

PENGUNAAN KARBON HITAM TERHADAP KARAKTERISTIK KARET NITRIL SEBAGAI KARET PERAPAT KATUP TABUNG LPG

Supri Agung¹, Estu Prayogi²

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila
e-mail: ¹supri.agung@gmail.com, ²estupray05@gmail.com

Abstrak

Keterbatasan ukuran partikel silika sebagai bahan pengisi karet yang beredar dipasaran tentu akan mempengaruhi produktifitas pembuatan karet perapat katup tabung LPG. Sedangkan perbedaan ukuran partikel silika akan mempengaruhi sifat mekanik pada karet tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh karbon hitam sebagai bahan pengisi karet terhadap kekuatan tarik, perpanjangan putus, dan kekerasan pada karet nitril untuk penggunaan karet perapat yang sesuai syarat mutu SNI 7655:2010. Penelitian ini menggunakan karbon hitam N660 sebagai bahan pengisi karet nitril dengan 3 variasi formulasi yang jumlah karbon hitamnya adalah 64 phr, 86 phr, 93 phr. Parameter pengujian mengacu pada JIS K 6251 (ISO 37:2011) dan JIS K 6253 (ISO 48). Vulkanisasi sampel uji dilakukan melalui mesin cetakan kompresi dengan suhu 180 °C selama 100 detik, yang mana proses tersebut adalah proses pembentukan lembaran karet. Kemudian lembaran karet dibentuk menjadi bentuk barbel melalui proses pelubangan. Uji tarik dilakukan menggunakan alat tensometer, uji kekerasan menggunakan durometer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi unsur karbon hitam dapat mempengaruhi peningkatan nilai kekuatan tarik dan kekerasan pada sampel uji, namun mengalami penurunan pada nilai perpanjangan putusnya, meskipun demikian hanya pada variasi 2 yang memiliki jumlah karbon hitam sebanyak 86 phr adalah formulasi yang dapat memenuhi syarat mutu SNI 7655:2010.

Kata Kunci: Uji tarik, uji kekerasan, karet perapat, karet nitril, katup tabung lpg

1. PENDAHULUAN

Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia telah menetapkan pemberlakuan dan pengawasan Standar Nasional Indonesia (SNI) karet perapat katup tabung *Liquid Petroleum Gas* (LPG) secara wajib. Hal tersebut adalah sesuai dengan peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia nomor 49/M-IND/PER/7/2016. Dengan peraturan tersebut tentunya akan melindungi industri dalam negeri dan juga konsumen selaku pemakai produk. Kebocoran gas pada saat melakukan pengisian LPG dan penggunaan tabung LPG dapat dilakukan pencegahan dengan penggunaan karet perapat yang dipasang pada katup tabung LPG sehingga sambungan antara katup tabung LPG dengan regulator menjadi rapat [1]. Sebagai indikator pemenuhan syarat mutu SNI, produsen harus mencantumkan label SNI pada produk yang akan di pasarkan, sehingga dengan demikian akan memberikan keyakinan kepada konsumen untuk memakai produk tersebut.

Karet nitril atau disebut juga *nitrile butadiene rubber* (NBR) adalah karet sintesis yang memiliki karakteristik tahan terhadap abrasi, minyak, *gasoline*, dan air. Sehingga karet nitril ini cocok digunakan untuk pembuatan karet perapat katup tabung LPG. Syarat mutu nasional untuk pembuatan karet perapat katup LPG tersebut adalah mengacu pada SNI 7655:2010. Parameter uji yang harus dilakukan sebagai syarat mutu tersebut meliputi dimensi dan toleransi, sifat tampak, kekerasan, kuat tarik, perpanjangan putus, pampatan tetap, *stress relaxation*, perubahan *volume*, dan ketahanan ozon.

Penelitian mengenai ukuran partikel dan kadar silika sebagai bahan pengisi karet untuk pembuatan karet perapat katup tabung LPG telah dilakukan untuk mendapatkan sifat mekanik produk yang baik dan memenuhi persyaratan SNI 7655:2010 [2]. Namun demikian ukuran partikel silika sebagai bahan pengisi karet yang beredar di pasar jumlahnya pun terbatas [2]. Keterbatasan ketersediaan ukuran silika ini tentu akan menjadi kendala dalam hal peningkatan produktifitas pembuatan karet perapat katup tabung LPG tersebut. Sedangkan perbedaan ukuran partikel silika tersebut akan mempengaruhi sifat mekanik pada karet tersebut [2]. Sehingga dalam hal ini perlu meninjau kembali penggunaan karbon hitam untuk bahan pengisi karet sebagai alternatif dari penggunaan silika.

Penelitian mengenai penggunaan karbon hitam ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik karet nitril yang akan digunakan untuk pembuatan karet perapat katup tabung LPG yang memenuhi syarat mutu dari SNI 7655:2010. Dalam hal ini karbon hitam yang digunakan adalah jenis N660 yang mana memiliki ukuran partikelnya menurut ASTM adalah kisaran 49 nm hingga 60 nm [3]. Pengujian pada penelitian ini dilakukan hanya sebagian saja dari syarat mutu SNI 7655:2010, yaitu meliputi uji kekerasan, kekuatan tarik, dan perpanjangan putus dan hanya pada kondisi normal (tanpa proses pengusangan). Sampel uji dibuat dengan menggunakan 3 variasi formulasi yang mana jumlah karbon hitam pada setiap formulasinya adalah berbeda-beda.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan mulai bulan Maret 2020 hingga bulan April 2020 di laboratorium pabrik pembuat komponen atau produk berbahan karet, Bogor. Dilokasi tersebut peneliti melakukan persiapan bahan sampel uji dan sekaligus uji laboratorium. Penelitian ini didukung dengan teknologi mesin untuk pembuatan sampel serta

peralatan uji yang handal dan sudah terkalibrasi. Rasio formulasi bahan yang digunakan untuk pembuatan sampel uji ini dapat dilihat pada table 1. Sampel uji dibuat dengan 3 variasi formulasi dengan perbedaan jumlah unsur karbon hitam N660 pada masing-masing formulasi tersebut. Jumlah formulasi dihitung dalam satuan phr (*per hundred rubber*) yaitu berat untuk masing-masing bahan per berat seratus karet. Dalam hal ini jumlah karbon hitam N660 yang digunakan untuk setiap variasi formulasi adalah 64 phr, 86 phr, dan 93 phr. Bentuk dan ukuran sampel uji mengacu pada JIS K 6251 dan JIS K 6253. Pada akhir sampel uji adalah dalam bentuk barbel (*dumbbell-shape*) seperti yang ditunjukkan pada gambar 2 dibuat sebanyak 12 buah sampel uji untuk uji tarik dan dalam bentuk bujur sangkar sebanyak 12 buah sampel uji untuk uji kekerasan, yang mana untuk masing-masing sample uji dibuat sebanyak 4 buah sampel uji [4,5]. Parameter pengujian ini merujuk pada standar yang dikeluarkan oleh *Japanese Standards Association* (JSA), Untuk uji tarik mengacu pada parameter uji JIS K 6251 (ISO 37:2011), sedangkan uji kekerasan mengacu pada parameter uji JIS K 6253 (ISO 48).

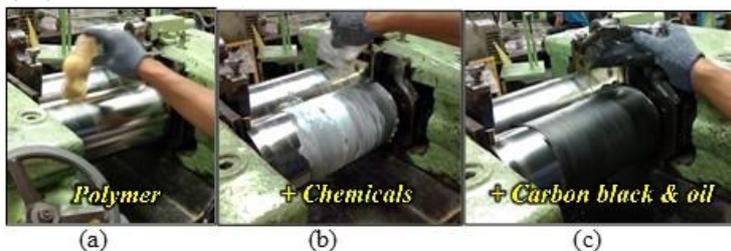
Tabel 1. Formulasi Kompon NBR Untuk Pembuatan Karet Perapat Katup Tabung LPG.

Variasi sampel Bahan	Jumlah (berat seratus karet (<i>per hundred rubber, phr</i>))		
	1	2	3
<i>NBR rubber stock</i>	100		
<i>Carbon black N660</i>	64	86	93
<i>Stearic acid</i>	1,5		
<i>Zinc oxide</i>	5		
<i>Antioxidant</i>	1,5		
<i>Oil</i>	25		
<i>Sulfur</i>	1		
<i>Accelerator</i>	1		

2.1 Pembuatan Masterbatch

Berikut ini adalah proses pembuatan *masterbatch*:

- Proses penimbangan *masterbatch*. Proses penimbangan bahan *nonvulcanizing* dilakukan secara bertahap sesuai dengan ketentuan formulasi yang disebutkan pada table 1, selain bahan polimer, bahan karbon dan minyak dapat disatukan kedalam satu wadah yang disertai identitas nomor sampel.
- Proses penggilingan bahan *masterbatch*. Penggilingan dilakukan menggunakan mesin *two-roll mill* dengan pengaturan jarak celah antara masing-masing *roll* yang dapat disesuaikan. Penggilingan beberapa bahan dilakukan secara bertahap, mulai dari polimer, kemudian beberapa bahan *nonvulcanizing* lainnya, hingga diakhiri penambahan karbon hitam yang sebelumnya sudah disatukan dengan minyak. Suhu pada kedua roll dijaga antara 70~90 °C.



Gambar 1. Penggilingan *Masterbatch*, (a) Polimer; (b) Bahan *Nonvulcanizing*; (c) Karbon Hitam dan Minyak.

2.2 Pembuatan Final Compound

Berikut ini adalah proses pembuatan *final compound*:

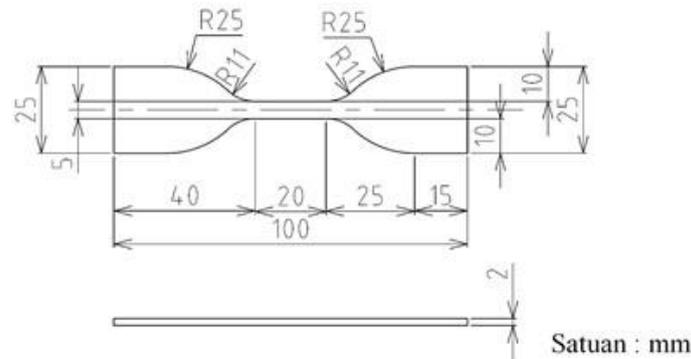
- Proses penimbangan bahan *vulcanizing agent*. Penimbangan seperti bahan *sulfur* dan bahan *accelerator* dilakukan secara bertahap sesuai dengan ketentuan formulasinya.
- Proses penggilingan bahan *final compound*. Mesin dan kondisi suhu yang digunakan adalah sama seperti halnya pada penggilingan untuk bahan *masterbatch*. Penggilingan dilakukan dengan menambahkan bahan *vulcanizing agent* kedalam *masterbatch* yang telah dibuat sebelumnya secara bertahap hingga seluruh bahan tercampur dengan merata.

2.3 Pembentukan Lembaran Karet

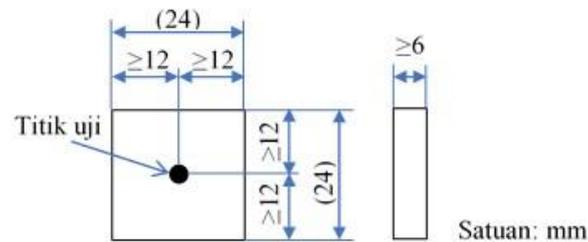
Pembentukan lembaran karet dilakukan menggunakan cetakan melalui mesin cetakan kompresi. Pada proses ini tekanan mesin diatur pada 150 kg/cm² dengan suhu pada cetakan adalah 180 °C selama 100 detik. Pada proses inilah vulkanisasi itu berlangsung sehingga terjadilah ikatan silang pada molekul-molekul bahan karet tersebut.

2.4 Pembentukan Akhir Sampel Uji

Pembentukan akhir dari sampel uji dapat dilakukan minimal 16 jam setelah vulkanisasi. Bentuk akhir dari sampel uji ini meliputi bentuk barbel (*dumbbell-shape*) dan bentuk bujur sangkar. Bentuk barbel dibentuk melalui proses pelubangan (*punching*) yang akan digunakan sebagai sampel uji tarik. Sedangkan bentuk bujur sangkar dapat menggunakan sisa bahan dari potongan pembentukan barbel dengan cara memotongnya secara manual yang akan digunakan sebagai sampel uji kekerasan.



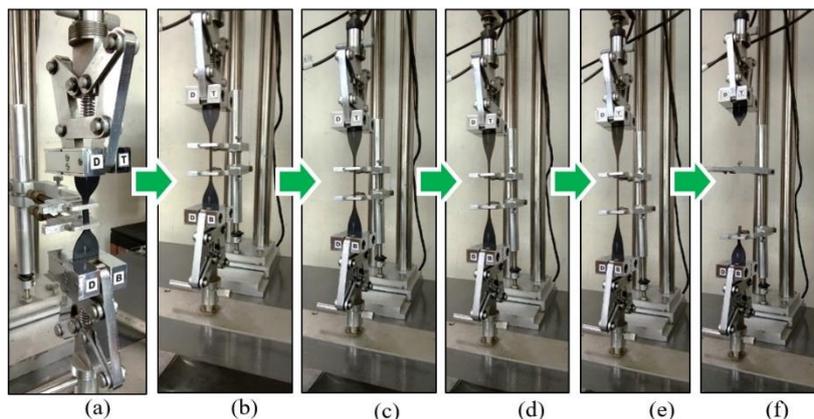
Gambar 2. Bentuk dan Ukuran Sampel Uji Bentuk Barbel.



Gambar 3. Bentuk dan Ukuran Sampel Uji Kekerasan.

2.5 Uji Tarik

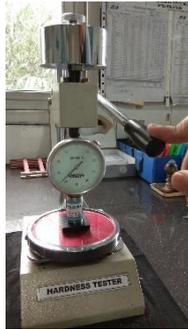
Sebelum pengujian dilakukan, kondisi ruang pengujian harus disesuaikan dengan standar ruang uji yang telah disyaratkan oleh JIS K 6250 atau ISO 23529:2016. Gunakan alat ukur suhu dan kelembaban ruangan (*thermo-hygro*) untuk mengetahui kondisi ruang pengujian yang sebenarnya. Uji tarik ini dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan tarik dan perpanjangan putus dari sampel uji menggunakan alat uji tarik *tensometer*. Alat uji yang digunakan ini adalah alat uji tarik untuk uji karet yang sudah terintegrasi dengan sistem komputerisasi, dengan demikian hasil pengujian yang dilakukan sudah terkalkulasi dan terdokumentasi secara langsung sehingga melalui program yang terpasang pada sistem tersebut hasil uji dapat secara langsung diketahui. Kecepatan laju pergerakan pada alat uji tarik tersebut diatur pada kecepatan 500 mm/menit [4].



Gambar 4. Fenomena Pengujian Sampel Uji Tarik, (a) Mulai; (b) Proses (20%); (c) Proses (40%); (d) Proses (60%); (e) Proses (80%); (f) Sampel Uji Terputus.

2.6 Uji Kekerasan

Uji kekerasan pada sampel uji dilakukan untuk mengetahui kemampuan sampel uji untuk menahan beban tekanan menggunakan alat uji *durometer hardness tester* jenis *Shore A*, yang mana melalui alat ini hasil pengukuran kekerasan sampel uji dapat terlihat pada penunjukan secara analog dari pergerakan arah jarum. Bentuk dan ukuran sampel uji adalah sesuai dengan gambar 3.



Gambar 5. Uji Kekerasan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

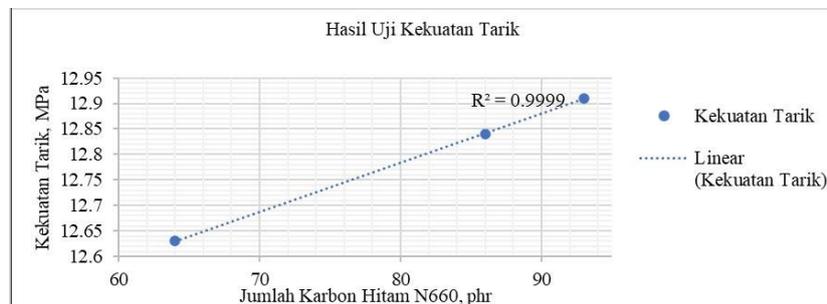
Dari beberapa parameter pengujian yang sudah dilakukan tersebut menunjukkan hasil interaksi terhadap nilai kekuatan tarik, perpanjangan putus, dan derajat kekerasan yang dipengaruhi oleh jumlah unsur karbon hitam N660 pada setiap variasi formulasi tersebut sebagai bahan pengisi karet sintesis jenis nitril.

3.1 Hasil Pengujian Uji Kekuatan Tarik

Syarat mutu kekuatan tarik yang harus dimiliki oleh karet perapat katup tabung LPG berdasarkan SNI 7655:2010 adalah minimal 10 MPa pada kondisi pengujian yang normal (tanpa pengusangan). Dari hasil pengujian uji kekuatan yang telah dilakukan menunjukkan hasil seperti yang ditunjukkan pada table 2 dan gambar 6.

Tabel 2. Hasil Uji Kekuatan Tarik.

	Nomor Sampel	Satuan	Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3
Jumlah karbon hitam N660	1 sampai 4	phr	64	86	93
Nilai kekuatan tarik	1	MPa	13,48	12,98	13,08
	2		12,58	12,09	12,47
	3		11,45	12,85	12,69
	4		13,01	13,43	13,39
Nilai rata-rata kekuatan tarik			12,63	12,84	12,91



Gambar 6. Grafik Hasil Uji Kekuatan Tarik.

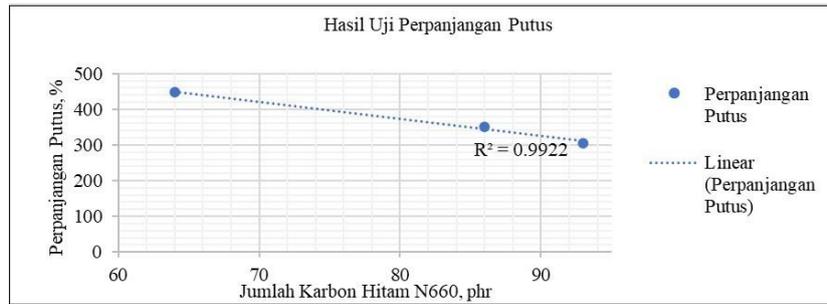
Dari hasil pengujian pada uji kekuatan tarik tersebut dapat diketahui peningkatan kekuatan tarik yang dipengaruhi oleh jumlah unsur karbon hitam N660 yang semakin besar. Peningkatan rata-rata kekuatan tarik dimulai dari 12.63 MPa pada jumlah karbon 64 phr, 12,84 MPa pada jumlah karbon 75 phr, dan hingga 12.91 MPa pada jumlah karbon 93 phr. Dengan nilai korelasi (R^2) 0,9999, ini menunjukkan tingkat kekuatan hubungan antara variable-variabel tersebut adalah sangat kuat.

3.2 Hasil Pengujian Uji Perpanjangan Putus

Syarat mutu perpanjangan putus yang harus dimiliki oleh karet perapat katup tabung LPG berdasarkan SNI 7655:2010 adalah minimal 300% dalam kondisi pengujian yang normal (tanpa pengusangan). Dari hasil pengujian perpanjangan putus yang telah dilakukan menunjukkan hasil seperti yang ditunjukkan pada table 3 dan gambar 7.

Tabel 3. Hasil Uji Perpanjangan Putus.

	Nomor sampel	Satuan	Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3
Jumlah karbon hitam N660	1 sampai 4	phr	64	86	93
Perpanjangan putus	1	%	487,46	348,86	317,10
	2		466,20	341,78	313,69
	3		395,06	358,84	298,20
	4		442,84	358,05	295,31
Nilai rata-rata perpanjangan putus			447,89	351,88	306,08



Gambar 7. Grafik Hasil Uji Perpanjangan Putus.

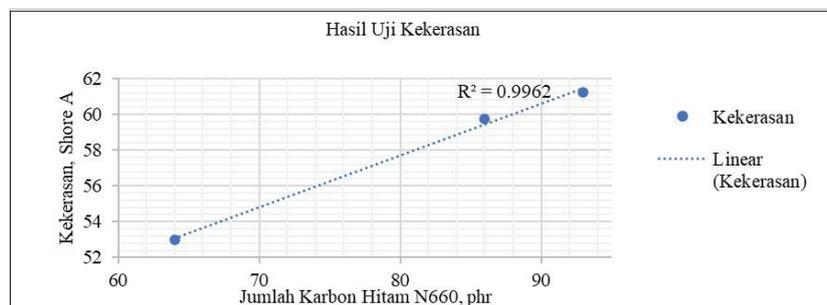
Dari hasil pengujian uji perpanjangan putus tersebut dapat diketahui penurunan prosentase perpanjangan putus yang dipengaruhi oleh jumlah unsur karbon hitam N660 yang semakin besar. Penurunan rata-rata prosentase perpanjangan putus tersebut adalah dimulai dari 447,89% pada jumlah karbon 64 phr, 351,88% pada jumlah karbon 86 phr, dan hingga 306,08% pada jumlah karbon 93 phr. Dengan nilai korelasi (R^2) 0,9922, ini menunjukkan tingkat kekuatan hubungan antara variable-variabel tersebut adalah sangat kuat.

3.3 Hasil Pengujian Uji Kekerasan

Syarat mutu kekerasan bahan yang diijinkan sesuai dengan SNI 7655:2010 untuk karet perapat katup tabung LPG adalah 60 ± 5 Shore A dalam kondisi pengujian yang normal (tanpa pengusangan). Hasil pengujian kekerasan dapat ditunjukkan pada table 4 dan gambar 8.

Tabel 4. Hasil Uji Kekerasan.

	Nomor sampel	Satuan	Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3
Jumlah karbon hitam N660	1 sampai 4	Phr	64	86	93
Kekerasan	1	Shore A	53,00	60,00	61,00
	2		53,00	60,00	61,00
	3		53,00	59,00	61,00
	4		53,00	60,00	62,00
Nilai rata-rata kekerasan			53,00	59,75	61,25



Gambar 8. Grafik Hasil Uji Kekerasan.

Dari hasil pengujian uji kekerasan tersebut dapat diketahuui peningkatan nilai kekerasan yang dipengaruhi oleh jumlah unsur karbon hitam N660 yang semakin besar. Peningkatan nilai rata-rata kekerasan tersebut adalah dimulai dari 53 Shore A pada jumlah karbon 64 phr, 59,75 Shore A pada jumlah karbon 86 phr, dan hingga 61,25 Shore A pada jumlah karbon 93 phr. Dengan nilai korelasi (R^2) 0,9962, ini pun menunjukkan tingkat kekuatan hubungan antara variable-variabel tersebut adalah sangat kuat.

4. KESIMPULAN

Hasil pengujian ini menunjukkan peningkatan pada kekuatan tarik dan kekerasan seiring dengan jumlah unsur karbon hitam N660 yang semakin besar, namun sebaliknya hal ini justru berdampak pada penurunan nilai prosentase perpanjangan putus. Data statistik pun menunjukkan nilai korelasi antara variable-variabel hasil pengujian memiliki tingkat hubungan yang sangat kuat.

Jika hasil pengujian tersebut dibandingkan dengan syarat mutu pada SNI 7655:2010, maka formulasi bahan karet nitril yang lebih cocok untuk pembuatan karet perapat katup tabung LPG adalah pada variasi 2, yang mana jumlah unsur karon hitam N660 adalah sebesar 86 phr. Variasi 1 memiliki kelemahan pada kekerasannya yaitu hanya 53 Shore A dari yang disyaratkan adalah 60 ± 5 Shore A. Variasi 3 memiliki kelemahan pada nilai perpanjangan putusnya, meskipun jika dilihat dari nilai rata-ratanya adalah masih dalam syarat mutu yang diijinkan yaitu 306,08% dari yang disyaratkan minimal 300%, nilai tersebut adalah terlalu beresiko untuk kesetabilan mutu yang dihasilkan, terlebih terdapat beberapa sampel uji pada variasi 3 berada dibawah niali yang

dijinkan yaitu hanya 298,20% dan 295,31%. Sehingga pada variasi 2 inilah yang dianggap cocok untuk pembuatan karet perapat katup tabung LPG, yang mana memiliki nilai kekuatan tarik 12,84 MPa dari yang dsyaratkan minimal 10 MPa, nilai perpanjangan putus sebesar 351,88% dari yang disyaratkan minimal 300%, dan nilai kekerasan 59,75 Shore A dari yang disyaratkan 60 ± 5 Shore A.

Pada penelitian ini modifikasi formulasi bahan karet nitril ini harus dikembangkan guna mengetahui batasan yang ideal untuk menentukan toleransi penggunaan unsur karbon hitam N660 agar kesetabilan mutu karet perapat katup tabung LPG yang disyaratkan oleh SNI dapat selalu terjaga.

5. SARAN

Jenis pengujian yang dilakukan pada penelitian ini belum semua dapat dilakukan seperti yang disyaratkan oleh SNI 7655:2010. Pengujian yang dilakukan penelitian ini hanya meliputi uji kekuatan tarik, uji perpanjangan putus, dan uji kekerasan, yang mana pengujian tersebut masih terbatas pada kondisi normal (tanpa pengusangan). Sehingga tidak menutup kemungkinan penelitian selanjutnya untuk melengkapi pengujian pada jenis uji yang lainnya sesuai syarat mutu SNI 7655:2010.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rahmaniari, 2016, "Karakteristik Karet Perapat Pada Katup Tabung LPG Menggunakan Bahan Pengisi Dari Pasir Kuarsa," *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, no. 2, vol 27, hal 103-109.
- [2] H. Handayani, M. I. Faturrohman, H. Prastanto, A. Ramadhan, and N. A. Kinasih, 2018, "Sifat Mekaik Rubber Seal Katup Tabung Gas LPG Pada Variasi Ukuran dan Dosis Silika," *Jurnal Penelitian Karet*, no. 1, vol 36, hal 77-88.
- [3] A. R. Sasongko, 2012, "Studi Pengaruh Ukuran Partikel dan Jumlah Phr Carbon Black Sebagai Bahan Pengisi Terhadap Sifat Mekanik Produk Karet Alam," *Skripsi*, Program Sarjana Sains, Universitas Indonesia, Depok.
- [4] JIS K 6251:2017, 2017, *Rubber, vulcanized or thermoplastic - Determination of tensile stress-strain properties*, Japanese Standards Association, Japan.
- [5] JIS K 6253:2006, 2006, *Rubber, vulcanized or thermoplastic - Determination of hardness*, Japanese Standards Association, Japan.