

Pengaruh Kadar Sulfur dan Plastisizer Paraffin terhadap Morfologi dan Sifat Karet Alam Thermoset dengan Filler Abu Sawit/Carbon Black

Maradona, Nirwana, Bahrudin
Laboratorium Teknologi Bahan Alam dan Mineral, Jurusan Teknik Kimia,
Fakultas Teknik, Universitas Riau 28293

Email : mardon.maradona@yahoo.com
Hp : 083186426165

ABSTRAK

Sulfur and plasticizer has an important role in the manufacture of thermoset rubber. Plasticizer serves to increase the spread of filler in the elastic properties of rubber. While the function of sulfur during the vulcanization process. This research aims to study the effect of sulfur and paraffin plasticizers on the morphology and properties of thermoset rubber with palm ash /carbon black as filler. sulfur content used were 1,5 phr 2,5 phr and 3 phr (per hundred rubber). Plasticizer content used were 2,5 phr and 5 phr. Mastication process is carried out using a roll mill at room temperature, roll rotational speed of 20 rpm, and the overall time of the manufacture of compound ± 50 minutes. Activator used was ZnO, a co-activator used was stearic acid, an accelerator used was MBTS, antidegradant used was TMQ. Vulcanization process was carried out at a temperature of 150 °C and pressure of 50 kgf/cm². Testing of mechanical properties includes tensile strength, elongation at break and elastic modulus using standard ISO 527-2 type 5A with a universal testing machine. Testing morphology was carried out using a scanning electron microscope (SEM). Other parameter tested is water absorption resistance. The results showed that the rate of sulfur and plasticizer influence the properties of vulcanized rubber. The best mechanical properties obtained at 2.5 phr sulfur and 2.5 phr plasticizer with filler ratio of palm ash /carbon black 30/70 with a tensile strength of 18.41 MPa, elongation at break 1155.9 % and elastic modulus of 0.9 MPa.

Keywords : sulfur , plasticizers , fillers hybrid , natural rubber , vulcanized

1. PENDAHULUAN

Karet merupakan polimer yang mempunyai sifat elastis, sehingga dinamakan pula sebagai elastomer. Karet digolongkan atas dua jenis yaitu, karet sintetik dan karet alam. Karet alam mempunyai struktur molekul cis-1,4-polyisoprene dan bersifat tidak tahan

terhadap ozon, minyak serta suhu tinggi. Jika sudah divulkanisasi berubah menjadi termoset dan tidak dapat di proses kembali baik dengan proses pemanasan ataupun pelarutan. Indonesia merupakan negara penghasil NR terbesar kedua di dunia setelah Thailand, dengan jenis produk utamanya adalah standard

Indonesian Rubber (SIR)-20. Standar kualitasnya didasarkan pada Standar Nasional Indonesia (SNI: 06-1903-1990), dimana komposisi maksimum komponen bukan karet adalah: kotoran 0.20%, abu 1.00%, zat menguap 0.80%, dan nitrogen 0.60% (Budiman, 2002).

Thermoset rubber atau karet vulkanisat memiliki kelebihan dibanding *thermoplastic elastomer*, yaitu tahan terhadap temperatur yang ekstrim, memiliki ketahanan terhadap bahan-bahan kimia, bersifat tahan air, memiliki ketahanan terhadap sinar UV, tidak mudah terdegradasi sehingga sangat cocok sebagai bahan dalam pembuatan ban [Graham dan Zhang, 2008]. Lebih dari 70% karet alam dunia digunakan sebagai bahan dalam pembuatan ban dan sisanya digunakan dalam pembuatan kabel, *o-rings*, dan sebagainya [Chapman, 2007].

Penggunaan *plasticizer* sebagai bahan aditif untuk meningkatkan material karet pernah dilakukan oleh Gustina (2010) tetapi untuk jenis *thermoplastik*, jenis *plasticizer* yang digunakan yaitu *paraffin* dan minyak nabati, dengan komposisi 5, 25, dan 50 phr untuk masing-masing bahan, diperoleh *tensile strenght* dan *elastic modulus* yang semakin menurun, namun *elongation break* semakin meningkat. Sedangkan soleha (2009) dalam penelitiannya dengan menambahkan filler serat abu sawit, tanpa penambahan *plasticizer* hasil yang diperoleh yaitu *elongation at break* 199% dan *tensile strength* 7,7 Mpa

Lili saptiani dkk (2011) dalam pembuatan karet vulkanisat menggunakan sulfur 3 phr, *plasticizer* 2,5 phr serta filler abu sawit/carbon black, diketahui bahwa Karet vulkanisat sifat mekanik terbaik diperoleh dengan rasio massa *filler hybrid abu sawit*

/carbon black 30/70 kadar *filler hybrid* 30 phr, *tensile strength* 19,6 MPa, *elongation at break* 1500 % dan *modulus elastic* 0,75. Dan masih perlu ditingkatkan agar bisa digunakan untuk bahan komersial yang lain selain itu juga untuk mempelajari pengaruh kadar bahan kuratif sulfur dan *plasticizer* *paraffin* terhadap morfologi dan sifat karet alam *thermoset* dengan filler abu sawit/carbon black. Karna itu perlu dilakukan dengan melihat perbandingan penggunaan kadar sulfur dan *plasticizer*.

Penggunaan *plasticizer* dapat membantu proses penyebaran *filler* di dalam campuran karet, karena *plasticizer* yang ditambahkan dapat memutuskan ikatan rantai polimer pada karet dan molekul *plasticizer* dapat menembus ke dalam matriks [Alexander, 2007]. Sedangkan sulfur berfungsi pada saat proses vulkanisasi, pada proses vulkanisasi akan terbentuk ikatan *crosslink* antara molekul karet yang dihubungkan oleh atom-atom sulfur, sehingga terbentuk molekul karet yang lebih besar dan kuat serta tahan terhadap degradasi kimia, dengan penambahan sulfur akan terjadi proses vulkanisasi yang akan meningkatkan sifat-sifat *elastic* dan mekanik karet (rader, 1996)

2. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan Yang digunakan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah karet alam (*natural rubber*) jenis SIR-20 sebagai komponen elastomer, abu sawit sebagai *filler1*, carbon black sebagai *filler2*, *Paraffin* sebagai *plasticizer*, Zink oksida sebagai *activator*, asam stearat sebagai *co-activator*, trimethylquinone (TMQ) sebagai *anti degradant*, Mercaptodi benzothiazyl disulfid (MBTS) sebagai *vulcanization accelerator*, Sulfur sebagai *curative agent*.

Alat Yang digunakan

Peralatan yang digunakan untuk pembuatan kompon karet yaitu *roll mill* dengan spesifikasi: *control speed Toshiba UF-S9* 400 volt, 3,7 kw; motor *Teco* 1440 rpm, 5 hp; diameter roll 10 cm dan panjang roll 35 cm. Untuk proses vulkanisasi sekaligus pembentukan slab digunakan *Hot Press* dan *Cold Press* jenis *Gonno Hydraulic Press*, kapasitas 210 kg/cm². Peralatan yang digunakan untuk menguji spesimen meliputi: *Universal Testing Machine*, model UCT-5T produksi *Orientec Co. Ltd* dengan metode standar berdasarkan ISO 527-2 yang digunakan untuk pengujian sifat mekanik dan *analytical scanning electron microscope* tipe JSM-6360LA, produksi *JEOL* Jepang untuk pengamatan morfologi.

Variabel Penelitian

Variabel proses yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari variabel bebas yaitu, kadar sulfur 1,5; 2,5 dan 3 phr; plasticizer 2,5 dan 5; sedangkan variabel tetap, ZnO 5 phr, Asam stearat, 3 phr, TMQ 1 phr, MBTS 0,6 phr, dan rasio massa filler carbon black/abu sawit 100/0 ; 30/70.

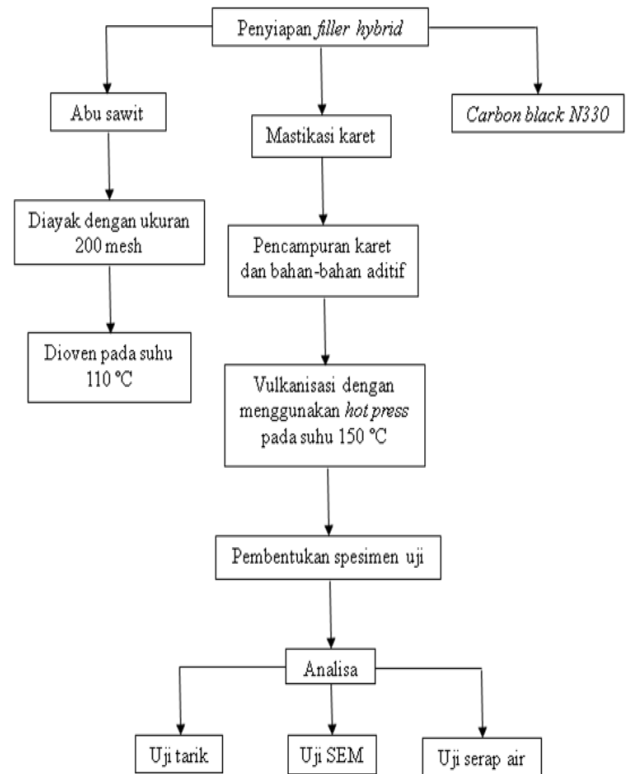
Mastikasi bahan-bahan ini dilakukan dengan menggunakan *roll mill* pada suhu ruang dan kecepatan rotor 20 rpm. Variabel bebas yang digunakan yaitu rasio massa *filler carbon black*/abu sawit. Rasio massa *filler abu sawit*/carbon black (dalam phr) yang digunakan adalah 30/70; dan 100/0.

Variabel proses yang digunakan

Variabel Proses			
Variabel Bebas		Variabel Tetap PHR	
Kadar Sulfur	1,5phr; 2,5phr dan 3 phr	ZnO	5
		Asam stearat	3
		TMQ	1
		MBTS	0.6
Plastisizer paraffin	2,5 phr dan 5 phr	Carbon Black/ abu sawit	100/0 30/70

Rancangan Penelitian

Dibawah ini adalah gambaran rancangan penelitian yang akan dilakukan.



Gambar 1. Skema penelitian thermoset rubber

Penyiapan Filler Hybrid

Abu sawit 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*. Abu sawit (*fly ash*) terlebih dahulu disaring agar didapatkan ukuran yang diinginkan. Ukuran abu sawit (*fly ash*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah 200 mesh, dimana pengayakan dilakukan pada Laboratorium Teknologi Bahan, Teknik Sipil, Universitas Riau. Pengujian kadar silika pada abu sawit dilakukan karena pada dasarnya abu

sawit mengandung silika yang cukup tinggi dan baik digunakan sebagai *filler*.

Penyiapan kompon Karet

Tahapan proses pencampuran material dalam *roll mill*

No	Aktivitas	Kuantitas (phr)	Menit ke-
1	Karet (NR)	100	0
2	Penambahan <i>plasticizer</i>	2,5 dan 5	15
3	<i>Filler Abu sawit /carbon black</i>	30/70	100/0
4	Penambahan ZnO	5	25
5	Asam stearet	3	30
6	Penambahan TMQ	1	35
7	Penambahan MBTS	0,6	41
8	Penambahan Sulfur	1,5 2,5 dan 3,3	50

Analisa Hasil

Uji Tarik (Tensile strength)

Analisa uji tarik merupakan analisa untuk mengetahui kekuatan tarik suatu material sampai material tersebut patah, atau dapat juga didefinisikan sebagai analisa untuk mengetahui besarnya gaya yang terjadi pada material pada saat dilakukan uji tarik sampai material tersebut patah. Alat yang digunakan untuk melakukan uji *tensile* adalah *Universal Testing Machine*. Material yang akan diuji harus dibentuk menjadi spesimen-spesimen yang ukurannya disesuaikan dengan standar yang digunakan yaitu ISO 527-2 type 5A dengan menggunakan *dumbbell* sebelum melakukan uji *tensile*. 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.

Analisa SEM

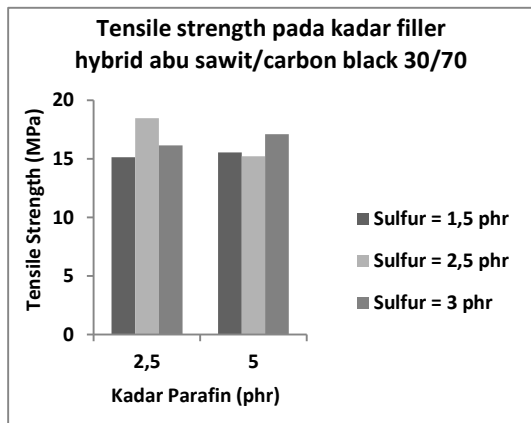
Sebelum dilakukan analisa SEM, terlebih dahulu sampel direndam didalam nitrogen cair selama ± 2 menit agar tekstur campuran menjadi keras dan awet sehingga permukaan sampel tidak rusak pada saat dipatahkan. Sampel yang telah direndam nitrogen cair dipatahkan dan dilapisi emas (*coating* emas) agar sampel bersifat konduktor. Perbesaran morfologi sampel dilakukan untuk dapat mengamati distribusi *filler* didalam kompon karet dengan cukup jelas [Sartono, 2006]. Morfologi karet vulkanisat diamati dengan 4 kali perbesaran, yaitu 100, 1000, 2500 dan 5000 kali perbesaran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

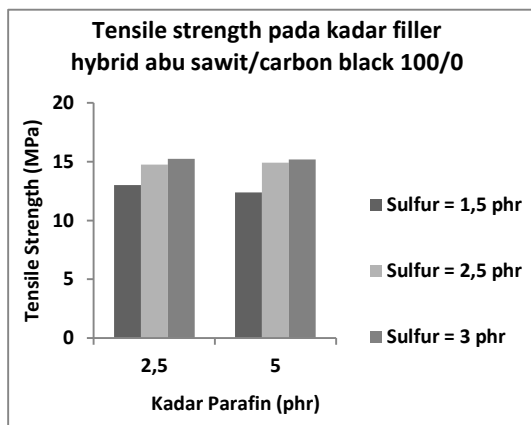
Hasil penelitian karet vulkanisat dengan memvariasikan kadar sulfur dan plastisizer paraffin terhadap *filler hybrid* abu sawit/ karbon black serta data percobaan akan diuraikan dalam bab ini. Penelitian menunjukkan bagaimana pengaruh kadar sulfur dan plastisizer paraffin terhadap *thermoset rubber* dengan *filler* abu sawit dan *carbon black*.

Sifat Mekanik Karet Vulkanisat

Parameter yang menjadi dasar utama dalam menilai sifat mekanik suatu material karet vulkanisat adalah nilai *tensile strength*, *elongation at break*, dan *modulus elastic* yang dihasilkan. Hasil analisa sifat mekanik karet vulkanisat dengan variasi kadar sulfur dan plastisizer paraffin yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2, 3, 4, 5, 6 dan 7.



Gambar 2. Pengaruh kadar sulfur dan plastisizer dengan *filler hybrid* abu sawit/ *carbon black*(30/ 70 phr) terhadap *Tensile Strength*

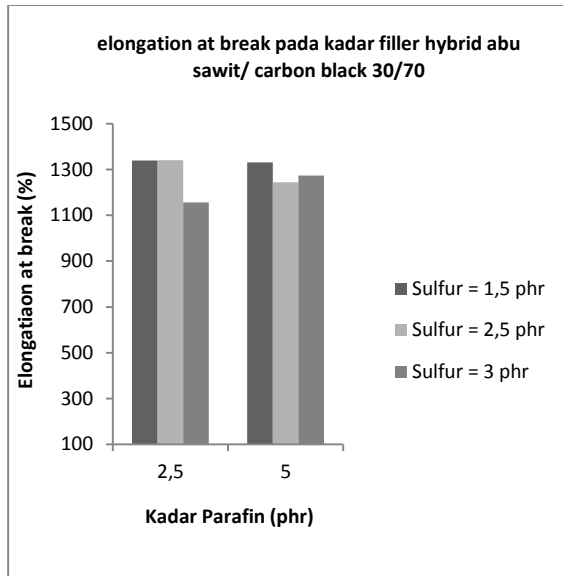


Gambar 3. Pengaruh kadar sulfur dan plastisizer dengan *filler hybrid* abusawit/ *carbon black* (100/0 phr) terhadap *Tensile Strength*

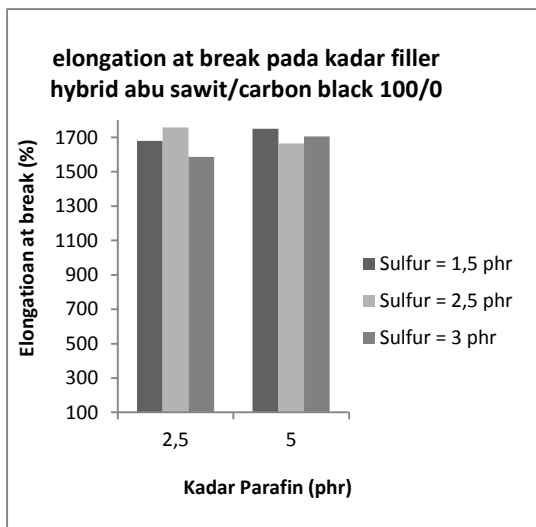
Dari gambar 2. menunjukkan pengaruh penambahan kadar sulfur dan plastisizer paraffin pada karet vulkanisat dengan penggunaan *filler hybrid* abu sawit/*carbon black* terhadap *tensile strength*. Pada saat penggunaan plastisizer paraffin 2,5 phr dan sulfurnya divariasikan, *tensile strength* mengalami peningkatan pada kadar sulfur 2,5 phr dan plastisizer paraffin 2,5 phr memiliki rata-rata nilai *tensile strength* terbesar yaitu 18,47 MPa. Sifat *tensile strength* mengalami penurunan ketika penambahan sulfur menjadi 3 phr. yakni

dari 18,47 MPa menjadi 16,15 MPa. Hal ini mungkin saja terjadi karena persebaran sulfur dan akselarator yang kurang merata pada saat pembentukan kompon karet. Sehingga mengakibatkan ikatan *crosslink* karet yang divulkanisasi pada spesimen tersebut terlalu lama terjadi. Laju pembentukan ikatan *crosslink* tergantung pada jumlah sulfur, bahan akselarator dan kemudahan interaksi antar partikel karet pada saat vulkanisasi.

Pada gambar 3. menunjukkan pengaruh penambahan kadar sulfur dan plastisizer dengan *filler hybrid* (100/0) terhadap *tensile strength*. Pada kadar paraffin 2,5 phr dan sulfurnya divariasikan *tensile strength* mengalami peningkatan dengan penambahan sulfur. Hal ini menunjukkan terjadinya persebaran sulfur dan accelerator yang baik pada saat pembuatan kompon karet di *roll mill* sehingga pada saat proses vulkanisasi terjadi interaksi ikatan yang bagus. Pada kadar sulfur 3 phr dan plastisizer 2,5 phr diketahui nilai *tensile strength* yang terbesar yakni 15,23 MPa. Sedangkan pada saat plastisizer dinaikkan dari 2,5 phr menjadi 5 phr terjadi penurunan *tensile strength* dari 15,23 MPa menjadi rata-rata 14 MPa. Hal ini disebabkan bertambahnya plastisizer menyebabkan *free volume* pada karet yang seharusnya terisi oleh *filler* akan terisi oleh plastisizer.



Gambar 4. Pengaruh kadar sulfur dan plastisizer dengan filer *hybrid* abu sawit/ *carbon black* (30/70 phr) terhadap *Elongation at break*



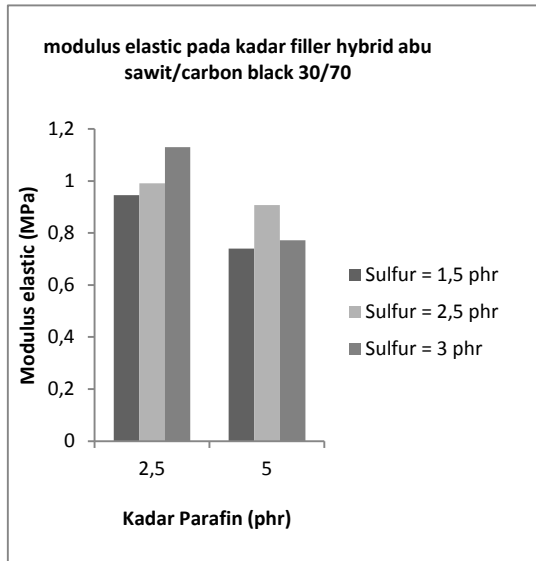
Gambar 5. Pengaruh kadar sulfur dan plastisizer dengan filer *hybrid* abu sawit/ *carbon black* (100/0 phr) terhadap *Elongation at break*

Gambar 4 dan 5 menunjukkan pengaruh penambahan kadar sulfur dan plastisizer *paraffin* terhadap *elongation at break*. *Tensile strength* berbanding terbalik dengan *elongation at break* yang yang diperoleh. Karet vulkanisat yang memiliki nilai *elongation at break*

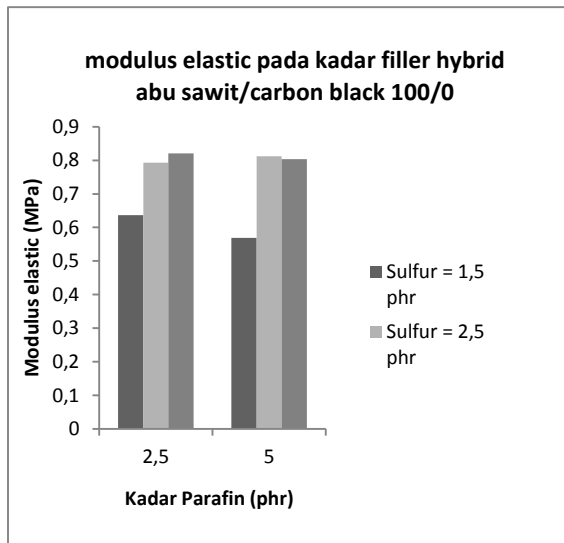
tertinggi terdapat pada sampel kadar sulfur 2,5 phr dan plastisizer 2,5 phr dengan *filler hybrid* abu sawit/*carbon black* 100/0 yaitu sebesar 1758,2 %. Karet vulkanisat yang memiliki nilai *elongation at break* terendah terdapat pada sampel kadar sulfur 3 phr dan plastisizer 2,5 phr dengan *filler hybrid* abu sawit/*carbon black* 30/70 yaitu sebesar 1155,9 %. Apabila dilihat dari nilai *elongation at break* yang rata-rata semuanya lebih dari 1000 % hal ini menunjukkan tidak terjadinya vulkanisasi yang baik pada saat proses vulkanisasi. Hal ini bisa terjadi disebabkan waktu vulkanisasi yang singkat serta tidak tercampur dengan baiknya semua bahan pada saat proses pencampuran di alat *roll mill*.

Karet vulkanisat yang memiliki nilai *elongation at break* tertinggi terdapat pada sampel dengan kadar sulfur 2,5 phr dan plastisizer 2,5 phr dengan rasio massa *filler hybrid* abu sawit/*carbon black* 100/0, yaitu sebesar 1758,2 %. Sedangkan pada *filler hybrid* abu sawit/*carbon black* 30/70 nilai *elongation break* trendah diperoleh pada kadar sulfur 3 phr dan plastisizer *paraffin* 2,5 phr yakni 1155,9 %. Bila kita lihat dari penggunaan fillernya, diketahui bahwa nilai *elongation break* yang tinggi terdapat pada sampel karet vulkanisat yang tidak menggunakan *filler carbon black*. Nilai *elongation at break* yang rendah pada sampel karet vulkanisat yang menggunakan *filler carbon black* ini disebabkan kadar *carbon black* yang lebih banyak. *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. Sifat ini juga dipengaruhi oleh proses penambahan sulfur dan *accelerator* yang tidak homogen pada saat pencampuran.



Gambar 6. Pengaruh kadar sulfur dan plastisizer dengan filer *hybrid* abu sawit/ *carbon black* (30/70 phr) terhadap *Modulus elastic*



Gambar 7. Pengaruh kadar sulfur dan plastisizer dengan filer *hybrid* abu sawit / *carbon black* (100/0 phr) terhadap *Modulus elastic*

Gambar 6 dan 7 menunjukkan pengaruh penambahan kadar sulfur dan plastisizer paraffin pada karet vulkanisat dengan *filler hybrid* terhadap *modulus elastic*. Sampel karet vulkanisat dengan kadar sulfur 3 phr dan plastisizer 2,5 phr dengan filler abu sawit/carbon black 30/70 phr memiliki *modulus elastic* yang tinggi yaitu 1,13 MPa. *Modulus elastic* dipengaruhi oleh adanya peningkatan kerapatan ikatan *crosslink* yang dihasilkan dari proses vulkanisasi dan/atau pengubahan ikatan polisulfida menjadi ikatan mono dan disulfida (saowapark, 2005). Waktu vulkanisasi yang lama juga mempengaruhi *modulus elastic* karet vulkanisat. *Modulus elastic* akan menurun jika waktu vulkanisasi terlalu lama pada system vulkanisasi karet alam. Waktu vulkanisasi yang lama ini akan menyebabkan karet terdegradasi sehingga membentuk cincin disulfida ataupun rantai lainnya yang dapat menyebabkan penurunan sifat karet vulkanisat [ghosh dkk, 2003].

Sampel karet Vulkanisat dengan memvariasikan kadar sulfur dan plastisizer serta menggunakan *filler hybrid* abu sawit/ *carbon black* dapat direkomendasikan sebagai material karet vulkanisat yang baik digunakan sebagai kompon ban dalam kendaraan bermotor karna memiliki rata-rata nilai *tensile strength* yang lebih besar dari 19.8 Mpa dan *elongation at break* besar dari 500 % [SNI 0.6-1542-2006] seperti yang terlihat pada tabel 2.

Tabel 2. Standar mutu untuk beberapa produk karet

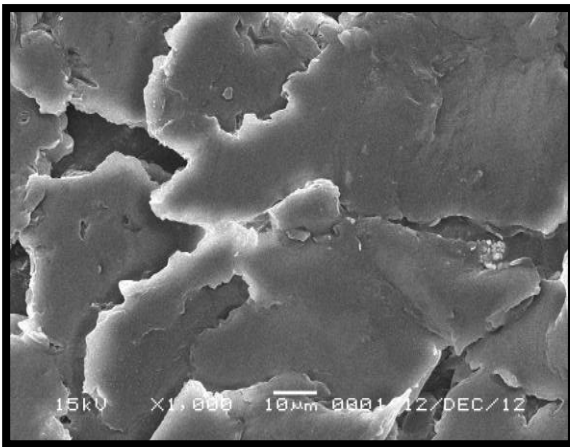
No.	Jenis uji	Standar Mutu Kompon Ban Dalam Kendaraan Bermotor (SNI 06-1542-2006)	Standar Mutu Kompon Sol Sepatu (SNI 12-0172- 1987)	Standar Mutu Kompon Sol Luar Sepatu (SNI 12-0172- 2005)	Penelitian ini
1	<i>Tensile strength</i> (N/mm ²)	Min 11,8	Min 5	Min 4,9	18,41
2	<i>Elongation at break</i> (%)	Min 500	Min 100	Min 100	1758
3	Perpanjangan tetap 100%	Maks 7,5	Maks 10	-	0,9
4	<i>Tear strength</i> (N/mm ²)	Min 7,5	Min 2,5	Min 2,45	-
5	<i>Abrasion resistance</i> (mm ³ /kg)	-	Maks 2,5	Maks 2,5	-

Sifat mekanik karet vulkanisat yang dihasilkan pada penelitian ini tergolong baik. *Tensile strength* dan *modulus elastic* yang dihasilkan pada penelitian ini masih lebih rendah jika dibandingkan dengan penelitian mengenai karet vulkanisat sebelumnya seperti terlihat pada tabel 2. Wang (2001) dengan menggunakan *filler hybrid silica/carbon black* N110 (11,9/35,6 phr) dengan kadar *filler* total 47,5 phr menghasilkan sifat mekanik karet vulkanisat yang sangat baik. *Tensile strength* yang diperoleh 27,82 MPa, *elongation at break* 600 % dan *modulus elastic* 0,86. *Tensile strength* dan *modulus elastic* yang diperoleh Wang lebih tinggi karena menggunakan *coupling agent* 1,5 phr dan proses pencampuran polimer dan bahan-bahan lainnya berlangsung di *Banbury mixer*. Alat ini akan menghasilkan kompon yang lebih homogen daripada dengan menggunakan *roll mill*. Ukuran partikel *carbon black* yang digunakan juga lebih kecil. Tabel 3 Perbandingan sifat mekanik karet vulkanisat

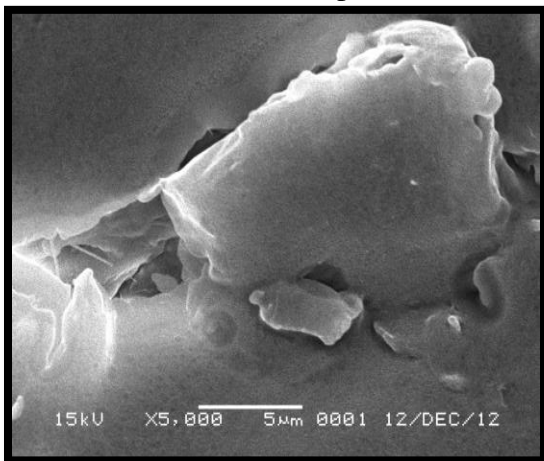
Keterangan	Wang dkk (2001)	Saow apark (2005)	Penelitian ini
<i>Filler</i> yang digunakan	<i>Silica/carbon black</i>	<i>Silica /carbon black</i>	<i>Abu sawit/carbon black</i>
Rasio massa <i>filler hybrid</i> (phr)	25/75	60/40	30/70
Kadar <i>filler</i> (phr)	47,5	30	30
Kadar sulfur dan plastisizer	1,4 phr dan 3,5 phr	1,4 phr dan 2 phr	2,5 phr dan 2,5 phr
Alat yang digunakan	<i>Banbury mixer</i>	<i>Roll mill dan internal mixer</i>	<i>Roll mill</i>
<i>Coupling agent</i>	Ya	Tidak	Tidak
<i>Tensile strength</i> (MPa)	27,82	29,2 ± 0,7	18,4
<i>Elongation at break</i> (%)	600	535,8 ± 28,5	1155,9
<i>Modulus elastic</i> (MPa)	0,86	-	0,9

Morfologi Karet Vulkanisat

Morfologi dari material thermoset rubber diketahui berdasarkan hasil uji Scanning Electron Microscopy (SEM). Pada penelitian ini, analisa morfologi dilakukan pada sampel yang memiliki hasil uji terbaik. Pada pengujian tarik, sampel yang memiliki kuat tarik terbaik adalah sampel dengan kadar sulfur 2.5 phr dan plastisizer 2.5 phr dengan filler hybrid abu sawit /carbon black 30/70 phr.



Gambar 8. Micrograph SEM karet vulkanisat dengan perbesaran 1000x untuk kadar sulfur 2,5 phr dan plastisizer paraffin 2,5 phr dengan rasio massa abu sawit/carbon black 30/70 phr.



Gambar 9. Micrograph SEM karet vulkanisat dengan perbesaran 5000x untuk kadar sulfur 2,5 phr dan plastisizer

paraffin 2,5 phr dengan rasio massa abu sawit/carbon black 30/70 phr.

Gambar 8. dengan perbesaran 1000 kali bertujuan untuk melihat penyebaran filler pada karet. Dari gambar dapat diketahui bahwa penyebaran filler yang cukup merata pada karet vulkanisat dengan kadar sulfur 2,5 phr dan plastisizer 2,5 phr serta rasio abu sawit/carbon black 30/70. Tetapi masih terdapat rongga kosong antara polimer dan filler, hal ini disebabkan tidak homogenya pencampuran bahan-bahan pada proses pencampuran serta waktu vulkanisasi yang singkat. Dari hasil *elongation at break* juga menunjukkan bahwa tidak terjadinya vulkanisasi yang sempurna, namun penggunaan yang cukup baik yaitu kadar sulfur dan plastisizer paraffin dengan filler hybrid sesuai dengan gambar yang ditampilkan bahwa plastisizer membantu penyebaran filler dan dapat meningkatkan sifat mekanik dan morfologi yang baik [alexander, 2007].

Gambar 9. dengan perbesaran 5000 kali menunjukkan interaksi antara polimer dan filler, masih terdapat rongga kosong antara polimer dan filler abu sawit. 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. Aglomerasi juga dapat terjadi karena proses pencampuran yang dilakukan menggunakan roll mill kurang homogen. Hal ini mungkin saja terjadi karena persebaran sulfur dan akselerator yang kurang merata pada saat pembentukan kompon karet. Sehingga mengakibatkan ikatan *crosslink* karet

yang divulkanisasi pada spesimen tersebut terlalu cepat terjadi. Laju pembentukan ikatan *crosslink* tergantung pada jumlah sulfur, bahan akselarator dan kemudahan interaksi antar partikel karet pada saat vulkanisasi [Sofyan, 2001]. Namun secara keseluruhan campuran yang terbentuk cukup homogen dan seragam.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa karet vulkanisat dengan sifat mekanik terbaik diperoleh dengan kadar sulfur 2,5 phr dan plastisizer paraffin 2,5 phr pada rasio massa *filler hybrid* abu sawit/*carbon black* 70/30 dengan *tensile strength* 18,4 Mpa, *elongation at break* 1155,9 % dan *modulus elastic* 0,9 Mpa. 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).

Saran

Sifat mekanik dari karet vulkanisat dapat ditingkatkan lagi dengan penggunaan coupling agent untuk aplikasi karet yang membutuhkan sifat mekanik yang lebih tinggi dan sebaiknya waktu pada proses vulkanisasi perlu di tingkatkan dan divariasikan (tidak hanya 10 menit).

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, M., P. Kurian., dan E. T. Thachil., 2007, Effectiveness of Cardanol as Plasticizer for Silica-Filled Natural Rubber, *Proquest Science Journals*, 1(23), 43-45
- Budiman, A. F. S., 2002, "Recent Development in Natural Rubber Prices", in FAO, Consultation on Agricultural Commodity Price Problems, Rome, 25-26 March 2002
- Chapman, A. V., 2007, Natural Rubber and NR-based Polymers: Renewable Materials with Unique Properties, Tun Abdul Razak Research Centre, Malaysian Rubber Board
- Ghosh, P., S. Katare., P. Patkar., J.M. Caruthers, dan V. Venkatasubramanian, 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 dan Zhang, 2008, Rubber Products-Thermoset Rubber, <http://www.chinamould.com>, 18 Februari 2011
- Gustina, I., 2010, Pengaruh Rasio Massa Abu Sawit–Karet Alam Terhadap Morfologi dan Sifat Material *Thermoplastic Vulkcanizate*, *Skripsi*, Universitas Riau.
- Rader, CP, 1996, *Thermoplastic Elastomer*, didalam Harper, C.A., Handbook of Plastics, Elastomer,

and Composite, ed. 3th, McGraw-Hill.

Saowapark, T, 2005, Reinforcement of Natural Rubber with Silica/CarbonBlack Hibrid Filler, *Thesis*, Mahidol University

Sartono, A. A., 2006, Scanning Electron Microscope (SEM), <http://www.agfipusat.com/gudang/lain2/Paper%205%20SEM.pdf>, 20 Januari 2012

Solehah, Liana, 2009, Pengaruh Filler Serat Sabut Sawit Terhadap Morfologi dan Sifat Termoplastik Elastomer Berbasis Karet Alam, *Skripsi*, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Wang, M. J., P. Zhang., dan K. Mahmud., 2001, Carbon-Silica Dual Phase Filler, A New Generation Reinforcing Agent For Rubber, *Rubber Chemistry and Technology*, 74 (1), 124-128