

SIFAT MEKANIK RUBBER SEAL KATUP TABUNG GAS LPG PADA VARIASI UKURAN DAN DOSIS SILIKA

Mechanical Properties of Rubber Seal of LPG Tube Valve at Various Sizes and Doses of Silica

Hani HANDAYANI*, Muhammad Irfan FATURROHMAN, Henry PRASTANTO, Arief RAMADHAN, dan Norma Arisanti KINASIH

Pusat Penelitian Karet
Jalan Salak Nomor 1 Bogor 16151 Jawa Barat
*Email: hani.ppkbogor@gmail.com

Diterima : 20 Mei 2018 / Disetujui : 30 Mei 2018

Abstract

PT. Pertamina (Persero) decision to change the color of rubber seal of LPG tube valve from black to red cause problem. Red color effects the design of rubber compound, because the usage of silica as filler. Unlike carbon black, silica has limited particle size. Particle size of filler could effects the mechanical properties of rubber product. The aim of this research was to study the influence of silica variation with different particle size on the physical properties of rubber seal vulcanizates. Silica with 3 particle size variations (surface area 55, 115, and 175 m²/g) and 5 dose variations (5, 10, 15, 25, and 30 phr) were used as fillers for the rubber seal compound. The rubber vulcanizates were then tested according to the requirements as stated in SNI 7655: 2010. The results showed that larger of silica particles size decreased the delta torque. The difference at silica dosage which used in the treatment indicated that addition of silica above 15 phr for type 115, and above 10 phr for type 175 caused the compression set value no longer fulfilled the requirements of SNI 7655: 2010. Meanwhile, elongation of breaks value did not show any significant effect for silica 115, whereas for silica 175, elongation at breaks increased untill 15 phr, and decreased for addition above 15 phr.

Keywords: Natural rubber; rubber blend; rubber seal; silica; synthetic rubber

Abstrak

Keputusan PT. Pertamina (Persero) untuk mengganti warna karet perapat (*rubber seal*) pada katup tabung gas LPG dari hitam menjadi merah menimbulkan permasalahan tersendiri. Pemakaian warna merah pada karet perapat berpengaruh terhadap desain kompon karena menggunakan silika sebagai bahan pengisi. Berbeda dengan *carbon black*, silika yang beredar di pasar memiliki keterbatasan ukuran partikel. Ukuran partikel berpengaruh terhadap sifat mekanik dari produk karet. Tujuan dari penelitian ini untuk mempelajari pengaruh jenis dan dosis silika dengan ukuran partikel yang berbeda terhadap sifat fisika dari vulkanisat karet perapat gas LPG. Silika dengan 3 variasi ukuran partikel (luas permukaan 55, 115, dan 175 m²/g) dan 5 variasi dosis (5, 10, 15, 25, dan 30 bsk) digunakan sebagai bahan pengisi untuk pembuatan kompon karet perapat gas LPG. Kompon yang dirancang kemudian diuji sifat fisiknya sesuai persyaratan di dalam SNI 7655:2010. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar ukuran partikel silika delta torsinya semakin rendah. Adapun perbedaan dosis silika yang digunakan menunjukkan bahwa penambahan silika di atas 15 bsk untuk jenis 115 m²/g, dan di atas 10 bsk untuk jenis 175 m²/g menyebabkan nilai pampatan tetapnya tidak lagi memenuhi persyaratan SNI. Sementara itu pengaruhnya terhadap

nilai perpanjangan putus tidak terlalu signifikan untuk silika 115 m²/g, sedangkan untuk silika 175 m²/g, perpanjangan putus naik sampai dosis silika 15 bsk dan turun kembali pada penambahan silika di atas 15 bsk.

Kata kunci: Karet alam; karet perapat; karet sintetik; paduan karet; silika

PENDAHULUAN

Rubber seal katup tabung gas LPG adalah cincin karet yang digunakan untuk perapat pada katup tabung gas LPG pada saat regulator dipasang dan berfungsi untuk mencegah terjadinya kebocoran gas pada waktu pengisian atau penggunaan tabung LPG serta memperkuat kedudukan regulator. Agar fungsi *rubber seal* berjalan dengan baik, maka *rubber seal* harus memiliki standar yang dapat menyeleksi produk *rubber seal*.

Saat ini standar Indonesia untuk *rubber seal* sudah tersedia, yaitu SNI 7655:2010 dan SNI tersebut sudah diberlakukan secara wajib sesuai dengan Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia Nomor: 67/M-IND/PER/6/2012 yang kemudian direvisi dengan peraturan yang baru Nomor: 84/M-IND/PER/9/2015. SNI *rubber seal* mengacu pada ISO 16010 “*Elastomeric seals – Material requirements for seals used in pipes and fittings carrying gaseous fuels and hydrocarbon fluids*”. Parameter uji untuk *rubber seal* diantaranya: kekerasan, kuat tarik, perpanjangan putus, pampatan tetap, ketahanan terhadap *ageing*, ketahanan terhadap ozon, *stress* relaksasi, dan ketahanan terhadap *n*-pentana. Namun, syarat mutu yang terdapat di dalam standar tersebut masih belum dapat dipenuhi oleh produsen *rubber seal* sehingga produsen kesulitan memproduksi *rubber seal* sesuai dengan syarat mutu yang terdapat di dalam SNI 7655:2010 tentang karet perapat (*rubber seal*) pada katup tabung LPG.

Saat ini, industri *rubber seal* gas LPG masih menggunakan karet sintetik yang memiliki sifat polar salah satunya adalah karet *Nitrile Butadiene Rubber* (NBR) yang diimpor dengan harga di pasar domestik

sekitar USD 3,50-6,50/Kg. Berdasarkan SNI *rubber seal* (SNI 7655:2010) dan SNI selang karet (SNI 06-7213-2006), ketahanan *rubber seal* dan selang karet dapat didekati dengan pelarut *n*-pentana untuk lebih memudahkan uji laboratorium. Oleh karena itu setiap komponen karet yang terdapat pada katup, regulator, dan selang karet harus memiliki ketahanan terhadap *n*-pentana. Karet NBR memiliki ketahanan yang baik terhadap *n*-pentana sedangkan karet alam bersifat non polar dan apabila kontak dengan *n*-pentana akan mengalami pengembangan (*swelling*), sehingga dapat menurunkan kualitas dari *rubber seal* gas LPG. Oleh karena itu pemakaian karet alam tidak bisa digunakan sebagai bahan baku untuk *rubber seal* gas LPG.

Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan teknologi untuk menghasilkan karet alam yang bersifat polar sehingga memiliki ketahanan yang baik terhadap *n*-pentana. Teknologi tersebut dapat berupa modifikasi karet alam baik secara fisika maupun kimia. Salah satu teknologi yang umum digunakan di industri barang jadi karet adalah modifikasi secara fisika yang dilakukan melalui pencampuran (*blending*) antara karet alam dengan karet sintetik, seperti yang dilakukan dalam penelitian ini. Penelitian mengenai penggunaan karet alam untuk komponen *rubber seal* gas LPG di Indonesia belum pernah dilakukan oleh peneliti yang lain, hal tersebut dianggap kebaruan dalam penelitian yang dilakukan ini.

Saat ini, *rubber seal* yang beredar di pasaran umumnya berwarna merah, walaupun di dalam SNI 7655:2010 tidak mempersyaratkan warna. Pemakaian warna pada *rubber seal* berpengaruh terhadap desain kompon, biasanya, silika digunakan sebagai bahan pengisi (*filler*) untuk kompon warna. Sifat karet alam yang non polar dan silika yang polar menyebabkan kedua bahan tersebut kurang kompatibel sehingga menyulitkan dalam pencampuran. Penelitian mengenai dosis dan ukuran partikel silika yang tepat dapat meningkatkan kompatibilitas antara silika dengan karet alam sehingga diharapkan diperoleh sifat mekanik produk yang baik dan memenuhi persyaratan SNI.

Berbeda dengan *carbon black*, silika yang beredar di pasar memiliki keterbatasan ukuran partikel. *Carbon black* memiliki ukuran partikel dari yang terkecil sampai terbesar dengan rentang luas permukaan antara 7-1125 m²/g (Al-Nesrawy, Mahmood, Hadi, & Abdmoeen, 2017) sedangkan ukuran partikel silika di pasaran terbatas pada rentang permukaan antara 10-150 m²/g (Leblanc, 2002; Sahakaro & Beraheng, 2008). Ukuran partikel bahan pengisi dapat berpengaruh terhadap sifat mekanik dari produk karet (Mujkanović, Vasilkević, & Ostojić, 2009). Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh jenis dan dosis silika yang digunakan terhadap sifat mekanik dari produk *rubber seal gas LPG*. Sifat mekanik produk dapat didekati dari sifat fisika vulkanisat komponnya.

Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari pengaruh variasi jenis dan dosis silika terhadap sifat fisik dari vulkanisat kompon *rubber seal gas LPG*. Melalui penelitian ini diharapkan diperoleh komposisi silika dan karet alam terbaik agar sifat mekanik dari produk *rubber seal* dapat memenuhi persyaratan SNI 7655:2010 tentang *rubber seal*. Implementasi hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan penguasaan teknologi pembuatan *rubber seal gas LPG* berbasis karet alam sehingga dapat meningkatkan konsumsi karet alam dalam negeri sekaligus meningkatkan nilai tambah karet alam.

BAHAN DAN METODE

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan dari bulan Mei sampai bulan Juli 2017 bertempat di Pabrik Percobaan dan Laboratorium Penguji Pusat Penelitian Karet, Bogor. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi karet SIR 20 dan karet NBR Krynac 3370 yang diperoleh dari *supplier* lokal, *n*-pentana kualitas *p.a.* dari Merck, serta bahan kimia kompon karet kualitas teknis dari *supplier* lokal. Adapun bahan kimia kompon karet meliputi: sulfur, asam stearat, seng oksida, bahan pengisi silika ukuran 55, 115, dan 175 m²/g, kaolin, antiozonan antilux (senyawa parafin), *cross*

linker vulcuren (1,6-*bis*(N,N-*dibenzylthiocarbamoyldithio*)-hexane), rhenosin (resin fenol formaldehid dengan agen pengeras), pencepat CBS (*cyclohexyl benzothiazole sulfenamide*), TMTD (*tetramethyl thiuram disulfide*), DTDM (*dithio dimorpholine*), antioksidan TMQ (*trimethyl dihydroquinoline*), pigmen pewarna (merah dan kuning), titanium oksida, silane Si-69 (*bis-triethoxy silyl propyl-tetrasulfide*), rhenofit (asam lemak amida dengan gugus amino), serta *plasticizer DOP* (*dioctyl phthalate*). Peralatan penelitian meliputi peralatan untuk preparasi kompon berupa gilingan terbuka (*open mill*), Rheometer MDR 2000 untuk pengujian karakteristik pematangan, Tensometer untuk pengujian kuat tarik dan perpanjangan putus, Durometer Shore-A untuk pengujian kekerasan, serta alat uji pampatan tetap.

Kegiatan dalam penelitian ini diawali dengan formulasi dan pembuatan kompon *rubber seal* menggunakan 3 ukuran silika yang tersedia di pasaran yaitu ukuran partikel dengan luas permukaan 175, 115, dan 55 m²/g. Dari ketiga kompon tersebut kemudian dipilih 2 jenis silika dengan hasil terbaik untuk dilakukan percobaan variasi dosis. Kompon tersebut kemudian dibuat vulkanisat dan diuji sesuai persyaratan SNI 7655:2010 tentang *rubber seal*.

Pembuatan Kompon dan Vulkanisat Rubber Seal

Karet alam dan karet sintetik digiling dengan bahan-bahan lain di dalam *open mill* sesuai dengan resep kompon. Penambahan dosis silika menggunakan satuan bsk (bagian per seratus karet), ini digunakan untuk perhitungan rumus dimana bahan kimia lainnya dihitung sebagai bagian per 100 berat polimer karet. Resep kompon dengan variasi tiga jenis silika dapat dilihat pada Tabel 1. Ketiga kompon tersebut kemudian diamati karakteristik pematangannya.

Ketiga kompon tersebut dirancang dengan formula tertentu (dosis penambahan silika dibuat berbeda antar formula) agar ketiga formula tersebut menghasilkan kekerasan yang sama sehingga diharapkan

Tabel 1. Susunan resep kompon dengan variasi 3 jenis silika untuk pembuatan *rubber seal* gas LPG
 Table 1. Compound formula with 3 types of silica for manufacture of rubber seal of LPG tube

Bahan Materials	Jumlah (berat seratus karet, bsk) Quantity (per hundred rubber, phr)		
	Si175	Si115	Si55
NBR	100	100	100
Silika 175	25		
Silika 115		35	
Silika 55			45
Silane Si-69	2,5	2	1,5
Pigmen	1	1	1
Antioksidan	1	1	1
DOP	5	5	5
ZnO	5	5	5
Asam stearat	1	1	1
CBS	1	1	1
TMTD	2	2	2
DTDM	1	1	1
Sulfur	0,3	0,3	0,3

diperoleh kurva karakteristik pematangan yang sama. Penambahan silane Si-69 disesuaikan dengan dosis dan jenis silika yang digunakan. Dari ketiga kompon di atas, kemudian diambil 2 jenis silika terbaik dan selanjutnya dibuat sepuluh kompon dengan variasi dosis seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2 berikut. Kompon tersebut kemudian divulkanisasi hingga membentuk vulkanisat di dalam mesin press vulkanisasi pada suhu 160°C selama waktu tertentu sesuai dengan hasil Rheometernya yang diukur menggunakan alat Rheometer MDR 2000.

Komposisi yang ditampilkan pada Tabel 2 hanya untuk silika yang divariasikan, sementara bahan kimia

kompon yang lain formulasinya dibuat tetap. Bahan elastomer yang digunakan menggunakan kombinasi karet alam 70 bsk dan karet sintetik NBR 30 bsk. Bahan penunjang lainnya diantaranya rhenosin (resin fenol formaldehida), kaolin, *coupling agent* (silane Si-69), rhenofit (asam lemak amida), pigmen merah, pigmen kuning, bahan pemutih (titanium oksida), antilux (senyawa paraffin), antioksidan (TMQ), *plasticizer* (DOP), vulcuren, seng oksida, asam stearat, CBS, TMTD, DTDM, dan sulfur. Komposisi masing-masing bahan penunjang dengan dosis berurutan adalah sebagai berikut: 5, 10, 2, 3, 0,33, 0,67, 1, 2, 2, 7, 1, 5, 2, 4,5, 2, 3, dan 0,3 bsk.

Tabel 2. Susunan resep kompon dengan variasi dosis silika untuk pembuatan *rubber seal* gas LPG
 Table 2. Compound formula at variation of silica doses for manufacture of rubber seal of LPG

No.	Bahan Materials	Jumlah (berat seratus karet, bsk) Quantity (per hundred rubber, phr) k									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1.	Silika 115	5	10	15	25	30					
2.	Silika 175						5	10	15	25	30

Vulkanisat yang terbentuk kemudian diuji beberapa parameter sifat fisik dan mekanik yang berpengaruh diantaranya kekerasan, kuat tarik, perpanjangan putus, dan pampatan tetap. Pengujian kuat tarik, dan perpanjangan putus dilakukan berdasarkan metode ASTM D 412 – 98a (ra 2002), pengujian kekerasan dilakukan berdasarkan metode ASTM D 2240, dan pengujian pampatan tetap dilakukan berdasarkan metode ISO 815:2008.

HASIL DAN PEMBAHASAN

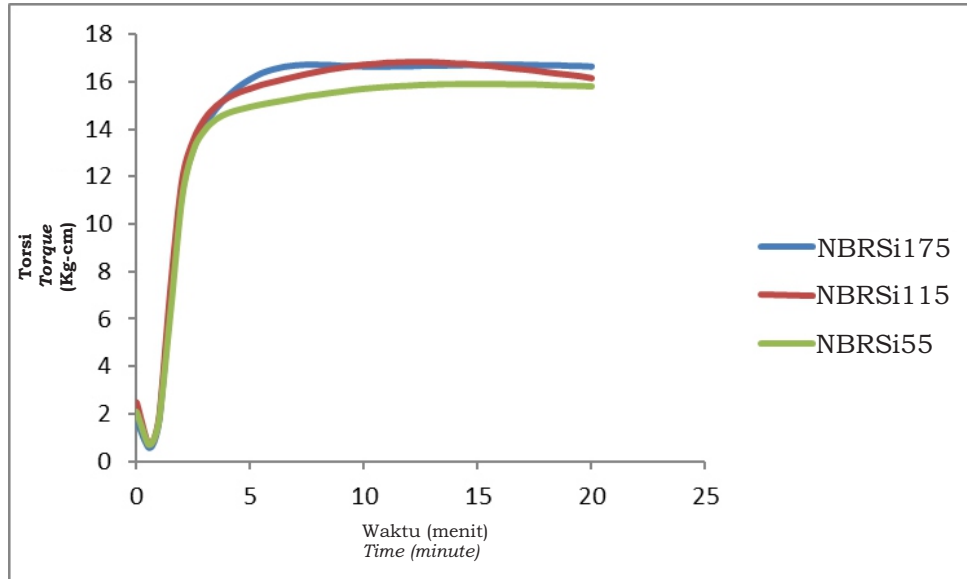
Karakteristik Pematangan Kompon Rubber Seal dengan Variasi Jenis Silika

Gambar 1 menyajikan kurva karakteristik pematangan NBR dengan jenis silika yang berbeda. Pada Gambar tersebut terlihat bahwa NBR dengan bahan pengisi silika 175 dan 115 memiliki kurva yang hampir sama walaupun dosis keduanya berbeda, ini dikarenakan perbedaan ukuran

partikel dari silika. Semakin besar ukuran partikel, dengan dosis yang sama maka akan menghasilkan kekerasan yang berbeda. Sehingga pada penelitian ini dirancang kekerasan yang sama sehingga menghasilkan kurva karakteristik pematangan yang sama. Kurva karakteristik pematangan NBR dengan bahan pengisi silika 55 sedikit berbeda, namun perbedaan ini tidak signifikan terhadap perubahan kekerasan.

Tabel 3 menyajikan karakteristik pematangan NBR dengan jenis silika yang berbeda. Torsi maksimum, torsi minimum, delta torsi, waktu kematangan optimum, dan waktu *scorch* semua memiliki nilai yang hampir sama. Dengan perbedaan tipe dan dosis silika menghasilkan karakteristik pematangan yang hampir sama.

Ketiga kompon tersebut selanjutnya dibuat vulkanisat, divulkanisasi, dan diuji sifat fisika dan pengembangannya (*swelling*) di dalam *n*-pentana. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 1. Karakteristik pematangan kompon *rubber seal* dengan variasi silika
Figure 1. Characteristic vulcanization of *rubber seal* compound at various types of silika

Tabel 3. Karakteristik pematangan kompon *rubber seal* dengan variasi silika
 Table 3. *Cure characteristic of rubber seal compound at various types of silica*

Karakteristik pematangan <i>Cure characteristic</i>	Si175	Si115	Si55
S' Max (Kg-cm)	16,73	16,82	15,94
S' Min (Kg-cm)	0,6	0,72	0,76
S' Max – S' Min (Kg-cm)	16,13	16,1	15,18
T ₉₀ (menit)	3,43	3,5	3,27
T _{s2} (menit)	1,06	1,06	1,07

Tabel 4. Sifat fisika *rubber seal* dengan variasi 3 jenis silika
 Table 4. *Physical properties of rubber seal at 3 types of silica variation*

Sifat fisika <i>Physical properties</i>	Si175	Si115	Si55	Syarat mutu <i>Quality</i>
Kekerasan (Shore A)	60	60	61	60 ± 5
Kuat tarik (MPa)	7,6	8,6	7,9	10
Perpanjangan putus (%)	410	400	400	300
Pampatan tetap, RT, 3 hari (%)	9,49	10,22	8,2	10
Pengusangan suhu 70 °C selama 7 hari				
- Perubahan kekerasan (Shore A)	5	5	4	± 10
- Perubahan kuat tarik (%)	-2,63	-17,44	5,06	± 15
- Perubahan perpanjangan putus (%)	-21,95	-35	-20	+ 10, - 25
Perubahan volume dalam n-pentana setelah 7 hari pada RT	7,89	7,27	8,49	+35

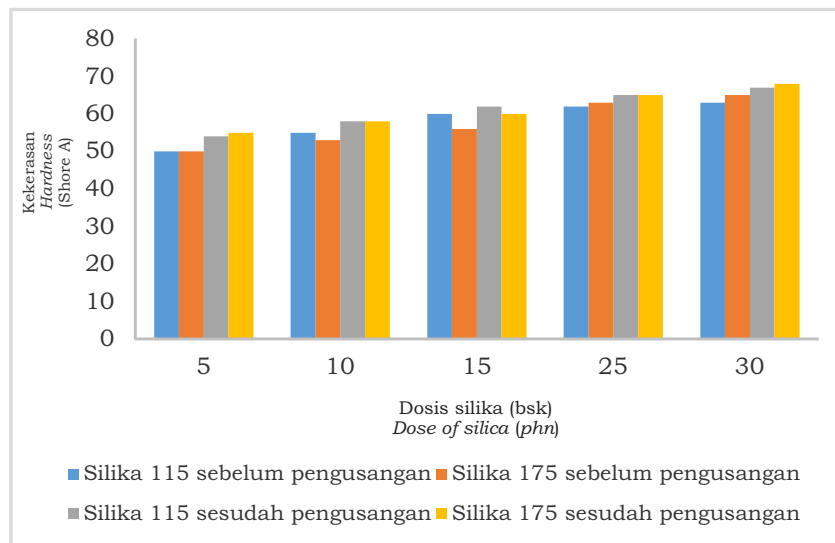
Berdasarkan data pada Gambar 1 dan Tabel 3 dapat dilihat bahwa nilai karakteristik pematangan untuk silika jenis 55 di bawah kedua jenis silika lainnya. Oleh karena itu, untuk variasi dosis digunakan 2 jenis silika terbaik yaitu silika jenis 115 dan 175. Sementara itu berdasarkan data pada Tabel 4, diperoleh hasil sifat fisika yang relatif sama untuk silika 175 dan 55, sedangkan sifat fisika untuk silika 115 sedikit di bawah silika yang lainnya namun karakteristik pematangannya cukup baik serta ketersediaannya lebih banyak dan lebih mudah diperoleh sehingga silika 115 tetap dipilih untuk variasi dosis. Selanjutnya dibuat 10 kompon menggunakan silika jenis 115 dan 175 dengan dosis silika yang divariasikan seperti pada Tabel 2. Kesepuluh kompon tersebut selanjutnya dibuat vulkanisat, divulkanisasi, dan diuji sifat fisika sebelum dan sesudah pengusangan. Pengusangan dilakukan selama 168 jam pada suhu 70±2 °C. Rincian hasil perubahan sifat fisika vulkanisat *rubber seal* sebelum dan sesudah pengusangan diuraikan sebagai berikut.

Karakteristik Sifat Fisik Vulkanisat Kompon *Rubber Seal* dengan Variasi Dosis Silika

Penambahan silika sebagai bahan pengisi untuk kompon *rubber seal* berpengaruh terhadap sifat fisik dan mekanik dari produknya, diantaranya berpengaruh terhadap kekerasan, kuat tarik, perpanjangan putus, dan pampatan tetap. Sebanyak 5 (lima) variasi dosis (5, 10, 15, 25, dan 30 bsk) untuk dua jenis silika telah digunakan untuk membuat kompon *rubber seal*. Di bawah ini diuraikan pengaruh dosis silika terhadap beberapa sifat fisik kompon *rubber seal* yang dibuat.

Pengaruh Terhadap Tingkat Kekerasan (*Hardness*)

Pengaruh dosis silika terhadap tingkat kekerasan pada kompon *rubber seal* dapat dilihat pada Gambar 2. Dari Gambar 2 terlihat bahwa tingkat kekerasan sebelum pengusangan meningkat seiring dengan kenaikan dosis silika baik untuk jenis 115



Gambar 2. Pengaruh penambahan silika terhadap tingkat kekerasan sebelum dan sesudah pengusangan

Figure 2. The influence of silica addition on hardness before and after ageing

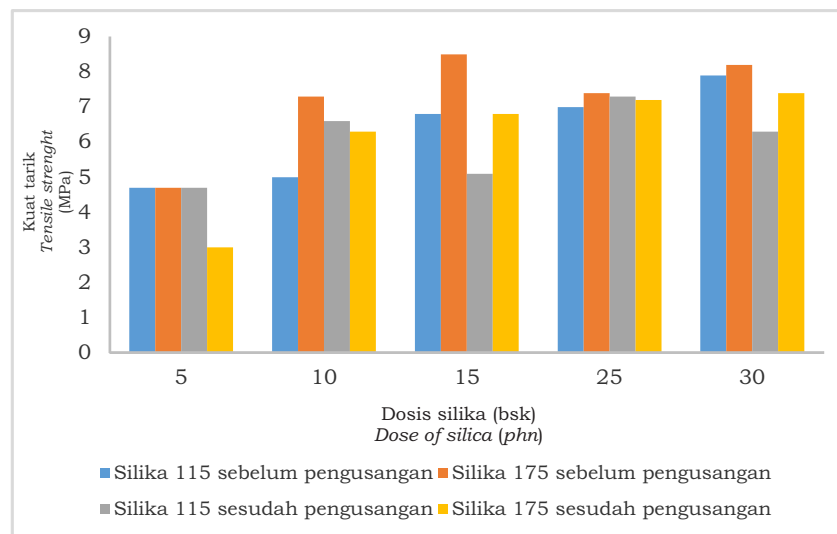
maupun 175. Kenaikan tingkat kekerasan dapat disebabkan karena penambahan silika menyebabkan kompon lebih berisi karena silika mengisi bagian-bagian kosong dari struktur kompon akibatnya kompon menjadi lebih keras. Semakin banyak silika yang ditambahkan, kompon semakin rapat dan padat sehingga kompon semakin keras. Tingkat kekerasan kompon A-J sebelum pengusangan pada penambahan silika sampai 30 bsk masih memenuhi persyaratan SNI 7655:2010. Setelah pengusangan terjadi kenaikan tingkat kekerasan pada semua kompon. Hal ini disebabkan karena pengusangan menyebabkan karet menjadi lebih getas atau kaku (fleksibilitas karet menurun). Akan tetapi nilai perubahan kekerasan kompon A-J setelah pengusangan masih memenuhi persyaratan SNI 7655:2010 tentang *rubber seal* (di bawah 10 Shore A).

Pengaruh Terhadap Kuat Tarik (*Tensile Strength*)

Pengaruh dosis silika terhadap kuat tarik kompon *rubber seal* dapat dilihat pada Gambar 3. Dari Gambar 3 terlihat bahwa kuat tarik sebelum pengusangan meningkat seiring dengan kenaikan dosis silika untuk jenis 115, sedangkan untuk silika 175, kuat

tarik naik sampai dosis 15 bsk, pada dosis 25 bsk kuat tarik turun dan kembali naik pada 30 bsk. Kenaikan kuat tarik dapat disebabkan penambahan silika memperkuat interaksi karet-*filler*, sehingga meningkatkan elastisitas kompon *rubber seal*. Nilai kuat tarik sebelum pengusangan untuk kompon A-J masih di bawah 10 Mpa, yang artinya belum memenuhi persyaratan SNI 7655:2010.

Pengaruh pengusangan terhadap kuat tarik juga dapat dilihat pada Gambar 3. Data pada Gambar 3 menunjukkan bahwa kuat tarik setelah pengusangan cenderung mengalami penurunan kecuali untuk silika 115 pada dosis 5, 10, dan 25 bsk yang mengalami kenaikan. Hal ini dapat disebabkan karena pengusangan menyebabkan putusannya ikatan sulfida dan ikatan C=C yang menyebabkan berkurangnya derajat ikatan silang sehingga kekuatan tariknya menurun (Vinod, Varghese, & Kuriakose, 2002). Nilai perubahan kuat tarik setelah pengusangan tidak memenuhi persyaratan SNI 7655:2010 untuk kompon B, C, dan E dengan jenis silika 115, sedangkan untuk silika 175, nilai kuat tarik setelah pengusangan tidak memenuhi persyaratan SNI 7655:2010 pada kompon F dan H.



Gambar 3. Pengaruh penambahan silika terhadap kuat tarik sebelum dan sesudah pengusangan

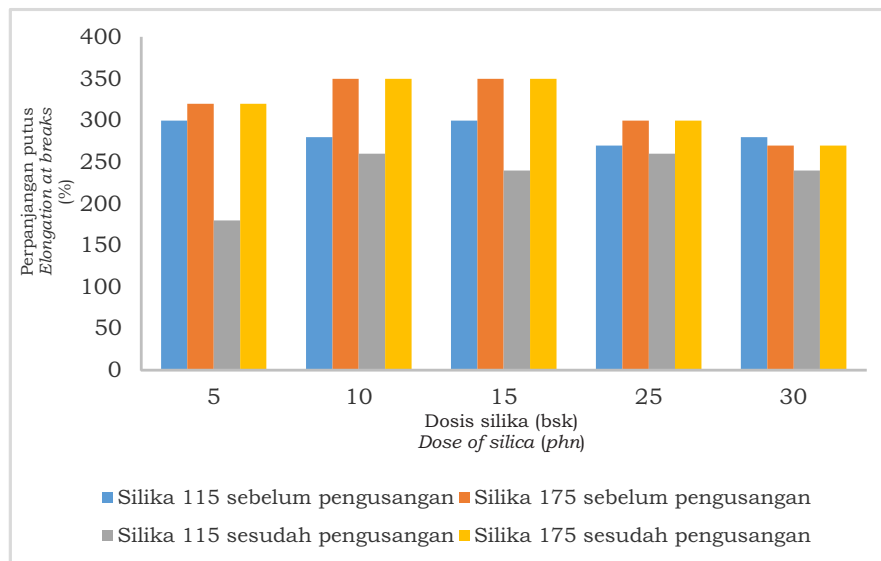
Figure 3. The influence of silica addition on tensile strenght before and after ageing

Dari data yang diperoleh mengenai kuat tarik sebelum dan sesudah pengusangan, sebagian besar nilainya masih belum memenuhi persyaratan SNI 7655:2010. Hal ini dapat disebabkan karena silika kurang kompatibel dengan karet alam (kepolaran silika berbeda dengan karet alam) sehingga kurang homogen pada saat pencampuran di dalam *open mill* (Mihara *et al.*, 2009; Stöckelhuber *et al.*, 2011). Adapun keberadaan senyawa *coupling agent* (silane Si-69) untuk meningkatkan kompatibilitas antara silika dengan karet alam belum optimal karena reaksi silanisasi antara silika dengan karet alam pada saat komponding seharusnya dijalankan pada suhu 135-150 °C (Kaewsakul, Sahakaro, Dierkes, & Noordermeer, 2012). Sementara itu, penggilingan kompon dengan menggunakan *open mill* tidak bisa mencapai suhu tersebut, hal ini menyebabkan fungsi silika sebagai pengisi penguat (*reinforced filler*), salah satunya untuk menguatkan elastisitas kompon, tidak dapat berjalan dengan baik (Yasin, Ansarifar, Hameed, & Wang, 2011). Oleh karena ini masih diperlukan pengembangan untuk memperbaiki kuat

tarik kompon *rubber seal* berbasis karet alam agar dapat memenuhi persyaratan SNI 7655:2010.

Pengaruh Terhadap Perpanjangan Putus (*Elongation At Break*)

Pengaruh dosis silika terhadap perpanjangan putus kompon *rubber seal* dapat dilihat pada Gambar 4. Dari Gambar 4 terlihat bahwa perpanjangan putus sebelum pengusangan tidak memberikan pola yang linear terutama untuk silika 115. Nilai perpanjangan putus untuk penambahan jenis silika 115 berkisar antara 270-300%, Kompon B, D, dan E belum memenuhi persyaratan SNI 7655:2010 karena nilainya di bawah 300%. Sementara itu untuk jenis silika 175, perpanjangan putus meningkat sampai penambahan 15 bsk, dan menurun ketika dosis silika dinaikkan lebih dari 15 bsk. Nilai perpanjangan putus masih memenuhi persyaratan SNI 7655:2010 sampai penambahan 25 bsk, di atas dosis tersebut nilai perpanjangan putus tidak memenuhi persyaratan SNI 7655:2010.



Gambar 4. Pengaruh penambahan silika terhadap perpanjangan putus sebelum dan sesudah pengusangan

Figure 4. The influence of silica addition on elongation at break before and after ageing

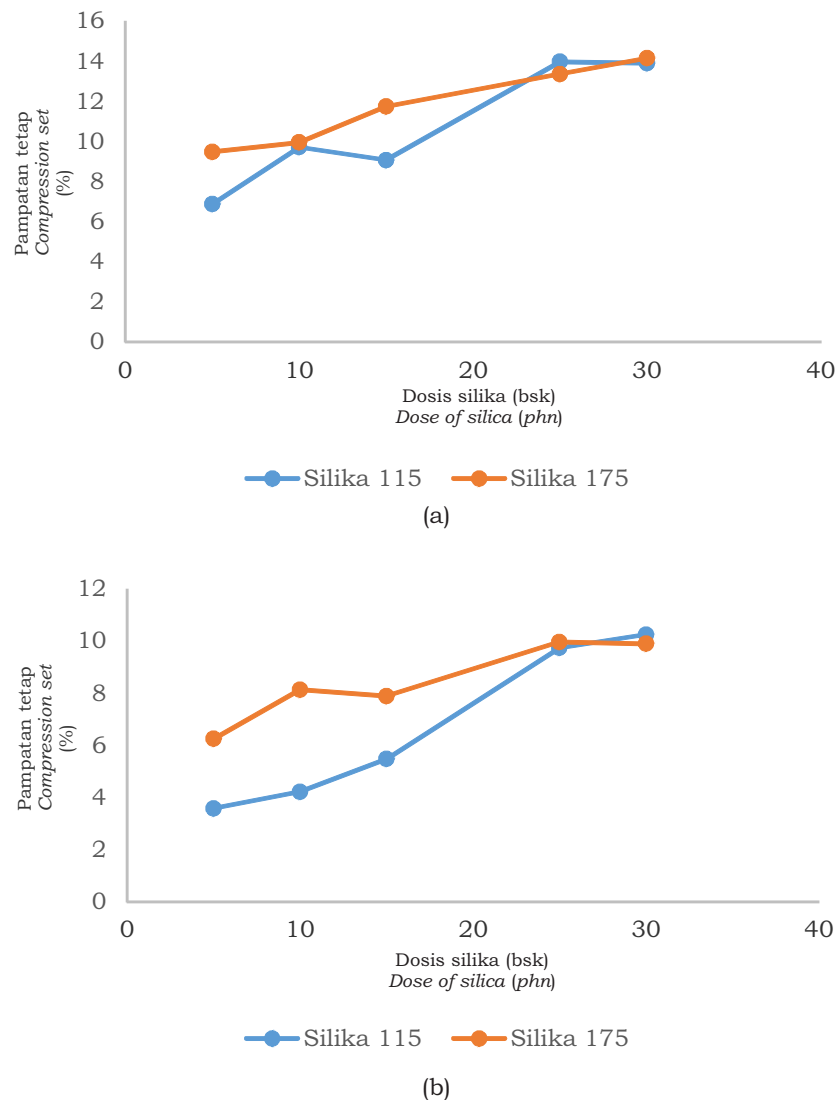
Pengaruh pengusangan terhadap perpanjangan putus juga dapat dilihat pada Gambar 4. Data pada Gambar 4 menunjukkan perpanjangan putus setelah pengusangan kompon A-J mengalami penurunan. Pengusangan menyebabkan putusnya ikatan sulfida dan ikatan silang yang terbentuk sehingga kekuatan tarik karet menurun dan menjadi lebih mudah putus. Nilai perubahan perpanjangan putus setelah pengusangan tidak memenuhi persyaratan SNI 7655:2010 hanya untuk kompon A, kompon lainnya masih memenuhi persyaratan SNI 7655:2010.

Pengaruh Terhadap Pampatan Tetap (Compression Set)

Pengaruh dosis silika terhadap pampatan tetap kompon *rubber seal* dapat dilihat pada Gambar 5. Pampatan tetap diuji pada 2 kondisi suhu, yaitu suhu 27 ± 2 °C dan -5 ± 2 °C selama 72 jam. Dari Gambar 5.a terlihat bahwa pampatan tetap kompon *rubber seal* pada suhu 27 ± 2 °C meningkat seiring kenaikan dosis silika baik untuk jenis silika 115 maupun 175. Semakin besar nilai pampatan tetap menunjukkan bahwa setelah dipampatkan elastisitas karet semakin berkurang (Handayani, Faturrohman, & Kuncoro, 2011). Semakin rendah nilai pampatan tetap berarti ketahanan elastisitas karet semakin baik.

Penambahan silika di atas 15 bsk untuk jenis 115, dan di atas 10 bsk untuk jenis 175 menyebabkan nilai pampatan tetapnya tidak lagi memenuhi persyaratan SNI. Hal ini dapat disebabkan karena semakin besar dosis silika yang ditambahkan menyebabkan interaksi silika-silika semakin kuat dan interaksi silika-karet alam berkurang (Ulfah *et al.*, 2015; Ma *et al.*, 2013), sehingga ketika karet dipampatkan dengan tekanan dari suatu beban pada suhu dan waktu tertentu terjadi perubahan yang cukup besar terhadap elastisitasnya. Sementara itu, pampatan tetap kompon A-J pada suhu -5 ± 2 °C juga meningkat seiring kenaikan dosis silika yang ditambahkan namun nilainya masih memenuhi persyaratan SNI 7655:2010 tentang *rubber seal*.

Data pada Gambar 5 menunjukkan bahwa penambahan silika sebaiknya pada dosis yang sesuai agar pampatan tetapnya memenuhi persyaratan SNI 7655:2010. Untuk silika jenis 115 penambahan silika sebaiknya tidak lebih dari 15 bsk sedangkan untuk jenis 175 penambahan silika sebaiknya tidak lebih dari 10 bsk. Reformulasi masih diperlukan untuk menyempurnakan formula tersebut sehingga semua parameter dapat memenuhi persyaratan SNI 7655:2010.



Gambar 5. Pengaruh penambahan silika terhadap pampatan tetap selama 72 jam pada suhu: (a) $27\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan (b) $-5\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$

Figure 5. The influence of silica addition on compression set for 72 hours at temperature: (a) $27\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan (b) $-5\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa jenis dan dosis silika berpengaruh terhadap sifat fisika vulkanisat kompon *rubber seal* gas LPG. Silika jenis 115 dan 175 memiliki karakteristik kematangan yang cukup baik. Semakin banyak dosis silika yang ditambahkan, tingkat kekerasan dan kuat

tarik kompon *rubber seal* semakin meningkat. Namun nilai kuat tarik masih belum memenuhi persyaratan SNI 7655:2010 sampai dosis terbesar yang digunakan yaitu 30 bsk. Pampatan tetap kompon *rubber seal* meningkat seiring kenaikan dosis silika yang ditambahkan. Penambahan di atas 15 bsk untuk jenis silika 115, dan di atas 10 bsk untuk silika 175 menyebabkan nilai pampatan tetapnya

tidak lagi memenuhi persyaratan SNI. Sementara itu perpanjangan putus kompon *rubber seal* tidak terlalu dipengaruhi oleh dosis silika untuk jenis silika 115, sedangkan untuk jenis silika 175, perpanjangan putus naik sampai dosis silika 15 bsk dan turun kembali pada penambahan silika di atas 15 bsk.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Nesrawy, S.H., Mahmood, F.F., Hadi, N.M., & Abdmoeen, F.K. (2017). Effect of carbon black particle size on damping properties of butadiene composites. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*, 10, 983-988.
- Badan Standarisasi Nasional. (2010). *SNI 7655:2010 tentang karet perapat (rubber seal) pada katup tabung LPG*. Jakarta, Indonesia : BSN.
- Handayani, H., Fathurrohman, M.I., & Kuncoro, I. (2011). Karakteristik sifat fisik dan ketahanan terhadap minyak dari karet alam epoksi. *Jurnal Penelitian Karet*, 29(1), 49-62. Doi : 10.22302/ppk.jpk.v29i1.111.
- Kaewsakul, W., Sahakaro, K., Dierkes, W.K., & Noordermeer, J.W.M. (2012). Optimization of mixing conditions for silica-reinforced natural rubber tire tread compounds. *Rubber Chemistry and Technology*, 85(2), 277-294. Doi : 10.5254/rct.12.88935.
- Kementerian Perindustrian. (2015). *Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia Nomor: 84/M-IND/PER/9/2015 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Perindustrian Nomor: 67/M-IND/PER/6/2012 tentang Pemberlakuan Standar Nasional Indonesia Karet Perapat (Rubber Seal) pada Katup Tabung LPG Secara Wajib*. Jakarta, Indonesia: Kemenperind
- Leblanc, J.L. (2002). Rubber-filler interactions and rheological properties in filled compounds. *Progress in Polymer Science*, 27, 627-687. Doi : 10.1016/S0079-6700(01)00040-5.
- Ma, J.H., Zhao, S.H., Zhang, L.Q., & Wu, Y.P. (2013). Comparison of structure and properties of two styrene-butadiene rubbers filled with carbon black, carbon-silica dual-phase filler, and silica. *Rubber Chemistry and Technology*, 86(4), 664-678. Doi : 10.5254/rct.13.87956.
- Mihara, S., Datta, R. N., & Noordermeer, J.W.M. (2009). Flocculation in silica reinforced rubber compounds. *Rubber Chemistry and Technology*, 82(5), 524-540. Doi : 10.5254/1.3548262.
- Mujkanović, A., Vasiljević, L., & Ostojić, G. (2009). Non-black fillers for elastomers. *Proceeding of 13th International Research/Expert Conference* (p. 865-868). Hammamet, Tunisia: Bahçesehir University Istanbul
- Sahakaro, K., & Beraheng, S. (2008). Reinforcement of maleated natural rubber by precipitated silica. *Journal of Applied Polymer Science*, 109 (6), 3839-3848. Doi : 10.1002/app.28483.
- Stöckelhuber, K.W., Das, A., Jurk, R., & Heinrich, G. (2011). Contribution of physico-chemical properties of interfaces on dispersibility, adhesion and flocculation of filler particles in rubber. *Polymer*, 51(9), 1954-1963. Doi : 10.1016/j.polymer.2010.03.013.
- Ulfah, I.M., Fidyarningsih, R., Rahayu, S., Fitriani, D.A., Saputra, D.A., Winarto, D.A., & Wisojodharmo, L.A. (2015). Influence of carbon black and silica filler on the rheological and mechanical properties of natural rubber compound. *Procedia Chemistry*, 16, 258-264. Doi : 10.1016/j.proche.2015.12.053.

- Vinod, V.S., Varghese, S., & Kuriakose, B. (2002). Degradation behaviour of natural rubber-aluminium powder composites: effect of heat, ozone and high energy radiation. *Polymer Degradation and Stability*, 75, 405-412. Doi : 10.1016/S0141-3910(01)00228-2.
- Yasin, K.A., Ansarifar, A., Hameed, S., & Wang, L. 2011. A new method for crosslinking and reinforcing acrylonitrile-butadiene rubber using a silanized silica nanofiller. *Polymer Advanced Technology*, 22, 215-224. Doi : 10.1002/pat.1518.