

## **Pengaruh Rasio *Paraffinic Oil* terhadap *Aromatic Oil* terhadap Sifat Mekanis Kompon Karet Alam**

**Dita Adi Saputra\***, Dewi Kusuma Arti, Riasuti Fidyarningsih, Mahendra  
Anggaravidya, Lies A. Wisojodharmo, dan Diah Ayu Fitriani  
*Pusat Teknologi Material - BPPT*  
Gedung 224, Kawasan Puspitpek, Tangerang Selatan, Banten (15314)  
E-mail: ditaadisaputra@gmail.com

Diterima: 02-Jan-2018    Diperbaiki: 07-Mar-2018    Disetujui: 29-Mei-2018

### **ABSTRAK**

**Pengaruh Rasio *Paraffinic Oil* terhadap *Aromatic Oil* terhadap Sifat Mekanis Kompon Karet Alam.** Penambahan *processing oil* dalam proses pembuatan kompon karet memiliki fungsi yang sangat penting, diantaranya dapat mengurangi nilai viskositas dan elastisitas campuran sehingga mudah diproses, membantu dalam pendispersian *filler*, dan mengurangi penggunaan energi selama proses pembuatan kompon. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh rasio *processing oil*, (*paraffinic oil/aromatic oil*) terhadap sifat mekanis kompon karet *cushion gum* untuk merekatkan material karet dengan kanvas. Pada penelitian ini digunakan karet *Ribbed Smoke Sheet-1* (RSS-1) 100 phr (*part per hundred rubber*), dengan variasi rasio *paraffinic oil* terhadap *aromatic oil* yaitu 10/0; 7,5/2,5; 5,0/5,0; 2,5/7,5 dan 0/10 phr. Dari hasil penelitian, semakin banyak penambahan *aromatic oil* dapat meningkatkan viskositas kompon karet, menurunkan nilai kuat pantul, dan nilai kekerasan yang stabil. Rasio *paraffinic oil/aromatic oil* 5,0/5,0 memberikan hasil optimum dalam *peel test*, sedangkan untuk sifat mekanis lainnya seperti ketahanan kikis, kuat tarik, kuat sobek, dan kompresi memberikan nilai yang beragam.

**Kata Kunci:** karet, kanvas, *processing oil*, *paraffinic oil*, *aromatic oil*

### **ABSTRACT**

***Effect of Paraffinic Oil and Aromatic Oil Ratio on Mechanical Properties of Natural Rubber Compounds.*** The addition of *processing oil* to the rubber compounding process has a very important function, which can reduce the viscosity and elasticity of the mixture so that it is easy to process, helps dispersing *filler*, and reduces energy use during compound making process. The purpose of this research is to analyze the effect of *processing oil* rasio (*paraffinic oil to aromatic oil*) on mechanical properties of *cushion gum* rubber compound in order to gluing rubber material with kanvas. This research used *Rubbed Smoke Sheet-1* (RSS-1) 100 phr (*part per hundred rubber*), with variation of *processing oil* ratio between *paraffinic*

oil and aromatic oil (10/0; 7.5/2.5; 5.0/5.0; 2.5/7.5 and 0/10 phr). The results showed that increasing the addition of aromatic oil can increase the viscosity of the rubber compound, decrease the reflected strong value, and the value of the hardness was stable. Ratio of paraffinic oil/aromatic oil 5/5 gave optimum result in peel test. Other physical properties, such as abrasion resistance, tensile strength, tear strength, and compression, provide various values.

**Keywords:** rubber, canvas, processing oil, paraffinic oil, aromatic oil

## PENDAHULUAN

Karet digolongkan ke dalam kelompok elastomer untuk penggunaan umum karena mempunyai beberapa keunggulan sifat seperti daya pantul, daya lengket dan elastisitas yang baik serta kemudahan untuk di giling. Karet alam sudah lama digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan berbagai jenis *cushion gum* atau perekat karena memiliki daya lengket yang cukup baik. Pengertian perekat adalah suatu bahan yang dapat menyatukan bahan – bahan lainnya melalui ikatan permukaan. Di Indonesia beredar berbagai jenis dan tipe perekat untuk berbagai macam penggunaan yang kebanyakan merupakan produk impor dan berasal dari karet sintetis dengan harga yang cukup mahal. Mengingat Indonesia adalah salah satu penghasil karet alam terbesar di dunia, maka perlu dilakukan formulasi yang tepat untuk dapat memanfaatkan karet alam ini, salah satunya dalam pembuatan *cushion gum*.

Karet alam disintesis secara alami melalui polimerisasi enzimatis isopentilpirofosfat. Unit ulangnya adalah sama sebagaimana 1,4-poliisoprena. Bentuk utama dari karet alam terdiri dari 97% cis-1,4-isoprena. Hampir semua karet alam diperoleh dalam bentuk lateks yang terdiri dari 32-35% karet dan sisanya senyawa lain, termasuk asam lemak, gula, protein, sterol ester dan garam. Ribbed Smoke Sheet (RSS)-1 merupakan salah satu jenis karet RSS yang memiliki karakteristik bebas kontaminasi yang tembus bandela/pandang, tidak berbintik/bergaris, tidak kurang matang, tidak buram/hangus, kondisi kering, bersih, kekar, tidak cacat, bergelembung maksimal sebesar kepala jarum dan bersih, serta matang dan warna cerah.

Salah satu proses perekatan dalam industri yang cukup penting yaitu antara material karet dan kanvas dimana aplikasinya diperlukan dalam pengembangan produk karet untuk transportasi, maritim dan medis. Oleh sebab itu diperlukan formulasi *cushion gum* sebagai perekat antara karet-kanvas yang memiliki sifat mekanis yang sesuai spesifikasi. Untuk *cushion gum* karet-kanvas harus memenuhi kriteria seperti *tensile strength* lebih dari 26,5 MPa dengan *elongation at break*  $\geq 600\%$ , *hardness* 52 Shore A, *abrasion resistance*  $\geq 120\%$  ARI%, *compression set* ( $70^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ , 22 h) sebesar 10-20% dan *rebound resilience* 45-70% [1].

## Pengaruh Rasio *Paraffinic Oil* terhadap *Aromatic Oil* terhadap Sifat Mekanis Kompon Karet Alam (Dita Adi Saputra)

---

Dalam proses pembuatan *cushion gum*, salah satu material dalam kompon yang cukup berpengaruh yaitu *processing oil* karena mempengaruhi sifat kekerasan dan elastisitas sehingga menentukan pemrosesan selanjutnya. *Processing oil* adalah senyawa hidrokarbon yang dihasilkan dari minyak bumi. Produk ini digunakan sebagai *processing aid* dalam pengolahan karet alam ataupun karet sintetis, sebagai *plasticizer* dalam PVC kompon, dan sebagai *base oil* pada tinta cetak. Secara umum, ada beberapa jenis *processing oil*, diantaranya adalah *paraffinic oil*, *aromatic oil* dan *naphthenic*. Di Indonesia, *paraffinic oil* dan *aromatic oil* sangat umum digunakan dalam proses pembuatan kompon. Walaupun memiliki fungsi yang sama, namun aplikasi dari masing-masing jenis berbeda. *Paraffinic oil* cocok untuk pembuatan barang jadi karet yang berwarna terang, sedangkan *aromatic oil* lebih cocok dipakai untuk pembuatan barang jadi yang berwarna gelap, misalnya ban kendaraan, sol sepatu, barang plastik dan tinta cetak. *Paraffinic oil* merupakan senyawa yang sangat stabil, digunakan untuk vulkanisat berwarna atau putih, bersifat nonpolar, lebih cocok untuk karet yang nonpolar seperti EPDM. Di sisi lain, *aromatic oil* tidak begitu stabil, berwarna gelap, *low flash point*, dan tidak cocok untuk pencampuran pada suhu tinggi, digunakan untuk campuran karet berwarna gelap, bersifat polar sehingga cocok untuk untuk karet yang polar. Dalam pembuatan kompon karet, bahan ini dapat memperbaiki proses pelunakan dan pemekaran karet, serta menurunkan kekentalan kompon karet. Dengan demikian bahan ini membantu mendispersikan *carbon black* ke dalam molekul-molekul karet, sehingga memperbaiki sifat-sifat mekanis kompon [2].

Untuk itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh rasio *paraffinic oil* terhadap *aromatic oil* dalam kompon karet untuk aplikasi *cushion gum* sehingga didapatkan formulasi yang memenuhi kriteria atau spesifikasi yang telah disebutkan sebelumnya.

### METODE PERCOBAAN

#### *Bahan*

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan polimer karet alam tipe RSS-1 dengan densitas  $0,95 \text{ g/cm}^3$  yang diperoleh dari pemasok lokal, bahan pengisi yaitu *carbon black* N330 dari Cabot dan *silica highly dispersable* dari Jebsen and Jessen Chemical serta bis-(3-triethoxysilyl-propyl)-tetrasulfide (TESPT) dari Evonik Jerman sebagai *coupling agent*. Bahan aditif yang terdiri dari akselerator, *tackifier*, antioksidan, dan kuratif diperoleh dari Rhein Chemie. *Paraffinic oil* dan *aromatic oil* diperoleh dari PT Pertamina.

*Eksperimental*

Pada penelitian ini bahan yang divariasikan hanya rasio *paraffinic oil* terhadap *aromatic oil*, sedangkan bahan lain dibuat dalam jumlah yang sama untuk setiap formulasinya. Komponen lain seperti RSS-1, *carbon black*, silika, TESPT, dan aditif masing-masing digunakan dalam jumlah yang tetap sebanyak 100; 45; 2,5; 0,1; dan 20,1 phr. Variasi rasio *paraffinic oil* terhadap *aromatic oil* disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Variasi rasio *paraffinic oil* terhadap *aromatic oil*

Kode Sampel	<i>Paraffinic Oil</i> (phr)	<i>Aromatic Oil</i> (phr)
FRC 1	10,0	0
FRC 2	7,5	2,5
FRC 3	5,0	5,0
FRC 4	2,5	7,2
FRC 5	0	10,0

Masing-masing formula diperlakukan dengan tahap yang sama yaitu pencampuran bahan polimer dan *homogenizer* menggunakan mesin kneader pada suhu 100 °C dengan kecepatan 60 rpm selama 5 menit, kemudian ditambahkan *filler* dan  $\frac{1}{2}$  *oil* (dicampur selama 5 menit). Selanjutnya, ke dalam campuran ditambahkan lagi bahan aditif, dan  $\frac{1}{2}$  *oil* dan diaduk pada suhu 80 °C dengan kecepatan 5 rpm selama 5 menit.

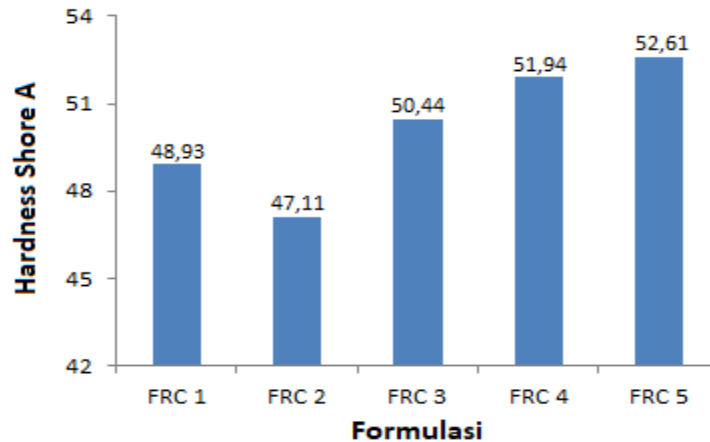
Proses selanjutnya adalah *milling* pada temperatur 70 °C selama 5 menit sehingga menghasilkan kompon lembaran (*masterbatch*). *Masterbatch* tersebut disimpan selama 24 jam, baru kemudian ditambahkan kuratif dan dicampur kembali pada suhu 70 °C dengan kecepatan 32 rpm selama 2 menit. Setelah *mixing*, lalu dilakukan kembali proses *milling* untuk membentuk lembaran yang siap cetak menjadi specimen uji. Pembuatan specimen uji dilakukan menggunakan *hot press*. Uji kekerasan shore A menggunakan alat uji kekerasan (Mitutoyo) dengan metode ASTM D 2240, uji densitas berdasarkan metode DIN, uji abrasi berdasarkan ASTM D5963, uji kuat pantul berdasarkan ASTM D2632, uji kompresi mengikuti ASTM D395. Uji tarik, uji sobek dan *peel test* menggunakan alat UTM (Gootech Tipe A1700S) kapasitas 2 kN dengan metode masing-masing ASTM D412, ASTM D624, dan ASTM D1876.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Salah satu parameter dasar dalam pengujian karet yaitu kekerasan (*hardness*). Kekerasan pada karet merupakan kemampuan karet untuk menahan besarnya gaya yang diberikan terhadap karet untuk tetap

## Pengaruh Rasio *Paraffinic Oil* terhadap *Aromatic Oil* terhadap Sifat Mekanis Kompon Karet Alam (Dita Adi Saputra)

mempertahankan bentuknya tanpa mengalami kerusakan susunan strukturnya. Pada kompon *cushion gum*, kekerasan akan mempengaruhi mudah tidaknya pemrosesan dalam aplikasinya. Gambar 1 memperlihatkan nilai kekerasan kompon *cushion gum* karet-kanvas yang sudah dibuat.

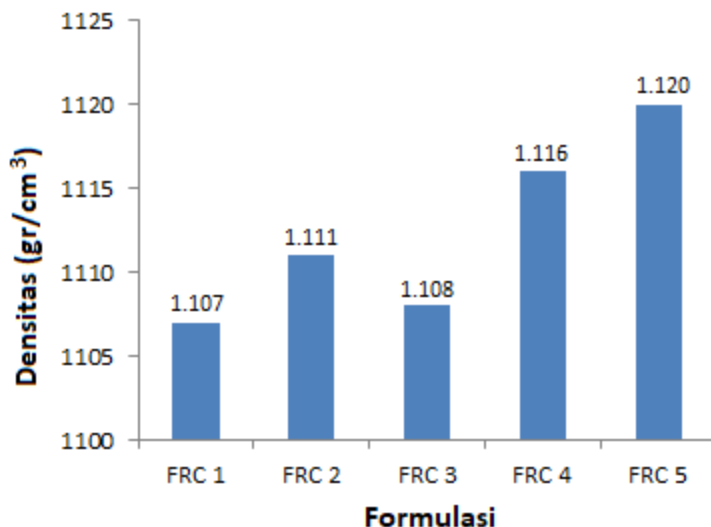


**Gambar 1.** Hasil uji kekerasan kompon *cushion gum* karet-kanvas

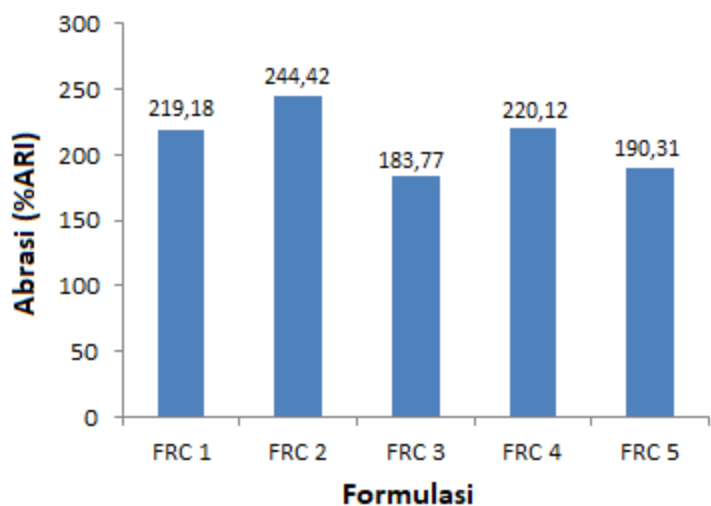
Dapat dilihat pada gambar 1 bahwa semakin banyak *aromatic oil* yang digunakan, maka kekerasan kompon makin meningkat. Nilai *hardness shore A* yang paling besar ditunjukkan oleh formulasi FRC 5, yaitu 52,61. Kekerasan kompon karet dapat dipengaruhi oleh adanya ikatan silang dalam kompon karet serta jenis dan jumlah dari bahan pengisi dan aditif. Dalam hal ini jumlah penggunaan bahan *aromatic oil* dan *paraffinic oil* yang berbeda.

Selain itu, kekerasan kompon karet dipengaruhi ada tidaknya agregat yang terlalu besar pada daerah tertentu saja yang dapat mempengaruhi interaksi antar rantai polimer dan adsorpsi rantai polimer oleh *carbon black*. Dengan kata lain apabila interaksi antar rantai polimer dan adsorpsi rantai polimer oleh *carbon black* terjadi secara optimum, gaya Van Der Waals yang terbentuk lebih kuat dan dapat mempertahankan bentuk dari kompon karet ketika diberikan gaya terhadapnya [3].

Massa jenis atau densitas adalah suatu besaran kerapatan massa benda yang dinyatakan dalam berat benda per satuan volume benda tersebut. Besaran massa jenis dapat membantu menerangkan mengapa benda yang berukuran sama memiliki berat yang berbeda. Gambar 2 menunjukkan grafik hasil uji densitas pada masing-masing formulasi, dimana semakin banyak *aromatic oil* yang ditambahkan, densitas karet meningkat. Nilai maksimum diperoleh dari FRC 5, yaitu sebesar 1.120 gr/cm<sup>3</sup>.



Gambar 2. Hasil uji densitas kompon *cushion gum* karet-kanvas



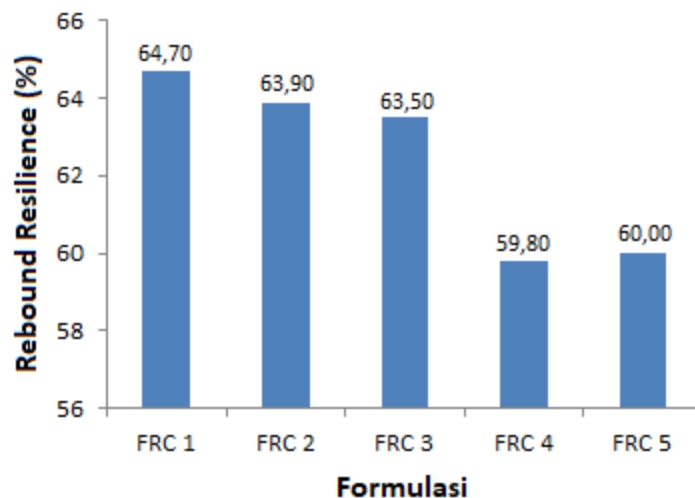
Gambar 3. Hasil uji abrasi kompon *cushion gum* karet-kanvas

Karakteristik lain yang cukup berpengaruh dalam kompon karet yaitu ketahanan abrasi yang merupakan sifat yang dimiliki oleh karet untuk menahan gaya gesek yang diberikan kepadanya, sehingga dapat mempertahankan formasi rantai polimernya. Semakin baik sifat abrasi dari suatu karet maka semakin sedikit karet yang terkikis karena kemampuan mempertahankan formasi rantai polimernya yang baik.

Berdasarkan Gambar 3, variasi rasio *paraffinic oil* terhadap *aromatic oil* tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap ketahanan abrasi. Indeks ketahanan abrasi dari vulkanisasi senyawa karet yang diteliti

## Pengaruh Rasio *Paraffinic Oil* terhadap *Aromatic Oil* terhadap Sifat Mekanis Kompon Karet Alam (Dita Adi Saputra)

bervariasi berkisar antara 94 sampai 134% [4]. Sifat abrasi dari karet sebenarnya saling berhubungan dengan sifat kekerasannya, sehingga dapat dikatakan bila kompon tersebut memiliki tingkat kekerasan yang tinggi maka ia mampu mempertahankan struktur dari karet karena formasi rantai polimernya yang sulit untuk dipecah. Apabila formasi dari rantai polimernya sulit terpecah, maka kompon tersebut sulit untuk terkikis bila diberikan gaya gesek. Hal tersebut karena dipengaruhi oleh distribusi dari bahan aditif dalam campuran yang merata, sehingga tidak terbentuk penumpukan agregat yang besar dan menyebabkan interaksi rantai polimer, adsorpsi rantai oleh *carbon black*, dan interaksi karena adanya ikatan silang dapat terjadi secara optimum untuk mempertahankan bentuk dari kompon tersebut [5]. Dari data yang diperoleh juga dapat dikatakan bahwa semakin besar nilai ARI maka semakin sulit karet tersebut untuk terkikis.



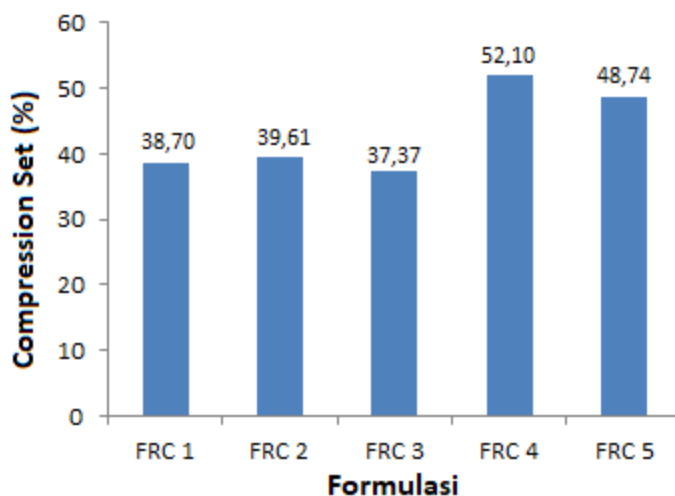
**Gambar 4.** Hasil uji *rebound resilience* kompon *cushion gum* karet-kanvas

Uji kuat pantul dilakukan dengan cara menjatuhkan pemantul logam terhadap spesimen kompon karet, sehingga nantinya kepegasan pantul diukur berdasarkan tinggi penjatuhan berbanding dengan tinggi pantulan dari pemantul. Kepegasan pantul menunjukkan modulus dinamik dan gesekan internal di dalam karet. Gaya pada bandul pemantul akan memberikan tekanan terhadap kompon, sehingga nantinya akan terjadi pantulan balik yang dapat menentukan keelastisitasan dari kompon tersebut [6]. Kepegasan pantul meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur. Pada Gambar 4 terlihat bahwa FRC 1 memberikan nilai paling tinggi untuk *rebound resilience*. Kompon FRC-1 menggunakan *paraffinic oil* yang dapat dikatakan memiliki laju *heat build-up* yang rendah, sehingga menghasilkan *rebound resiliencenya*

tinggi yaitu 64,70 % dimana energi hilang yang terukur tinggi, sehingga konversi energi hilang ke dalam bentuk panas lebih cepat terjadi.

Ketika suatu elastomer diberikan *stress* atau tekanan, maka elastomer tersebut akan membutuhkan jeda waktu untuk merespon *stress* yang diberikan kepadanya. Jeda waktu tersebut disebabkan karena energi dibutuhkan oleh atom yang bervibrasi untuk melakukan interaksi satu sama lain. Interaksi tersebut menyebabkan hilangnya energi atau *hysteresis* yang dikonversikan dalam bentuk panas. Energi yang hilang tersebut dapat diukur sebagai kepegasan pantul dari elastomer.

Uji kompresi pada kompon karet bertujuan untuk mengukur kemampuan dari kompon karet dalam mempertahankan sifat elastisitasnya setelah diberikan tekanan (*stress*) terhadapnya. Kompon karet diberikan *stress* selama beberapa jam dengan suhu yang naik secara bertahap kemudian tetap, sehingga diperoleh persen kompresi defleksi dari karet tersebut [7].



**Gambar 5.** Hasil uji *compression set* kompon *cushion gum* karet-kanvas

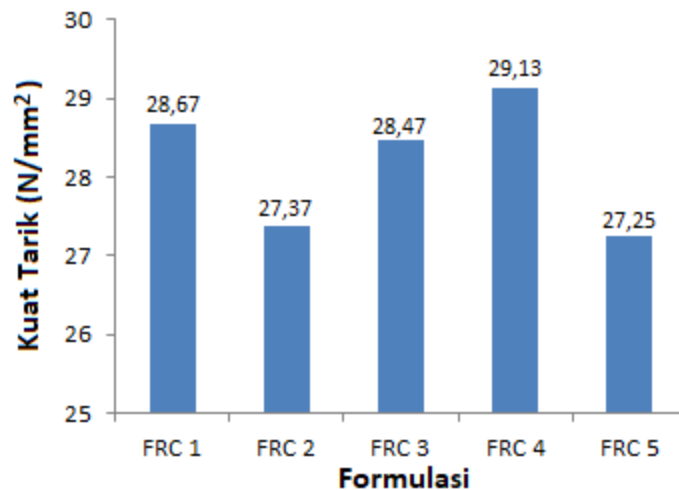
Berdasarkan hasil uji kompresi (Gambar 5), formulasi FRC 4 (rasio *paraffinic oil/aromatic oil* 2,5/7,5) memiliki persentase *compression set* yang paling tinggi yaitu 52,10 %. Elastisitas dari kompon dapat dipengaruhi dari adanya ikatan silang karena penambahan sulfur ke dalam kompon. Selain itu, elastisitas juga dipengaruhi oleh viskositas dari kompon tersebut. Bila viskositas dari kompon rendah, maka gelinciran rantai molekul polimer lebih mudah untuk terjadi sehingga deformasi dari kompon karet akan semakin mudah untuk terjadi, dengan kata lain mudah mengalami perubahan bentuk. Uji kompresi sendiri juga berhubungan dengan kekerasan dari kompon karet tersebut. Semakin tinggi tingkat kekerasan dari karet maka semakin susah



## Pengaruh Rasio *Paraffinic Oil* terhadap *Aromatic Oil* terhadap Sifat Mekanis Kompon Karet Alam (Dita Adi Saputra)

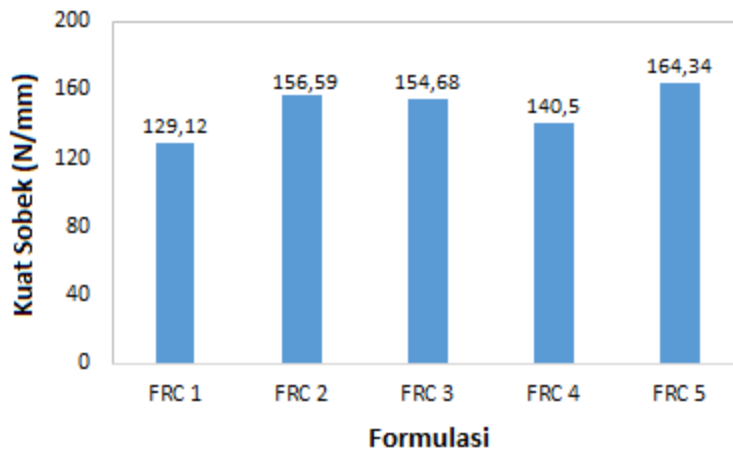
karet tersebut untuk dideformasi atau terjadi perubahan bentuk, sehingga persen kompresinya akan kecil karena elastisitasnya yang rendah [8].

Kekuatan tarik (*tensile strength*) adalah tegangan maksimum yang bisa ditahan oleh sebuah bahan ketika diregangkan atau ditarik, sebelum bahan tersebut patah. Diagram antara *stress* (tegangan) dan *strain* (regangan) dapat digunakan untuk menentukan sifat mekanis dari suatu bahan. Dalam aplikasinya, *cushion gum* harus memiliki kekuatan tarik yang setara dengan material yang direkatkan, jika tidak maka akan terjadi deformasi yang tidak seimbang sehingga menyebabkan aplikasi dari *cushion gum* sebagai perekat tidak optimal [9]. Gambar 6 menunjukkan bahwa tidak ada perubahan yang signifikan dalam penggunaan *paraffinic oil* dan *aromatic oil* terhadap kuat tarik kompon *cushion gum* karet-kanvas.



**Gambar 6.** Hasil uji *tensile strength* kompon *cushion gum* karet-kanvas

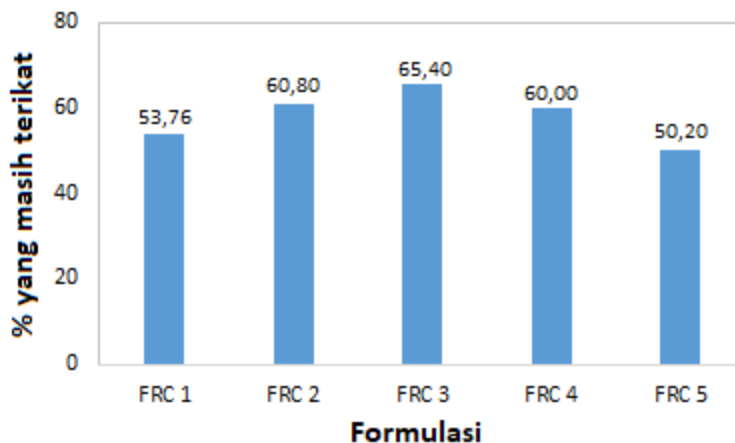
Seperti halnya kekuatan tarik, kekuatan sobek dari material *cushion gum* sebaiknya dapat mengimbangi kekuatan sobek dari material yang direkatkan. Kekuatan sobek adalah ukuran seberapa kuat material untuk menahan efek dari sobekan yang diukur dalam satuan N. Sampel diletakkan diantara dua holder dan dikenai gaya tarik yang seragam sampai terjadinya sobekan. Material yang memiliki ketahanan sobek rendah biasanya akan memiliki ketahanan abrasi yang buruk [10].



**Gambar 7.** Hasil uji *tear strength* kompon *cushion gum* karet-kanvas

Nilai *tear strength* dipengaruhi oleh banyaknya ikatan silang. Semakin banyak dan stabil ikatan silang yang terbentuk maka *stress* yang dikenakan pada kompon akan lebih terdistribusi secara merata sehingga dibutuhkan gaya yang besar untuk terjadinya sobekan pertama. Nilai *tear strength* tertinggi dihasilkan oleh FRC 5 yaitu 164,34 N/mm.

*Peel test* atau uji kerekatan diperlukan untuk mengetahui seberapa kuat *cushion gum* dapat merekatkan karet dan kanvas. Hasil pengujian dinyatakan dengan % panjang karet dan kanvas yang masih terikat dibandingkan dengan panjang awalnya setelah dilakukan penarikan dengan gaya tertentu. Dari hasil uji dapat dilihat FRC 3 dengan rasio *paraffinic oil/aromatic oil* 5/5 memiliki kuat kerekatan yang paling optimum yaitu 65,40%.



**Gambar 8.** Hasil uji kerekatan kompon *cushion gum* karet-kanvas

## **KESIMPULAN**

Semakin banyak penambahan *aromatic oil* dapat meningkatkan viskositas kompon karet, namun menurunkan nilai kuat pantul dan nilai kekerasan yang stabil. Rasio *paraffinic oil/aromatic oil* 5/5 memberikan hasil optimum dalam *peel test* karet-kanvas. Untuk sifat fisika yang lainnya seperti ketahanan kikis, kuat tarik, kuat sobek, dan kompresi, dihasilkan nilai yang beragam, namun secara umum memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Teknologi Material-BPPT atas fasilitas laboratorium baik bahan dan alat uji serta beasiswa Riset-Pro Non Degree yang telah membiayai pelatihan di University of Akron, USA.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- [1]. Karani S, Prayitno, Bansi S, Budiasih S. Penelitian penggunaan Minarex Pertamina sebagai minyak pelunak kompon karet untuk sol sepatu kanvas. *Majalah Kulit, Karet dan Plastik*. 1995;10(19):81-92.
- [2]. Öter M, Karaagac B, Deniz V. Substitution of aromatic processing oils in rubber compounds. *Sp 48, Ep 51, Vol 64*. Germany: KGK Kautschuk Gummi Kunststoffe; 2011.
- [3]. Basak GC, Bandyopadhyay A, Bhowmick AK. Effect of tackifier compatibility and blend viscoelasticity on peel strength behavior of vulcanized EPDM rubber co-cured with unvulcanized rubber. *Int J Adhes Adhes* 2010;30:489-99.
- [4]. Moyano MA, Martín-Martínez JM. Surface treatment with UV-ozone to improve adhesion of vulcanized rubber formulated with an excess of processing oil. *Int J Adhes Adhes* 2014;55:106-13.
- [5]. Cook JW, Edge S, Packham DE. The adhesion of natural rubber to steel and the use of the peel test to study its nature. *Int J Adhes Adhes* 1997;17:333-7.
- [6]. Ansarifar MA, Zhang J, Baker J, Bell A, Ellis RJ. Bonding properties of rubber to steel, aluminium and nylon 6,6. *Int J Adhes Adhes* 2001;21:369-80.

- [7]. Kinasih NA., Fathurrohman MI. Suparto D. Pengaruh suhu vulkanisasi terhadap sifat mekanis vulkanisat karet alam dan karet akrilonitril-butadiena. *Majalah Kulit, Karet, Dan Plastik*. 2015;31(2):65-74.
- [8]. Fachry RA, Sari TI, Sthevanie, Susanti S. Pengaruh filler campuran silika dan kulit kerang darah terhadap sifat mekanis kompon sol sepatu dari karet alam. *J Teknik Kimia* 2014;20(3):1-11.
- [9]. Nuyah, Yulita E. Pengaruh penggunaan NR dan EPDM terhadap karakteristik kompon karet peredam benturan pada pintu kendaraan roda empat. *J Dinamika Penelitian Industri* 2012;23(2):85-90.
- [10]. Phrommedetch S, Pattamaprom C. Compatibility improvement of rice husk and bagasse ashes with natural rubber by molten-state maleation. *Eur J Sci Res* 2010;43(3):411-6.