

## Pengaruh Komposisi *Filler* Karbon *Black*-Silika terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Kompon Ban

Riastuti Fidyarningsih, Dewi Kusuma Arti, Diah Ayu Fitriani,  
Ade Sholeh Hidayat, dan Novita Amie Lestari

*Pusat Teknologi Material BPPT*

*Gedung 224 Kawasan Puspiptek, Tangerang Selatan 15314*

*Email: rias.fidyarningsih@gmail.com*

*Diterima: 06-Okt-2017    Diperbaiki: 20-Nov-2017    Disetujui: 26-Des-2017*

### ABSTRAK

**Pengaruh Komposisi *Filler* Karbon *Black*-Silika terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Kompon Ban.** Ban merupakan salah satu produk barang jadi karet yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu bahan yang digunakan dan memiliki peran yang penting untuk memperkuat kompon ban adalah *filler*. Pada penelitian ini pengaruh komposisi dua *filler*, yaitu karbon *black* dan silika terhadap sifat fisis dan mekanis dari kompon ban akan dipelajari. Komposisi perbandingan *filler* karbon *black* dan silika yang digunakan adalah 50:0; 40:10; 25:25; 10:40; dan 0:50 phr. Kompon dibuat dengan pencampuran dalam *kneader* dan *open mill*, selanjutnya di cetak menjadi spesimen sampel untuk diuji. Sifat fisis dan mekanis yang diteliti diantaranya adalah kekerasan, abrasi, *rebound*, kompresi dan kuat sobek. Selain itu dilakukan juga uji FTIR untuk mengetahui karakteristik kimianya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak *filler* karbon *black* dibandingkan dengan silika, maka nilai kekerasan dan ketahanan abrasi semakin tinggi. Namun sebaliknya, nilai kepegasan pentul, kompresi dan kuat sobeknya semakin rendah. Sementara itu, hasil uji kuat tarik dan kuat sobek memberikan hasil yang bervariasi.

**Kata Kunci:** kompon, *filler*, silika, karbon *black*

### ABSTRACT

***The Effect of Carbon Black-Silica Fillers Composition on Physical and Mechanical Properties of Tire Compound.*** Tire is one of rubber products, which is mostly used in everyday lives. Filler is one of rubber compound materials which have an important function on the rubber compound properties. In this research, the influence of two-filler compositions on physical and mechanical properties of the rubber compound were studied. The compositions of carbon black and silica used were 50:0; 40:10; 25:25; 10:40; and 0:50 phr. The compound was made by mixing

*the materials in a kneader and an open mill, then samples were moulded and tested. Physical and mechanical properties such as hardness, abrasion, rebound, compression, tensile and tear strength were studied. FTIR analysis was conducted to measure the chemical effect of the filler. The characterization results showed that higher hardness and abrasion resistance is achieved in the presence of higher carbon black. On the contrary, the compression, tensile and tear strength showed lower value when higher carbon black is added. Whilst the tensile and tear strength have various result.*

**Keywords:** *compound, filler, silica, carbon black*

## PENDAHULUAN

Karet merupakan material dengan elastisitas yang tinggi. Karet memiliki peran yang tak tergantikan di industri, ketahanan nasional dan kehidupan sehari-hari. Namun demikian, karet adalah material lunak yang memiliki sifat mekanik yang rendah. Penambahan *reinforcing filler* sangat penting untuk meningkatkan karakteristik bahan karet [1]. Salah satu produk karet yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah ban. Ban merupakan produk komposit yang terbuat dari berbagai macam bahan dengan sifat yang berbeda, sehingga pemilihan bahan dan jumlahnya memerlukan pengetahuan yang luas [2].

*Filler* merupakan salah satu bahan kimia kompon karet yang menjadi faktor dalam mempengaruhi sifat fisis produk karet. Penambahan *filler* dapat memperbaiki sifat vulkanisat suatu produk yang dipengaruhi oleh tipe elastomer, sifat alami dari *filler*, dan juga jumlah dari *filler* yang digunakan. Kegunaan lainnya antara lain untuk meningkatkan sifat mekanis produk yang dihasilkan seperti kekerasan, kuat tarik, ketahanan abrasi dan ketahanan sobek [3]. Berbagai jenis partikulat *filler* digunakan pada industri karet untuk memperkuat dan memodifikasi sifat fisik material elastomer [4]. *Reinforcing filler* seperti karbon *black* dan silika telah digunakan secara luas di industri produk barang jadi karet [5]. Karbon *black* dan silika memiliki karakteristik permukaan yang berbeda. Kedua *filler* dapat membentuk aglomerasi, namun penyebab aglomerasi tidak sama, sehingga kemampuan dispersinya juga berbeda [6].

Karbon *black* merupakan salah satu *reinforcing filler* yang rutin digunakan pada industri ban dan banyak peneliti telah mempelajari pengaruh karbon *black* pada sifat mekanik dan dinamik dari ban. Ukuran partikel karbon *black* dan luas area spesifiknya merupakan faktor paling penting yang mempengaruhi sifat ban. Saat ini, substitusi karbon *black* dengan silika sebagai bahan penguat tambahan menjadi populer dalam industri ban, khususnya untuk formulasi bagian *tread* ban dari mobil penumpang dan truk.

Permukaan silika jika dibandingkan dengan karbon *black*, menghasilkan sifat dinamik yang berbeda ketika bereaksi dengan elastomer. Sementara itu, penggunaan silika sendiri meningkatkan viskositas kompon secara signifikan, dan dengan demikian menimbulkan masalah pada pemrosesan dan pematangan kompon karet [2]. Silika merupakan *filler* yang digunakan di industri karet secara luas karena bebas minyak, memiliki kemampuan yang baik untuk memperkuat karet, dan harganya yang murah. Terlebih lagi, jika dibandingkan dengan nanokomposit karbon *black*/karet, nanokomposit silika/karet memperlihatkan *rolling resistance* yang lebih rendah [1].

Interaksi antara *filler* dan karet sendiri dapat didefinisikan sebagai kompatibilitas antara *filler* dengan karet, sedangkan interaksi *filler-filler* merupakan sifat daya tarik pada *filler* terhadap dirinya sendiri dan kemampuannya untuk membentuk jaringan. Silika memiliki komponen dispersif yang tinggi dengan interaksi *filler* karet yang kuat dan *filler network* yang lemah. Interaksi *filler-filler* merupakan mekanisme utama untuk memperkuat kompon karet. Interaksi ini tergantung kepada interaksi kimia antara permukaan partikel *filler* (*filler-filler*, *filler-karet*), interaksi fisik (van der Waals, ikatan hidrogen), morfologi jaringan *filler* dan fraksi volume *filler* [7].

Pada penelitian ini, dibuat variasi perbandingan komposisi antara *filler* karbon *black* dan silika untuk melihat seberapa jauh pengaruh dari kedua *filler* tersebut dalam meningkatkan sifat fisis dan mekanis dari kompon ban.

## **METODE PERCOBAAN**

### *Material*

Pada penelitian ini digunakan 2 jenis karet, yaitu karet alam menggunakan RSS dan karet sintesis menggunakan *butadiene rubber* yang diperoleh dari Rhein Chemie ex Lanxess. Bahan pengisi berupa karbon *black* N 220 diperoleh dari Cabot dan bahan pengisi silika diperoleh dari Jebsen & Jessen. Bahan aditif berupa *peptizer* didapat dari Evonik Indonesia, sedangkan bahan tambahan lain seperti *processing oil*, *Si-coupling agent*, aktivator, *antidegradant*, akselerator dan sulfur diperoleh dari Rhein Chemie. Variasi komposisi *filler* karbon *black* dan silika dapat dilihat pada Tabel 1.

### *Pembuatan Kompon*

Pembuatan kompon dimulai dengan pencampuran bahan karet dalam *kneader*. Karet dan *peptizer* dimastikasi selama 5 menit, kemudian *filler* dan *processing oil* dimasukkan dan dicampur selama 5 menit. Selanjutnya bahan-bahan aditif dimasukkan dan diaduk selama 5 menit. Kompon diistirahatkan

selama satu malam kemudian dicampur dengan akselerator dan sulfur. Kompon yang sudah jadi dibuat lembaran menggunakan open mill pada suhu 70°C. Lembaran kompon yang diperoleh kemudian dicetak menjadi spesimen sampel menggunakan *hot press*.

**Tabel 1.** Formulasi kompon karet dengan variasi *filler*

Bahan	Jumlah (phr)				
	FS1	FS2	FS3	FS4	FS5
Karet Alam	85	85	85	85	85
Karet Sintetik	15	15	15	15	15
<i>Homogenizer</i>	3	3	3	3	3
Aktivator	8	8	8	8	8
Karbon Black	50	40	25	10	0
Silika	0	10	25	40	50
<i>Coupling Agent</i>	0	0,8	2	3,2	4
<i>Antidegradant</i>	8	8	8	8	8
<i>Processing Oil</i>	6	6	6	6	6
Akselerator	1,5	2	2	2	2
Sulfur	1,5	2	2	2	2

#### *Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis*

Pengujian sifat fisis dan mekanis terdiri dari pengujian kekerasan, abrasi, kepegasan pantul, kompresi, kuat tarik dan kuat sobek. Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan alat uji kekerasan Shore A Mitutoyo mengikuti standar ASTM D2240. Pengujian abrasi dilakukan menggunakan alat uji Laryee Technology Co. Ltd AT 150 DIN *abrasion tester* dengan mengikuti standar DIN ISO 4649. Pengujian kepegasan pantul dilakukan menggunakan alat uji *rebound resilience tester* dengan mengikuti standar ASTM D2632. Pengujian kompresi dilakukan dengan alat *compression set* mengikuti standar ASTM D395. Uji kuat tarik dan kuat sobek dilakukan menggunakan Gotech *Testing Machine* masing-masing sesuai dengan ASTM D412 dan ASTM D624.

#### *Karakterisasi Gugus Fungsi*

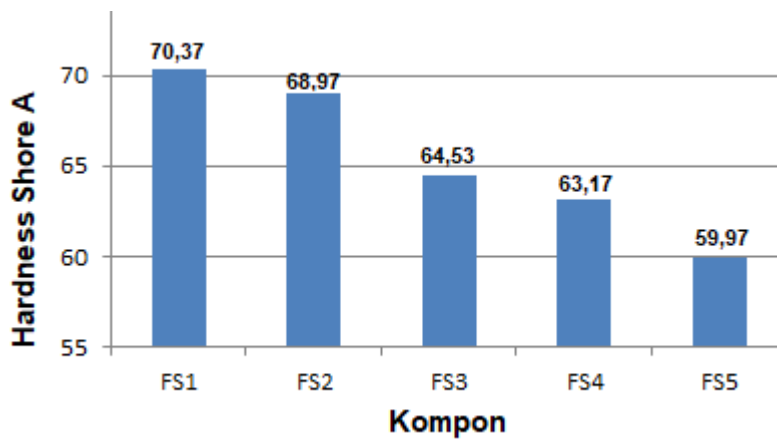
Pengujian sifat kimia dilakukan dengan alat ATR-FTIR Nicolet Thermo iS50. Seluruh pengujian sifat fisis dan sifat kimia dilakukan di Laboratorium Teknologi Material, BPPT.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

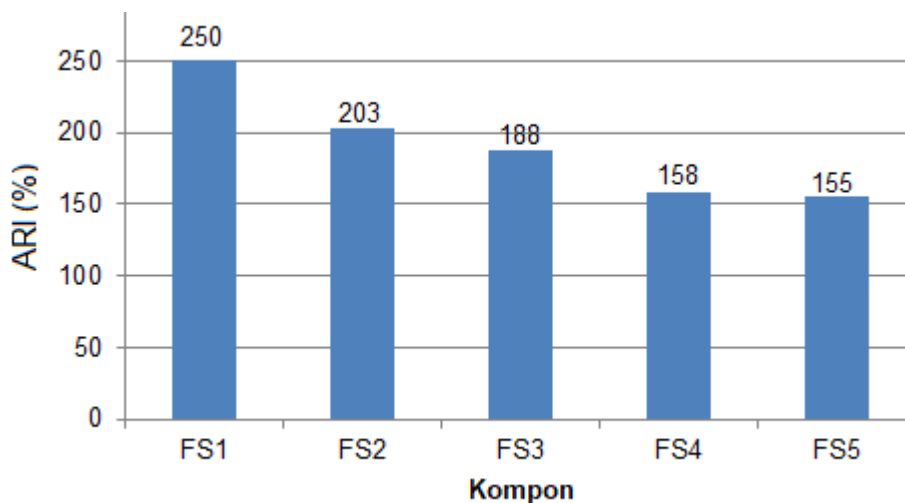
### *Uji Sifat Fisis dan Mekanis*

## Pengaruh Komposisi *Filler* Karbon *Black*-Silika terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Kompon Ban (Riastuti Fidyansih)

Penambahan *filler* ke dalam matriks karet menyebabkan peningkatan sifat mekanis pada kompon karet. Efek *reinforcement* ini berhubungan dengan sifat interfasa dan tergantung terhadap interaksi spesifik antara polimer dan *filler* [7]. Gambar 1 memperlihatkan efek penambahan karbon *black* dan silika terhadap kekerasan kompon karet. Semakin kecil jumlah *filler* karbon *black* yang ditambahkan dan semakin besar jumlah *filler* silika, nilai kekerasan shore A cenderung menurun. Ikatan silang dalam kompon karet serta jumlah bahan pengisi karbon *black* mempengaruhi nilai kekerasan dari karet. Nilai kekerasan menurun seiring dengan penambahan silika. Penurunan nilai kekerasan dapat diakibatkan karena penurunan *crosslink density* pada sampel [2].



**Gambar 1.** Grafik hasil uji kekerasan kompon ban dengan *filler* karbon *black*:silika

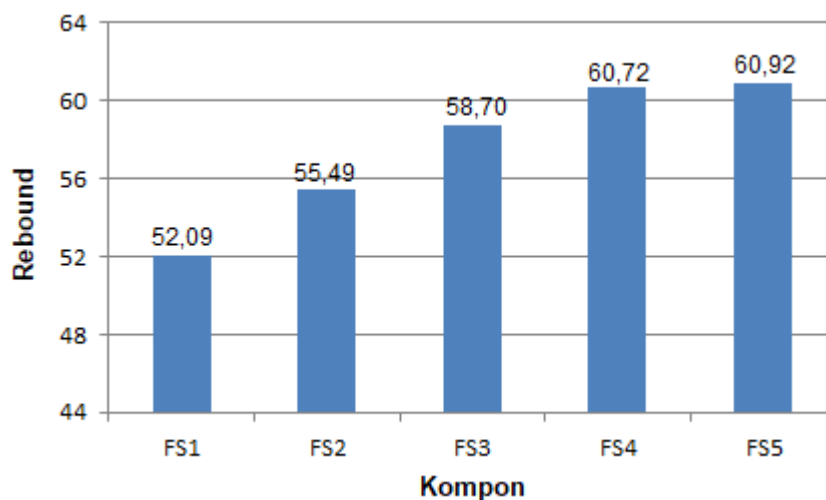


**Gambar 2.** Grafik hasil uji abrasi kompon ban dengan *filler* karbon *black*:silika

Gambar 2 memperlihatkan perubahan sifat abrasi seiring dengan perubahan komposisi *filler* yang ditambahkan. Dua faktor penting dalam mempelajari sifat abrasi karet adalah modulus dan *crosslink density*. Nilai modulus dan *crosslink density* yang tinggi mempengaruhi peningkatan kuat abrasi kompon karet [2]. Semakin banyak kandungan *filler* karbon *black* dalam kompon, nilai ketahanan abrasi semakin besar yang mengindikasikan semakin sulit karet tersebut untuk terkikis.

*Resilience* merupakan rasio energi yang dibebaskan oleh pemulihan akibat deformasi dengan energi yang dibutuhkan untuk membentuk deformasi. Kepegasan pantul akan meningkat sampai pada titik tertentu seiring dengan kenaikan *crosslink density*. *Resilience* terkait dengan fleksibilitas rantai molekular, semakin fleksibel rantai molekul, semakin baik *resilience* [7]. Kompon dengan jumlah *filler* silika lebih banyak memiliki nilai kepegasan pantul paling tinggi dibandingkan dengan kompon lain seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.

Penggabungan partikulat *filler* ke dalam karet menyebabkan berkurangnya *resilience*, khususnya dengan *reinforcing filler*. Adanya *reinforcing filler* mengurangi *resilience* atau meningkatkan histerisis karena energi yang digunakan pada friksi polimer:*filler* dan pada keluarnya segmen polimer dari permukaan *filler* aktif. Semakin besar nilai *rebound resilience* menandakan interaksi karet-*filler* yang berkurang yang berarti lebih sedikit energi akibat friksi karet pada permukaan *filler* [8].



**Gambar 3.** Grafik hasil uji *rebound* kompon ban dengan *filler* karbon *black*:silika

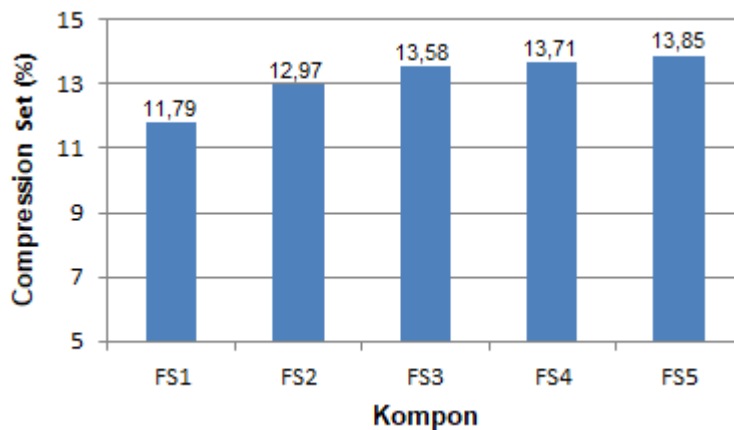
Penambahan sulfur menyebabkan adanya ikatan silang yang berpengaruh terhadap elastisitas kompon. Seiring dengan peningkatan *crosslink density*, kemungkinan *crosslink* untuk terputus selama proses

## Pengaruh Komposisi *Filler* Karbon *Black*-Silika terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Kompon Ban (Riastuti Fidyarningsih)

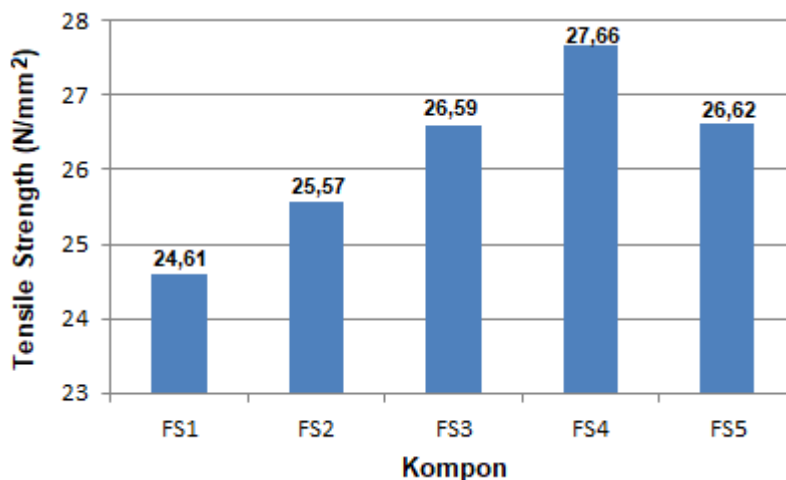
---

kompresi menjadi lebih besar sehingga menghasilkan persentasi kompresion set yang tinggi.

Gambar 4 memperlihatkan efek penambahan *filler* terhadap nilai kompresi kompon karet. Kompon dengan formulasi FS5 merupakan kompon yang paling elastis dibandingkan dengan kompon lainnya. *Crosslink density* yang lebih tinggi pada kompon dengan komposisi *filler* silika yang lebih banyak menyebabkan nilai kompresion set menjadi lebih tinggi. Dalam aplikasinya, semakin rendah nilai kompresi, semakin baik material digunakan [9]. Uji kompresi sendiri juga berhubungan dengan kekerasan dari kompon karet tersebut. Semakin tinggi tingkat kekerasan dari karet maka akan semakin sulit karet tersebut untuk dideformasi atau terjadi perubahan bentuk, sehingga persen kompresinya akan kecil karena elastisitasnya yang rendah.



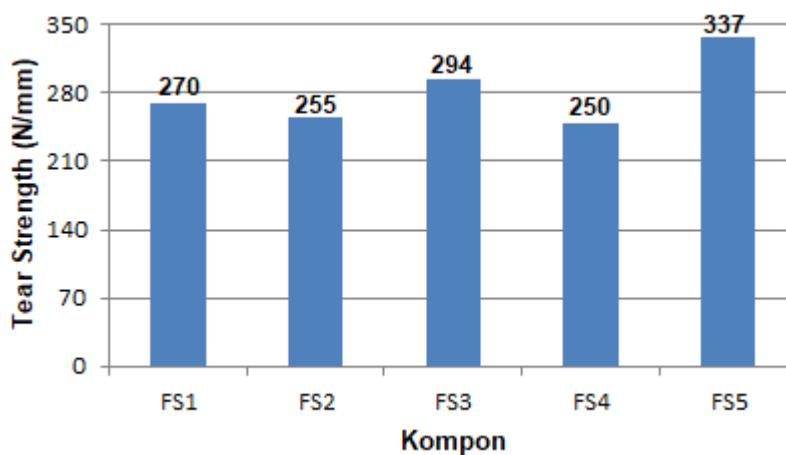
**Gambar 4.** Grafik hasil uji kompresi kompon ban dengan *filler* karbon *black*:silika



**Gambar 5.** Grafik hasil uji tarik kompon ban dengan *filler* karbon *black*:silika

Gambar 5 memperlihatkan efek penambahan *filler* karbon *black* dan silika terhadap nilai kuat tarik kompon karet. Dari grafik terlihat bahwa nilai kuat tarik optimum adalah pada kompon FS4 dimana mengandung *filler* karbon *black*:silika sebesar 10:40 phr. Penambahan karbon *black* menurunkan mobilitas dari rantai makromolekular karet, sehingga meningkatkan kekakuan karet. Peningkatan kuat tarik dapat disebabkan karena dispersi yang seragam dari *filler* dan interaksi *filler*-karet yang baik. Penurunan kuat tarik kemungkinan disebabkan karena penurunan interaksi antara karet dan silika dan peningkatan interaksi *filler*-*filler* (agglomerasi) silika [10]. Hal ini menyebabkan penurunan elastisitas rantai karet dan membuat kompon lebih kaku.

Gambar 6 memperlihatkan efek dari penambahan *filler* karbon *black*-silika terhadap kuat sobek pada sampel kompon karet. Nilai kuat sobek bervariasi terhadap penambahan *filler* karbon *black* dan silika. Terlihat bahwa material yang memiliki nilai kuat sobek tertinggi adalah FS5 yaitu compound yang menggunakan *filler* silika. Banyaknya ikatan silang akan mempengaruhi nilai kuat sobek. Semakin banyak dan stabil ikatan silang yang terbentuk maka gaya yang dibutuhkan untuk terjadinya sobekan pertama semakin besar.



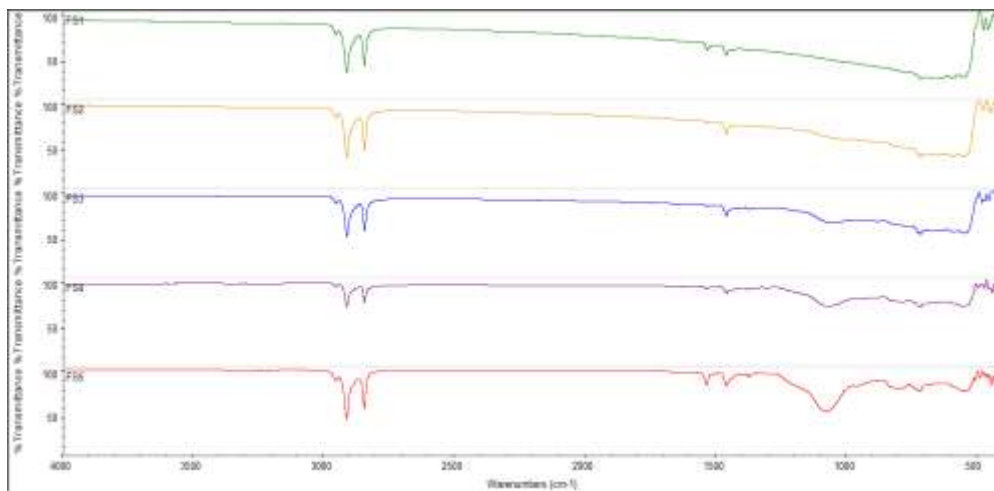
**Gambar 6.** Grafik hasil uji sobek kompon ban dengan *filler* karbon *black*:silika

#### Analisis Gugus Fungsi

Untuk mengamati interaksi antara karet dengan *filler*, dilakukan uji FTIR. Perubahan yang diamati adalah adanya perubahan intensitas absorpsi dari gugus fungsi silika. Pada Gambar 7 teramati daerah sekitar panjang gelombang  $2956\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya ikatan C-H. Vibrasi ikatan Si-O-Si teramati pada daerah  $1079\text{ cm}^{-1}$ . Jika dibandingkan antara kelima sampel, terlihat adanya peningkatan intensitas puncak Si-O-Si dari kompon FS1



sampai FS5. Pada sampel FS1 tidak muncul vibrasi dari Si-O-Si, hal ini sesuai dengan formulasinya yang hanya menggunakan *filler* karbon *black*.



**Gambar 7.** Spektrum FTIR komponen ban dengan *filler* karbon *black*:silika

## KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin banyak *filler* karbon *black* yang ditambahkan dalam komponen dibandingkan dengan silika, maka nilai kekerasan dan ketahanan abrasinya semakin tinggi. Namun sebaliknya, nilai kepegasan pentul, kompresi dan kuat sobeknya semakin rendah. Sedangkan hasil uji kuat tarik dan kuat sobek memberikan hasil yang bervariasi. Dilihat dari uji FTIR, penambahan *filler* silika memberikan nilai absorbansi ikatan Si-O-Si pada daerah  $1079\text{ cm}^{-1}$ .

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Teknologi Material-BPPT atas fasilitas penelitian yang mencakup bahan dan alat uji. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada program beasiswa Riset-Pro Non gelar yang telah membiayai pelatihan di University of Akron, USA.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Qiao H, Chao M, Hui D, Liu J, Zheng J, Lei W, Zhou X, Wang R, Zhang L. Enhanced interfacial interaction and excellent performance of silica/epoxy group-functionalized styrene-butadiene rubber (SBR)

- nanocomposites without any coupling agent. *Composites Part B* 2017;114:356-64.
- [2]. Zafarmeherabian R, Gangali ST, Ghoreishy MHR, Davallissn M. The effects of silica/carbon black ration on the dynamic properties of the tread compounds in truck tires. *E-J Chem* 2012;9(3):1102-12.
- [3]. Ali F, Mezal M, Darmawan V. Pengaruh penambahan zeolit dan kulit kerang darah terhadap sifat mekanis *rubber compound*. *J Teknik Kimia* 2014;20(3):57-65.
- [4]. Bokobza L. The reinforcement of elastomeric networks by fillers. *Macromol Mater Eng* 2004;289:607-21.
- [5]. Vijay VR, Anitha AM, Menon ARR. Studies on blends of natural rubber and butadiene rubber containing silica-organomodified kaolin hybrid filler systems. *Polymer* 2016;89:135-42.
- [6]. Sengloyluan K, Sakaharo K, Dierkes WK, Noordermeer JWM. Silica-reinforced tire tread compounds compatibilized by using epoxidized natural rubber. *Euro Polym J* 2014;51:69-79.
- [7]. Jovanovic SS, Jovanovic V, Markovic G, Zekovic I, Cincovic MM. Properties of vulcanized polyisoprene rubber composites filled with opalized white tuff and precipitated silica. *Sci World J* 2014;8:913197.
- [8]. Kamal MM, Clarke J, Ahmad MDA. Comparison of properties of natural rubber compounds with various fillers. *J Rubber Res* 2009;12(1):27-44.
- [9]. Mostafa A, Kasem AA, Bayoumi MR, El-Sebaie MG. Effect of carbon balck loading on the swelling and compression set behavior of SBR and NBR rubber. *Mater Des* 2009;30:1561-8.
- [10]. Iqbal M, Akhter T, Farooqui ZUH, Mahmood K. The effects of plasticizer and filler on the curing characteristic and mechanical properties of (SBR) styrene butadiene rubber and (CR) chlorophene rubber blends. *J. Chem Soc Pak* 2008;30(4):507-11.