

MODEL PENGEMBANGAN FORMULA KOMPON VULKANISIR BAN LUAR DUMP TRUCK DENGAN FILLER FLY ASH

MODEL DEVELOPMENT OUTSIDE THE FORMULA COMPOUND TIRE RETREADING DUMP TRUCK WITH FLY ASH FILLER

Nasruddin¹⁾, Sudirman²⁾, A. Mahendra³⁾ dan A. Haryono⁴⁾

Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang¹⁾; Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN)²⁾;
Pusat Teknologi Industri Proses (PTIP)³⁾; Pusat Penelitian Kimia LIPI⁴⁾
e-mail: nas.bppi@gmail.com

Diterima: 6 September 2013; Direvisi: 30 September 2013 – 7 April 2014; Disetujui: 30 Mei 2014

Abstrak

Vulkanisir ban luar *dump truck* impor dan lokal telah dilakukan karakterisasi sebagai dasar untuk membuat model pengembangan formula vulkanisir ban luar *dump truck*. Bahan yang digunakan antara lain karet alam SIR 20, Elastomer Termoplastik (inserting ETP), *carbon black*, silica dan *fly ash*. Hasil pengujian menunjukkan, penambahan ETP pada karet alam SIR 20 untuk vulkanisir ban luar *dump truck* dapat meningkatkan kekerasan 3,03%, kuat tarik 3,87%, kuat sobek 15,46%, modulus 100% dengan nilai 36,28%, modulus 300% dengan nilai 27,71% dan abrasi = 52,46%. Pengujian sifat mekanik pada kondisi segar setelah proses penuaan (*aging*) dan setelah diberi paparan ozon 25 ppm selama 3x24 jam pada suhu 40°C menunjukkan, penambahan ETP memberikan efek positif pada beberapa sifat mekanik. Hasil pengujian SEM-EDS menunjukkan penambahan ETP dapat melindungi karet alam dari serangan ozon. Fly ash yang ditambahkan pada formula kompon memiliki kecenderungan berikatan satu sama lain, sehingga pada proses pembuatan formula dikembangkan suatu inovasi pencampuran dengan coupling agent jenis PEG 400 dan Si 69.

Kata Kunci : karet alam, ETP, *carbon black*, *fly ash*, kompon ban luar *dump truck*.

Abstract

Retread tire dump trucks imported and local characterization has been performed as a basis for modeling the development of a formula dump truck tire retreading. Materials used include natural rubber SIR 20, Thermoplastic Elastomer (inserting ETP), carbon black, silica and fly ash. The test results showed that the addition of the ETP on natural rubber SIR 20 for retread tire dump trucks can increase the hardness of 3.03%, 3.87% tensile strength, tear strong 15.46%, 100% modulus with a value of 36.28%, the modulus 300% with a value of 27.71% and 52.46% abrasion value. Testing of mechanical properties in fresh condition after aging (aging) and after ozone exposure given PPHM 25 for 3x24 hours at a temperature of 40°C shows, the addition of ETP a positive effect on some mechanical properties. The test results showed the addition of SEM-EDS ETP can protect natural rubber from ozone attack. Fly ash is added to the compound of formula has a tendency to bind to one another, so that the process of making the formula developed an innovative mixing with coupling agent Si type of PEG 400 and 69.

Keywords: natural rubber, ETP, *carbon black*, *fly ash*, dump truck tire compound.

PENDAHULUAN

Kompon vulkanisir ban luar *dump truck* telah banyak dikembangkan melalui proses vulkanisasi. karet alam, karet sintesis, bahan pencepat (*accelerator*), bahan penggiat (*activator*), bahan pengisi (*filler*) dan bahan bantu

olah (*processing aid*). Persyaratan mutu vulkanisir ban luar *dump truck* yang harus di perhatikan antara lain adalah *hardness* (kekerasan), *tensile strenght* (kuat tarik), *elongation at break* (perpanjangan putus), modulus 100%, modulus 300%, *compression set*, *tear strenght* (kekuatan sobek), *specific*

gravity (densitas) dan *abrasion* (kekuatan kikis). Persyaratan mutu vulkanisir ban luar *dump truck* dipengaruhi oleh bahan yang digunakan, urutan mastikasi dan waktu pencampuran pada *two roll mixing mill*. Menurut Wang (2005), urutan mastikasi dan waktu penggilingan karet berpengaruh terhadap sifat mekanik terutama pada ketahanan kikis vulkanisat kompon karet yang dihasilkan. Sifat vulkanisat kompon karet merupakan kunci utama dalam memformulakan kompon untuk barang jadi karet.

Pengembangan formula kompon vulkanisir ban luar *dump truck* pada penelitian ini menggunakan abu terbang batubara (*fly ash*) sebagai *filler* yang berasal dari PLTU Tanjung Enim, ETP dan *coupling agent* jenis PEG 400 dan Si 69. *Fly Ash* merupakan material oksida anorganik berwarna abu-abu kehitaman yang mengandung silika dan alumina aktif dari proses pembakaran pada suhu tinggi di dalam tanur (Senny *et al.*, 2011 dan Diah *et al.*, 2010).

Fly ash masih digunakan dalam jumlah yang sedikit dalam berbagai bidang industri. *Fly ash* sebagai adsorben sudah dipergunakan untuk mengadsorpsi ion-ion logam (Singh, 2005) dan zat warna (Wang 2005). *Fly ash* pada model pengembangan formula vulkanisir ban luar *dump truck* diduga akan memiliki kecenderungan membentuk ikatan yang lebih kokoh antar molekul pembentuk vulkanisat.

Pembuatan kompon vulkanisir ban pada penelitian ini ditambahkan *coupling agent* jenis PEG 400 dan Si 69 dengan tujuan untuk meningkatkan interaksi antara *fly ash* dan polimer karet alam. ETP yang ditambahkan pada pembuatan kompon vulkanisir ban luar *dump truck* mempunyai keunggulan antara lain proses pengerjaan lebih sederhana karena tidak perlu proses pencampuran. tidak memerlukan *crosslink agent*, Penambahan ETP untuk mempercepat reaksi *crosslinking*, prosesnya lebih cepat, dapat didaur ulang dan proses cetak dapat digunakan mesin cetak sehingga teknologi tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku

Rubber-Carbon Composite yang selanjutnya akan diproses untuk pembuatan kompon ban luar *dump truck*.

BAHAN DAN METODE

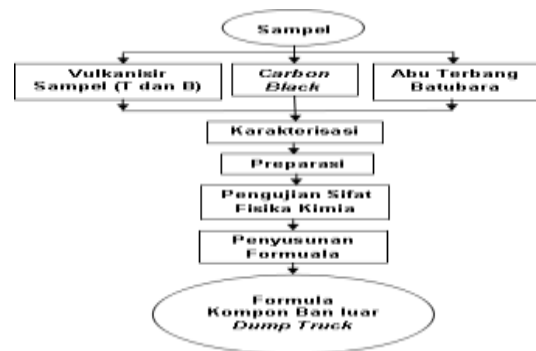
A. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan antara lain terdiri dari SIR 20, ETP M 10, ETP M 30, ETP S 30, struktol 40MS, comaron resin, ultrasil VN-3/chemisil, PEG 4000, SI – 69, asam stearat, ZnO, Wax/R-3, santoflex/6 PPD, TMQ, GPF N660, minarek Oil, dispergator FL, oricel CBS dan Sulfur.

Peralatan yang digunakan antara lain neraca analitis dan open mill.

B. Metode Penelitian

Metode pendekatan pembuatan kompon vulkanisir ban luar *dump truck* pada tahap awal dilakukan karakterisasi vulkanisir sampel T (impor) dan vulkanisir sampel B (lokal). Sampel T dan B dipreparasi untuk pengujian sifat mekanik. Bahan lain yang dikarakterisasi adalah *carbon black* dan abu terbang batubara. Gambar 1 Model pengembangan ban luar *dump truck*.



Gambar 1. Flow Chart Model Pengembangan Formula Kompon Ban Luar *Dump truck*

Parameter uji untuk sampel T dan B meliputi *hardness*, *tensile strenght*, *elongation at break*, *modulus 100%*, *modulus 300%*, *compression set*, *tear strength*, *specific gravity* dan *abrasion*. Parameter uji untuk *carbon black* dan abu terbang batubara meliputi ukuran partikel dan ukuran aggregate. Hasil karakterisasi sampel T dan sampel B

dijadikan acuan penyusunan formula kompon vulkanisir ban luar *dump truck*.

Prosedur Pembuatan Vulkanisir

- a. Karet NR–SBR dimastikasi selama 3–5 menit, selanjutnya asam stearat, ZnO, TMQ dan karbon hitam digiling pada keneader selama 30 menit. Penambahan *sweep* pada campuran tersebut setelah 30 menit, lalu digiling lagi selama 3 menit.
- b. Kompon Formula II pada Open Mill
Kompon formula I tambahkan TMTM dan Sulfur lalu digiling dengan oven mill selama 10 menit pada suhu 70°C.
- c. Proses *callander* (Kompon Karet Aktif)
Pencetakan dilakukan sesuai ukuran yang diinginkan pada suhu 70°C selama 10 menit.
- d. Persiapan Vulkanisasi
Proses vulkanisasi kompon karet aktif dilakukan selama 28 menit.
- e. Pengepresan kompon karet aktif dilakukan pada suhu 140°C selama 120 menit.
- f. Vulkanisir Ban

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Uji Sifat Mekanik

Hasil pengujian sifat mekanik vulkanisir ban luar *dump truck* sampel T dan sampel B pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sifat Merkanik Sampel T dan Sampel B

Parameter Uji	Satuan	Sampel T	Sampel B
<i>Hardness</i>	A	23,33	60,33
<i>Tensile strenght</i>	Kg/cm ²	118,98	122,25
<i>Alongation at break</i>	%	261,50	324,83
<i>Modulus young</i>	100	35,33	27,89
<i>Modulus young</i>	300	(-)	96,76
<i>Compretion set</i>	%	16,85	28,25
<i>Spesifik grafity</i>	g/mL	1,10	1,10
<i>Abration</i>	DIN	111,22	122,33

Hasil pengujian sampel B memiliki sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan dengan sampel T (Tabel 1). Komposisi masing-masing formula sampel T dan sampel B untuk perpanjangan putus mempunyai perbedaan cukup signifikan. Sampel B

perpanjangan putusnya lebih besar dari sampel T.

Nilai perpanjangan putus vulkanisir ban disebabkan antara lain oleh *filler* dan ZnO yang ditambahkan. Perpanjangan putus dapat dijadikan sebagai salah satu parameter penentu untuk membuat formula vulkanisir ban.

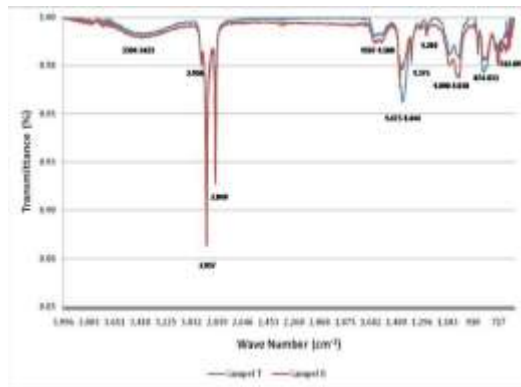
Hasil pengujian sifat mekanik menunjukkan, sampel B dapat dijadikan sebagai acuan untuk penyusunan formula kompon vulkanisir ban luar *dump truck*. Hasil pengujian gugus fungsi sampel T dan B dengan FT-IR metode ATR (Gambar 2) menunjukkan, kedua sampel (T dan B) tidak mempunyai perbedaan signifikan. Hasil uji kedua sampel tersebut dapat dikembangkan model formula baru kompon vulkanisir ban luar *dump truck* dengan penambahan *filler fly ash*.

B. Pengujian Gugus Fungsi

Hasil pengujian terhadap sampel T dan sampel B dengan FT-IR metode ATR memperlihatkan gugus fungsi (Gambar 2) yang berasal dari puncak-puncak yang muncul memiliki polimer dasar karet alam dan EPM (*etilen proilen monomer*) atau *etilen propilendiene monomer* (EPDM) (Gambar 2 dan Tabel 2).

Tabel 2. Analisis FT-IR dari Sampel T dan Sampel B

No	Wave number (cm ⁻¹)	Analisa Gugus Fungsi
	647 – 744	C-H : Aromatik dari <i>carbon black</i>
	833 – 874	=C-H bending (isoprene)
	1.016 – 1.082	C-O-C vibration
	1.261	C-O <i>stretching of benzoate ester</i> dan C-O-C of <i>epoxide groups</i>
	1.375	CH ₃ <i>Symetrical</i>
	1.442	Amide groups dari CBS (N-cyclohexylbenzothiazole-2-sulphenamide)
	1.500	C=O <i>stretching vibration</i> dari ZnO
		C=O <i>stretching vibration polycyclic quionone</i> dari <i>carbon black</i> atau
	1.597	C=C <i>stretching vibration of isoprene unit</i> pada molekul karet alam
	2.849	Aldehid
0	2.917	CH groups [C-CH ₃ dan -CH ₂ -]
1	2.957	C-H <i>Antisymmetrical stretching vibration</i>
2	3394-3423	Gugus fungsi C-O akibat oksidasi

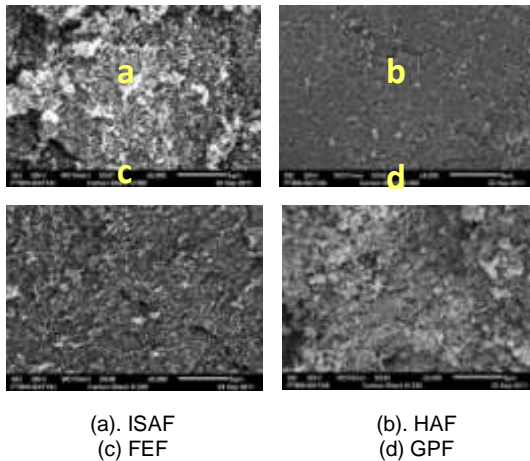


Gambar 2. Hasil Pengujian FT-IR Sampel T dan B

Hasil pengujian dari Gambar 2 terlihat puncak yang bukan puncak dari karet EPM dengan intensitas puncaknya cukup tinggi pada bilangan gelombang 833 cm^{-1} ; 1030 cm^{-1} , 1090 cm^{-1} dan 1261 cm^{-1} .

C. Pengujian Carbon Black

Uji karakteristik *carbon black* dengan SEM terhadap *Intermediate Super Abrasion, High Abrasion Furnace, Fast Extruding Furnace* dan *General Purpose Furnace* dengan perbesaran 5.000 kali terlihat pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. SEM Berbagai Jenis *Carbon black*

Hasil karakteristik *carbon black* dengan SEM (Gambar 3) terlihat, *carbon black* dengan ukuran yang semakin kecil, maka kecenderungan untuk terjadinya aglomerasi semakin besar. Proses aglomerasi terjadi disebabkan oleh

Ikatan *Van der Waals* dan elektrostatik, tetapi dalam proses produksi yang melibatkan gaya mekanik menyebabkan aglomerat tersebut pecah membentuk *aggregate*.

Penguatan (*reinforcement*) kompon karet oleh *carbon black* dapat menghambat pergerakan makromolekul dan meningkatkan kerapatan ikatan silang pembentuk kompon. Ikatan silang dapat menghambat *elongation at break* yang diinduksi oleh *swelling*. *Swelling* dapat kurangi dengan cara meningkatkan jaringan molekul karet (Mostafa *et al.*, 2009; Lu *et al.*, 2010 dan Manoj *et al.*, 2011). Tabel 3 memperlihatkan hasil pengukuran *aggregate carbon black*.

Tabel 3. Ukuran *Aggregate Carbon Black*

Jenis	Nama Dagang	Ukuran Partikel	Ukuran Aggregate
A	Intermediate Super Abrasion Furnace (ISAF)	32	103
B	High Abrasion Furnace (HAF) Fast	46	146
C	Extruding Furnace (FEF) General	93	240
D	Purpose Furnace (GPF)	109	252

Carbon black merupakan bahan karbon mendekati murni dari hasil pembakaran yang dikondisikan berasal dari produk hidrokarbon atau dari biomassa. Ukuran *aggregate carbon black* disebabkan oleh suhu pembakaran, lamanya waktu pembakaran dan bahan yang digunakan.

Pembuatan kompon ban luar *dump truck* dengan *carbon black* sebagai *filler* bertujuan untuk memperkuat ikatan antar molekul pembentuk kompon. *Carbon black* sebagai *filler* aktif mempunyai gugus fungsi yang mempunyai peranan penting untuk memperkuat ikatan antar molekul pembentuk produk karet. Menurut Balberg (2002), struktur *carbon black* menentukan komposisi optimal *filler* di dalam komposit bermatriks polimer. Menurut Li *et al.*, (2008) campuran karbon hitam jika dibandingkan dengan karbon hitam

tanpa campuran, memiliki kekerasan yang tinggi, Kekuatan tarik, tensile modulus at 300% yang permanen

Carbon black disisi lain sebagai filler aktif dapat meningkatkan performa karet vulkanisasi (Rattanasom *et al.*, 2007; Nukaga *et al.*, 2006 dan Omnes *et al.*, 2008). Menurut Ramin *et al.*, (2012), penambahan silika dan carbon black pada compund ban truck berdampak pada peningkatan *hardness*, *tensile strenght*, *alongation at break*, *compretion set dan abration*. Setruktur *carbon black* seperti terlihat pada (Gambar 3) dari hasil pengujian mempunyai bentuk morfologi dengan ukuran *aggregate* yang berbeda sangat signifikan (Tabel 3).

Hasil pengujian sifat mekanik sampel T dan sampel B serta hasil karakterisasi ukuran *aggregate carbon black* dijadikan permodelan untuk menyusun formula kompon vulkanisir ban luar *dump truck* (Tabel 4).

Tabel 4. Formula *Fly Ash*

No	Nama Bahan	CF-1	CF-2	CF-3	CF-4
1	SIR 20	70.00	70.00	70.00	70.00
2	ETP M 30	30.00	30.00	30.00	30.00
3	Processing Aids	1.50	1.50	1.50	1.50
4	Plasticizers	3.00	3.00	3.00	3.00
5	Chemisil Coupling	15.00	15.00	15.00	15.00
6	Agent for Silica	1.50		1.50	
7	SI - 69	1.00	1.00		
8	Activator-1	1.50	1.50	1.50	1.50
9	Activator-2	4.00	4.00	4.00	4.00
10	RP3	3.00	3.00	3.00	3.00
11	Antioksidan - Carbon	2.00	2.00	2.00	2.00
12	Accelerator	3.00	3.00	3.00	3.00
13	<i>Fly ash</i>	40.00			
14	<i>Fly ash + PEG</i>		41.50		
15	<i>Fly ash + Si69</i>			41.00	
16	<i>Fly ash + PEG + Si69</i>				42.50
17	<i>Softener</i>	3.00	3.00	3.00	3.00
18	<i>Dispergator FL</i>	3.00	3.00	3.00	3.00
19	<i>Accelerator-Fast</i>	1.50	1.50	1.50	1.50
20	<i>Vulcanizator</i>	1.70	1.70	1.70	1.70

Hasil pengembangan untuk formula sampel T dan sampel B (Tabel 4) selanjutnya dilakukan pengujian dengan tujuan untuk mengetahui kualitas kompon yang dihasilkan (Tabel 5).

Tabel 5. Hasil Pengujian CF- 1

No	Pengujian		Standar ASTM	Hasil Pengujian	
	Jenis	Satuan		Langsung	Aging
1	Hardness	Tipe A	D 2240	66,0	68,0
2	Tensile Strength	Kg/cm ²	D 412	144,4	178,0
3	Elongation at Break	%	D 412	520,2	515,3
4	Tear Strength	Kg/cm	D 412	100,4	86,3
5	Modulus	100%	D 412	28,1	30,5
6	Modulus	300%	D 412	87,8	108,4
7	Compretion Set	%	D 395		45,2
8	Berat Jenis	g/ ml	D 297	1,19	
9	Abrasi	DIN	D 2228	201,4	
10	Ozon (25 pphm, 40°C, 76h)				No Crack

Hasil pengujian sampel B dan sampel T dibandingkan dengan hasil pengujian formula CF-1 terhadap sifat mekaniknya (Gambar 4) berdasarkan hasil uji, sampel formula CF-1 mempunyai sifat mekanik yang lebih baik jika dibandingkan dengan sampel B dan sampel T.



Keterangan:

- F1-L : Sampel formula F-1, pada kondisi segar (24 jam setelah dipress)
- F1-A : Sampel formula F-1, setelah proses *aging* pada suhu 70 °C selama 24 jam
- Sampel T : Sampel dipasaran (impor)
- Sampel B : Sampel dipasaran (lokal)

Gambar 4. Perbandingan Hasil Uji F1 dengan Sampel B dan T

Hasil pengujian seperti terlihat pada Gambar 4, formula CF-1 dijadikan sebagai acuan dasar untuk melakukan penelitian lebih lanjut dengan melakukan penambahan ETP dengan variasi jenis *carbon black*. Hasil pengujian diupayakan untuk pengembangan jenis produk karet lainnya dengan formula yang baku.

D. Penyisipan ETP

Hasil karakterisasi sampel CF-1, selanjutnya disebut sampel CC-1, maka tahap selanjutnya melakukan penyisipan (*inserting* ETP) kedalam formula yang telah dihasilkan. Penambahan ETP pada formula CC-1 dari hasil pengujian dapat meningkatkan sifat mekanik dari vulkanisat yang dihasilkan. Penyusunan formula baru CC-2, CC-3 dan CC-4 seperti terlihat pada Tabel 6.

Formula yang dibuat (Tabel 6) dengan mencampurkan 30 phr ETP dari jenis metilmetakrilat dan stiren, ke dalam formula dasar CC-1. Sampel yang dihasilkan dilakukan pengujian sifat mekanik pada kondisi segar setelah proses *aging* dan setelah diberi paparan ozon 25 ppm selama 3x24 jam pada suhu 40°C. Menurut Sae *et al.*, (2007) vulcanizates karet yang telah diberi paparan ozon pada konsentrasi 50 ppm selama 70 jam secara visual tidak ditemukan terjadinya keretakan pada permukaan specimen.

Model pengembangan formula kompon vulkanisir ban luar *dump truck* (CC-1, CC-2, CC-3 dan CC-4) seperti terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Model Pengembangan Formula Kompon Vulkanisir Ban Luar Dump Truck dengan Penambahan ETP (CC-2, CC-3 dan CC-4)

No	Bahan	CC1	CC-2	CC-3	CC-4
1	SIR 20	100.0	70.0		
2	ETP M 10		30.0		
3	ETP M 30			30.0	
4	ETP S 30				30.0
5	Struktol 40MS	1.5	1.5	1.5	1.5
6	Comaron Resin	3.0	3.0	3.0	3.0
7	Ultrasil VN-3/Chemisil	15.0	15.0	15.0	15.0
8	PEG 4000	1.5	1.5	1.5	1.5
9	SI - 69	1.0	1.0	1.0	1.0
10	AS Stearat	1.5	1.5	1.5	1.5
11	Zn0	4.0	4.0	4.0	4.0
12	Wax/R-3	3.0	3.0	3.0	3.0
13	Santoflex/6 PPD	2.0	2.0	2.0	2.0
14	TMQ	3.0	3.0	3.0	3.0
15	GPF N660	40.0	40.0	40.0	40.0
16	Minarek Oil	3.0	3.0	3.0	3.0
17	Dispergatol FL	3.0	3.0	3.0	3.0
18	Oricel CBS	1.5	1.5	1.5	1.5
19	Sulfur	1.7	1.7	1.7	1.7

Hasil pengembangan formula pada Tabel 6 dilakukan pengujian dengan hasil seperti terlihat pada Tabel 7 dan Gambar 5. Data hasil pengujian Tabel 7 dan Gambar 5, terlihat dengan adanya penambahan ETP dapat memberikan efek positif pada beberapa sifat mekanik dari sampel yang dihasilkan.

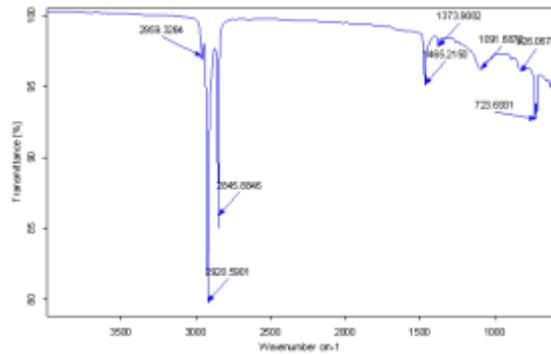
Produk vulkanisir pada saat aplikasinya akan mengalami proses *aging* dan kerusakan akibat oksidasi, maka pada sampel CC-2, CC-3 dan CC-4, juga dilakukan pengujian sifat mekanik setelah *aging* dan *ozone*. Pembuatan kompon vulkanisir ban dengan penambahan anti oksidan untuk mengurangi proses aging dan kerusakan akibat oksidasi. Hasil pengujian sampel setelah diberi paparan *ozone* 25 ppm selama 3 x 24 jam suhu 40 °C, disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Uji Sifat Mekanik Sampel : CC-2, CC-3 dan CC-4

No	Pengujian		Standar ASTM	Hasil Pengujian		
	Jenis	Satuan		CC-2	CC-3	CC-4
				O	O	O
1	Tensile Strength	Kg/ cm ²	D 412	194.41	189.10	176.77
2	Elongation at Break	%	D 412	551.17	513.67	514.67
3	Tear Strength	Kg/ cm	D 412	97.53	90.10	76.60
4	Modulus	100%	D 412	25.83	31.64	28.95
5	Modulus	300%	D 412	89.17	98.40	92.71
6	Ozon (25 ppm, 40 °C, 76h)		-	No Crack	No Crack	No Crack

E. Analisis FT-IR Hasil Penyisipan ETP

Hasil pengujian vulkanisir ban luar *dump truck* dengan FT-IR terlihat, ETP yang disisipkan dapat bereaksi sempurna dengan karet alam SIR 20. Pengujian dengan FT-IR untuk mengidentifikasi senyawa organik berdasarkan spektrum pada panjang gelombang tertentu dan untuk mengindikasikan adanya gugus fungsi dari ETP yang disisipkan (Gambar 5).



Gambar 5. Spektrum FT-IR Sampel CC-1

Hasil pengujian dengan FT-IR (Gambar 5) terlihat spektrum FT-IR dari sampel-sampel yang ditambahkan ETP menunjukkan ada puncak-puncak baru pada panjang gelombang 1100 cm^{-1} hingga 1300 cm^{-1} . Puncak-puncak baru mengindikasikan adanya gugus fungsi CO dan munculnya puncak baru pada kisaran panjang gelombang 3437 cm^{-1} yang dikaitkan dengan OH peregangan ($-\text{OH stretching}$) yang berasal dari ETP.

F. Fly Ash

Fly ash dari hasil penelitian menunjukkan dapat digunakan menjadi *filler* aktif dalam campuran karet untuk menggantikan *carbon black* ataupun *silica*. Penggunaan *fly ash*, disusun berdasarkan hasil uji dan analisis terhadap formula yang telah disisipkan ETP (CC-2 hingga CC-3). Formula dengan penambahan ETP jenis M-30 berdasarkan data hasil pengujian memiliki sifat mekanik yang paling baik, selanjutnya disebut dengan CF-1 hingga CF-4, merupakan pengembangan dari formula CC-3.

Fly ash memiliki bahan dasar karbon dan silica, yang memiliki kecenderungan berikatan satu sama lain, sehingga dalam pembuatan formula ini dikembangkan suatu inovasi proses pencampuran dengan memanfaatkan *coupling agent* jenis PEG 400 dan Si 69. *Fly ash* telah digunakan sebagai bahan penambah semen dengan kadar 5%-20% dengan tujuan menambah plastisitas (Surya, 2010 dan Udin, 1994). *Fly ash* yang butirannya berbentuk bulat dengan permukaannya halus (Ryan, 1992). *Fly ash* dari hasil karakterisasi dapat juga digunakan sebagai *filler* untuk

membuat kompon vulkanisir ban luar *dump truck*.

Coupling agent yang ditambahkan pada kompon vulkanisir ban luar *dump truck* dapat meningkatkan interaksi antara *fly ash* dan polimer karet alam dan dapat memperkuat ikatan rangkap antar molekul pembentuk vulkanisir. Penambahan *coupling agent* dapat meningkatkan interaksi antara *fly ash* dengan polimer karet alam pada saat proses vulkanisasi.

Proses vulkanisasi merupakan reaksi kimia antara karet dengan belerang untuk membentuk ikatan silang dan menghasilkan struktur tiga dimensi (Bhuana, 1990). Ikatan silang yang terbentuk secara fisik akan menghambat mobilitas rantai molekul dan menahan deformasi karet.

ZnO yang ditambahkan dapat meningkatkan nilai tegangan putus pada kompon yang dihasilkan. Hasil uji formula kompon (Tabel 6) menghasilkan nilai sifat mekanik seperti terlihat pada Tabel 7 yang menggambarkan adanya hubungan antara morfologi *carbon black* dengan komposisi *fly ash* dan bahan pembentuk kompon lainnya. Penambahan ZnO, *carbon black* dan *fly ash* dari hasil uji berpengaruh terhadap nilai kekerasan, kuat tarik, perpanjangan putus, modulus 100%, modulus 300%, kekuatan sobek, densitas dan kekuatan kikis. Ukuran partikel *aggregate (fly ash dan carbon black)* terlihat menentukan kerapatan dan ikatan silang molekul pembentuk kompon. Menurut Li *et al.*, (2008) dan Manoj, *et al.*, (2011) luas permukaan *carbon black* berperan sangat *signifikan* untuk menentukan kerapatan ikatan rangkap dan kerapatan ikatan silang yang terbentuk. Jika luas permukaan *carbon black* bertambah, maka jumlah rantai yang terperangkap pada *aggregate carbon black* juga bertambah, demikian juga dengan ikatan silangnya.

Luas permukaan partikel yang semakin kecil dengan penyebaran yang homogen dari fasa terdistribusi menghasilkan sifat tensil campuran semakin meningkat (Coran dan Patel, 1981). Karbon sebagai *aggregate* dari hasil karakterisasi Tabel 3 berinteraksi

dengan *fly ash* dan bahan pembentuk kompon dengan rasio pengembangan formula (Tabel 6).

Hasil pengujian sifat mekanik (Tabel 7) dengan memperhatikan sifat kuat tarik, kuat sobek dan abrasi, karena sampel yang dibuat ditujukan untuk produk vulkanisir ban, maka secara garis besar formula yang dihasilkan memiliki nilai sifat mekanik (*mechanical properties*) yang paling baik. Penambahan *fly ash* sebagai bahan pengisi pada proses selanjutnya berpengaruh terhadap hasil uji dari kompon vulkanisir yang dibuat. Struktur *carbon black* dan *fly ash* menentukan komposisi optimal *filler* di dalam komposit kompon bermatriks polimer.

KESIMPULAN

Penambahan ETP pada karet alam SIR 20 dapat meningkatkan sifat mekanik (*hardness* 3,03%, *tensile strenght* 3,87%, *tear srenght* 15,46%, modulus 100% dengan nilai 36,28%, modulus 300% dengan nilai 27,71%). Pengujian sifat mekanik pada kondisi segar, setelah proses penuaan (*aging*) dan setelah diberi paparan ozon 25 pphm selama 3x24 jam suhu 40°C menunjukkan penambahan ETP memberikan efek positif pada beberapa sifat mekanik.

Fly ash yang ditambahkan pada formula kompon vulkanisir ban memiliki kecenderungan berikatan satu sama lain. Pengembangan formula dengan *coupling agent* jenis PEG 400 dan Si 69 terjadi percepatan distribusi *fly ash* yang ditambahkan lebih sempurna pada vulkanisat yang dihasilkan. Hasil inovasi proses, terjadinya peningkatan interaksi antara *fly ash* dan polimer karet alam. Hasil pengujian sifat mekanik dengan memperhatikan sifat kuat tarik dan kuat sobek sampel dengan penambahan *fly ash* murni memiliki nilai sifat mekanik yang paling baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

1. Kementerian Riset dan Teknologi sebagai penyandang dana kegiatan

penelitian melalui program Insentif Riset Sistem Inovasi Nasional Tahun 2013 (INSINas – 2013).

2. Kepala Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang.
3. Kepala Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN-BATAN).
4. Kepala Pusat Teknologi Industri Proses (PTIP-BPPT).
5. Kepala Pusat Penelitian Kimia (P2K-LIPI).
6. Direktur PT. Agronesia – Inkaba Bandung. Fasilitas Penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Balberg, I. (2002). *A comprehensive picture of the electrical phenomena in carbon black-polymer composites*. *Carbon*. 40: 139-143.
- Bhuana, K.S. (1990). *Teori Vulkanisasi Karet*. Pusat Penelitian Perkebunan Bogor. Di dalam Indriati, T. (2004). *Pengaruh Kadar Karet Kering dan Umur Pemeraman RMFP Lateks Sentrifusi terhadap Karakteristik Serat Sabut Kelapa Berkaret*. (Skripsi). Bogor: IPB.
- Coran, A.Y., dan Patel, R. (1981). *Elastoplastic Compositions of Cured Diene Rubber and Polypropylene*, U. S. Patent No. 4,271,049.
- Diah, D.L, Muhayatun, dan Adventini, N. (2010). Karakteristik Unsur Pada Abu Dasar dan Abu Terbang Batubara Menggunakan Analisis Aktivasi Neutron Instrumental. *Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir*. XI(1): 27-34.
- Li, Z. H., Zhang, J., dan Chen, S.J. (2008). Effects of carbon blacks with various structures on vulcanization and reinforcement of filled ethylene-propylene-diene rubber. *Express Polymer Letters*. 2(10): 695-704.
- Lu, Y., Zhang, J., Chang, P., Quan, Y., dan Chen, Q. (2010). Effect of filler on compression set, compression stress strain behaviour, and mechanical properties of polysulfide sealants. *J.Appl.Polym.Sci*. 120: 2001-2007.
- Manoj, K.C., Kumari, P., dan Unnikrishnan, G. (2011). Cure Properties,

- swelling behaviors and mechanical properties of carbon black filler reinforced EPDM/NBR blend system. *J.Appl.Polym.Sci.* 120: 2654-2662.
- Mostafa, A., Aboel-Kasem, A., Bayoumi, M.R., dan El-Sebaie. (2009). Effect of carbon black loading on the swelling and compression set behavior of SBR and NBR rubber compound. *J.Mater.Des.* 30: 1561-1568.
- Nukaga, H., Fujinami, S., Watanabe, H., Nakajima, K., dan Nishi, T. (2006). Evaluation of the Mechanical Properties of Carbon Black Reinforced Natural Rubber by Atomic Force Microscopy. *International Polymer Science and Technology.* 34(4): 509-515.
- Omnes, B., Thuillier, S., Pilvin, P., Grohens, Y., dan Gillet, S. (2008). Effective Properties of Carbon Black Filled Natural Rubber: Experiments and Modelling, Composite Part A. *Applied Science and Manufacturing.* 39(7): 1141-1149.
- Ramin, Z., dan Gangali, S.T., Ghoreishy, M.H.R., dan Davallu, M. (2012). The Effects of Silica/Carbon Black Ratio on the Dynamic Properties of the Tread compounds in Truck Tires. *E-Journal of Chemistry.* 9(3): 1102-1112.
- Rattanasom, N., Saowapark, T., dan Deeprasertkul, C. (2007). Reinforcement of Natural Rubber with Silica/Carbon Black Hybride Filler. *Polymer Testing.* 26(3): 369-377.
- Ryan, W.G. (1992). *Australian Concrete Technology.* Melbourne: Logman Cheshire
- Sae-oui, P., Sirisinha, C., dan Hatthapanit, K. (2007). Effect of blend ratio on aging, oil and ozone resistance of silica-filled chloroprene rubber/natural rubber (CR/NR) blends. *Express Polymer Letters.* 1(1) : 8-14.
- Senny, W., Setiawan, E., dan Setyaningtyas, T. (2011). Karakterisasi Abu Terbang Pltu Cilacap Untuk Menurunkan Kesadahan Air di Desa Darmakradenan, Kecamatan Aji barang, Kabupaten Banyumas. *Molekul.* 6(1): 35 – 39.
- Singh, V.V., (2005). *Studies on Natural Adsorbents for The Isolation of Industrial Pollutans from Waste Samples Around Delhi.* Sumber: <http://www.jmi.nic.in/research>. Diakses tanggal 6 Juli 2009.
- Surya, S. (2010). Pengaruh Kadar Abu Terbang Batubara Sebagai Pengganti Sejumlah Semen Pada Beton Alir Mutu Tinggi. *Jurnal Rekayasa Nol.* 14(1).
- Udin. (1994). *Korelasi antara Sifat-sifat Beton Terhadap Kadar Abu Terbang Sebagai Pengganti Semen.* (Tesis). Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Wang, S., Boyjoo, Y., Choueib, A., dan Zhu, Z.H. (2005). Removal of Dyes from Aqueous Solution Using Fly Ash and Red Mud. *Journal of Water Research.* 39:129 – 138.

