

APLIKASI SERAT KARBON BERBASIS LIGNIN DARI MERANG PADI UNTUK KOMPOSIT NON ASBESTOS KAMPAS REM TRUK/BUS

APPLICATION OF RICE STRAW LIGNIN-BASED CARBON FIBER FOR BUS/TRUCK'S ASBESTOS-FREE COMPOSITE BREAK LINE

Kuntari Adi Suhardjo¹, Anung Syampurwadi², Pius Sebleku³ dan Myrtha Karina²

¹ Balai Besar Bahan dan Barang Teknik, Jl Sangkuriang No 14 Bandung

² Pusat Penelitian Fisika LIPI, Jl Sangkuriang 12, Bandung

³ Pusat Penelitian Metalurgi LIPI, Serpong

Email: koentariadisohardjo@gmail.com

Diajukan: 24/5/2013, Diajukan: 4/9/2013, Disetujui: 6/12/2013

ABSTRACT

Brake line is an important component of vehicle. Brake line on the market is mostly asbestos-based which is not heat resistant and not suitable for wet condition. Asbestos brake line is health endangering, causes slippery, and not environmentally friendly. The research aimed to create heat and friction resistance-asbestos free composite for brake line by using lignin-based carbon fiber. Lignin was derived from rice straw spent liquor. Lignin-based carbon fiber was mixed with reinforcement, matrix, filler, friction and wear resistant material by sintering method. Reinforcement was of fiberglass, acrylic fiber, steel fiber and mineral fiber whereas matrix was phenolic resin with barium sulfate as a catalyst, as well as graphite, hydroxide calcium, cashew dust. Vermiculite was used as the friction and wear resistant material. Lignin-based carbon fiber was varied at 0,05; 0,10; 0,15; 0,20; and 0,25 % (w/w). The composite was tested its mechanical nature such as weight, hardness, friction and its morphological characteristic. The result showed that composite with 0.25-0.15% lignin-based carbon fiber met the weight, hardness and wear resistant requirement for truck/bus brake line.

Key words : Truck/bus brake line asbestos-free, composite, carbon fiber, rice straw lignin

ABSTRAK

Kampas rem adalah komponen penting untuk kendaraan bermotor. Kampas rem yang beredar di pasaran saat ini umumnya terbuat dari asbestos yang tidak tahan panas, tidak tahan terhadap kondisi basah sehingga sering mengakibatkan *fading/slip/blong*, membahayakan kesehatan, dan tidak ramah lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah membuat komposit untuk kampas rem dari serat karbon yang tidak mengandung asbestos tetapi tahan terhadap panas dan friksi. Serat karbon dibuat dari lignin yang berasal dari limbah cair industri pulp dan kertas. Komposit kampas rem dibuat dengan mencampur serat karbon berbasis lignin dengan bahan penguat, bahan pengikat, bahan pengisi, bahan tahan friksi, dan bahan tahan aus dengan metode *sintering*. Bahan penguat yang digunakan adalah, serat karbon, serat gelas, serat akrilik, serat logam, dan serat mineral. Bahan pengikat yang digunakan adalah resin fenolik dengan katalis barium sulfat, sedangkan grafit, kalsium hidroksida, bubuk jambu mede dan vermiculite digunakan sebagai bahan tahan friksi, tahan aus, dan pengisi. Variasi serat karbon berbasis lignin adalah 0,05; 0,10; 0,15; 0,20; and 0,25 % (b/b). Komposit yang dihasilkan diuji sifat fisisnya yaitu berat jenis dan kekerasan, sedangkan sifat mekanis meliputi ketahanan terhadap friksi dan keausan serta sifat morfologinya. Hasil menunjukkan bahwa komposit dengan kandungan serat karbon berbasis lignin 0,25 - 0,15% memenuhi persyaratan berat jenis, kekerasan dan ketahanan keausan untuk kampas rem truk/bus.

Kata Kunci : kampas rem truk/bus non asbestos, komposit, serat karbon, lignin, merang padi

PENDAHULUAN

Rem merupakan salah satu komponen yang penting pada truk/bus adalah rem. Rem sebagai sistem terdiri atas kampas rem, sepatu rem, rivet, master rem, per, teromol, pedal, pipa/hose, *toggle*, hidrolik, tabung *vacuum*, dan indikator kampas rem, Kampas rem langsung menggesek teromol di sistem roda untuk

menahan putaran roda. Rem merupakan suatu sistem yang terdapat pada kendaraan yang berfungsi mengontrol laju atau mengurangi kecepatan, dan menghentikan kendaraan. Cara kerja rem adalah menekan kampas dengan bagian dari roda yaitu teromol atau berupa piringan. Tekanan pada keduanya akan menghasilkan gesekan/friksi. Makin besar friksi yang terjadi, makin cepat laju

pengereman kendaraan [Agung Suryadi 15 agustus 2008]. Gesekan antar teromol atau piringan dengan kampas mengakibatkan disipasi panas karena terjadinya perubahan energi kinetik menjadi energi termal. Makin kuat tekanan dan makin lama waktu penekanan, makin tinggi panas yang terdisipasi [Agung Suryadi 27 Mei 2008]. Perubahan suhu akibat disipasi panas tersebut umumnya akan menyebabkan perubahan koefisien friksi. Makin tinggi suhu, makin turun koefisien friksinya [Bhyrav Mutnuri 2006]. Oleh sebab itu bahan kampas rem yang baik adalah bahan yang mempunyai koefisien friksi yang tinggi dan stabilitas koefisien friksi pada *range* suhu operasi pengereman. Efek gesekan akan menyebabkan keausan. Oleh sebab itu, kampas rem harus mempunyai ketahanan aus yang baik dan memenuhi syarat mampu cengkeram, *good pedal feel, quiet operation, no brake pulsation, durability*. Rem komposit yang ada di pasaran umumnya berbasis metal mengandung Pb, Cr dan Zn yang berbahaya, atau rem asbestos yang tidak ramah lingkungan dan berbahaya bagi kesehatan [Agung Suryadi 2010]. Bahan kampas rem yang digunakan dalam penelitian ini adalah serat gelas, serat karbon, serat akrilik, serat logam, dan serat mineral. Serat gelas mempunyai kekuatan tarik yang sangat tinggi dengan rasio kekuatan terhadap berat lebih kuat dari kawat baja [Charles E Knox 2001]. Serat karbon mempunyai konduktivitas termal tertinggi [Seungjin 2011]. Serat akrilik yang terdiri dari >90% poliakrilonitril mempunyai derajat fibrilasi dan kekuatan tarik yang sangat tinggi [Technical report TF-2004-1], demikian pula dengan serat logam [Yafei Lu 2004]. Serat mineral digunakan untuk memberikan friksi pada pengereman dan relatif murah [Huynen E 2008]. Serat-serat tersebut berfungsi sebagai bahan penguat yang akan direaksikan dengan resin fenolik sebagai matriks menggunakan barium sulfat sebagai katalisator [Harwanto nugroho 2006, Asian Mineral Resources Co Ltd 2007].

Untuk meningkatkan fleksibilitas, resin fenolik ditambah dengan partikel halus karet yaitu akrilonitril butadiena elastomer

yang bersifat lentur dan elastik, karena sifat yang kesat mampu meningkatkan daya cengkeram [Product Directory 2012]. Untuk meningkatkan ketahanan terhadap gesekan dan keausan digunakan grafit [Science lab 2010], bubuk jambu mede yang mengandung minyak kulit jambu mede 91% dan heksamin 9% [Golden product 2009] serta *vermiculite* [Product dat 2009] secara bersama sama memberikan efek pengereman pada kendaraan. Berdasarkan informasi dari para pengusaha angkutan yang menggunakan truk/bus, pada umumnya, umur pakai kampas rem truk/bus yang dihasilkan dari industri dalam negeri mempunyai umur pakai hanya ekitar 10.000 km, sedangkan permintaan dari konsumen angkutan sampai 25.000 km. Kekurangan ini diharapkan dapat diatasi dengan menambahkan serat karbon karena serat karbon tahan terhadap panas, dapat mendispersikan panas, dan tahan terhadap gesekan [Tian 2012, Moran wang 2008], tetapi serat karbon harganya mahal dan masih impor. Penggunaan serat karbon sebagai penguat komposit merupakan material yang ringan, yang tahan terhadap *fatigue*, kekuatan tarik tinggi, modulus tinggi, serta merupakan material baru dengan sifat superior dari serat logam yang ada [Kadla JF 2002].

Sebagai substitusi impor pada penelitian ini digunakan serat karbon yang dibuat dari lignin limbah cair [Lucia 2012] Uji kampas rem meliputi morfologi, dimensi, berat jenis, uji kekerasan, uji tahan gesek, uji tahan aus, dan suhu permukaan gesek sesuai dengan SNI 09-0143-1987.

Adapun Tujuan dari penelitian adalah untuk mengimplementasikan memanfaatkan serat karbon berbasis lignin merang padi dari limbah cair industri pulp dan kertas sebagai bahan komposit yang memenuhi persyaratan untuk kampas rem truk/bus serta untuk mencari komposisi dan teknologi proses yang optimal dalam rangka meningkatkan kualitas kampas rem.

METODE

Bahan dan Peralatan

▪ Bahan:

Bahan penguat: serat gelas, serat akrilik

serat logam, serat karbon, dan serat mineral

- Bahan Pengikat (*matrix*): resin fenolik dengan katalis bariumsulfat
- Bahan tahan friksi dan tahan aus: grafit, vermiculite, bubuk jambu mede, kalsium hidroksida dan akrilonitril butadiene elastomer
- Serat karbon dibuat dari limbah industri pulp kertas

Variasi formulasi pembuatan kampas rem dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Variasi percobaan pembuatan kampas rem truk/bus skala laboratorium:

No	Kode Material	Komposisi (%)				
		V1	V2	V3	V4	V5
1	Serat Gelas	3,75	3,8	3,85	3,9	3,95
2	Serat Karbon	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05
3	Serat Akrilik	3	3	3	3	3
4	Serat Mineral	14	14	14	14	14
5	Serat Logam	9	9	9	9	9
6	Resin Phenolik	11	11	11	11	11
7	Barium Sulfat	15	15	15	15	15
8	Graphite 1	6	6	6	6	6
9	Graphite 2	3	3	3	3	3
10	Vermiculite	17	17	17	17	17
11	Kalsium hidroksida	5	5	5	5	5
13	Akrilonitril Butadien Elastomer	3	3	3	3	3
14	Bubuk Jambu Mede	10	10	10	10	10
	Total	100				

Peralatan:

Oven, timbangan, pencampur, mesin pres dingin, mesin pres panas, pemanas awetan (*curing*),

Pembuatan Contoh uji Kampas Rem Skala Laboratorium

Penimbangan Bahan

Bahan ditimbang sesuai dengan formula campuran kimianya.

Pencampuran

Potongan halus serat akrilik diaduk selama 3 menit. Serat mineral dan serat logam ditambahkan ke dalam potongan serat kemudian diaduk selama 2 menit. *Vermiculite* ditambahkan ke dalam campuran dan di aduk selama 2 menit lalu di masukkan bahan lain dan diaduk selama 8 menit.

Pres Dingin

Bahan yang telah dicampur (250 gr) dimasukkan ke dalam cetakan dan di pres dingin (50 bar). Contoh uji yang dihasilkan diukur ketebalannya.

Pre-curing

Bahan yang telah di lakukan *pre-curing* dimasukkan ke dalam *autoclave* atau oven (70°C, 60 menit)

Pres Panas (*post-curing*).

Bahan yang telah di proses *pre-curing*, di tekan dengan plat panas (160°C, 40-50 bar). Untuk mengeluarkan udara yang terjebak, pada saat penekanan dilakukan *step/brining* (5-9 kali). Setelah proses *post-curing* selesai, dilakukan pengukuran ketebalan dan pengamatan visual. Contoh uji yang dihasilkan diuji kekerasannya menggunakan *Wilson Rockwell Hardness Tester* ((HR_R) di laboratorium Balai Besar Bahan dan Barang Teknik

Pengujian fisis

Uji Berat Jenis dengan metode pengukuran berat dan volume (26,3°C, RH 66%). Uji Kekerasan dilakukan berdasarkan ASTM D785-02a: *Test Method of Rockwell Hardness Properties of Plastics and Insulating Material*.

Pengujian Mekanis

Uji Dimensi, Tahan Gesek, Tahan Aus dan Suhu Permukaan Gesek dilakukan berdasarkan SNI 09-0143-1987: Kampas Rem Kendaraan Bermotor Klasifikasi, Dimensi dan Koefisien Gesek.

Sifat Permukaan

Dilakukan berdasarkan ASTM E986-97: *Practice for Scanning Electron Microscope*

Performance Characterization, ASTM E986-97 menggunakan Scanning Electron Microscope dan Energy Dispersion Spectrometry

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pembuatan contoh uji

Untuk mencegah penggumpalan dan resiko kegagalan, perlu diperhatikan waktu dan urutan pecampuran bahan. Tujuan *pre-curing* adalah menurunkan kadar air agar tidak timbul uap air ataupun gas, yang mengakibatkan terjadinya *void* ataupun keretakan bahan pada saat *hot press*. Harus dilakukan sempurna dengan suhu dan waktu yang tepat, untuk menghindari pengembangan contoh uji yang dihasilkan pada saat *post-curing*. Tujuan *post-curing* adalah mematangkan specimen. Pada proses ini terjadi polimerisasi terhadap resin dan proses *sintering* pada contoh uji. *Postcuring* harus dilakukan pada suhu dan waktu yang tepat. Proses penekanan *step/briting* dilakukan 5-9 kali sampai stabil. Untuk mengeluarkan udara/gas yang terjebak dalam contoh uji, sehingga setelah dilakukan pendinginan tidak berubah bentuk/menggembung.

2. Dimensi dan Berat Contoh uji

Hasil pengukuran dimensi dan berat contoh uji dapat dilihat pada Tabel 2

Dari Tabel 2 terlihat bahwa dimensi contoh uji yang dihasilkan cukup bervariasi. Untuk proses pengujian, digunakan contoh uji yang mempunyai nilai dimensi dan berat yang mendekati.

3. Berat Jenis dan Kekerasan

Hasil uji Berat Jenis dilakukan dapat dilihat pada Tabel 3.

Dari Tabel 3 terlihat bahwa hasil pengujian berat Jenis dan kekerasan, contoh uji V.1, V.2, V.3 memenuhi persyaratan untuk kampas rem truk/bus sedangkan contoh uji V4 dan V5 tidak memenuhi persyaratan.

Tabel 2. Dimensi dan Berat contoh uji

No	Kode	Contoh uji	Dimensi (mm)	Berat (gr)
1	V1	V.1-1	62,0 x 62,0 x 6,0	37,9
		V.1-2	61,4 x 61,4 x 6,4	41,0
		V.1-3	61,1 x 61,3 x 5,2	40,9
		V.1-4	61,6 x 61,0 x 5,4	37,3
		V.1-5	61,5 x 61,0 x 5,0	35,1
2	V2	V.2-1	61,4 x 61,0 x 6,2	42,3
		V.2-2	61,0 x 61,4 x 6,6	43,4
		V.2-3	61,4 x 61,6 x 6,0	41,4
		V.2-4	61,0 x 61,5 x 5,5	38,7
		V.2-5	61,1 x 61,5 x 7,0	42,1
3	V3	V.3-1	61,1 x 61,4 x 5,6	39,4
		V.3-2	61,2 x 61,8 x 5,8	38,6
		V.3-3	61,0 x 61,5 x 5,5	41,2
		V.3-4	61,2 x 61,4 x 5,3	37,8
		V.3-5	61,0 x 61,5 x 5,3	39,0
4	V4	V.4-1	61,2 x 61,8 x 6,7	40,0
		V.4-2	61,0 x 61,4 x 7,2	40,7
		V.4-3	61,2 x 61,8 x 6,8	42,5
		V.4-4	61,3 x 61,6 x 6,4	40,5
		V.4-5	61,4 x 61,6 x 7,0	40,2
5	V5	V.5-1	61,2 x 62,0 x 5,4	39,5
		V.5-2	61,4 x 61,6 x 6,7	42,0
		V.5-3	61,2 x 62,0 x 6,2	40,0
		V.5-4	61,8 x 61,8 x 7,0	41,6
		V.5-5	61,4 x 61,5 x 5,6	36,4

Tabel 3. Berat Jenis dan kekerasan specimen

No	Kode	Berat Jenis (gr/cm ³)	Kekerasan (HR _R)
1	V.1	1,940	84,50
2	V.2	1,783	84,16
3	V.3	1,732	83,17
4	V.4	1,679	62,00
5	V.5	1,647	48,00
Persyaratan Rem		1,7-2,4	70-105

Pemakaian serat karbon yang lebih banyak akan memberikan nilai berat jenis yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan oleh terjadinya proses polimerisasi selama proses *curing* pada polimer resin fenolik yang mengakibatkan molekul resin fenolik menjadi lebih besar [Bhyrav Mutnury 2006]. Pada proses *curing* tersebut (160°C, 40-50 bar) serat karbon cenderung menarik dan "mengumpulkan" ion-ion logam yang terdapat di dalam komposit. Makin banyak serat karbon, makin tinggi berat jenis dan makin keras komposit yang dihasilkan. Konsentrasi serat karbon 0,15; 0,20 dan 0,25% memenuhi persyaratan untuk sifat berat jenis dan kekerasan.

Berdasarkan komposisi serat karbon terhadap sifat fisis (berat jenis dan kekerasan), bahan yang memiliki komposisi serat karbon lebih besar akan membuat nilai berat jenis dan kekerasan yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan serat karbon cenderung menarik unsur-unsur logam disekitarnya sehingga berkumpul pada saat proses curing. Berkumpulnya unsur-unsur logam mengakibatkan bahan menjadi lebih padat dan lebih keras [Tian Tian 2012].

4. Kemampuan Gesek

Hasil Uji Kemampuan Gesek dan Tingkat keausan dapat dilihat pada Tabel 4. Pada Tabel 4 terlihat bahwa makin tinggi suhu, koefisien gesek cenderung menurun. Pada pengujian tingkat keausan contoh uji V1 dan V5 (250-350°C) dan V2, V3, V4 (150-350°C) telah memenuhi persyaratan SNI 09-0143-1987. Hal ini disebabkan oleh sifat ketahanan resin fenolik terhadap suhu tinggi (150-300°C) dan getas (*brittle*). Untuk meningkatkan sifat fisiknya telah ditambahkan akrilonitril butadiene elastomer dan minyak jambu mede. Partikel halus karet yang lentur dan elastis, digunakan untuk meningkatkan fleksibilitas. Selain itu, karena sifatnya yang kesat, mampu meningkatkan daya cengkeram (*braking power*). Penambahan bubuk jambu mede akan meningkatkan ketahanan terhadap retak halus (*micro crack*). Minyak jambu mede meningkatkan ketahanan terhadap friksi karena sifatnya yang kesat dan membuat permukaan resin lebih halus namun keras sehingga meningkatkan ketahanan terhadap abrasi [Golden product 2009]

Pada penelitian ini jenis yang divariasikan adalah serat karbon dan serat gelas. Oleh sebab itu pengamatan dilakukan berdasarkan pengaruh dari variasi kedua jenis formula tersebut.

Dari hasil pengujian *Scanning Electron Microscope* pada saat pengukuran EDS (Gambar 3 dan 4) terlihat bahwa makin sedikit kandungan karbon, makin halus permukaan komposit. Terlihat bahwa permukaan contoh uji V5 lebih halus dibandingkan dengan V1. Pori-pori pada contoh uji V5 lebih sedikit dibandingkan dengan V1. Permukaan contoh uji V1 selain

Tabel 4: Kemampuan Gesek dan Keausan

Cont oh uji	Temp (°C)	Kemampuan Gesek			
		Koef gesek	SNI 09- 0143- 1987	Maks Tingka t Aus 10 ⁻⁷ cm ³ /Nm	SNI 09- 0143- 1987
V.1	100	0,14	0,25-0,6 ±0,08	2,04	Maks 0,51
	150	0,02	0,25-0,6 ±0,10	7,59	Maks 0,77
	200	0,06	0,25-0,6 ±0,12	1,15	Maks 1,02
	250	0,04	0,25-0,6 ±0,12	1,15	Maks 2,04
	300	0,03	0,25-0,6	2,93	Maks 3,57
	350	0,07	0,25-0,6	1,11	Maks 7,14
V.2	100	0,07	0,25-0,6 ±0,08	0,77	Maks 0,51
	150	0,06	0,25-0,6 ±0,10	0,61	Maks 0,77
	200	0,13	0,25-0,6 ±0,12	0,35	Maks 1,02
	250	0,10	0,25-0,6 ±0,12	0,35	Maks 2,04
	300	0,05	0,25-0,6	0,67	Maks 3,57
	350	0,06	0,25-0,6	1,04	Maks 7,14
V.3	100	0,13	0,25-0,6 ±0,08	0,30	Maks 0,51
	150	0,12	0,25-0,6 ±0,10	0,34	Maks 0,77
	200	0,09	0,25-0,6 ±0,12	0,41	Maks 1,02
	250	0,08	0,25-0,6 ±0,12	0,41	Maks 2,04
	300	0,05	0,25-0,6	0,53	Maks 3,57
	350	0,06	0,25-0,6	0,96	Maks 7,14
V.4	100	0,10	0,25-0,6 ±0,08	0,76	Maks 0,51
	150	0,08	0,25-0,6 ±0,10	0,60	Maks 0,77
	200	0,06	0,25-0,6 ±0,12	0,58	Maks 1,02
	250	0,08	0,25-0,6 ±0,12	0,58	Maks 2,04
	300	0,06	0,25-0,6	0,77	Maks 3,57
	350	0,06	0,25-0,6	1,29	Maks 7,14
V.5	100	0,09	0,25-0,6 ±0,08	3,17	Maks 0,51
	150	0,10	0,25-0,6 ±0,10	1,00	Maks 0,77
	200	0,11	0,25-0,6 ±0,12	1,72	Maks 1,02
	250	0,05	0,25-0,6 ±0,12	1,72	Maks 2,04
	300	0,09	0,25-0,6	0,51	Maks 3,57
	350	0,06	0,25-0,6	1,59	Maks 7,14

tidak halus, juga terdapat serpihan-serpihan dengan ukuran sekitar 5 μm .

Makin besar koefisien gesek, makin baik bahan tersebut dalam menahan gesekan.

Berdasarkan komposisi serat karbon dan sifat fisika, bahan yang memiliki komposisi serat karbon lebih besar akan membuat nilai berat jenis dan kekerasan yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan oleh kecenderungan serat karbon menarik unsur-unsur logam disekitarnya sehingga berkumpul pada saat proses *curing*. Berkumpulnya unsur-unsur logam mengakibatkan bahan menjadi lebih padat dan lebih keras. Gambar 4 menunjukkan bahwa contoh uji lebih porous sehingga contoh uji V1 mempunyai daya rem yang lebih baik dan tingkat keausan lebih baik bila dibandingkan dengan V5.

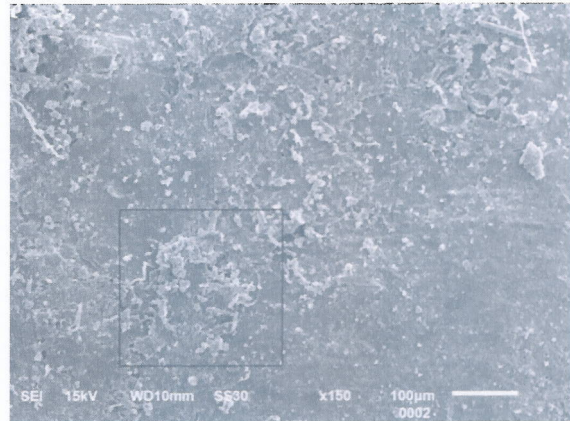
5. Sifat permukaan, *Scanning Electron mycroscopic (SEM)* dan *Energy Dispersion Spectrometry (EDS)*

Pada tabel 1 dapat dilihat bahwa dengan total bahan yang sama, V5 mempunyai komposisi serat gelas yang lebih banyak dibandingkan dengan V1, tetapi komposisi serat karbon pada V5 lebih sedikit dari pada V1. Hal ini ditunjukkan pada hasil EDS (*pure*) yang menunjukkan kadar Si pada V5 yang lebih besar dari pada V1. Perbedaan hasil EDS terdapat pada Gambar 1, 2, 3 dan 4.

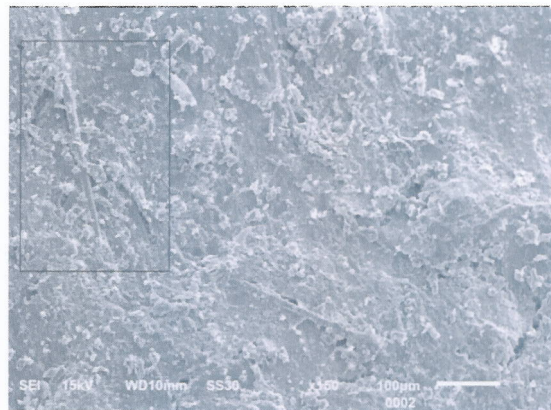
Pada contoh uji V5, jumlah atom Si (K) adalah 5,72% sedangkan pada V1 adalah 5,05%. Jumlah atom Si yang lebih besar pada contoh uji V5 dari pada contoh uji V1 sesuai dengan komposisi serat karbon V5 dibandingkan dengan V1. Hal ini juga sesuai dengan persentase jumlah molekul SiO_2 pada contoh uji V5 yaitu 20,09% yang lebih tinggi dibandingkan dengan contoh uji V1 yang 19,26%. Pada EDS, serat karbon tidak terlihat karena bahan-bahan lain juga mengandung karbon, tetapi dengan jumlah komposisi bahan lain yang sama untuk V1 dan V5 kecuali serat gelas dan perbedaan komposisi serat karbon signifikan yaitu 0,2%, perbedaan ini dapat diindikasikan dengan perbedaan atom karbon pada kedua contoh uji. V1 memiliki jumlah atom C 59,56% sedangkan V5 adalah 54,39%. Jumlah atom C V1 yang lebih besar dari

pada V5 sesuai dengan komposisi serat karbon V1 dibandingkan dengan V5.

Perbedaan komposisi serat gelas dan serat karbon berdampak pula pada sifat permukaan (Gambar 3).



Gambar 3: Hasil SEM pada pengukuran EDS Spektrum *Pure* Contoh uji V.5 perbesaran 150X



Gambar 4. Hasil SEM pada pengukuran EDS Spektrum *Pure* Contoh uji V.1 perbesaran 150X

Permukaan pada contoh uji V5 lebih halus dibandingkan dengan V1. Pori-pori pada contoh uji V5 lebih sedikit dibandingkan dengan V1. Permukaan contoh uji V1 selain tidak halus, juga terdapat serpihan-serpihan dengan ukuran sekitar 5 μm .

Makin besar koefisien gesek, makin baik bahan tersebut dalam menahan gesekan. Pada Tabel 2, koefisien gesek V1 lebih tinggi daripada V5. Nilai ini berlaku pada 100 dan 350°C. Hal ini disebabkan

oleh banyaknya unsur logam yang dikumpulkan oleh serat karbon pada V1 lebih banyak dari V5. Komposisi serat karbon yang lebih besar mengakibatkan koefisien gesek bahan menjadi lebih besar. Gambar 2 menunjukkan bahwa permukaan yang tidak rata dan keras mempunyai koefisien gesek lebih tinggi dibandingkan dengan permukaan halus dan kurang keras. Bahan yang mempunyai nilai keausan yang lebih tinggi berarti bahwa permukaan bahan tersebut mudah terkikis dibandingkan bahan yang mempunyai nilai keausan yang lebih rendah. Pada Tabel 2, terlihat V1 mempunyai nilai keausan lebih rendah dibandingkan dengan V5. Hal ini berkaitan dengan kerasnya permukaan contoh uji sehingga tidak mudah terkikis.

Bila dibandingkan dengan penampakan permukaan pada Gambar 2, V5 mengandung lebih sedikit serat karbon dan lebih banyak serat gelas sehingga saat proses *hot press* dan curing terjadi *cross-link* pada resin fenolik sehingga meleleh dan mengisi pori-pori. Proses ini mengakibatkan permukaan V5 lebih halus dibandingkan dengan V1.

KESIMPULAN DAN SARAN

Komposit dengan kandungan karbon berbasis lignin dari merang 0,25-0,20% memenuhi persyaratan berat jenis dan kekerasan untuk kampas rem truk/bus.

Makin banyak serat karbon, makin keras dan makin licin komposit sehingga makin kecil koefisien gesek dan daya ausnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dana untuk kegiatan penelitian ini dari Program Kompetitif Material Maju dan Nanoteknologi LIPI No. 1014/F/2011. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ir. Sulaefi Nasserie dan Bapak Erwin Priatna, ST untuk diskusi dan masukannya selama penelitian ini dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung Suryadi 2008, "Fabrikasi Rem Komposit Made In Indonesia" Program Studi Ilmu Material Universitas Indonesia, 15 Agustus 2008.
- Agung Suryadi 2008, "Characterization of Material Composite and Mechanic Material Property Coefficient Friction (μ) of Railway Brake Block Composite" Faculty of Material and Science Doctoral Program University Indonesia. 27 May 2008.
- Agung Suryadi Pamenang 2010 "Hati-Hati Penggunaan Blok Rem Komposit Kereta Api Berbasis Metal Mengandung B3 (Bahan Berbahaya Beracun) Mahasiswa Program Doktor, Ilmu Material, FMIPA Universitas Indonesia.
- Asian Mineral Resources Co Ltd 2007 "All Barium Sulfat Product (Barytes) MSDS" Material Safety Data sheet December 2007 P.1-P.3.
- Bhyrav Mutnuri 2006, "thermal Conductivity Characterization of Composite Materials" Thesis, Department of Mechanical Engineering Morgantown, West Virginia, USA.
- Charles E Knox "Fiberglass Reinforcement" Technical Director, Uniglass Industries New York 2001.
- Ganguly, Arnab, George, Raji 2007 "Asbestos Free Friction Composition for Brake linings", Ramaiah Institute of Technology Bangalore India.
- Golden Product 2009: "Friction Dust MSDS: Material Safety Data Sheet 15 Juni 2009 p.1-p.3.
- Harwanto Nugroho 2006, "Modified Phenolic Resin MSDS" Material Safety Data Sheet July 17th 2006 P.1-P.5.
- Huynen.E 2008, "Rockbrake RB250R 1000 (Bio Soluble Chemistry), Engineered Mineral Fiber (NoteQ) for Application in Friction Materials" Product Data Sheet, Lapinus intelligent fibres.
- Kadla JF, S.Kubo, R.A.Venditti, R.D Gilbert, A.L Compere, W.Griffith 2002 "Lignin Based Carbon Fibres for Composite Fiber Applications" Permagon. Elsevier Science Ltd. All Rights Reserved

- Lucia I, Anung S, Yuyun I, Myrtha K, Yuki Saito, 2013 "Effect of Heating Rate on Thermo stabilization Prior to Carbonization of Soda Rice Straw Lignin and Its Characterization" Jurnal Asian Transaction, January 2013
- Moran Wang, Qinyun Kang, Ning Pan, 2008 "Thermal Conductivity Enhancement of Carbon Fiber Composites" Applied Thermal Engineering, Elsevier.
- Product Data 2009," Vermiculite MSDS" Material Safety Data Sheet Dec 15, 2009 p.1-p.7.
- Product Directory 2012 "Technical Information of NBR Powder Nipoll 1411" Seal Materials. Science Lab.com Chemical & laboratory Equipment, 2010 " Graphite MSDS" Material Safety Data sheet, 11/01/2010 p.1-p.6.
- Seungjin Han, D.D.L. Chung, 2011, "Increasing The Through Thickness Thermal Conductivity of Carbon Fiber Polymer Matrix Composite by Curing Pressure Increase and Filler Incorporation", Composites Science and Technology, Elsevier.
- Technical Fiber Report TF-2004-1, 2004, "Sterling Fibers, Guidelines for Processing, CFF Fibrillated Fibers.
- Tian Tian, 2012 "Anisotropic Thermal Property Measurement of carbon Fiber/epoxy Composite Materials" Dissertation, The Graduate College at the University of Nebraska, December 2011.
- Yafei Lu, Choong-Fong Tang, Yongli Zhao and Maurice A Wight, 2004: "Optimization of Semi Metallic Friction Material Formulation" Journal of Reinforced Plastic and Composites Vol 23, No 14/2004:1537-1545.