2008). *Rubber Technology (Machinery & Chemical Ingredients)*. <http://www.part-1-open-mill-and-internal-mixer.html>. 22 Agustus 2013
- Saktiani, L. (2012). *Pengaruh Kadar Dan Rasio Massa Filler Hybrid Carbon Black/Abu Sawit Terhadap Morfologi Dan Sifat Material Karet Alam Vulkanisat*. Skripsi Sarjana. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Kimia. Universitas Riau. Indonesia.
- Saowapark, T. (2005). *Reinforcement of Natural Rubber with Silica/Carbon Black Hibrid Filler*. Thesis. Mahidol University.
- Soltani, S. & Sourki, F.A. (2005). *Effect of Carbon Black Type on Viscous Heating, Heat Build-up and Relaxation Behaviour of SBR Compounds*. Iranian Polymer Journal, 14 (8), 745-751.
- Standard Indonesian Rubber (SIR). (2007). <http://www.rubberimpex.com/RubberPart.htm>. 21 Maret 2013.
- Steven, M. P. (2001). *Polimer 1st Edition*. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Wang, M. J., Zhang, P. & Mahmud, K. (2001). *Carbon-Silica Dual Phase Filler. A New Generation Reinforcing Agent For Rubber*. Rubber Chemistry and Technology, 74 (1), 124-128.
- Wypych, G. (2000). *Handbook of Filler*. Chemtec and William Andrew Publishing. Toronto.
- Wypych, G. (2004). *Handbook of Plasticizer*. Chemtec and William Andrew Publishing. Toronto.
- Zhang, T., Wang, W., Zhang, D., Zhang, X. & Yurong, M. (2010). *Biotemplated synthesis of gold nanoparticle–bacteria cellulose nanofiber nanocomposites and their application in biosensing*. Journal Advanced Functional Materials 20, 1152-1160.
- Zurina, M. (2007). *Characterization and Properties of Epoxidised Natural Rubber (ENR-50)/ethylene vinyl acetate (EVA) Blends*. PhD Thesis. Universitas Teknologi Malaysia.