

## KETAHANAN SELANG DAN MEMBRAN REGULATOR GAS LPG EKSISTING TERHADAP DME BERDASARKAN UJI KINERJA FUNGSIONAL DAN UJI LABORATORIUM

*Resistance of Existing LPG Gas Regulator Hose and Membrane To DME Based On Functional Performance and Laboratory Tests*

Hani Handayani<sup>1</sup>, Adi Cifriadi<sup>1</sup>, Arief Ramadhan<sup>1</sup>, Asron Ferdian Falaah<sup>1</sup>, Rachma Fitriani<sup>2</sup>, dan Irma Nur Fitriani<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pusat Penelitian Karet, Jalan Salak No. 1 Bogor 16128

<sup>2</sup>Research and Technology Innovation (RTI), PT Pertamina (Persero), Jl. Medan Merdeka Timur 1A, Jakarta 10110  
Email : hani.ppkbogor@gmail.com

Diterima 22 April 2021 / Direvisi 23 Mei 2021 / Disetujui 8 Juli 2021

### Abstrak

Impor *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) Indonesia terus meningkat dari tahun ke tahun, hingga akhir 2020 berada di kisaran 76% atau sebesar 6,1 juta ton. Berbagai upaya untuk menekan impor LPG terus dilakukan salah satunya dengan mendorong pemanfaatan Dimetil Eter (DME). DME merupakan salah satu senyawa yang dapat digunakan sebagai alternatif bahan bakar baru yang terbarukan saat ini karena ketersediaan bahan baku untuk pembuatan DME di dalam negeri cukup melimpah dan dapat dihasilkan dari pengolahan gas alam, batubara, hasil olahan dari hidrokarbon lainnya maupun energi terbarukan seperti biomassa. Pemanfaatan DME sebagai bahan bakar rumah tangga diharapkan dapat mengurangi impor LPG sehingga dapat meningkatkan ketahanan energi nasional. Penelitian yang telah dilakukan ini bertujuan untuk memperoleh informasi teknis tentang ketahanan selang karet, selang termoplastik elastomer, dan membran karet regulator pada kompor gas terhadap paparan DME yang diamati selama 3 (tiga) bulan uji fungsional tanpa henti. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh informasi teknis bahwa semua sampel selang kompor gas LPG eksisting yang digunakan dalam penelitian ini memiliki ketahanan terhadap paparan DME,

sedangkan 3 (tiga) dari 4 (empat) total sampel regulator yang diuji memiliki ketahanan terhadap paparan DME. Hasil ini menunjukkan bahwa sampel selang yang ada di pasaran secara fungsional telah siap, layak, dan aman untuk dapat digunakan pada aplikasi gas DME sebagai bahan bakar rumah tangga, sedangkan regulator yang ada di pasaran secara fungsional cukup siap, layak, dan aman untuk dapat digunakan pada aplikasi gas DME sebagai bahan bakar rumah tangga.

Kata kunci: selang, membran, regulator, LPG, DME

### Abstract

*Liquefied Petroleum Gas (LPG) imports Indonesia is continue increasing every year, until the end of 2020 is around 76% or 6.1 million tons. Several efforts to reduce LPG imports continue to be carried out, one of them is by encouraging the usage of dimethyl ether (DME). DME is one of the materials that can be used as an alternative of renewable fuels because the abundant availability of raw materials for the manufacture of DME in Indonesia and it can be produced from many sources such as natural gas, coal, products from other hydrocarbons and renewable energy such as biomass. The use of DME as household fuel is expected to reduce LPG imports and increase sustainability of*

*national energy. The aim of this research was to obtain technical information about resistance of hoses and regulator membranes on LPG gas stoves to DME exposure which was observed for 3 (three) months of non-stop functional testing. Based on the results of the research, technical information was obtained that all samples of hoses of the existing LPG gas stove used in this study was resistance to DME exposure, while 3 (three) of the 4 (four) total samples of regulators tested was resistance to DME exposure. These results indicate that the sample of LPG hoses existing functionally was ready, feasible, and safe to be used in DME gas applications as household fuel, while the sample of LPG regulators existing are quite ready, feasible, and safe to be used in DME gas applications as a household fuel.*

*Keywords: hoses, membrane, regulator, LPG, DME*

### **Pendahuluan**

Impor *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) terus meningkat tiap tahun. Berdasarkan catatan Pertamina, tahun 2016 impor LPG Indonesia sekitar 66%, tahun 2017 naik mencapai 70% dari total konsumsi LPG sekitar 7,5 juta metrik ton (mt) per tahun. Pada tahun 2018 dan 2019, Pertamina mengimpor LPG sebanyak 5,5 dan 5,8 juta metrik ton. Impor ini masih akan terus berlanjut hingga tahun 2027 dimana pada tahun tersebut Pertamina berencana menghentikan impor LPG (Pertamina, 2021). Kenaikan ini didorong oleh peningkatan konsumsi masyarakat, konversi minyak tanah ke LPG di Indonesia Timur, dan konversi BBM ke LPG untuk nelayan. Di sisi lain, produksi LPG di dalam negeri terus menurun karena menurunnya produksi dari sumur minyak dan gas dalam negeri. Dibandingkan dengan beberapa bahan bakar alternatif terkemuka lainnya (diantaranya metana, metanol, etanol, dan bahan bakar Fischer-Tropsch), dimetil eter (DME) tampaknya memiliki dampak potensial terbesar pada masyarakat termasuk emisi *well to wheel* gas rumah kaca, bahan baku non-minyak bumi, efisiensi *well to wheel*, keserbagunaan bahan bakar, infrastruktur, ketersediaan, ekonomi, dan keselamatan sehingga harus

dipertimbangkan sebagai bahan bakar pilihan untuk menghilangkan ketergantungan terhadap LPG atau minyak bumi (Semelsberger *et al.*, 2006; Styring *et al.*, 2021; Wu *et al.*, 2008). Dibandingkan dengan bahan bakar tradisional, DME dapat dikategorikan sebagai bahan bakar ramah lingkungan dengan emisi CO, HC, NO<sub>x</sub> yang lebih rendah dan pembakaran yang hampir bebas asap dan dapat mengurangi kerusakan lapisan ozon dan pemanasan global karena karakteristik daya larut yang baik di atmosfer (Makoš *et al.*, 2019).

Dimetil eter (DME) merupakan salah satu senyawa yang dapat menjadi alternatif bahan bakar baru yang terbarukan saat ini karena ketersediaan bahan baku di dalam negeri cukup melimpah. DME dapat dihasilkan dari pengolahan gas alam, batubara, hasil olahan dan hidrokarbon lainnya maupun energi terbarukan seperti biomassa (Murti *et al.*, 2021; Szybist, 2014; Ohno, 2001). DME juga dapat diproduksi dari minyak kelapa sawit dan memiliki prospek cerah sebagai bahan bakar di masa depan. Selain dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar diesel (solar), DME juga dapat digunakan untuk menggantikan bahan bakar LPG (BPDPKS, 2018). DME memiliki karakter seperti LPG yaitu dapat dicairkan sehingga mudah untuk didistribusikan. DME dapat digunakan untuk campuran LPG (*blended mixed*) dengan berbagai variasi komposisi bahkan menggantikan LPG 100%. Karakteristik DME memiliki kemiripan dengan komponen LPG, yakni terdiri atas propana dan butana, sehingga penanganan DME dapat diterapkan sesuai LPG (Balitbang ESDM, 2020). Pemanfaatan DME sebagai bahan bakar rumah tangga diharapkan dapat mengurangi atau menggantikan impor LPG sehingga dapat meningkatkan ketahanan energi nasional.

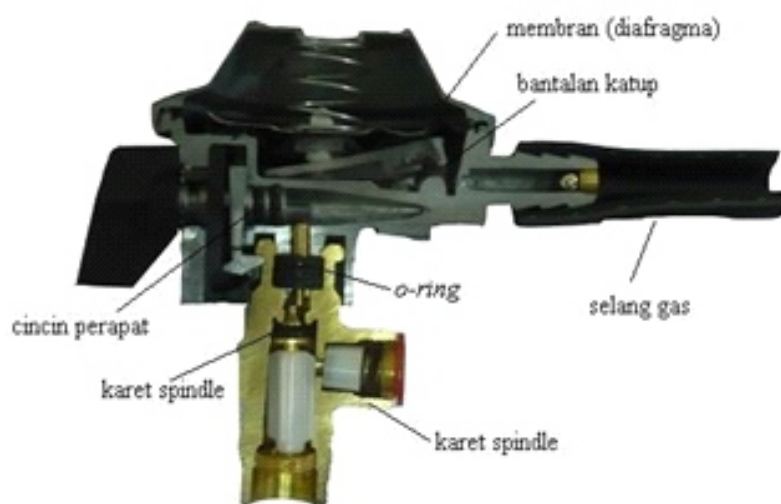
Sejalan dengan hal tersebut, maka perlu diproduksi infrastruktur pemanfaatan DME sebagai bahan bakar rumah tangga seperti tabung, regulator, selang, dan kompor yang tahan DME. Kementerian ESDM melalui Balitbang ESDM telah berhasil memodifikasi kompor LPG dengan cara memodifikasi sistem pengapian, terutama pada kepala *burner*

dan *nozzle* sehingga dapat digunakan untuk DME 100%. Berdasarkan hasil penelitian Balitbang ESDM, nyala api kompor modifikasi LPG ke DME berwarna biru dan stabil, efisiensi bahan bakar DME naik 10%, yakni dari 55% menjadi 65% (Suherman, 2021). Uji terap kompor modifikasi tersebut telah dilakukan di beberapa wilayah Kota Palembang dan Muara Enim pada tahun 2019-2020. Hasil uji terap menunjukkan bahwa secara teknis, pemanfaatan DME 100% layak untuk mensubstitusi LPG dengan menggunakan kompor khusus DME dengan waktu memasak lebih lama 1,1 s.d. 1,2 kali dibandingkan dengan menggunakan LPG (Kementerian ESDM, 2022).

Riset yang telah dilakukan oleh Kementerian ESDM perlu ditunjang dengan data kelayakan aksesoris kompor yang saat ini digunakan untuk LPG terutama data ketahanan material karet pada produk selang dan komponen karet yang terdapat pada regulator dan katup tabung yang merupakan komponen penting karena berinteraksi langsung dengan gas DME ketika digunakan untuk bahan bakar rumah tangga (Gambar 1). Komponen karet yang terdapat di dalam katup tabung terdiri dari karet perapat (*rubber seal*) dan karet *spindle*. Pada regulator terdapat beberapa komponen karet, diantaranya: o-

ring, bantalan katup, dan membran (diafragma) sedangkan komponen yang menghubungkan antara regulator dan kompor adalah selang karet. Berdasarkan hasil kajian Pusat Penelitian Karet tahun 2010 berbagai aksesoris kompor gas LPG eksisting tidak tahan terhadap DME dan campuran DME/LPG. Kegiatan pengujian ketahanan terhadap DME di laboratorium yang dilakukan pada tahun 2010 masih menggunakan cairan pengganti DME sehingga kurang sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Oleh karena itu riset ini akan mencoba uji fungsional selang karet dan aksesoris kompor gas LPG eksisting terhadap DME 100% pada kondisi yang sebenarnya dengan paparan langsung oleh gas DME selama 3 bulan dengan dimonitor CCTV selama 24 jam non stop.

Uji fungsional ini dilakukan untuk memastikan ketahanan infrastruktur bahan bakar LPG untuk rumah tangga yang sudah tersedia terhadap DME. Dengan data tersebut diharapkan Pemerintah tidak ragu untuk menggunakan DME sebagai pengganti LPG karena infrastruktur pendukung untuk pemanfaatan DME sebagai bahan bakar rumah tangga telah siap dipakai di lapangan dan aman digunakan oleh masyarakat. Oleh karena itu, tujuan dari riset ini adalah untuk mendapatkan informasi tentang kesiapan



Gambar 1. Komponen karet di dalam regulator dan katup tabung LPG

industri selang dan regulator gas LPG dalam negeri dalam rangka penerapan DME sebagai pengganti LPG.

**Bahan dan Metode**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari selang dan membran regulator *low pressure* gas LPG eksisting yang digunakan terdiri dari 4 (empat) buah selang dan 4 (empat) buah membran regulator *low pressure*. Keempat selang yang diuji terdiri dari 2 jenis selang karet (kode 1 dan 2), 2 jenis selang termoplastik elastomer (kode 3 dan 4) dan regulator gas LPG eksisting (kode A-D) serta gas DME untuk uji fungsional. Sementara itu alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah CCTV yang dipasang pada 5 (lima) titik untuk pengamatan fungsional, kompor dan tabung gas DME, dan lemari uji fungsional.

**Pengujian fungsional sampel selang dan regulator gas LPG eksisting**

Untuk pelaksanaan uji fungsional telah disiapkan lemari atau tungku untuk menyimpan kompor dan tabung gas DME

yang aman, ruang terbuka dengan sirkulasi udara bagus, cukup luas dan dapat terpantau nonstop 24 jam selama 3 bulan sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 2. Pemilihan waktu 3 bulan nonstop dianggap dapat mewakili kondisi sebenarnya dimana pada kondisi sebenarnya penggunaan LPG untuk keperluan rumah tangga tidak dilakukan secara nonstop. Jika penggunaan gas untuk keperluan rumah tangga diasumsikan sekitar 2-3 jam/hari dan jika selang dan regulator LPG diasumsikan memiliki umur pakai 1-2 tahun, maka *exposure* nonstop selama 3 bulan dapat mengkonversi penggunaan selang dan regulator LPG selama 2 tahun pada kondisi sebenarnya. Pengamatan uji fungsional dilakukan dengan skema selang dan regulator seperti dapat dilihat pada Tabel 1. Lemari tersebut selanjutnya dipasang pada lokasi yang telah dipilih dan dianggap sesuai dengan tujuan dari riset ini. Di lokasi terpilih dibuat sekat untuk memisahkan dengan area lainnya dan dipasang tanda peringatan untuk membatasi akses orang yang masuk ke area tersebut. Untuk mencegah kebakaran atau hal lain yang tidak diinginkan di lokasi tersebut juga disiapkan APAR (Alat Pemadam Api Ringan). Selain itu di lokasi area uji fungsional



Gambar 2. Desain denah lokasi uji fungsional dilengkapi dengan 5 (lima) buah CCTV

Tabel 1. Skema pengujian fungsional selang dan regulator *low pressure* eksisting

Selang	Regulator	Keterangan
1	A	Selang karet
2	B	Selang karet
3	C	Selang termoplastik elastomer
4	D	Selang termoplastik elastomer

dipasang 5 (lima) buah CCTV di 5 (lima) titik untuk mengawasi pelaksanaan uji fungsional selama 3 (tiga) bulan.

#### **Pengujian sifat fisik dan mekanik selang dan komponen karet (membran) pada regulator sebelum dan sesudah pengamatan fungsional**

Selang dan komponen karet (membran) pada regulator yang telah diuji fungsional selanjutnya diuji sesuai SNI 8022:2014 untuk selang termoplastik, SNI 7213:2014 untuk selang karet dan SNI 8758:2019 untuk membran regulator. Pengujian dilakukan sebelum dan sesudah pengujian fungsional untuk melihat apakah terjadi perubahan sifat fisik dan mekanik selama pengujian fungsional dan sejauh apa kerusakan yang terjadi secara visual sehingga dapat diketahui ketahanan selang dan membran terhadap DME. Pengujian membran regulator terdiri dari uji perubahan volume dan uji kehilangan berat sesuai SNI 8758:2019 butir 8.9.

Uji selang karet di dalam SNI 7213:2014 meliputi pengujian pada berbagai parameter dengan standar acuan berbeda untuk setiap parameter, diantaranya uji: dimensi sesuai SNI 7213:2014 butir 6.1.2, kekuatan rekat sesuai SNI 7213:2014 butir 6.1.3, ketahanan bocor sesuai ISO 1402, ketahanan ozon sesuai SNI ISO 1431-1, nyala pembakaran sesuai SNI ISO 1817, tegangan putus dan perpanjangan putus sesuai SNI ISO 37, pengusangan sesuai SNI ISO 188 pada kondisi suhu 70 °C selama 14 hari, dan kekerasan sesuai SNI ISO 48.

Uji selang termoplastik elastomer di dalam SNI 8022:2014 meliputi pengujian pada berbagai parameter dengan standar acuan berbeda untuk setiap parameter, diantaranya uji: dimensi sesuai SNI 8022:2014 butir 6.2,

kekuatan rekat sesuai SNI 8022:2014 butir 6.3, ketahanan bocor sesuai ISO 1402, ketahanan ozon sesuai SNI 8022:2014 butir 6.5, nyala pembakaran sesuai ISO 2928, tegangan putus dan perpanjangan putus sesuai SNI ISO 37, dan pengusangan sesuai SNI ISO 188 pada kondisi suhu 100 °C selama 3 hari.

#### **Hasil dan Pembahasan**

Sesuai dengan tujuan kegiatan dalam riset ini yaitu untuk mendapatkan informasi tentang kesiapan industri selang dan regulator gas LPG dalam negeri dalam rangka penerapan DME sebagai pengganti LPG, maka perlu dilakukan uji fungsional terhadap kinerja selang dan regulator gas LPG eksisting yang ada di pasaran. Selain itu, diperlukan uji karakteristik mutu sebelum dan sesudah pengamatan fungsional untuk mengevaluasi ketahanannya terhadap DME.

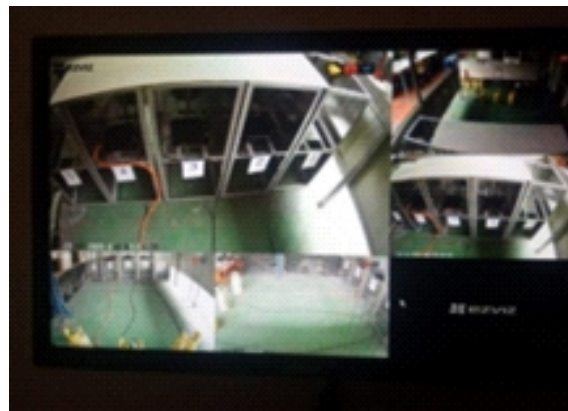
#### **Pengujian fungsional sampel selang dan regulator gas LPG eksisting**

Sebanyak 5 (lima) buah lemari atau tungku uji fungsional telah selesai dibuat dan telah ditempatkan di area uji fungsional di Unit Riset Bogor Getas – Pusat Penelitian Karet yang telah disiapkan dengan denah seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3. Dalam lokasi tersebut dipasang 5 (lima) buah CCTV yang dipasang pada 5 titik untuk merekam segala sesuatu yang terjadi selama pengujian sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 4.

Hasil pengamatan terhadap selang dan regulator yang telah diuji dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3. Berdasarkan hasil pengamatan pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa selang gas LPG baik selang karet maupun



Gambar 3. Lemari uji fungsional (a) yang telah ditempatkan di lokasi pengujian di Unit Riset Bogor Getas – Pusat Penelitian Karet (b)



Gambar 4. Monitor pemantau CCTV yang dipasang di 5 (lima) titik









selang termoplastik relatif tahan terhadap paparan gas DME. Secara visual terlihat tidak ada kebocoran maupun kerusakan fungsional selama pengamatan (3 bulan). Sementara itu, hasil pengujian fungsional untuk regulator gas LPG, terdapat sampel regulator B yang sering mengalami kerusakan fungsional. Sementara itu regulator C termasuk kategori kecil mengalami kerusakan fungsional, sedangkan regulator A dan D tidak mengalami kerusakan fungsional selama pengujian sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 3.

Pada kegiatan uji fungsional ini, regulator B dapat disimpulkan sebagai regulator dengan

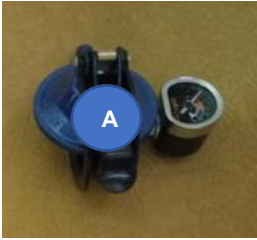


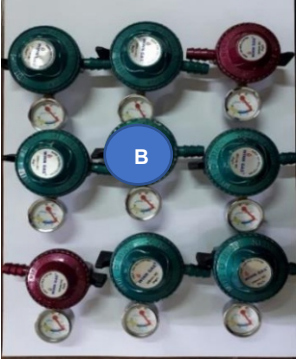




kategori banyak mengalami kerusakan dengan penggantian regulator sebanyak 9 (sembilan) buah selama pengujian fungsional. Kerusakan fungsional yang terjadi pada regulator B secara umum disebabkan tidak berfungsinya regulator sehingga tidak ada aliran gas DME yang sampai ke kompor gas yang menyebabkan tidak ada api pada kompor. Adapun beberapa gejala kerusakan regulator yang terjadi selama pengamatan diantaranya: gas tidak mengalir sehingga api tidak menyala, regulator bocor atau regulator rusak (jarum meteran tidak bergerak ketika dipasang pada tabung).

Ketahanan selang dan membran regulator gas LPG eksisting terhadap DME berdasarkan uji kinerja fungsional dan uji laboratorium

Tabel 2. Hasil pengamatan kinerja selang eksisting selama 3 (tiga) bulan terhadap paparan gas DME

Selang	Sebelum	Sesudah	Jenis Kerusakan
1			Secara visual tidak terlihat kerusakan secara fungsional baik retak ataupun bocor selama pengamatan berlangsung
2			Secara visual tidak terlihat kerusakan secara fungsional baik retak ataupun bocor selama pengamatan berlangsung
3			Secara visual tidak terlihat kerusakan secara fungsional baik retak ataupun bocor selama pengamatan berlangsung
4			Secara visual tidak terlihat kerusakan secara fungsional baik retak ataupun bocor selama pengamatan berlangsung

Tabel 3. Hasil pengamatan kinerja membran regulator *low pressure* eksisting selama 3 (tiga) bulan terhadap paparan gas DME

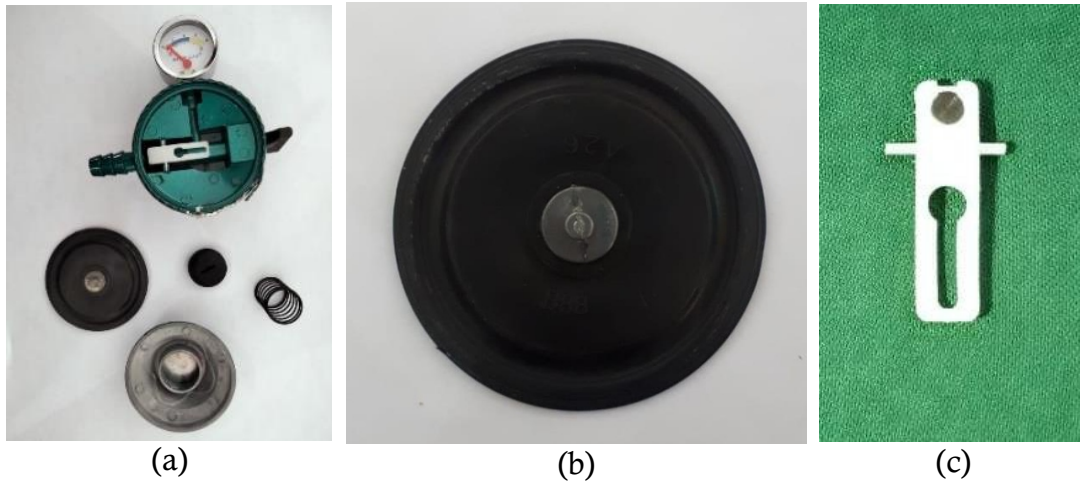
Regulator	Sebelum	Sesudah	Jenis Kerusakan
A			Secara visual tidak terlihat kerusakan secara fungsional, baik tidak mengalirkan gas ataupun bocor selama pengamatan berlangsung
B			Mengalami 9 x penggantian selama pengamatan berlangsung dengan berbagai jenis kerusakan
C			Mengalami 1 x penggantian selama pengamatan berlangsung, dikarenakan gas tidak mengalir sehingga api tidak menyala
D			Secara visual tidak terlihat kerusakan secara fungsional, baik tidak mengalirkan gas ataupun bocor selama pengamatan berlangsung

Hasil pembongkaran regulator C yang rusak dapat dilihat pada Gambar 5. Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa pada bagian (a), tampak semua komponen dari regulator yang tidak berfungsi menunjukkan kondisi yang masih baik. Sedangkan pada bagian (b) dan (c) menunjukkan komponen karet dalam regulator juga masih dalam keadaan baik.

Membran regulator yang ditunjukkan pada bagian (b) tidak terlihat kerusakan secara visual baik sobek maupun berlubang. Sementara itu bantalan karet klep penutup regulator yang ditunjukkan pada bagian (c) juga tidak terlihat kerusakan secara visual seperti peningkatan kekerasan atau yang lainnya.



Ketahanan selang dan membran regulator gas LPG eksisting terhadap DME berdasarkan uji kinerja fungsional dan uji laboratorium



Gambar 5. Foto visual hasil pembongkaran regulator yang tidak berfungsi: a) komponen dalam regulator, b) membran regulator dan c) bantalan karet klep penutup regulator

Bantalan karet klep



Gambar 6. Konstruksi regulator

Analisis sementara yang menyebabkan tidak berfungsinya regulator dalam mengalirkan gas DME diakibatkan bantalan karet klep penutup regulator mengalami pengerasan akibat berinteraksi dengan gas DME sehingga fungsinya untuk menutup celah aliran gas yang ditunjukkan pada Gambar 6 tidak berfungsi dengan baik sehingga mengakibatkan gas mengalir dengan tekanan yang cukup besar menyebabkan *safety*

*ball* terdorong dan mengunci jalur pengeluaran gas. Hasil pengamatan fungsional selang dan membran regulator perlu didukung dengan data hasil uji laboratorium untuk mengetahui karakteristik ketahanan material tersebut terhadap DME dan juga untuk mengamati pengaruh interaksi DME dengan material tersebut terhadap sifat fisik mekaniknya dibandingkan dengan persyaratan mutu sesuai SNI yang diacu.

### **Pengujian sifat fisik dan mekanik selang dan komponen karet (membran) pada regulator sebelum dan sesudah pengamatan fungsional**

Selang dan regulator gas LPG eksisting diuji karakteristik sifat fisik dan mekaniknya sesuai dengan SNI yang diacu sebelum dan sesudah pengamatan fungsional untuk mengetahui apakah selama terpapar gas DME terjadi perubahan sifat yang signifikan sehingga berpengaruh terhadap mutu selang dan membran regulator yang diuji. Hasil pengujian di laboratorium dapat dijadikan pendukung dan bahan evaluasi terhadap data hasil pengamatan fungsional yang telah dilakukan. Hasil pengujian selang dapat dilihat pada Tabel 4 – Tabel 7 sedangkan hasil pengujian membran regulator dapat dilihat pada Tabel 8 dan Tabel 9.

Selama pengujian pemaparan (*exposure*) selang dan regulator kompor gas dengan DME berlangsung (3 bulan) dapat diketahui karakteristik ketahanan material tersebut terhadap DME melalui perubahan dan perbedaan hasil pengujian mutu produk selang dan membran regulator sebelum dan setelah pemaparan DME. Selama pemaparan DME terjadi fenomena interaksi gas DME dengan material pada produk selang dan membran regulator, melalui fenomena absorpsi cairan oleh karet, ekstraksi senyawa terlarut dari karet, ataupun bereaksi kimia dengan karet. Perubahan sifat material pada produk karet dapat mengalami kerusakan apabila terjadi fenomena ekstraksi senyawa terlarut dari karet dan bereaksi kimia dengan karet. Ekstraksi senyawa atau bahan kimia yang ada di dalam produk karet umumnya adalah bahan organik, seperti: bahan pelunak (*oil*), bahan antioksidan, bahan antiozon, atau bahan organik lainnya (Hara *et al.*, 2016).

Sebagai gambaran, apabila semua bahan pelunak yang ada di dalam produk karet terekstrak maka dapat menyebabkan peningkatan kekerasan sehingga produk karet mengalami penurunan fleksibilitas. Untuk produk selang, apabila fleksibilitasnya rendah atau kaku dapat menyebabkan terjadinya retak akibat proses tekukan yang terjadi pada saat

pemakaian. Selanjutnya apabila terjadi fenomena reaksi antara DME dengan material karet pada produk karet, maka terjadi degradasi material yang dapat mengakibatkan penurunan sifat mekanik yang sangat besar, khususnya kekuatan tarik yang selanjutnya menyebabkan mudah putus akibat penarikan ataupun mudah sobek akibat proses penekukan. Sobek akibat penekukan dalam jangka waktu tertentu dapat mengakibatkan kebocoran pada selang (Sari *et al.*, 2017).

Berdasarkan data pada Tabel 4, selang 1 tidak memenuhi persyaratan mutu untuk parameter kekuatan rekat baik sebelum maupun sesudah pengamatan uji fungsional dan perpanjangan putus setelah pengujian fungsional. Selanjutnya berdasarkan data pada Tabel 5, selang 2 tidak memenuhi persyaratan mutu untuk parameter kekuatan rekat baik sebelum maupun sesudah pengamatan uji fungsional serta perpanjangan putus pada bagian *lining* (dalam) sebelum uji fungsional. Sedangkan untuk selang 3, berdasarkan data pada Tabel 6 seluruhnya memenuhi persyaratan mutu yang ada di dalam SNI 8022:2014 baik sebelum maupun sesudah pengamatan uji fungsional. Sementara itu untuk selang 4, berdasarkan data pada Tabel 7 tidak memenuhi persyaratan mutu untuk parameter ketahanan letup sebelum pengamatan uji fungsional dan kebocoran setelah pengamatan uji fungsional.

Hasil uji laboratorium dilakukan pada kondisi yang sangat ekstrem (dibuat beberapa kali lipat dibandingkan dengan kondisi sebenarnya di lapangan), oleh karena itu hasil uji di laboratorium akan berbeda dengan hasil yang diperoleh pada pengamatan fungsional yang telah dilakukan selama 3 (tiga) bulan. Hal tersebut terbukti ketika dibandingkan dengan hasil pengamatan fungsional, keempat selang yang diuji tidak menunjukkan adanya kerusakan selama pengamatan fungsional berlangsung.

Sesuai persyaratan SNI 8758:2019 mengenai regulator tekanan rendah untuk DME, komponen karet di dalam regulator (membran dll) diuji dengan cara perendaman menggunakan *chamber* di dalam cairan DME.

Ketahanan selang dan membran regulator gas LPG eksisting terhadap DME  
berdasarkan uji kinerja fungsional dan uji laboratorium

Tabel 4. Karakteristik selang 1 sebelum dan sesudah pengamatan uji fungsional sesuai SNI 7213:2014 untuk selang karet LPG

No.	Parameter	Satuan	Sebelum	Sesudah	Syarat Mutu
1.	Dimensi:				
	- Diameter dalam	mm	10,2	9,7	10 ± 0,75
	- Panjang	mm	2.038	1.800	Min. 1800
2.	Kekuatan rekat	kN/m	<b>0,68*</b>	<b>0,74*</b>	Min. 2,4
3.	Ketahanan bocor	-	Tidak bocor	Tidak bocor	Tidak bocor, tidak retak
4.	Ketahanan letup	MPa	4	3,6	Min. 3,0
5.	Ketahanan terhadap ozon, <i>cover</i> , 50 pphm, 40 °C, 72 jam, regangan 20%	-	Tidak retak	Tidak retak	Tidak retak
6.	Uji nyala pembakaran, 2 menit	-	Tidak terbakar	Tidak terbakar	Tidak terbakar
7.	Tegangan putus:				
	- <i>Lining</i>	MPa	11,0	14,6	Min. 7
	- <i>Cover</i>	MPa	13,6	15,2	Min. 7
8.	Perpanjangan putus:				
	- <i>Lining</i>	%	400	<b>140*</b>	Min. 200
	- <i>Cover</i>	%	300	<b>150*</b>	Min. 250
9.	Pengusangan, perubahan nilai awal:				
	a. Tegangan putus:				
	- <i>Lining</i>	%	0,90	2,57	Maks. ± 30
	- <i>Cover</i>	%	2,94	4,79	Maks. ± 30
	b. Perpanjangan putus:				
	- <i>Lining</i>	%	-7,50	7,14	Maks. -35
	- <i>Cover</i>	%	-3,33	2,98	Maks. -35
	c. Kekerasan				
	- <i>Lining</i>	IRHD	N/A	N/A	Maks. +10
	- <i>Cover</i>	IRHD	N/A	N/A	Maks. +10

**Keterangan:**

- N/A: contoh tidak dapat diuji
- \*) Tidak memenuhi syarat mutu

Tabel 5. Karakteristik selang 2 sebelum dan sesudah pengamatan uji fungsional sesuai SNI 7213:2014 untuk selang karet LPG (BSN, 2014)

No.	Parameter	Satuan	Sebelum	Sesudah	Syarat Mutu
1.	Dimensi:				
	- Diameter dalam	mm	10,5	10,5	10 ± 0,75
	- Panjang	mm	2.003	2.003	Min. 1800
2.	Kekuatan rekat	kN/m	<b>1,93*</b>	<b>1,97*</b>	Min. 2,4
3.	Ketahanan bocor	-	Tidak bocor	Tidak bocor	Tidak bocor, tidak retak
4.	Ketahanan letup	MPa	4,9	4,5	Min. 3,0
5.	Ketahanan terhadap ozon, <i>cover</i> , 50 pphm, 40 °C, 72 jam, regangan 20%	-	Tidak retak	Tidak retak	Tidak retak
6.	Uji nyala pembakaran, 2 menit	-	Tidak terbakar	Tidak terbakar	Tidak terbakar
7.	Tegangan putus:				
	- <i>Lining</i>	MPa	14,9	7,8	Min. 7
	- <i>Cover</i>	MPa	10,1	7,9	Min. 7
8.	Perpanjangan putus:				
	- <i>Lining</i>	%	<b>160*</b>	340	Min. 200
	- <i>Cover</i>	%	400	440	Min. 250
9.	Pengusangan, perubahan nilai awal:				
	a. Tegangan putus:				
	- <i>Lining</i>	%	+1,34	15,38	Maks. ± 30
	- <i>Cover</i>	%	+5,94	-1,27	Maks. ± 30
	b. Perpanjangan putus:				
	- <i>Lining</i>	%	-6,25	-20,59	Maks. -35
	- <i>Cover</i>	%	-2,5	-11,36	Maks. -35
	c. Kekerasan				
	- <i>Lining</i>	IRHD	N/A	N/A	Maks. +10
	- <i>Cover</i>	IRHD	N/A	N/A	Maks. +10

**Keterangan:**

- N/A: contoh tidak dapat diuji
- \*) Tidak memenuhi syarat mutu

Tabel 6. Karakteristik selang 3 sebelum dan sesudah pengamatan uji fungsional sesuai SNI 8022:2014 untuk selang termoplastik (BSN, 2014)

No.	Parameter	Satuan	Sebelum	Sesudah	Syarat Mutu
1.	Dimensi:				
	- Diameter dalam	mm	11,1	10,6	10 ± 0,75
	- Panjang	mm	2.213	-	Min. 1800
2.	Kekuatan rekat	kN/m	3,81	3,90	Min. 2,4
3.	Ketahanan bocor	-	Tidak bocor	Tidak bocor	Tidak bocor, tidak retak
4.	Ketahanan letup	MPa	4,2	4,4	Min. 3,0
5.	Ketahanan terhadap ozon, <i>cover</i> , 50 pphm, 40 °C, 72 jam, regangan 20%	-	Tidak retak	Tidak retak	Tidak retak
6.	Uji nyala pembakaran, 2 menit	-	Tidak terbakar	Tidak terbakar	Tidak terbakar
7.	Tegangan putus:				
	- Dalam ( <i>inner</i> )	MPa	20,7	22,4	Min. 10
	- Luar ( <i>outer</i> )	MPa	17,8	19,9	Min. 10
8.	Perpanjangan putus:				
	- Dalam ( <i>inner</i> )	%	310	350	Min. 200
	- Luar ( <i>outer</i> )	%	320	360	Min. 250
9.	Pengusangan, perubahan nilai awal:				
	a. Tegangan putus:				
	- Dalam ( <i>inner</i> )	%	-5,31	-9,38	Maks. -25
	- Luar ( <i>outer</i> )	%	-5,62	-5,03	Maks. -25
	b. Perpanjangan putus:				
	- Dalam ( <i>inner</i> )	%	0	-2,86	Maks. -50
	- Luar ( <i>outer</i> )	%	0	-11,11	Maks. -50

Parameter uji untuk menentukan ketahanan karet terhadap DME sesuai SNI tersebut adalah perubahan berat dan volume yang nilainya dipengaruhi oleh interaksi antara karet dengan DME (Sari *et al.*, 2016). Dalam penelitian ini, sebelum dilakukan uji fungsional regulator dengan paparan gas DME selama 3 (tiga) bulan, membran regulator terlebih dahulu diuji ketahanannya terhadap cairan DME melalui uji perendaman/ paparan karet di dalam *chamber*. Hasil uji perendaman di dalam *chamber* (sebelum pengamatan fungsional) untuk membran regulator eksisting disajikan pada Tabel 8, sementara untuk hasil

pengujian membran regulator eksisting setelah pemaparan oleh gas DME selama 3 bulan dapat dilihat pada Tabel 9.

Berdasarkan data pada Tabel 8 dapat dilihat bahwa untuk parameter kehilangan berat di dalam cairan DME (sebelum uji fungsional) semua membran memenuhi syarat mutu di dalam SNI yang diacu. Sementara itu untuk parameter menyusut, regulator B tidak memenuhi persyaratan mutu. Untuk parameter mengembang, regulator A tidak memenuhi persyaratan mutu. Berdasarkan data pada Tabel 9 dapat dilihat bahwa untuk hasil uji setelah pemaparan oleh gas DME

Tabel 7. Karakteristik selang 4 sebelum dan sesudah pengamatan uji fungsional sesuai SNI 8022:2014 untuk selang termoplastik (BSN, 2014)

No.	Parameter	Satuan	Sebelum	Sesudah	Syarat Mutu
1.	Dimensi:				
	- Diameter dalam	mm	10,5	9,8	10 ± 0,75
	- Panjang	mm	2.000	-	Min. 1800
2.	Kekuatan rekat	kN/m	5,62	5,09	Min. 2,4
3.	Ketahanan bocor	-	Tidak bocor	<b>Bocor</b> *	Tidak bocor, tidak retak
4.	Ketahanan letup	MPa	<b>2,7</b>	4,3	Min. 3,0
5.	Ketahanan terhadap ozon, cover, 50 pphm, 40 °C, 72 jam, regangan 20%	-	Tidak retak	Tidak retak	Tidak retak
6.	Uji nyala pembakaran, 2 menit	-	Tidak terbakar	Tidak terbakar	Tidak terbakar
7.	Tegangan putus:				
	- Dalam ( <i>inner</i> )	MPa	13,2	15,5	Min. 10
	- Luar ( <i>outer</i> )	MPa	14,4	16,5	Min. 10
8.	Perpanjangan putus:				
	- Dalam ( <i>inner</i> )	%	290	300	Min. 200
	- Luar ( <i>outer</i> )	%	310	300	Min. 250
9.	Pengusangan, perubahan nilai awal:				
	a. Tegangan putus:				
	- Dalam ( <i>inner</i> )	%	3,79	-1,94	Maks. -25
	- Luar ( <i>outer</i> )	%	-10,42	3,03	Maks. -25
	b. Perpanjangan putus:				
	- Dalam ( <i>inner</i> )	%	6,9	3,33	Maks. -50
	- Luar ( <i>outer</i> )	%	-12,9	3,33	Maks. -50

**Keterangan:**

\*) Tidak memenuhi syarat mutu

Tabel 8. Karakteristik membran regulator eksisting pada pengujian perendaman di dalam cairan DME sesuai SNI 8758:2019 mengenai regulator tekanan rendah untuk DME (BSN, 2019)

No.	Parameter	A	B	C	D	Syarat Mutu
1.	Kehilangan berat 72 jam, %	0,78	0,80	0,27	0,93	Maks. 10
2.	Menyusut 72 jam, %	-0,24	<b>3,65</b> *	0,58	0,25	Maks. 1
3.	Mengembang 72 jam, %:	<b>38,36</b> *	24,44	16,46	22,40	Maks. 25

**Keterangan:**

\*) Tidak memenuhi syarat mutu

Tabel 9. Karakteristik membran regulator eksisting setelah pemaparan oleh gas DME selama 3 bulan sesuai SNI 8758:2019 mengenai regulator tekanan rendah untuk DME (BSN, 2019)

No.	Parameter	A	B	C	D	Syarat Mutu
1.	Kehilangan berat 72 jam, %	0,44	-0,41	-0,46	0,031	Maks. 10
2.	Menyusut 72 jam, %	-0,25	-0,38	-0,20	-0,14	Maks. 1
3.	Mengembang 72 jam, %	0,69	0,28	0,20	-0,03	Maks. 25

selama 3 (tiga) bulan, keempat membran regulator yang diuji dapat memenuhi semua syarat mutu yang ada di dalam SNI yang diacu. Hal tersebut dapat disebabkan karena pada uji fungsional, gas DME hanya dialirkan melewati membran, berbeda dengan pengujian di dalam *chamber* (sebelum uji fungsional) dimana karet direndam dalam cairan DME sehingga terjadi interaksi yang cukup kuat antara material karet dengan DME. Hal tersebut menyebabkan tingkat kerusakan pada material akan lebih besar.

4. Sampel regulator eksisting untuk tabung kompor gas yang digunakan dalam penelitian ini, berdasarkan uji fungsional paparan gas DME selama 3 (tiga) bulan secara umum memiliki kemampuan fungsional teknis tahan terhadap paparan gas DME sehingga cukup mampu dan aman untuk dapat digunakan sebagai regulator untuk tabung kompor gas berbahan bakar DME. Terdapat 1 (satu) buah sampel regulator (kode B) yang mengalami kerusakan fungsional regulator selama uji fungsional.

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Sampel selang karet eksisting dan selang termoplastik elastomer eksisting yang digunakan dalam penelitian ini tidak mengalami kerusakan fungsional (kebocoran dan retak) pada uji fungsional pemaparan gas DME selama 3 bulan.
2. Hasil pengujian mutu selang untuk kompor gas berdasarkan SNI setelah pengujian fungsional (perlakuan pemaparan gas DME selama 3 bulan) masih menunjukkan nilai yang cukup baik.
3. Hasil pengujian fungsional dapat menunjukkan informasi teknis (bukti) bahwa sampel produk selang karet dan selang termoplastik elastomer eksisting memiliki kemampuan fungsional teknis tahan terhadap paparan gas DME sehingga layak, siap dan aman untuk dapat digunakan sebagai selang kompor gas berbahan bakar DME.

### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis ucapkan kepada RTI (Research & Technology Innovation) PT Pertamina (Persero) atas arahan dan dukungan finansial dalam penelitian ini dengan nomor kontrak: 006a/G40200/2020-S0. Terima kasih juga diucapkan kepada Adi Cifriadi selaku ketua tim dan Hani Handayani sebagai penulis utama serta Arief Ramadhan dan Asron Ferdian Fallah sebagai penulis anggota dari Unit Riset Bogor-Getas serta Rachma Fitriani dan Irma Nur Fitriani selaku penulis anggota dari PT Pertamina (Persero).

### Daftar Pustaka

- Badan Litbang Kementerian ESDM. 2020. Diakses dari: <https://litbang.esdm.go.id/news-center/arsip-berita/dimethyl-ether-dme-sebagai-subsitusi-lpg-di-indonesia> pada tanggal 15 Februari 2022.

- Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit. 2018. Diakses dari: <https://www.bpdp.or.id/Potensi-Dimethyl-Ether-Sawit-Sebagai-Bahan-Bakar-Masa-Depan-pada-tanggal-15-Februari-2022>.
- Badan Standardisasi Nasional. 2014. SNI 7213:2014 tentang Selang Karet untuk Kompor Gas LPG.
- Badan Standardisasi Nasional. 2014. SNI 8022:2014 tentang Selang Termoplastik untuk Kompor Gas LPG.
- Badan Standardisasi Nasional. 2019. SNI 8758:2019 tentang Regulator Tekanan Rendah untuk Tabung DME.
- Hara, Y., Kikuchi, A., Noriyasu, A., Furukawa, H., Tkaichi, H., Inokuchi, R., Bouteau, F., Chin, S., Li, X., Nishihama, S., Yoshizuka, K., and Kawano, T. 2016. Batch extraction of oil from rice bran with liquified low temperature dimethyl ether. *Solvent Extraction Research and Development*, **23**(1), pp 87-99.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2022. Diakses dari: <https://migas.esdm.go.id/post/read/dme-alternatif-pengganti-lpg-pada-tanggal-16-Februari-2022>.
- Makoś, P., Slupek, E., Sobczak, J., Hupka, J., and Rogala, A. 2019. Dimethyl ether (DME) as potential environmental friendly fuel. *E3S Web of Conference*, **116**.
- Murti, G.W., Priyanto, U., Masfuri, I., dan Adelia, N. 2021. The effect of dimethyl ether (D.M.E.) as LPG substitution on household stove: mixture stability, stove efficiency, fuel consumption, and materials testing. *Majalah Ilmiah Pengkajian Industri*, **15**(2), pp 77-86.
- Ohno, O. 2001. A new DME production technology and operation results. Paper presented at the 4<sup>th</sup> Doha Conference on Natural Gas.
- PT Pertamina. 2021. Diakses dari: <https://www.chemengonline.com/dimethyl-ether-production-natural-gas-co2/> tanggal 15 Februari 2022.
- Sari, T.I., Saputra, A.H., Cifriadi, A., Maspanger, D.R., and Bismo, S. 2016. Pengujian Awal Ketahanan Karet Alam Vulkanisat Terhadap Dimetil Eter. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah. Jakarta.
- Sari, T.I., Saputra, A.H., Maspanger, D.R., and Bismo, S. 2017. Modification of natural rubber as a resistant material to dimethyl ether. *Journal of Applied Sciences*, **17**(2), pp 53-60.
- Semelsberger, T.A, Borup, R.L., and Greene, H.L. 2006. Dimethyl ether (DME) as an alternative fuel. *Journal of Power Sources*, **156**(2006), pp 497-511.
- Styring, P., Dowson, G.R.M., and Tozer, I.O. 2021. Synthetic fuels based on dimethyl ether as a future non-fossil fuel for road transport from sustainable feedstocks. *Frontiers in Energy Research: Process and Energy Systems Engineering*.
- Suherman, I. 2021. Koran Elektronik Pikiran Rakyat, diakses dari: <https://www.pikiran-rakyat.com/nasional/pr-013067392/dme-disiapkan-gantikan-elpiji-haruskah-ganti-ompopor?page=2> pada tanggal 17 Februari 2022.
- Szybist, J.P. 2014. Emission And Performance Benchmarking of a Prototype Dimethyl Ether-Fueled Heavy-Duty Truck. Oak Ridge National Laboratory. US Department of Energy.
- Wu, N., Zhang W. and Zhen H. 2008. Impact of dimethyl ether on engine seal materials. *Frontiers of Energy and Power Engineering in China*, **2**(3), 279-284.