

PENGARUH FLY ASH DAN CARBON BLACK SEBAGAI REINFORCING FILLER TERHADAP SIFAT MEKANIS SEAL KARET TABUNG GAS DARI KARET ALAM

THE EFFECT OF FLY ASH AND CARBON BLACK AS REINFORCING FILLER ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF RUBBER SEALS FROM NATURAL RUBBER

Tuti Indah Sari¹, Aisyah Nurul Fatma¹, Anita Zulhadj Damayanti¹, Rosdiana Moeksin Moeksin¹, Selpiana¹

¹Universitas Sriwijaya

Jl. Raya Palembang - Prabumulih Km. 32 Indralaya, Ogan Ilir, Sumatera Selatan 30662

*main contributor and corresponding author

e-mail : tutiindahsari@ft.unsri.ac.id

Diterima: 03 September 2021; Direvisi: 16 November 2021 – 01 Desember 2021; Disetujui: 19 Desember 2021

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi jumlah *filler* berupa *fly ash* dan *carbon black* terhadap sifat mekanis *seal* karet tabung gas berbahan baku karet alam. Variasi jumlah *filler carbon black* : *fly ash* yang dilakukan dalam satuan phr antara lain 0:60, 10:50, 20:40, 30:30, 40:20, 50:10, dan 60:0. Uji *rheometer* yang dilakukan meliputi torsi maksimum dan minimum, delta torsi, *optimum cure time* dan *scorch time*. Hasil analisa sifat *rheology* menunjukkan bahwa peningkatan jumlah *filler* berupa *carbon black* seiring dengan berkurangnya *fly ash* di dalam formula akan meningkatkan delta torsi serta *optimum cure time* kompon karet. Sedangkan uji mekanis yang dilakukan meliputi uji *hardness*, *tensile strength*, *elongation at break*, dan *compression set* dan hasilnya dibandingkan dengan standar mutu berdasarkan SNI 7655:2010 (*Rubber Seal* Elpiji). Hasil penelitian menunjukkan bahwa formula 5 dengan komposisi 40 phr *carbon black* dan 20 phr *fly ash* merupakan formula yang paling baik karena telah memenuhi 3 dari 4 syarat nilai parameter uji berdasarkan standar SNI yang ditetapkan dengan nilai *hardness* sebesar 62 shore-A, *tensile strength* sebesar 12,1 MPa, dan *compression set* 4,96%.

Kata kunci : *carbon black*, *filler*, *fly ash*, karet alam, *seal* karet

Abstract

The aim of this research is the effect of variations of the *fly ash* and *carbon black* fillers on the mechanical properties of natural rubber seals. Variations of the ratio of *carbon black* : *fly ash* filler are carried out in phr i.e. 0:60, 10:50, 20:40, 30:30, 40:20, 50:10, and 60:0. The *rheometer* test included maximum and minimum torque, delta torsion, *optimum cure time* and *scorch time*. The *rheology* analysis showed that the increase of *carbon black* and the decrease of *fly ash* in the rubber compound would increase the value of delta torsion and *optimum cure time* of the rubber compound. Meanwhile, the mechanical properties tests included *hardness*, *tensile strength*, *elongation at break*, and *compression set*. The results of mechanical properties test were compared with the quality standards based on SNI 7655: 2010. The results showed that the best formula and had met 3 of the 4 test parameters based on the set standards was formula 5 with a composition of 40 phr *carbon black* and 20 phr *fly ash* which had a *hardness* of 62 shore-A, a *tensile strength* of 12.1 MPa, and a *compression set* 4.96%.

Keywords: *carbon black*, *filler*, *fly ash*, natural rubber, rubber seal

PENDAHULUAN

Karet alam memiliki sifat ketidakjenuhan sehingga karakteristik karet alam memiliki beberapa kelemahan

salah satunya yaitu tidak tahan terhadap cuaca panas, pelarut hidrokarbon, serta ozon (Simpson, 2002; Kohjiya, 2021). Sifat-sifat ini menyebabkan karet alam

tidak dapat digunakan sebagai bahan baku barang jadi karet untuk barang yang tahan minyak, oksidasi, dan panas. Hal ini terbukti dalam pengolahan *seal* karet yang digunakan sebagai perapat katup tabung gas LPG (Rahmaniar, 2016).

Seal karet tabung gas elpiji adalah karet yang diletakkan di dalam *valve* untuk mencegah terjadinya kebocoran ketika regulator dihubungkan dengan *valve* pada saat pemakaian atau pengisian tabung *liquid petroleum gas* (LPG) (Bastian, 2012). Menurut Handayani (2018), *seal* karet berfungsi untuk memperkokoh kedudukan regulator. *Seal* karet tabung gas ini merupakan bagian yang sangat penting yang berdampak pada resiko tinggi (Suharman, 2017). Kualitas *seal* tabung yang tidak baik dapat menyebabkan kecelakaan seperti tabung gas meledak, kebocoran, kebakaran dan lainnya.

Industri *seal* karet gas LPG pada saat ini masih menggunakan karet sintetik yang memiliki sifat polar. Ketahanan terhadap *n*-pentana harus dimiliki oleh setiap komponen karet yang terdapat pada katup, regulator, dan selang karet. Karet alam yang bersifat non-polar dapat menurunkan kualitas dari *seal* karet gas LPG dan jika berkontak dengan *n*-pentana akan mengalami pengembangan (*swelling*) (Handayani, 2018). Modifikasi karet alam dapat memperbaiki sifat fisika dan kimianya. Modifikasi tersebut dapat dilakukan dengan mencampurkan (*blending*) karet dengan bahan-bahan yang dapat mendukung berubahnya sifat dan morfologi karet alam menjadi sesuai dengan produk yang diinginkan (Mulia, 2015).

Dua jenis *filler* dalam pengolahan karet, yaitu *filler* aktif (*reinforcement filler*) dan *filler* tidak aktif (*non-reinforcement filler*) (Mark, 2013). *Reinforcement filler* berfungsi untuk meningkatkan kekerasan, ketahanan terhadap sobek dan kikis, serta tegangan putus barang jadi karet. *Reinforcement filler* yang paling umum

digunakan dalam pembuatan kompon karet adalah *carbon black* dan silika (Sianturi, 2018). Penambahan silika berfungsi untuk meningkatkan dalam ketahanan sobek, pengurangan penumpukan panas, dan peningkatan adhesi senyawa dalam produk pada kompon karet. Kelemahan silika dibandingkan *carbon black* yaitu tingkat kekuatan kompon yang diberikan silika dinilai lebih rendah jika dibandingkan *carbon black* pada ukuran partikel yang sama (Fachry, 2014).

Silika mempunyai karakteristik, diantaranya mempunyai titik lebur yang tinggi, tahan terhadap asam dan basa serta tidak larut dalam air (Katsuki, 2005). Silika mempunyai sifat non konduktor, ketahanan terhadap degradasi termal dan oksidasi yang baik (Hildayati, 2009).

Carbon black memang memberikan kekuatan yang lebih baik dibandingkan silika, akan tetapi *carbon black* ini diproduksi dari minyak mentah yang diperoleh dengan cara diimpor dari luar negeri. Hal ini mengakibatkan adanya ketergantungan impor serta minyak bumi merupakan sumber energi tak terbarukan yang ketersediaannya cenderung menurun (Vachlepi, 2015).

Salah satu sumber silika yang tinggi adalah *fly ash*. *Fly ash* batubara merupakan abu terbang sisa pembakaran batubara yang berjumlah sekitar 80-90% dari total abu (Nurhayati, 2015). Menurut Sharma (2015), komposisi silika lebih dari 70% pada *fly ash* membuat *fly ash* cocok digunakan pada berbagai teknik aktivasi. Kandungan silika yang tinggi dalam *fly ash* ini dinilai dapat meningkatkan kekuatan, kekerasan, dan ketahanan produk karet yang akan dihasilkan (Panitchakarn, 2018; Ren, 2018). Keuntungan penggunaan *fly ash* sebagai *reinforcement filler* lainnya adalah harganya yang lebih murah dan juga sifatnya yang berupa limbah sehingga dapat mengurangi potensi pencemaran lingkungan yang dihasilkan dari industri batubara.

Penelitian ini membahas tentang pengaruh variasi *filler* campuran antara *carbon black* dan *fly ash* terhadap sifat mekanis *seal* karet dari karet alam yang dihasilkan.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain karet alam SIR 10 yang diperoleh dari CV Anugerah Bumi Sejahtera, *carbon black* N-330 dari PT Nata Kimindo Pratama, *fly ash* dari PT Pupuk Sriwidjaja Palembang, *coupling agent* berupa MPS dari PT Jebsen & Jessen, *paraffinic oil* dari Sumber Kimia, ZnO, *tetramethyl thiuram disulfide* (TMTD), *n-cyclohexylbenzothiazole-2-sulfenamide* (CBS), asam stearat dan sulfur berasal dari PT Multi Citra Chemindo Nusa.

Peralatan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Oven Memmert UN55*, *Kern Analytical Balance*, ayakan 450 mesh, *open two roll mill*, *press moulding*, Rheometer MDR 2000, Durometer, uji *hardness* (ASTM D.2240-15), *Tensile strength* dan *elongation at break tester* (ASTM D.412-16) serta *Compression set apparatus 25%, 27°C, 72 jam* (ASTM D.395-16e1).

Metode Penelitian

Rancangan Percobaan

Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah variasi jumlah campuran *filler* berupa *fly ash* dan *carbon black* yang ditambahkan ke dalam formula kompon. Formula kompon pada sampel yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Formula Kompon Variasi Jumlah *Filler*

Bahan-Bahan	Jumlah per hundred rubber (phr)						
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
SIR 10	100	100	100	100	100	100	100

Bahan-Bahan	Jumlah per hundred rubber (phr)						
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
ZnO	5	5	5	5	5	5	5
<i>C. Black</i>	0	10	20	30	40	50	60
<i>Fly Ash</i>	60	50	40	30	20	10	0
As. Stearat	2	2	2	2	2	2	2
Sulfur	2	2	2	2	2	2	2
<i>Paraffinic Oil</i>	10	10	10	10	10	10	10
CBS	1	1	1	1	1	1	1
TMTD	2	2	2	2	2	2	2
MPS	1	1	1	1	1	1	1
Total	183	183	183	183	183	183	183

Tahapan Penelitian

Preparasi Filler Fly Ash

Fly ash dijemur kemudian ditimbang dan dioven pada suhu 105°C selama 6 jam. Berat *fly ash* setelah dioven kembali ditimbang untuk mengetahui kadar air yang terkandung di dalam *fly ash*. Setelah proses pengovenan, *fly ash* diayak agar tertahan hingga 450 mesh dengan ukuran partikel 32 mikron (0,032 mm).

Pembuatan Kompon

Bahan-bahan kompon ditimbang sesuai formula kemudian Karet SIR-10 dimastikasi dalam *open two roll mill* selama kurang lebih 15 menit dengan temperatur 60-70°C. Bahan-bahan kompon lain berupa ZnO, *fly ash*, *carbon black*, *paraffinic oil*, asam stearat, CBS, TMTD, dan sulfur kemudian dicampur dengan karet hingga homogen.

Pencetakan Kompon

Kompon yang sudah selesai diuji dengan menggunakan *rheometer* untuk mengetahui karakteristik *cure* yang berupa torsi minimum, torsi maksimum, *optimum cure time*, dan *scorch time*. Kompon lalu dipres di alat pres dengan temperatur 150°C dan tekanan 100 kg/cm² selama kurang lebih 20 menit. Setelah kompon matang, cetakan didinginkan dan vulkanisat dilepas dari cetakan.

Pengukuran Sifat Mekanis Vulkanisat

Pengujian sifat mekanis untuk pengujian *hardness* mengacu pada ASTM D2240-15, pengujian *tensile strength* dan *elongation at break* mengacu pada ASTM D412-16, serta pengujian *compression set* mengaju

pada metode ASTM D395-16e1 selama 72 jam (3 hari) dan temperatur 27°C.

mengetahui ketahanan karet terhadap uji mekanis yang dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggunaan *fly ash* yang mengandung silika berkaitan erat dengan penggunaan *coupling agent* agar interaksi antara karet-silika dapat meningkat dan mencegah adsorpsi akselerator pada permukaan silika (Arti, 2018). *Coupling agent* yang digunakan pada penelitian ini berupa *MPS liquid*. Variasi terhadap jumlah *filler* dan komposisi karet dilakukan untuk

Pengaruh Variasi Jumlah *Filler* Terhadap Karakteristik *Cure*

Karakteristik *cure* kompon karet hasil *mixing* dilakukan dengan uji *rheometer*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan MDR-2000 *rheometer* pada temperatur 150°C. Hasil *rheometer* yang dilakukan meliputi torsi maksimum (S'_{max}) dan minimum (S'_{min}), delta torsi ($S'_{max} - S'_{min}$), *optimum cure time* (t_{90}) dan *scorch time* (ts_2). Hasil uji *rheometer* ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji *Rheometer*

<i>Curing Characteristic Rheometer</i>	<i>Komposisi CB:FA (phr)</i>						
	0:60 (F1)	10:50 (F2)	20:40 (F3)	30:30 (F4)	40:20 (F5)	50:10 (F6)	60:0 (F7)
$S'_{max} - S'_{min}$, kg-cm	14,04	16,19	17,98	20,40	22,29	27,59	30,95
S'_{max} , kg-cm	14,14	16,36	18,21	20,77	22,97	28,26	32,20
S'_{min} , kg-cm	0,10	0,17	0,23	0,37	0,68	0,67	1,25
<i>Opt cure time</i> , min;sec	2;58	2;26	2;20	2;37	3;57	3;18	4;00
<i>Scorch time</i> , min;sec	1;39	1;25	1;16	1;13	1;08	0;58	0;55

Berdasarkan Tabel 2. dapat diamati bahwa variasi jumlah *filler* yang digunakan mempengaruhi karakteristik *cure* kompon karet. *Optimum cure time* merupakan waktu yang dibutuhkan hingga kompon matang adapun *scorch time* adalah waktu aman ketika kompon masih dapat diproses karena bersifat plastis (Mayasari, 2017).

Nilai delta torsi ($S'_{max} - S'_{min}$) yang merupakan selisih dari nilai torsi maksimum dan torsi minimum menunjukkan bahwa semakin kecil nilai delta torsi, maka semakin kecil pula derajat atau jumlah ikatan silang (*crosslinking*) antara molekul karet dengan pemvulkanisasi belerang. Variasi kompon karet F7 dengan rasio CB:FA yaitu 60:0 menghasilkan delta torsi tertinggi yaitu 30,95 kg-cm. Nilai delta torsi terendah sebesar 14,04 kg-cm diperoleh pada formula 1 dengan

komposisi 60 phr *fly ash* dan 0 phr *carbon black*. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah *filler* aktif *carbon black* yang ditambahkan ke dalam kompon, maka derajat ikatan silang yang terbentuk juga semakin besar.

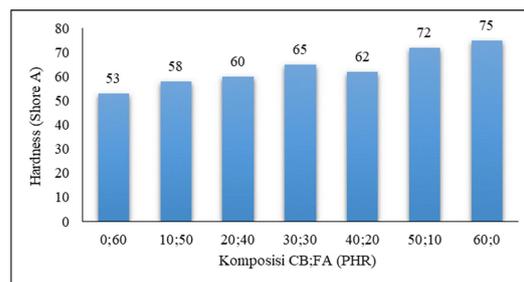
Peningkatan derajat ikatan silang juga dapat ditinjau melalui *optimum cure time* yang diperoleh dari hasil uji *rheometer* dimana *cure time* yang paling lama diperoleh pada waktu 4 menit yaitu pada formula dengan jumlah *filler* 60 phr *carbon black*. Hal ini mendukung penelitian Mayasari (2017) yang menyatakan bahwa semakin tinggi nilai torsi, maka akan semakin banyak ikatan silang yang terbentuk sehingga energi yang diperlukan untuk memprosesnya lebih besar dan akan memperlambat waktu pemasakan.

Penyimpangan terjadi pada hasil *cure time* ketiga formula pertama yaitu F1 hingga F3 yang menunjukkan adanya penurunan *cure time* seiring dengan meningkatnya derajat ikatan silang yang terbentuk. Hal ini dapat terjadi karena pengaruh dari temperatur yang digunakan pada uji *rheometer* tersebut optimal pada rasio jumlah *filler* yang digunakan pada ketiga formula. Dengan menggunakan temperatur yang sesuai, reaksi ikatan silang yang terjadi akan berjalan dengan baik dan *optimum cure time* kompon akan lebih cepat diperoleh dengan menghasilkan nilai torsi yang maksimal (Syaiful, 2018).

Hardness (Kekerasan)

Hardness merupakan ukuran dari kekakuan kompon karet. Semakin kaku produk karet yang dihasilkan, maka semakin tinggi nilai *hardness* produk tersebut (Suliknyo, 2017). *Hardness* merupakan salah satu parameter uji sifat mekanis *seal* karet tabung gas LPG. Berdasarkan SNI 7665:2010, nilai *hardness* untuk produk *seal* karet tabung gas LPG adalah sebesar 60 ± 5 Shore-A. Pengujian terhadap *hardness* vulkanisat dilakukan dengan metode ASTM D2240-15. Hasil analisa pengaruh variasi jumlah *filler* terhadap *hardness* vulkanisat ditampilkan pada Gambar 1.

Gambar 1. menunjukkan bahwa semakin banyak komposisi *carbon black* yang ditambahkan seiring dengan berkurangnya komposisi *fly ash* pada kompon, maka nilai *hardness* vulkanisat produk cenderung meningkat. Formula F7 yang hanya menggunakan *carbon black* sebagai *filler* memiliki nilai *hardness* lebih tinggi dari F1 yang hanya menggunakan *fly ash* sebagai *fillernya*. Hasil ini sejalan dengan penelitian Nasruddin (2020) dengan variasi jumlah *filler carbon black* dan *fly ash*. Hasil uji *hardness* yang diperoleh bahwa semakin tinggi komposisi *carbon black* seiring dengan berkurangnya komposisi *fly ash*, maka nilai *hardness* yang diperoleh juga semakin tinggi.



Gambar 1. Pengaruh Variasi Jumlah *Filler* Terhadap *Hardness* Vulkanisat

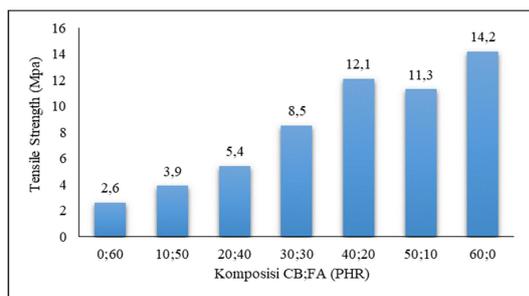
Data hasil pengukuran nilai *hardness* pada masing-masing formula dilakukan analisa statistika berupa uji normalitas dengan metode Saphiro-Wilk, dilanjutkan uji beda metode Kruskal Wallis dan uji post-hoc Mann-Whitney untuk mengetahui signifikansi pengaruh hasil pengukuran pada masing-masing pasangan formula. Berdasarkan hasil analisa statistika, diketahui bahwa setiap pasangan formula dengan komposisi jumlah *filler* berupa *carbon black* dan *fly ash* yang berbeda memberikan nilai *p-value* $< 0,05$. Hal ini berarti bahwa hasil uji yang dihasilkan pada setiap pasangan formula saling berbeda signifikan pada hasil uji sifat mekanis vulkanisat berupa nilai *hardness*. Hasil analisa regresi yang dilakukan menunjukkan *p-value* sebesar 0,01 dan *R square* 0,910. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa variasi jumlah *filler* memberikan pengaruh terhadap hasil uji *hardness* sebesar 91%.

Syarat standar mutu SNI 7665:2010 nilai *hardness* untuk *seal* karet gas LPG adalah 60 ± 5 Shore-A. Formula yang sesuai dengan standar hanya terdapat pada F2 hingga F5 dengan seluruhnya mengandung campuran komposisi *carbon black* dan *fly ash*. Nilai *hardness* pada formula yang hanya menggunakan *filler fly ash* masih kurang memenuhi syarat mutu. Sebaliknya, formula sampel yang hanya menggunakan *filler* berupa *carbon black* memiliki nilai *hardness* melebihi syarat mutu yang ditetapkan atau dengan kata lain memiliki nilai kekerasan yang tinggi.

Menurut Prasetya (2013), penambahan *filler carbon black* memberikan efek penguatan terhadap sifat fisik vulkanisat. Boonstra (2005) juga menjelaskan bahwa penggunaan *carbon black* dapat meningkatkan volume karet dan memperkuat vulkanisasi sehingga nilai *hardness* produk yang dihasilkan akan meningkat. *Fly ash* dapat meningkatkan *hardness* produk, tetapi pengaruhnya tidak sebesar *carbon black*. Pernyataan ini sesuai penelitian Paul (2009) mengenai variasi jumlah *fly ash* dan *carbon black* pada setiap formula. Penambahan jumlah *filler fly ash* maupun *carbon black* pada formula meningkatkan *hardness* produk, akan tetapi seluruh variasi jumlah *carbon black* mendapatkan nilai *hardness* di atas 50 Shore-A, sedangkan *fly ash* di bawah 50 Shore-A.

Tensile Strength (Kekuatan Tarik)

Tensile strength atau kekuatan tarik dan tegangan putus adalah besarnya beban yang diperlukan untuk merenggangkan potongan uji vulkanisat karet sampai putus yang dinyatakan dalam satuan Mpa (Daud, 2015). Gambar 2 menjelaskan pengaruh variasi jumlah *filler* terhadap *tensile strength*, dapat dikatakan umumnya semakin berkurang komposisi *fly ash* seiring dengan bertambahnya komposisi *carbon black* pada kompon, maka nilai *tensile strength* produk cenderung meningkat. Hasil ini didukung penelitian oleh Hendrawan, (2015) yang menyatakan bahwa penggunaan *filler carbon black* secara signifikan dapat meningkatkan beban tarik produk yang dihasilkan.



Gambar 2. Pengaruh Variasi Jumlah *Filler* Terhadap *Tensile Strength*

Perbedaan nilai *tensile strength* dapat terjadi karena perbedaan ukuran partikel *carbon black* dan *fly ash* yang digunakan. Ukuran partikel yang semakin kecil menyebabkan dispersi serta homogenitas partikel *filler* menjadi lebih merata dalam matrik karet sehingga sifat kuat fisika dan mekanis bahan elastomer karet alam ter Vulkanisasi juga lebih bagus (Rahmaniar, 2016). Dispersi *filler* yang lebih merata pada karet akan menghasilkan permukaan yang lebih luas bagi interaksi *filler* dan karet alam (Fachry, 2014). Hal ini berarti peningkatan jumlah *carbon black* dengan ukuran partikel lebih kecil dibandingkan *fly ash* pada kompon, akan terdispersi lebih merata dan menyebabkan nilai *tensile strength* yang lebih baik.

Namun pada formula F5, dengan komposisi 40 phr *carbon black* dan 20 phr *fly ash* terjadi kenaikan nilai *tensile strength* dibandingkan dengan formula F6, dengan komposisi 50 phr *carbon black* dan 10 phr *fly ash*. Hal ini sesuai dengan penelitian Sombatsompop, 2006 yang mengatakan bahwa komposisi *fly ash* 20 phr adalah kondisi optimum untuk peningkatan nilai *tensile strength* pada kompon.

Data hasil pengukuran nilai *tensile strength* pada masing-masing formula dilakukan analisa statistika berupa uji normalitas dengan metode Saphiro-Wilk, dilanjutkan uji beda metode Anova dan uji post-hoc LSD untuk mengetahui signifikansi pengaruh hasil pengukuran pada masing-masing pasangan formula. Berdasarkan hasil analisa statistika, diketahui bahwa hampir seluruh pasangan formula menghasilkan *tensile strength* yang saling berbeda signifikan dengan *p-value* < 0,05 kecuali untuk pasangan formula F1 dengan F2, F2 dengan F3, dan F5 dengan F6. Hal ini berarti bahwa hasil uji yang dihasilkan pada setiap pasangan formula saling

berbeda signifikan pada hasil uji sifat mekanis vulkanisat berupa nilai *tensile strength*. Hasil analisa regresi yang dilakukan menunjukkan *p-value* sebesar 0,000 dan *R square* 0,955. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa variasi jumlah *filler* memberikan pengaruh terhadap hasil uji *hardness* sebesar 95,5%.

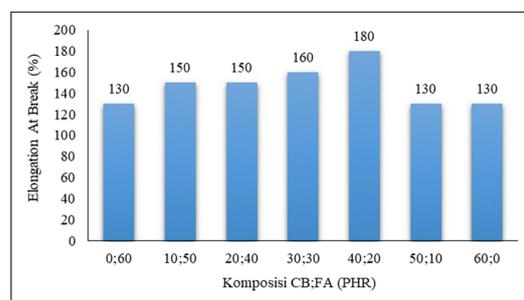
Berdasarkan nilai syarat standar mutu SNI 7655:2010, nilai *tensile strength* yang harus dipenuhi oleh produk *seal* karet tabung gas LPG adalah minimal 10 Mpa. Sehingga, formula yang memenuhi persyaratan tersebut hanyalah formula F5, F6, dan F7 dengan komposisi 40 phr *carbon black* dan 20 phr *fly ash*, 50 phr *carbon black* dan 10 phr *fly ash*, serta 60 phr *carbon black*.

Elongation At Break (Perpanjangan Putus)

Elongation at break (perpanjangan putus) adalah pertambahan panjang potongan uji vulkanisat karet pada saat diregangkan sampai putus yang dinyatakan dalam persen (%) dari panjang potongan uji sebelum diregangkan (Hasan, 2019). Pengujian perpanjangan putus bertujuan untuk mengetahui sifat tegangan dan regangan vulkanisat karet dan sifat termoplastik, serta penentuan *yield point* melalui kekuatan dan pertambahan panjang vulkanisat karet (Nasruddin, 2018). Pengujian *elongation at break* dilakukan dengan metode ASTM D.412-16 dan hasil analisa pengaruh variasi jumlah *filler* terhadap *elongation at break* vulkanisat ditampilkan pada Gambar 3.

Pengaruh jumlah *filler* terhadap *elongation at break* vulkanisat pada Gambar 3. menunjukkan bahwa nilai *elongation at break* akan cenderung semakin meningkat setelah penambahan jumlah *carbon black* ke dalam kompon karet. Penyimpangan hasil terjadi pada formula F6 dan F7 dengan komposisi *carbon black* yang masih meningkat dari formula lainnya tetapi nilai *elongation at break*nya menurun dari hasil formula lain. Hasil

penelitian ini didukung dengan pernyataan dan hasil penelitian Nasruddin (2017) yang menyatakan bahwa *filler* aktif pada rasio optimum dapat meningkatkan nilai *elongation at break*, namun jika berlebihan dapat menurunkan nilainya. Kelebihan *filler* aktif berpengaruh terhadap terjadinya aglomerasi dengan penyebaran tidak merata. Hal ini menyebabkan ikatan yang terbentuk tidak sempurna dengan molekul-molekul karet sehingga akan menurunkan elastisitas dari vulkanisat yang dihasilkan.



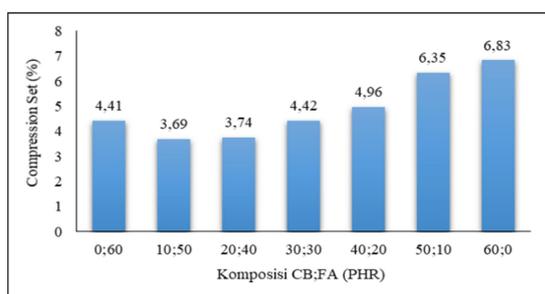
Gambar 3. Pengaruh Variasi Jumlah *Filler* Terhadap *Elongation At Break* Vulkanisat

Data hasil pengukuran nilai *elongation at break* pada masing-masing formula dilakukan analisa statistika berupa uji normalitas dengan metode Saphiro-Wilk, dilanjutkan uji beda dengan metode Kruskal Wallis dan uji post-hoc Mann-Whitney untuk mengetahui signifikansi pengaruh hasil pengukuran pada masing-masing pasangan formula. Berdasarkan hasil analisa statistika, diketahui bahwa sebagian besar pasangan formula menghasilkan nilai *elongation at break* yang perbedaannya tidak signifikan karena *p-value* sebagian besar > 0,05. *P-value* yang memiliki nilai < 0,05 hanyalah pasangan formula F6 dengan F2, F4 dan F5 serta F7 dengan F1, F4 dan F5. Hasil analisa regresi yang dilakukan menunjukkan *p-value* sebesar 0,931 sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa variasi jumlah *filler* yang dilakukan tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai *elongation at break*.

Standar mutu SNI 7665:2010 untuk nilai *elongation at break* pada seal karet tabung gas belum memenuhi standar yang ditetapkan. Hal ini disebabkan karena kemungkinan proses penggilingan dan pencampuran bahan-bahan kompon pada karet belum merata. Proses ini menyebabkan interaksi yang terjadi antara karet dengan bahan-bahan kompon lain belum membentuk ikatan yang maksimal. Sehingga, apabila interaksi dan ikatan yang terbentuk belum sempurna, maka elastisitas karet juga akan menurun dan nilai *elongation at break* yang dihasilkan tidak maksimal.

Compression Set (Pampatan Tetap)

Compression set (pampatan tetap) menunjukkan tingkat kepadatan *crosslink* rasio bahan yang ditambahkan terhadap produk yang dihasilkan. *Compression set* berkaitan erat dengan ikatan silang yang terbentuk yang dipengaruhi oleh kepadatan antar molekul persatuan volume dalam satu ruang yang sama (Nasruddin, 2017). Pengujian terhadap *compression set* vulkanisat dilakukan dengan metode ASTM D395-16e1 selama 72 jam (3 hari) serta temperatur 27°C pada masing masing formula. Hasil analisa pengaruh variasi jumlah *filler* terhadap *compression set* vulkanisat yang dihasilkan ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh Variasi Jumlah *Filler* Terhadap *Compression Set* Vulkanisat

Grafik pengaruh variasi jumlah *filler* terhadap nilai *compression set* vulkanisat pada Gambar 4.

menunjukkan hasil dengan adanya penambahan jumlah *filler carbon black* selain menambah kekerasan pada hasil vulkanisat, juga menurunkan ketahanan elastisitas karet. Hasil analisa statistik regresi menunjukkan bahwa penambahan jumlah *filler* berupa *carbon black* pada variasi jenis *filler* berpengaruh sebesar 74,7% terhadap nilai *compression set*. Hasil penelitian ini didukung dengan penelitian Mostafa, (2009) bahwa peningkatan jumlah *carbon black* yang ditambahkan pada formula meningkatkan nilai *compression set* karena peningkatan jumlah *carbon black* akan menaikkan densitas *crosslinking* dan mobilitas rantai karet akan menurun. Hal ini akan menyebabkan sifat yang semakin kaku pada produk. Lebih lanjut Sugiyono (2019) menjelaskan bahwa kekerasan kompon yang tinggi memerlukan daya yang besar untuk menekannya. Hal ini diakibatkan ukuran resistensi bahan terhadap deformasi plastis lokal, dimana semakin kaku vulkanisat kompon, maka kekerasan semakin tinggi. Demikian juga terjadi dengan *compression set*, semakin kaku bahan, maka semakin cepat kembali ke bentuk semula setelah tekanan diadakan.

Penyimpangan hasil penelitian terjadi pada F1 dengan komposisi 0 phr *carbon black* dan 60 phr *fly ash* dimana nilai *compression set*nya lebih tinggi dari F2 dengan komposisi 10 phr *carbon black* dan 50 phr *fly ash*. Menurut Handayani (2018) hal ini dapat terjadi karena pengaruh dari kadar silika yang terkandung di dalam *fly ash*. Dosis silika yang besar tanpa disertai adanya penambahan *filler* aktif berupa *carbon black* menyebabkan interaksi antara silika-silika yang lebih besar dibandingkan silika-karet. Hal ini mengakibatkan ketika karet dipampatkan dengan tekanan dari suatu beban pada temperatur dan waktu tertentu, terjadi perubahan yang cukup besar terhadap elastisitasnya.

Data hasil pengukuran nilai *compression set* pada masing-masing

formula dilakukan analisa statistika berupa uji normalitas dengan metode Saphiro-Wilk, dilanjutkan uji beda metode Kruskall Wallis dan uji post-hoc Mann-Whitney untuk mengetahui signifikansi pengaruh hasil pengukuran pada masing-masing pasangan formula sampel. Berdasarkan uji Mann-Whitney, formula F6 berbeda signifikan dengan F1, F2, F3, F4, dan F5. Nilai *compression set* F7 saling berbeda signifikan dengan formula lain kecuali F6, dan formula F5 berbeda signifikan dengan F2. Hasil analisa regresi yang dilakukan menunjukkan bahwa variasi jumlah *filler* memberikan pengaruh terhadap uji *compression set* sebesar 74,7%.

Berdasarkan syarat mutu SNI 7655:2010, produk *seal* karet tabung gas LPG yang diuji dapat disimpulkan bahwa semua formula yang digunakan memenuhi standar mutu SNI 7655:2010 untuk nilai *compression set*.

KESIMPULAN

Peningkatan jumlah *filler* berupa *carbon black* seiring dengan berkurangnya *fly ash* di dalam formula kompon akan meningkatkan delta torsi serta *optimum cure time* dan menurunkan *scorch time* kompon karet apabila ditinjau dari uji rheometranya. Sedangkan jika ditinjau pada uji sifat mekanisnya, maka nilai *hardness*, *tensile strength*, dan *compression set* akan cenderung semakin meningkat dengan meningkatnya jumlah *carbon black* yang ditambahkan pada formula.

Berdasarkan hasil uji mekanis yang diperoleh dan dibandingkan dengan standar mutu SNI 7655:2010 untuk *seal* karet tabung gas LPG, formula yang paling baik dan cocok digunakan adalah formula F5 dengan komposisi 40 phr *carbon black* dan 20 phr *fly ash*. Formula F5 dengan komposisi 50 phr *carbon black* dan 10 phr *fly ash* memenuhi 3 nilai syarat parameter uji berdasarkan acuan standar *Rubber Seal* SNI 7655:2010 yang ditetapkan antara lain nilai *hardness* sebesar 62 shore-A,

tensile strength sebesar 12,1 Mpa, dan *compression set* 4,96%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu terutama kepada Universitas Sriwijaya yang telah membiayai penelitian ini melalui Anggaran DIPA Badan Layanan Umum Universitas Sriwijaya No. SP DIPA-023.17.2.677515/2021, tanggal 23 November 2020, SK Rektor 0010/UN9/SK.LP2M.PT/2021 tanggal 28 April 2021.

DAFTAR PUSTAKA

- Arti, D. K., Fidyansih, R., Rohmah, A., Wisojodharmo, L. A., dan Purwati, H. 2018. Pengaruh Variasi Komposisi Bahan Pengisi Carbon Black dan Silika pada Sifat Viskoelastis Kompon Karet untuk Tread Ban. *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik*. 34(1): 1-8.
- Bastian, F. 2012. Kajian Eksperimental Kebocoran Gas LPG pada Tabung Gas dengan Berbagai Type Katup Pengaman yang Terpasang. *Skripsi*. Teknik Mesin. Universitas Indonesia.
- Daud, D. 2015. Kaolin Sebagai Bahan Pengisi pada Pembuatan Kompon Karet: Pengaruh Ukuran dan Jumlah Terhadap Sifat Mekanik-Fisik. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*. 26(1): 41-48.
- Fachry, A. R., Sari, T.I., Sthevanie, dan Susanti, S. 2014. Pengaruh Filler Campuran dan Kulit Kerang Darah Terhadap Sifat Mekanis Kompon Sol Sepatu dari Karet Alam. *Jurnal Teknik Kimia*. 20(3): 1-11.
- Handayani, H., Maspanger, D. R., dan Radiman, C. L. 2016. Peningkatan Ketahanan Oksidasi Karet Alam Melalui Pengikatan Antioksidan 4-Aminodifenilamina Secara Kimia. *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik*. 32(2): 65-74.

- Handayani, H., Faturrohman, M. I., Prastanto, H., Ramadhan, A., dan Kinasih, N. A. 2018. Sifat Mekanik Rubber Seal Katup Tabung Gas LPG pada Variasi Ukuran dan Dosis Silika. *Jurnal Penelitian Karet*. 36(1): 77-88.
- Hasan, A., Dewi, E., Purnamasari, I., Irawan, D., dan Yoga, P. Y. A. S. 2019. Sifat Fisik Vulkanisat Karet dengan Bahan Pengisi Variasi Tanah Liat di Berbagai Lapisan Area Tambang PT. Bukit Asam (Persero) Tbk. *Jurnal Kinetika*. 10(1): 31-37.
- Hendrawan, M. A., dan Purboputro, P. I. 2015. Pengaruh Komposisi Bahan Komposit Karet Terhadap Kekuatan Tarik dan Keausan Bahan Karet Luar Ban pada Lintasan Semen. *Prosiding SNST ke-6*. Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang. 37-42.
- Hildayati, Triwikantoro, Faisal, H., dan Sudirman. 2009. Sintesis dan Karakterisasi Bahan Komposit Karet Alam-Silika. *Seminar Nasional Pascasarjana IX-ITS*. Fakultas MIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember. 8-15.
- Holmes, J. D. 2009. Large Pore Bi-functionalised Mesoporous Silica for Metal Ion Pollution Treatment. *Journal of Hazardous Material*. 164(1): 229-234.
- Katsuki, H., Furuta, S., Watari, T., and Komaeneni, S. 2005. ZSM-5/Zeolite Porous Carbon Composite: Conventional and Microwave Hydrothermal Synthesis from Carbonized Rice Husk. *Journal of microporous and Mesoporous Material*. 86(1): 145-151.
- Kohjiya, S., & Ikeda, Y. (Eds.). (2021). *Chemistry, manufacture and applications of natural rubber*. Woodhead Publishing.
- Mark, James E., Erman, Burak, & Roland, C. Michael. (2013). *The Science and Technology of Rubber Fourth Edition*. Boston: Academic Press
- Marlina, P. dan Rahmaniar. 2012. Penggunaan Bahan Pengisi Nanokomposit Silika Karbida pada Pembuatan Kompon Ban Dalam Kendaraan Bermotor Roda Dua. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*. 23(2): 91-98.
- Mayasari, H. E., Setyadewi, N. M., dan Yuniari, A. 2017. Pengaruh Kompatibiliser pada Karakteristik Kompon dan Sifat Mekanik Komposit NBR/EPDM. *Prosiding Seminar Nasional Kulit, Karet dan Plastik ke-6*. Yogyakarta, 25 Oktober 2017.
- Mostafa, A., Abdoel-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. *Materials and Designs Journal*. 30(5): 1561-1568.
- Mulia, A., Bahruddin, dan Irdoni. 2015. Pengaruh Kadar Coupling Agent Maleated Natural Rubber Terhadap Morfologi dan Sifat Karet Alam Thermoset dengan Filler Abu Sawit/Carbon Black. *JOM FTEKNIK*. 2(2): 1-10
- Nasruddin. 2018. Studi Sifat Mekanik Rubber H pada Berbagai Komposisi Karet Alam, Karet Sintetis, *Carbon black* dan *Fly ash*. *Prosiding Seminar Nasional Kulit, Karet dan Plastik ke-7*. ISSN : 2477-329, Yogyakarta, 29 Agustus 2018
- Nasruddin. 2017. Modifikasi Karet Alam Sebagai Peredam Benturan Paving Block Aspal Karet. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*. 28(2): 120-130.
- Nasruddin. 2020. Studi Komposit Karet Alam dengan SBR dan Carbon Black dengan Fly Ash untuk Speed Bump. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*. 31(2): 114-124.
- Nurhayati, C. dan Susanto, T. 2015. Pemanfaatan Fly Ash Batubara sebagai Bahan Membran Keramik pada Unit Pengolahan Air Gambut. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*. 26(2): 95-105.
- Panitchakarn P., Jaygita Wikranvanich, Muenduen Phisalaphong. 2018.

- Synthesis and characterization of natural rubber/coal *fly ash* composites via latex aqueous microdispersion, *Journal of Material Cycles and Waste Management*. <https://doi.org/10.1007/s10163-018-0774-x>.
- Paul, K. T., Pabi, S. K., Chakraborty, K. K., dan Nando, G. B. 2009. Nanostructured Fly Ash-Styrene Butadiene Rubber Hybrid Nanocomposites. *Polymer Composites*. 30(11): 1647-1656.
- Prasetya, H. A., dan Marlina, P. 2013. Penggunaan Sekam Padi Sebagai Bahan Pengisi dan Antioksidan pada Pembuatan Kompon Karet. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*. 24(2): 66-73.
- Rahmaniar. 2016. Karakteristik Karet Perapat pada Katup Tabung LPG Menggunakan Bahan Pengisi dari Pasir Kuarsa. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*. 27(2): 103-109.
- Ren X., Erol Sancaktar, 2018, Use of *Fly ash* as Eco-friendly *Filler* in Synthetic Rubber for Tire Applications, *Journal of Cleaner Production*, DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.09.202
- Sianturi, R.W., dan Surya, I. 2018. Pengaruh Penambahan Lauril Alkohol Terhadap Sifat-Sifat Uji Tarik Komposit Karet Alam Terisi Silika. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 7(1): 48-53.
- Simpson, Richard B. (2002). *Rubber Basics* (1st Ed ed.). United Kingdom: Rapra Technology Limited
- Sharma. A., Kabra. S., Katara. S., and Rani. A. 2015. Variation of Surface Morphology and Physico-Chemical Properties of the Fly Ash Through Mechanical and Thermal Activations. *Journal of Advanced Chemical Sciences*. 1(2): 70-74.
- Sombatsompop N., E. Wimolmala, T. Markpin, 2007, Fly-Ash Particles and Precipitated Silica as *Fillers* in Rubbers. II. Effects of Silica Content and Si69-Treatment in Natural Rubber/Styrene-Butadiene Rubber Vulcanizates, *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 104, 3396–3405 VVC 2007 Wiley Periodicals, Inc. DOI 10.1002/app.25973.
- Suharman dan Harun, M. 2017. Pembuatan Seal Tabung Gas Karet Alam dengan Filler Pasir Kuarsa Sebagai Pengganti Karbon Hitam. *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik*. 33(1): 35-42.
- Suliknyo. 2017. Pengembangan Formula Compound Rubber dalam Pembuatan Sol Sepatu. *Jurnal Teknik Mesin*. 6(1): 1-5.
- Syaiful, Rizqullah, M. D., dan Nugraha, D. 2018. Pengaruh Temperatur dan Waktu Vulkanisasi pada Pembuatan Sol Karet Cetak dengan Memanfaatkan Arang Aktif Tempurung. *Jurnal Teknik Kimia*. 3(24): 56-62.
- Vachlepi, A., dan Suwardin, D. 2015. Kajian Pembuatan Kompon Karet Alam dari Bahan Pengisi Abu Briket Batubara dan Arang Cangkang Sawit. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*. 26 (1): 1-9