
METODE PENENTUAN UMUR FUNGSIONAL SELANG KOMPOR GAS LPG

Method for Determining the Functional Life of LPG Gas Stove Hose

Biatna Dulbert Tampubolon, Endi Hari Purwanto, dan Ary Budi Mulyono

Pusat Riset dan Pengembangan SDM, Badan Standardisasi Nasional
Puspipstek Serpong, Gedung 430, Lt.2, Jl.Raya Serpong-Muncul, Tangerang Selatan, Provinsi Banten
e-mail: dulbert@bsn.go.id, endi@bsn.go.id, arybudi@bsn.go.id

Diterima: 12 April 2021-, Direvisi: 10 Juni 2021, Disetujui: 30 November 2021

Abstrak

Kebocoran selang karet atau elastomer Liquefied Petroleum Gas (LPG) merupakan penyebab utama kebakaran berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya. Hal ini disebabkan belum adanya pencantuman masa kadaluarsa (umur fungsional) selang LPG dalam SNI 7213:2014. Pencantuman umur fungsional selang LPG membutuhkan pendekatan perhitungan umur fungsional. Baik standar internasional, standar nasional, dan tataran ilmu pengetahuan belum membahas ranah ini atau menentukan pendekatan perhitungan umur fungsional selang LPG. Penelitian ini bertujuan mengusulkan metode penentuan umur fungsional khusus untuk produk selang LPG, dengan mempertimbangkan segala aspek penggunaan dari produk tersebut. Metode yang digunakan adalah eksploratif deskriptif dengan kombinasi metode Arrhenius dan metode dalam SNI sebagai titik tolak. Hasilnya diperoleh 3 pendekatan, yaitu: 1) Pendekatan metode Arrhenius, 2) Pendekatan sampel tidak terkondisi, dan 3) Pendekatan sampel terkondisi. Peneliti menyarankan bahwa metode pendekatan sampel tidak terkondisi sangat sesuai digunakan jika variasi selang LPG cukup tinggi karena memerlukan waktu yang relatif cepat, sampel yang mencerminkan kondisi sebenarnya dan biaya yang tidak mahal, adapun metode Arrhenius dan metode pendekatan sampel terkondisi lebih cocok digunakan ketika produk sebelum dilepas ke pasar.

Kata kunci: umur fungsional, selang LPG, metode, Standar Nasional Indonesia

Abstract

Liquefied Petroleum Gas (LPG) rubber or elastomeric hose leaks are among major causes of fires based on previous studies. This is due to the absence of inclusion of the expiration period (functional life) of LPG in SNI 7213: 2014. Inclusion of the functional life of LPG hoses requires an approach to calculating functional life. Neither international standards, national standards, and science have yet to address this domain or determine the approach to calculating the functional life of the LPG hose. This study aims to propose a special functional life determination method for LPG hose products, by considering all aspects of the use of the product. The method used is descriptive exploratory with a combination of the Arrhenius method and the SNI method as a starting point. The results obtained 3 approaches, namely: 1) Arrhenius method, 2) Unconditioned sample approach, and 3) Conditioned sample approach. The researcher suggests that the unconditioned sample approach method is very suitable to be used if the LPG hose variation is high because it requires a relatively fast time, the sample reflects the actual conditions and the cost is not expensive, while the Arrhenius method and the conditioned sample approach method are more suitable to be used when the product is released before it is released to the market.

Keywords: functional life, LPG hose, metode, Indonesia National Standard

1. PENDAHULUAN

Kerentanan selang karet LPG diduga kuat sebagai salah satu penyebab kebakaran (Kusriyanto, 2018; Dewi & Somantri, 2018). Selang karet dalam masa pakainya akan terus mengalami degradasi mutu atau kinerja, seiring dengan tingkat paparan kontaminasi yang dialaminya. Kontaminasi yang mempercepat proses kemunduran mutu atau kinerja selang karet diantaranya adalah tingkat paparan panas matahari, panas kompor, tingkat paparan suhu dingin, pengaruh mikrobiologi, banyaknya

tekukan selang, paparan ozon, paparan minyak masak, paparan pentana dan butana (Samsuri, 2010).

Selang karet yang berkualitas baik mempunyai tampilan visual yang halus, tidak mengalami kerusakan/penyok, tidak retak/sobek dan elastis (Syukur, 2011). Adanya degradasi kualitas selama penggunaan dan kontaminasi lingkungan, membuat selang karet mengalami pemuaihan materi. Pemuaihan material karet menghasilkan struktur material karet yang kering dan mengeras sehingga terjadi retakan di material karet selang akibat perubahan suhu (Hulme, 2012). Keretakan

inilah yang jika mengenai posisi lapisan dalam (*lining*) yang mengakibatkan kebocoran gas LPG. Maka informasi masa pakai selang LPG menjadi penting dalam produk selang LPG, untuk dimasukkan dalam konten Standar Nasional Indonesia (SNI).

Walaupun penelitian terkait penentuan umur pakai suatu produk karet telah banyak dilakukan, namun masih bersifat umum pada uji jenis material, tidak pada fungsi dari bahan karet produk tersebut. Mengingat pengaruh eksternal atau kontaminan inhibitor dari produk selang LPG yang memiliki perbedaan maka penentuan umur fungsional selang LPG mempunyai faktor pengaruh yang khusus dan pengujian yang khusus pula.

Untuk mendapatkan masa pakai atau umur fungsional yang akurat sesuai dengan masa aman pakainya maka diperlukan suatu metode atau pendekatan yang tepat untuk menguji produk selang karet tabung LPG. Sehingga diperoleh suatu titik temu yang optimal antara harga yang dibayar konsumen dengan masa pakai selang karet yang dikompensasikan dengan perlindungan keamanan yang dijanjikan (Rosita & Basuki, 2013). Berdasarkan hal tersebut, perlu dikembangkan suatu metode penentuan masa pakai atau umur fungsional selang karet LPG dan menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari SNI 7213:2014, sebagai metode uji pendukung untuk SNI tersebut (Bastian, 2012). Hal ini akan sangat berguna bagi para pelaku usaha dan konsumen pada umumnya dalam upaya menjaga konsistensi mutu selang LPG dan memberikan jaminan keamanan dan keselamatan yang lebih baik kepada konsumen (Wahyuni, 2014).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Selang LPG

Selang Kompor LPG adalah selang yang terbuat dari bahan karet maupun dari bahan termoplastik. Bahan selang ini memiliki sifat lentur dan digunakan sebagai saluran gas LPG dari tabung ke kompor gas (Permenperin, 2015). Selang kompor LPG berbahan termoplastik elastomer dibuat dengan proses *curing*, penguat dari bahan benang atau kawat logam dan diberi lapisan penutup. Sedangkan selang kompor LPG berbahan karet dibuat dengan proses vulkanisasi diberi penguat dari bahan benang atau kawat logam dan diberi lapisan penutup (Permenperin, 2015).

2.2 Sifat degradasi bahan karet alami dan karet sintesis

Umur fungsional adalah umur produk pada saat difungsikan, sangat bergantung pada faktor perlakuan terhadap produk selama proses pemakaian. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat 7 faktor yang berpengaruh terhadap umur fungsional selang LPG yakni: 1) jumlah lekukan selang saat penggunaan/pemasangan pada kompor, 2) kontinuitas paparan UV sinar matahari, 3) sentuhan cairan minyak dan air, 4) besarnya tekanan yang diterima selang, 5) gesekan yang menyebabkan lecet pada selang, 6) *twisting* (puntiran) pada selang (Boyun & Rhoads, 1989; Woo & Park, 2011; Woo et al., 2010).

Sifat degradasi bahan karet atau karet sintesis (elastomer) selang LPG dipengaruhi oleh 3 faktor yaitu: 1) sifat mekanis bahan/*shelf life* ($t_{material}$), 2) *inhibitor*, dan 3) *antidegradant* yang ditambahkan. Jika umur fungsional selang LPG merupakan suatu nilai T, sifat inhibitor merupakan faktor pengurang dari nilai T dan sifat *antidegradant* merupakan faktor penambah nilai T. Maka persamaan umur fungsional selang LPG dapat dibuat sebagai berikut:

$$T = t_{material} \times (1 - (\% \text{ Inhibitor} - \% \text{ Antidegradant}) \cdot 10^{-2}) \quad (1)$$

Dimana, T adalah total umur fungsional selang LPG (tahun), $t_{material}$ adalah umur fungsional bahan utama, misalnya karet alam, *butadiene acrylonitrile*, *styrene butadiene rubber* dan lainnya. Persentase *inhibitor* adalah kemampuan *inhibitor* mendorong *penuaan* pada bahan utama, semakin banyak *inhibitor* semakin besar nilai persennya. Persentase *antidegradant* adalah kemampuan *antidegradant* yang ditambahkan (jika ada) untuk menahan laju *penuaan* pada bahan utama.

Berdasarkan fakta, nilai persentase *inhibitor* dan persentase *antidegradant* tidak tersedia karena membutuhkan pengujian eksperimental dengan membandingkan antara $t_{material}$ dengan T setelah mengalami paparan berbagai kombinasi *inhibitor*. Kemudian gap antara $t_{material}$ dengan T ditabelkan dengan berbagai kombinasi *inhibitor* tersebut. Selanjutnya gap tersebut dihitung korespondensinya terhadap satuan persen (%)

Metode Penentuan Umur Fungsional Selang Kompor Gas LPG
(Biatna Dulbert Tampubolon, Endi Hari Purwanto, dan Ary Budi Mulyono)

Tabel 1 Contoh rancangan percobaan pengujian *Natural Rubber* dan Elastomer dengan inhibitor kaitannya dengan nilai T (umur fungsional) dan $t_{material}$.

No	Jenis karet	$t_{material}$ (thn)	Perco- Baan	Perlakuan Pengujian		Metode Uji	Standar Metode Uji	T (tahun)
				Inhibitor (paralel direndam/dipapar)	Anti-degradan t			
1	Karet Alam	5	A	Cahaya, Oksidasi, Ozone, Lyes, Petrol, Benzol, Foodstuff, Solvent aliphatic, Solvent halogen, Oil and greases, Acids, Water, n-pentana	Tidak ada	Pengujian efek cairan	ISO 1817:2015	4,5
						Uji kekerasan - Bagian 2: Kekerasan antara 10 IRHD dan 100 IRHD	ISO 48-2:2018	
2	Elastomer	5	B	Cahaya, Oksidasi, Ozone, Lyes, Petrol, Benzol, Foodstuff, Solvent aliphatic, Solvent halogen, Oil and greases, Acids, Water, n-pentana	Tidak ada	Pengujian efek cairan	ISO 1817:2015	4,5
						Uji kekerasan - Bagian 2: Kekerasan antara 10 IRHD dan 100 IRHD	ISO 48-2:2018	

Sumber: Hasil usulan peneliti, 2020.

Berdasarkan Tabel 1 diketahui gap tahun umur simpan ($t_{material}$) terhadap umur fungsional (T) dan % antidegradant = 0, maka:

$$\begin{aligned} \text{Gap tahun} &= |t_{material} - T| \\ &= |5 \text{ tahun} - 4,5 \text{ tahun}| \\ &= 0,5 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Maka % pengaruh inhibitor terhadap penurunan umur fungsional selang LPG adalah sebesar:

% Pengaruh inhibitor

$$\begin{aligned} &= \left(1 - \left(\frac{T}{t_{material}} \right) \right) \times 100 \\ &= \left(1 - \left(\frac{4,5}{5} \right) \right) \times 100 = 10\% \end{aligned}$$

Setiap bahan karet mempunyai sifat atau karakteristik dasar sesuai dengan struktur kimia yang terkandung di dalamnya. Berikut ini disajikan perbandingan beberapa jenis bahan karet baik karet alam maupun karet sintetik (elastomer) dan sifat ketahanannya terhadap beberapa inhibitor.

Tabel 2 Perbandingan ketahanan jenis elastomer terhadap inhibitor (berturut-turut dari kiri ke kanan), semakin rendah daya ketahanannya.

Ketahanan terhadap	Viton	PU (Polyurethane)	EPDM (Ethylene Propylene Diene)	NBR (Nitrile Butadiene Rubber)	SBR (Styrene Butadiene Rubber)
Temp Celcius	-20 – 230°C	-40 - 90 °C	-45 – 130 °C	-25 - 100 °C	-25 - 80°C
Tekanan letup	Baik	Sangat Baik	Baik	Cukup	Baik
Kekuatan Tarik	Cukup	Sangat Baik	Baik	Baik	Baik
Ketahanan cuaca	Sangat Baik	Baik	Sangat Baik	Cukup	Rendah
Ketahanan air	Sangat Baik	Cukup	Sangat Baik	Baik	Baik
Ketahanan ozon	Sangat Baik	Baik	Sangat Baik	Rendah	Rendah
Ketahanan minyak bumi	Sangat Baik	Baik	Rendah	Sangat Baik	Rendah
Ketahanan Kimia	Sangat Baik	Cukup	Baik	Cukup	Rendah
Level Harga	Mahal	Mahal	Sedang	Sedang	Murah

Sumber: Hasil usulan peneliti, dikutip dari <http://sumantry.id/artikel/jenis-karet>.

Dalam Tabel 2 diperlihatkan bahwa bahan elastomer Viton memberikan daya tahan yang lebih baik daripada PU, namun karena mahal penggunaan bahan baku untuk selang LPG meliputi: EPDM, NBR dan SBR. Pembuatan selang LPG selama ini masih menggunakan karet sintesis yang memiliki sifat polar. Karet sintetik NBR memiliki ketahanan yang baik terhadap *n-pentana* dalam LPG (Handayani et al., 2017).

SNI memperbolehkan menggunakan 2 jenis bahan baku untuk selang LPG yaitu: 1) menggunakan bahan baku karet alami (*natural rubber*) dengan persyaratan uji mutu menggunakan SNI 7213:2014 dan 2) menggunakan bahan baku termoplastik elastomer dengan persyaratan uji mutu menggunakan SNI 8022:2014.

Umur simpan adalah periode waktu maksimum antara tanggal penyimpanan dan tanggal produk elastomerik pertama kali dilepas

atau tidak dikemas untuk pemasangan atau penggunaan menjadi bagian komponen dari *sub-assembly*, rakitan, atau sistem. Selama masa penyimpanan, produk karet alam atau elastomerik yang disimpan diharapkan dapat mempertahankan karakteristiknya seperti yang ditentukan sebelumnya (Marlina, 2014). Departemen Pertahanan Amerika Serikat telah menetapkan panduan rekomendasi umur simpan untuk berbagai produk karet didalam *Handbook MIL-HDBK-695*. Dalam buku tersebut jelaskan bagaimana produk karet dikemas dan disimpan dengan cara yang ditentukan dalam rangka meminimalkan kerusakan karena faktor-faktor seperti suhu, kelembaban, ozon, sinar matahari, minyak, pelarut, cairan dan asap korosif, serangga dan tikus, mampu memberikan umur simpan sebagaimana tersaji dalam Tabel 3. Maka umur simpan ini bisa kita sebut sebagai $t_{material}$ sebagaimana dalam persamaan (1).

Tabel 3 Perbandingan berbagai bahan karet terhadap umur simpan (t_{material}).

No	Jenis karet	Nama kimia	Singkatan Kimia	Umur simpan
1	Natural Rubber	Polyisoprene	NR	3-5 tahun
2	Neoprene	Poly-chloroprene	CR	5-10 tahun
3	Silicone	Silicone	Q	20 tahun
4	Nitrile	Butadiene Acrylonitrile	NBR	3-5 tahun
5	HNBR	Hydrogenated NBR	HNBR	3-5 tahun
6	Butyl	Isobutylene	IIR	5-10 tahun
7	EPDM	Ethylene Propylene Diene	EPDM	5-10 tahun
8	Hydrin	Epichlorohydrin	CO, ECO	5-10 tahun
9	Fluorosilicone	Fluorosilicone	FVMQ	20 tahun
10	Viton	Fluorocarbons	FPM	20 tahun
11	Hypalon	chlorosulfonated polyethylene (CSPE) synthetic rubber (CSM)	CSPE, SCM	5-10 tahun
12	Urethane	Urethane	EU	5-10 tahun
13	Polyurethanes	polyurethanes	PU	5-10 tahun
14	SBR	Styrene Butadiene Rubber	SBR	3-5 tahun
15	Isoprene	Isoprene	IR	3-5 tahun

Sumber: dikutip dari amesrubberonline.com, 2020

2.3 SNI sebagai *Tools* Metode menentukan umur fungsional

Berbeda dengan umur simpan, maka umur fungsional mempunyai pengertian yaitu periode waktu maksimum antara tanggal pertama kali produk digunakan sesuai fungsinya sampai dengan tanggal produk tersebut mengalami kerusakan yaitu tidak berfungsi sebagaimana mestinya dalam batasan aman (standar). Selang LPG yang tidak berfungsi setelah pemakaian (bekas pakai) didefinisikan sebagai selang LPG yang mengalami gagal tes pasca pengujian SNI. Selang LPG bekas pakai yang mengalami gagal tes pengujian menunjukkan performansi kerja produk tersebut dibawah persyaratan standar. Performansi kerja selang LPG dibawah standar merupakan indikator potensi timbulnya resiko keamanan dan keselamatan yang lebih besar.

Tes uji yang terdapat dalam SNI cukup banyak, maka dalam hal ini cukup mengambil tes uji tegangan putus dan perpanjangan putus. Pengujian tegangan putus, untuk lapisan selang elastomer bagian dalam dan bagian luar minimal mengalami putus pada tegangan 10 mega pascal, sedangkan pengujian perpanjangan putus, untuk lapisan selang bagian dalam minimal 200 mega pascal dan

untuk lapisan selang bagian luar minimal 250 mega pascal (SNI 7213, 2014).

Penelitian ini selain menyajikan pendekatan Arrhenius, akan menggunakan pendekatan baru untuk memperkirakan umur fungsional selang LPG. Prinsip dari metode ini adalah bahwa:

- a) Suatu selang LPG diuji dengan SNI 7213:2014 atau SNI 8022-2014, mempunyai hasil lolos semua parameter uji maka diasumsikan selang LPG tersebut dapat dimanfaatkan selama t waktu. Nilai t ini adalah umur simpan (t_{material}) (lihat Tabel 3).
- b) Umur simpan ini akan berkurang karena penggunaan fungsional selang LPG. Penggunaan fungsional selang LPG oleh konsumen, akan berbeda antara satu dengan lainnya yang disebabkan oleh perbedaan perlakuan. Sebagai contoh penggunaan selang LPG oleh pedagang kedai makan akan berbeda dengan ibu rumah tangga. Sebagai contoh, pada selang bekas pakai 1 tahun yang diuji SNI dan hasilnya "tidak lolos" maka umur fungsional selang LPG adalah sebatas pada waktu bekas pakainya.

- c) Pengujian selang LPG dalam sebuah standar adalah persyaratan kritis selang LPG untuk dapat digunakan atau tidak dapat digunakan oleh konsumen. Ketika hasil uji menunjukkan "lolos uji" maka artinya selang LPG aman digunakan konsumen dan mempunyai umur fungsional dikembalikan pada jenis material selang LPG yang digunakan (lihat Tabel 3).

Tabel 4 Metode pengujian eksperimental untuk prediksi umur fungsional selang LPG (T).

No	Jenis Selang	Jika Waktu Bekas pakai (thn)	Bahan Karet Kompon (SNI 7213-2014)	Bahan Elastomer (SNI 8022-2014)	Syarat Hasil Uji	Umur fungsional (T)
1	Baru	0	Diuji seluruh parameter	Diuji seluruh Parameter	Lolos	$T = t_{material}$
2	Bekas	1	Uji tegangan putus dan uji perpanjangan putus	Uji tegangan putus dan uji perpanjangan putus	Tdk Lolos	$T = 1$ tahun
3	Bekas	2	Uji tegangan putus dan uji perpanjangan putus	Uji tegangan putus dan uji perpanjangan putus	Tdk Lolos	$T = 2$ tahun
4	Bekas	3	Uji tegangan putus dan uji perpanjangan putus	Uji tegangan putus dan uji perpanjangan putus	Tdk Lolos	$T = 3$ tahun
5	Bekas	4	Uji tegangan putus dan uji perpanjangan putus	Uji tegangan putus dan uji perpanjangan putus	Tdk Lolos	$T = 4$ tahun
6	Bekas	5	Uji tegangan putus dan uji perpanjangan putus	Uji tegangan putus dan uji perpanjangan putus	Tdk Lolos	$T = 5$ tahun

Sumber: Hasil usulan peneliti, 2020

- d) Maka untuk memperoleh nilai T (umur fungsional), dapat dilakukan pengujian sampel selang LPG bekas pakai, secara seri mulai dari 1 tahun hingga 5 tahun (selang LPG bekas pakai), kemudian seluruhnya diuji dengan SNI 7213:2014 untuk karet kompon dan SNI 8022-2014 untuk elastomer. Jumlah sampel selang LPG bekas adalah sebanyak 1 sampel (Suhardi & Irmayanti, 2019) per merk untuk selang bekas pakai 1 tahun, 2 tahun, 3 tahun, 4 tahun hingga 5 tahun.
- e) Maka nilai T (umur fungsional), dapat diperoleh pada sampel hasil pengujian yang mengalami kegagalan. Sebagaimana ilustrasi sebagai berikut:

Tabel 5 Desain sampel pengujian beberapa merk.

Sampel Selang bekas pakai (t) tahun pemakaian	Sampe I Merk 1	Sampe I Merk 2	Sampe I Merk 3	Sampe I Merk 4	Jumlah Sampe I lolos uji (SL)	Kesimpulan
1 tahun	A ₁	B ₁	C ₁	D ₁	4	Maka umur fungsional Berkisar 4 – 5 tahun
2 tahun	A ₂	B ₂	C ₂	D ₂	4	
3 tahun	A ₃	B ₃	C ₃	D ₃	4	
4 tahun	A ₄	B ₄	C ₄	D ₄	3	
5 tahun	A ₅	B ₅	C ₅	D ₅	2	

Sumber: hasil usulan peneliti, 2020

Desain sampel di atas masih mengasumsikan bahwa tidak ada perbedaan

mutu yang signifikan diantara merk selang LPG, kemudian dalam satu kerangka sampel

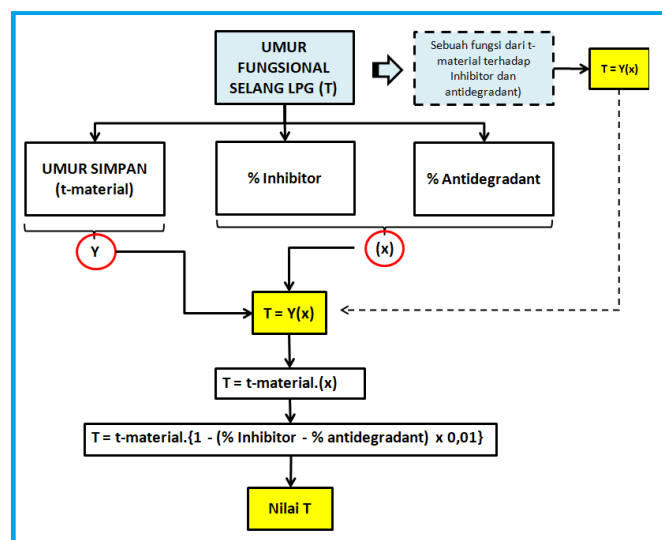
percobaan harus mempunyai karakteristik selang LPG yang terbuat dari bahan baku yang sama untuk setiap merknya. Maka satu desain sampel pengujian, seluruhnya harus menggunakan selang LPG berbahan baku karet kompon atau berbahan baku elastomer.

2.4 Metode penentuan umur fungsional selang LPG

Metode adalah cara atau panduan kerja atau prosedur untuk menguji atau memproses sesuatu agar hasilnya sesuai yang diharapkan. Umur fungsional adalah waktu yang dibutuhkan

suatu produk untuk menghasilkan manfaat produk bagi penggunaannya dalam keadaan aman, sehat dan selamat sesuai dengan standar.

Umur fungsional selang LPG meliputi keseluruhan komponen selang LPG setelah digunakan oleh konsumen dan bukan sebelum digunakan oleh konsumen. Hal ini dikarenakan mekanisme pengujian pengusangan yang dikenakan kepada selang LPG adalah setelah selang LPG mengalami paparan kontaminan atau inhibitor dan telah digunakan oleh konsumen.



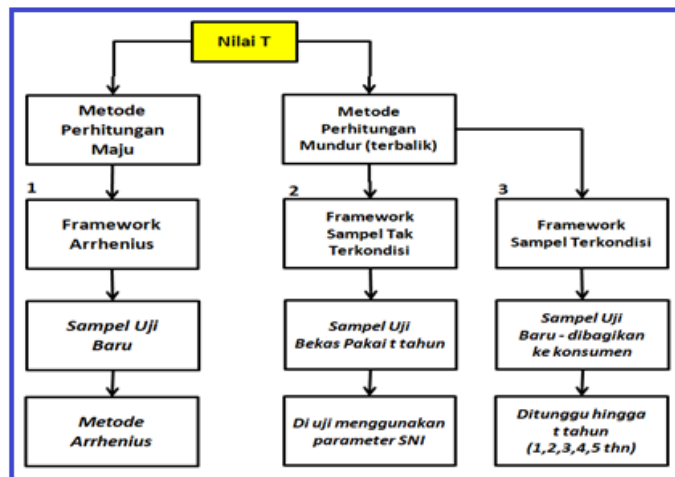
Gambar 1 Hubungan antara umur simpan (t-material) vs umur fungsional (T).

Umur fungsional merupakan sebuah fungsi umur simpan (t_{material}) terhadap inhibitor dan anti-degradant, yang dapat dituliskan sebagai persamaan fungsi x sebagai $T = Y(x)$, dimana Y adalah umur simpan (t_{material}) yang tertahan oleh “ x ”. “ x ” adalah anti-degradant yang ditambahkan ke dalam selang LPG yang mempunyai unit satuan %. Maka umur fungsional juga dapat dituliskan sebagai sebuah persamaan yaitu: $T = t_{\text{material}} \cdot (1 - (\% \text{ inhibitor} - \% \text{ anti-degradant}) \times 0,01)$. Nilai T adalah nilai perkiraan umur fungsional selang karet LPG yang ditunjukkan ketika uji yang diberikan mengalami “gagal” atau tidak memenuhi kriteria SNI (lihat Tabel 6).

3. METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka pikir

Pada prinsipnya, untuk menghitung umur fungsional selang LPG (T) setidaknya ada 3 pendekatan yakni: pertama, dengan metode Arrhenius, dimana metode ini menggunakan sampel uji yang baru dan sampel uji tersebut dilakukan pengujian pengusangan dengan berbagai kondisi inhibitor, kemudian bahan karet disimulasikan sebagai fungsi sebenarnya dengan melakukan pengusangan dipercepat yang memperlihatkan hubungan antara suhu pemanasan, waktu (t) pemanasan terhadap titik kerusakan bahan terjadi ketika diuji tegangan putus dan perpanjangan putus.



Gambar 2 Tiga metode untuk menentukan umur fungsional selang LPG (T).

Kedua, dengan metode uji tegangan putus dan perpanjangan putus dengan menggunakan sampel selang LPG bekas yang ada di masyarakat dengan umur pemakaian yang dibedakan (sampel tak terkondisi). Dan ketiga, dengan menggunakan metode yang sama namun dengan menggunakan sampel selang LPG baru yang diminta masyarakat menggunakannya selama 1 tahun, 2 tahun, 3 tahun, 4 tahun dan 5 tahun, kemudian dilakukan pengujian terhadapnya.

3.2 Parameter pengujian

Dalam penentuan umur fungsional selang LPG ini menggunakan parameter-parameter pengujian yang terdapat dalam standar

nasional hasil adopsi dari standar internasional. Adapun standar-standar yang digunakan, yaitu:

- 1) Uji tegangan putus SNI ISO 37 yang terdapat dalam SNI 7213-2014 dan SNI 8022-2014.
- 2) Uji perpanjangan putus SNI ISO 37 yang terdapat dalam SNI 7213-2014 dan SNI 8022-2014.

3.3 Metode analisis

Penelitian ini menggunakan analisis eksploratif deskriptif dengan menguraikan seluruh metode tersebut, menggunakan parameter pengujian yang berkaitan dengan kekuatan dan umur pakai sebagaimana tersaji dalam Tabel 6 berikut :

Tabel 6 Desain perancangan metode Uji.

No	Metode	Jenis Sampel	Standar Parameter uji	Metode Uji	Gangguan (inhibitor)	Hasil Akhir
1	Metode Arrhenius	Baru	SNI 7213-2014 (kompon karet)	Pengusangan 14 hari (196 h), suhu 70°C:	Tanpa Gangguan	T
				✓ Tegangan putus - SNI ISO 37	Dengan gangguan	T
				✓ Perpanjangan putus - SNI ISO 37		
✓ N-pentana – SNI ISO 1817						

Metode Penentuan Umur Fungsional Selang Kompor Gas LPG
(Biatna Dulbert Tampubolon, Endi Hari Purwanto, dan Ary Budi Mulyono)

		Pengusangan 3 hari suhu 100°C:				
	Baru	SNI 8022-2014 (elastomer)	✓ Tegangan putus - SNI ISO 37 ✓ Perpanjangan putus - SNI ISO 37 ✓ N-pentana – SNI ISO 1817	Tanpa gangguan	T	
2	Metode Sampel Tak Terkondisi	Bekas	SNI 7213-2014 (kompon karet)	1) Uji tegangan putus 2) Uji perpanjangan putus	Tanpa gangguan	T
		Bekas	SNI 8022-2014 (elastomer)	1) Uji tegangan putus 2) Uji perpanjangan putus	Tanpa gangguan	T
3	Metode Sampel Terkondisi	Baru	SNI 7213-2014(kompon karet)	1) Uji tegangan putus 2) Uji perpanjangan putus	Tanpa gangguan	T
		Baru	SNI 8022-2014 (elastomer)	1) Uji tegangan putus 2) Uji perpanjangan putus	Tanpa gangguan	T

Sumber : Hasil usulan peneliti, 2020

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Metode 1 : metode Arrhenius (selang karet baru)

Nilai umur fungsional selang karet bisa didekati dengan persamaan Arrhenius. Persamaan ini diperkenalkan pertama kali oleh Svante Arrhenius, yang menunjukkan nilai korelasi antara energi aktivasi terhadap kecepatan reaksi atau proses. Energi aktivasi yang dimaksud adalah energi yang harus dikeluarkan agar reaksi kimia dapat terjadi. Energi tersebut adalah energi paling minimum yang dibutuhkan agar reaksi kimia atau perubahan kimia pada material karet dapat terjadi, dilambangkan dengan E_a , dengan satuan kilo joule per mol (KJ/mol) (Le Huy & Evrard, 1998).

$$K_T = Ae^{-\frac{E}{RT}} \quad \text{atau} \quad \ln(K_T) = B \quad (2)$$

Pengrusakan material karet diakibatkan oleh beberapa gangguan secara bersamaan (tarikan, tekanan, cekaman ozon, cekaman larutan, panas). Prediksi umur pakai produk karet dapat ditentukan melalui proses pengusangan yang dipercepat. Laju reaksi pada berbagai temperatur dapat diamati melalui perubahan sifat material akibat dikenai panas pada waktu tertentu (Cifriadi, 2016).

Metode Pertama. Pengujian dilakukan dengan cara menyiapkan bahan material yang akan diuji dengan memberikan perlakuan panas, perlakuan cekaman ozon, perlakuan cekaman larutan atau lainnya. Seluruh jenis perlakuan tadi dibagi menjadi 5 sampel untuk 5 jenis perlakuan temperatur panas, yaitu: 1) dipanaskan 90° Celcius, 2) 80° Celcius, 3) 70° Celcius, 4) 60° Celcius dan 5) 50° Celcius. Kemudian hasilnya direkam dalam catatan, yang hasilnya sebagai berikut:

Tabel 7 Hasil pengujian karet alam untuk 5 kondisi temperature.

KONDISI 1		KONDISI 2		KONDISI 3		KONDISI 4		KONDISI 5	
90 Derajat Celcius		80 Derajat Celcius		70 Derajat Celcius		60 Derajat Celcius		50 Derajat Celcius	
Waktu (jam)	% Ketahanan	Waktu (jam)	% Ketahanan	Waktu (jam)	% Ketahanan	Waktu (jam)	% Ketahanan	Waktu (jam)	% Ketahanan
8	96	8	96	8	96	8	96	8	96
10	70	17	90	17	90	17	90	17	90
13	35	29	80	91	85	91	85	91	85
17	0	37	70	120	80	300	80	300	80
		70	60	130	70	810	70	6000	60
		91	30	190	55	1000	60	10000	45
		100	10	370	25	1500	40	13000	30
				600	5	2700	15	16000	15

Sumber: Cifriadi, 2016

Metode Kedua. Pengujian lainnya dapat dilakukan sama dengan di atas namun selain diperlakukan dengan berbagai kondisi temperatur juga ditambahkan dengan memberikan perlakuan cekaman/gangguan (*inhibitor*) berupa larutan :

tertentu seperti: air, minyak goreng, cairan pentana dan butana) dan cekaman Ozon (O₃) baik secara sendiri-sendiri maupun bersamaan. Maka rancangan sampel pengujiannya adalah sebagai berikut

Tabel 8 Rancangan sampel dengan pemberian kondisi gangguan.

NO	Nama Sampel	Temperatur Pemanasan (°C)	Merek	Kondisi dengan gangguan	Retensi (%)	t (jam)
1	A	50	A1	Minyak Goreng + Pentana + O ₃	15
		50	A2	Minyak Goreng + Pentana + O ₃	15
		50	A3	Minyak Goreng + Pentana + O ₃	15
2	B	50	B1	Pentana + O ₃	15
		50	B2	Pentana + O ₃	15
		50	B3	Pentana + O ₃	15
3	C	50	C1	Butana + O ₃	15
		50	C2	Butana + O ₃	15
		50	C3	Butana + O ₃	15

Sumber: Hasil usulan peneliti, 2020

Maka hasil akhirnya dapat dibandingkan dengan menyusun matriks dan grafik sebagai berikut:

Tabel 9 Korelasi antara suhu perlakuan terhadap waktu (t) metode Arrhenius.

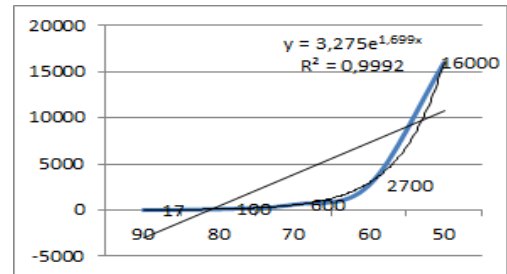
No	Suhu (°C)	Retensi (%)	t (jam)	Hari	Tahun
1	90	0	17	0,7	0,00
2	80	10	100	4,2	0,01
3	70	5	600	25,0	0,07
4	60	15	2700	112,5	0,31
5	50	15	16000	666,7	1,83

Sumber: Cifriadi, 2016

Dalam Tabel 7 di atas memperlihatkan hubungan antara suhu perlakuan terhadap bahan karet alam terhadap perubahan waktu (t) dengan persen retensi bahan material paling rendah. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa apabila bahan karet alam dipanaskan 90 derajat Celcius secara konstan maka dalam waktu 17 jam, bahan karet akan mengalami kerusakan (retensi=0%), kemudian apabila bahan karet alam dipanaskan 80 derajat Celcius secara konstan, maka dalam waktu 100 jam, bahan karet akan mulai mengalami kerusakan dengan retensi=10%. Selanjutnya apabila bahan karet alam dipanaskan 70 derajat Celcius secara konstan, maka dalam waktu 600 jam atau 25 hari, bahan karet akan mulai mengalami kerusakan dengan retensi=5%, kemudian dengan pemanasan 60 derajat Celcius secara konstan, maka dalam waktu 2700 jam atau sekitar 3 bulan dan 22 hari, bahan karet akan mulai mengalami kerusakan dengan retensi=15%. Tahap terakhir adalah dengan pemanasan 50 derajat Celcius diperoleh masa kerusakan bahan material karet selang yang lebih lama yaitu 16.000 jam atau sekitar 1,83 tahun (1 tahun 9 bulan dan 29 hari).

Dengan dasar percobaan itu, dapat disusun persamaan regresi liniernya sebagaimana tersaji dalam Gambar 2. Sehingga dengan persamaan ini dapat dihitung berapa masa kerusakan selang apabila suhu yang diujicobakan adalah sebesar 45°C. Maka dengan persamaan :

$Y = 3,275 \cdot e^{1,699x}$ lalu masukan angka 45°C sehingga hasilnya adalah:



Gambar 3 Grafik korelasi suhu °C (sumbu x) vs waktu jam (sumbu y).

$$Y = 3,275 \cdot e^{1,699x} = 3,275 \times (2,718)^{(1,699 \cdot 4,5)} = 37,415 \text{ jam} \approx 4 \text{ tahun } 3 \text{ bulan } 7 \text{ hari}$$

Hal ini berarti bahwa dengan kondisi paparan panas lingkungan diasumsikan 50 derajat Celcius, maka perkiraan umur umur fungsional selang karet bisa mencapai 1,83 tahun sedangkan apabila paparan panas lingkungan dikondisikan 45 derajat Celcius secara stabil (konstan) maka perkiraan umur fungsional selang karet bisa mencapai 4,27 tahun. Kondisi tersebut merupakan kondisi tanpa perlakuan gangguan kontaminan seperti minyak goreng, pentana, butana maupun ozon.

4.2 Metode2 : sampel pasar tak terkondisi

Metode sampel pasar tak terkondisi adalah suatu metode pengujian sampel selang karet LPG dengan membeli dan mengganti selang karet LPG yang telah digunakan (bekas pakai) oleh: 1) Rumah Tangga, 2) Rumah makan, 3) Warung makan dan 4) Pedagang keliling, telah ditandai waktu penggunaannya sejak selang itu dibeli oleh konsumen dari toko. Dengan purposive sampling, setiap responden, diambil sampel yang mewakili penggunaan selang karet dari 1 tahun sampai 5 tahun masing-masing 3 unit selang karet LPG dengan merek berbeda yang ada di Indonesia. Dibutuhkan sampel yang cukup untuk menggambarkan kondisi yang sebenarnya. Adapun tantangan metode ini adalah tidak mudahnya mendapatkan sejumlah responden sampel yang telah menggunakan selang LPG dengan masa waktu tertentu yaitu 1–5 tahun. Maka rancangan sampel yang dapat diambil mengikuti tata cara sebagai berikut:

Tabel 10 Rancangan pengambilan sampel uji “tak terkondisi”.

NO	Sampel dari responden	Merk Selang	Sampel		Sampel		Sampel		Sampel		Jumlah Total Sampel
			bekas	Bekas	Bekas	Bekas	Bekas	Bekas			
			1 thn	2 thn	3 thn	4 thn	5 thn				
			Uji A	Uji B	Uji A	Uji B	Uji A	Uji B	Uji A	Uji B	
1	RUMAH TANGGA (3 sampel merkkebas)	bebas	1	1	1	1	1	1	1	1	5
		bebas	1	1	1	1	1	1	1	1	5
		bebas	1	1	1	1	1	1	1	1	5
		Lulus SNI / Tidak?	Ya/Tidak	Ya/Tidak	Ya/Tidak	Ya/Tidak	Ya/Tidak	Ya/Tidak	Ya/Tidak	Ya/Tidak	15
2	RUMAH MAKAN (3 sampel merkkebas)	bebas	1	1	1	1	1	1	1	1	5
		bebas	1	1	1	1	1	1	1	1	5
		bebas	1	1	1	1	1	1	1	1	5
		Lulus SNI / Tidak?	Ya/Tidak	Ya/Tidak	Ya/Tidak	Ya/Tidak	Ya/Tidak	Ya/Tidak	Ya/Tidak	Ya/Tidak	15
3	WARUNG MAKAN (3 sampel merkkebas)	bebas	1	1	1	1	1	1	1	1	5
		bebas	1	1	1	1	1	1	1	1	5
		bebas	1	1	1	1	1	1	1	1	5
		Lulus SNI / Tidak?	Ya/Tidak	Ya/Tidak	Ya/Tidak	Ya/Tidak	Ya/Tidak	Ya/Tidak	Ya/Tidak	Ya/Tidak	15
4	PEDAGANG KELILING (3 sampel merkkebas)	bebas	1	1	1	1	1	1	1	1	5
		bebas	1	1	1	1	1	1	1	1	5
		bebas	1	1	1	1	1	1	1	1	5
		Lulus SNI / Tidak?	Ya/Tidak	Ya/Tidak	Ya/Tidak	Ya/Tidak	Ya/Tidak	Ya/Tidak	Ya/Tidak	Ya/Tidak	15
JUMLAH										60	

Sumber : Hasil usulan peneliti, 2020, Uji A = Uji Tarik, Uji B = Uji Perpanjangan putus

Berdasarkan rancangan sampel di atas maka dibutuhkan 60 sampel selang karet LPG yang digunakan oleh 4 jenis pengguna. Dibedakan menjadi 4 jenis pengguna dikarenakan masing-masing pengguna tersebut mempunyai perbedaan yang signifikan terhadap perlakuan dan tata cara penggunaan selang karet LPG, tingkat kebersihan, jumlah paparan sinar UV, paparan panas karena frekuensi memasak dan paparan zat kimia. Keuntungan dengan metode ini adalah biaya yang dibutuhkan oleh peneliti lebih kecil untuk menggantikan selang LPG yang diambil sebagai bahan uji penelitian. Jenis pengujian

yang dilakukan meliputi: 1) uji tarik, dan 2) uji perpanjangan putus. Sampel yang digunakan adalah selang karet LPG bekas yang sudah digunakan oleh konsumen dengan masa pakai berdasarkan informasi konsumen (waktu duga konsumen).

Nilai umur fungsional ditentukan oleh banyaknya sampel yang mengalami gagal pengujian untuk ketiga jenis pengujian. Ketika di tahun ke-4 mengalami banyak sampel uji yang gagal memenuhi syarat uji maka di tahun tersebut perkiraan umur fungsional selang tersebut berakhir.

Metode Penentuan Umur Fungsional Selang Kompor Gas LPG
(Biatna Dulbert Tampubolon, Endi Hari Purwanto, dan Ary Budi Mulyono)

Diperlukan metode statistik lanjutan untuk mengolah lebih lanjut terhadap hasil. Namun setidaknya rancangan percobaan

di atas akan memberikan perkiraan hasil sebagai berikut :

Tabel 11 Contoh pengolahan sampel percobaan.

NO	Sam pel Dari Respon de n	Merk Sela ng	Sampel Usage 1 thn		Sampel Usage 2 thn		Sampel Usage 3 thn		Sampel Usage 4 thn		Sampel Usage 5 thn		Rataan Tahun Tidak Lolos
			Uji A	Uji B	Uji A	Uji B	Uji A	Uji B	Uji A	Uji B	Uji A	Uji B	
1	RUMAH TANGGA (3 sampel merk bebas)	bebas	Ya		Tidak		Ya		Tidak		Ya		$\frac{2+4+3}{3} = 3,6 \approx 4 \text{ thn}$
		bebas	Ya		Ya		Tidak		Tidak		Ya		
		bebas	Ya		Ya		Ya		Ya		Tidak		
		Lulus SNI / Tidak ?	0		1		1		2		1		
2	RUMAH MAKAN (3 sampel merk bebas)	bebas	Tidak		Ya		Tidak		Ya		Tidak		$\frac{1+2+3}{3} = 3,2 \approx 4 \text{ thn}$
		bebas	Ya		Tidak		Tidak		Ya		Tidak		
		bebas	Ya		Ya		Ya		Tidak		Ya		
		Lulus SNI / Tidak ?	1		1		2		1		2		
3	WARUNG MAKAN (3 sampel merk bebas)	bebas	Ya		Tidak		Ya		Tidak		Tidak		$\frac{2+4+5}{4} = 4 \text{ thn}$
		bebas	Ya		Ya		Ya		Ya		Tidak		
		bebas	Ya		Ya		Ya		Ya		Ya		
		Lulus SNI / Tidak ?	0		1		0		1		1		
4	PEDAGANG KELILING (3 sampel merk bebas)	bebas	Tidak		Ya		Tidak		Ya		Ya		$\frac{1+3}{2} = 2 \text{ thn}$
		bebas	Ya		Ya		Ya		Ya		Ya		
		bebas	Ya		Ya		Ya		Ya		Ya		
		Lulus SNI / Tidak ?	1		0		1		0		0		
TOTAL RATA-RATA												3,2 tahun	

Sumber : Hasil usulan peneliti, 2020, Uji A = Uji Tarik, Uji B = Uji Perpanjangan putus

Tabel 11 di atas memperlihatkan sebuah rancangan pengolahan data dimana untuk menentukan umur fungsional selang LPG dari konsumen rumah tangga adalah dengan menggunakan rata-rata tahun yang "tidak" lulus pengujian tarik (A) dan uji perpanjangan (B). Rataan tahun digunakan karena pada metode ini kondisi sampel adalah tak terkondisi dimana

sampel digunakan adalah sampel selang LPG bekas dari konsumen yang secara umum tidak memiliki sifat yang homogen dari masing-masing sampelnya. Maka setiap sampel dihitung secara rata-rata agar setiap sampel mempunyai bagian kontribusi yang sama sebagai hasil uji. Metode ini memiliki kelebihanannya itu berapa pun sampelnya maka

karakteristik sifat umur fungsional selang LPG akan mampu ditangkap dengan hasil yang sama karena sebagai fungsi rasio (non-probabilistik).

Namun untuk mendapatkan karakteristik umur selang LPG untuk setiap jenis responden maka semakin baik sampel diperbanyak karena akan dapat menggambarkan kondisi yang sesungguhnya di lapangan, apakah umur fungsional cenderung << 5 tahun atau hanya sekitar << 1 tahun. Maka akan banyak analisis yang dapat digali dari fakta yang ada.

4.3 Metode 3 : metode sampel pasar terkondisi

Metode sampel pasar terkondisi adalah suatu pengujian sampel selang LPG dengan menyediakan sejumlah sampel selang LPG

yang disiapkan dalam kondisi baru, khusus untuk diperlakukan secara *natural* yaitu secara alami diberikan dan digunakan oleh sejumlah responden sampel yang kita butuhkan yang meliputi: 1) Rumah Tangga, 2) Rumah makan, 3) Warung makan dan 4) Pedagang keliling, dengan masa waktu penggunaan yang bervariasi mulai dari 1 tahun hingga 5 tahun.

Sampel selang yang habis masa pakainya, akan diambil untuk dilakukan pengujian menurut SNI 7213:2014, jika terdapat sampel yang berturut-turut atau rata-rata mengalami kegagalan pengujian maka itu dicatat sebagai rata-rata batasan kemampuan selang LPG secara *natural* dengan berbagai kondisi responden dengan segala macam jenis *inhibitomya*. Berikut ini disajikan rancangan sampel untuk metode sampel pasar terkondisi

Tabel 12 Rancangan pengambilan sampel uji “terkondisi” .

NO	SAMPEL DARI RESPONDEN	Merk Selang	Sampel Bekas Setelah1 thn		Sample Bekas Setelah2 thn		Sampel Bekas Setelah3 thn		Sampel Bekas Setelah4 thn		Sampel Bekas Setelah5 thn		Jumlah Total Sampel
			U	U	U	U	U	U	U	U			
			ji	ji	ji	ji	ji	ji	ji	ji			
1	RUMAH TANGGA (2 sampel per merk)	A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	
		B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	
		C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	
			Lulus / Tidak		Lulus / Tidak		Lulus / Tidak		Lulus / Tidak		Lulus / Tidak		
2	RUMAH MAKAN (2 sampel per merk)	A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	
		B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	
		C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	
			Lulus / Tidak		Lulus / Tidak		Lulus / Tidak		Lulus / Tidak		Lulus / Tidak		
3	WARUNG MAKAN (2 sampel per merk)	A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	
		B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	
		C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	
			Lulus / Tidak		Lulus / Tidak		Lulus / Tidak		Lulus / Tidak		Lulus / Tidak		
4	PEDAGANG KELILING (2 sampel per merk)	A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	
		B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	
		C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	
			Lulus / Tidak		Lulus / Tidak		Lulus / Tidak		Lulus / Tidak		Lulus / Tidak		
JUMLAH			12	12	12	12	12	12	12	12	60		

Sumber: Hasil usulan peneliti, 2019

Demikian halnya juga untuk sampel terkondisi, dilakukan pengolahan data yang sama seperti

pendekatan sampel tak terkondisi seperti pada Tabel 11.

Metode Penentuan Umur Fungsional Selang Kompor Gas LPG
(Biatna Dulbert Tampubolon, Endi Hari Purwanto, dan Ary Budi Mulyono)

Pengaruh perilaku kelompok konsumen vs umur fungsional. Pendekatan metode 2 dan metode 3 adalah menjawab permasalahan produsen yang sulit menentukan umur fungsional selang LPG, pasca terjadinya kasus ledakan dan kebakaran yang disebabkan oleh LPG pada tahun 2010 – 2013. Diantara faktor berpengaruh terhadap hasil penentuan umur fungsional ini adalah faktor perbedaan jenis konsumen pengguna. Setiap konsumen mempunyai perilaku perlakuan selang LPG yang berbeda sehingga berpotensi menghasilkan umur fungsional yang berbeda. Dua pendekatan ini memiliki kelebihan dapat menghitung umur fungsional selang LPG berdasarkan jenis konsumen penggunaannya. Diperlukan validasi uji statistik yang tepat untuk melihat signifikansi perbedaan umur fungsional setiap kelompok konsumen.

Pengaruh bahan material selang LPG vs umur fungsional. Material karet *natural rubber* maupun sintetik *rubber* yang mempunyai sifat ketahanan material terbaik untuk selang LPG adalah NBR yaitu Acrylonitrile-Butadiene. NBR tergolong tahan terhadap minyak bumi termasuk *n-pentana*. Dipilih NBR karena cenderung pada harga bahan materialnya yang lebih terjangkau, sebenarnya terdapat 2 bahan material karet lainnya yang tahan terhadap *n-*

pentana yaitu: HNBR (30MPa/150%), ECO (17MPa/150), PUR (30MPa/800%) dan FPM (20Mpa/400%) Namun secara spesifikasi, HNBR dan ECO tidak memenuhi syarat % perpanjangan putus di SNI yaitu 200-250%. Adapun bahan material PUR secara spesifikasi memenuhi syarat dan harga pasaran bahan materialnya tergolong terjangkau, namun PUR tidak tahan terhadap air, sedangkan FPM atau biasa disebut *Fluorinated rubber* merupakan bahan material terbaik (*high grade*) yang memenuhi seluruh spesifikasi termasuk daya tahan terhadap air, asam, *n-pentana* namun mempunyai harga bahan material yang cukup tinggi. NBR sebagai bahan baku selang LPG mempunyai umur simpan 3 hingga 5 tahun (Tabel 3). Bagaimana umur fungsionalnya? Karena umur fungsional berbeda dengan umur simpan. Umur fungsional adalah masa sisa yang dapat dimanfaatkan dari umur simpan (*shelf life*). Umur fungsional tentunya akan lebih pendek dari umur simpan (Pannikottu, 1997). Hal tersebut dikarenakan selang telah mengalami berbagai gangguan (*inhibitor*) dan penyusutan kinerja akibat digunakan. Jadi penting dalam pendekatan ini adalah mengetahui jenis karet yang digunakan sebagai sampel selang LPG terlebih dahulu.

Tabel 13 Perbandingan antara metode 1, metode 2 dan metode 3.

	Perbedaan	Metode 1 (Arrhenius)	Metode 2 (tak terkondisi)	Metode 3 (terkondisi)
1	Jenis sampel	Selang baru	Selang bekas	Selang baru
2	Prinsip perhitungan	Simulasi Arrhenius	Produk “tidak lolos” uji tarik dan perpanjangan tarik adalah penentu umur fungsional di tahun t	Produk “tidak lolos” uji tarik dan perpanjangan tarik adalah penentu umur fungsional di tahun t
3	Metode / teknik	Pengujian Laboratorium + Simulasi matematika	Aplikasi langsung + Pengujian Laboratorium	Aplikasi langsung + Pengujian Laboratorium
4	Tahapan kegiatan	<ul style="list-style-type: none"> • Membeli selang baru • Menguji selang baru tersebut 	<ul style="list-style-type: none"> • Mencari selang bekas 1 s/d 5 tahun pakai • kemudian diganti dengan yang baru • mengujikannya 	<ul style="list-style-type: none"> • Membeli selang baru, • Membagikan kepada responden, • Mengambil kembali untuk diuji • kemudian diganti dengan yang baru

	Perbedaan	Metode 1 (Arrhenius)	Metode 2 (tak terkondisi)	Metode 3 (terkondisi)
5	Jumlah sampel per merk	Min. 1 unit sample / merk	Min. 5 unit sampel / merk / responden / tahun	Min. 5 unit sampel / merk / responden / tahun
6	Titik kritis	<ul style="list-style-type: none"> • Merk selang dan karakteristik bahan yang digunakan harus jelas • Inhibitor disesuaikan dengan kondisi simulasi konsumen 	<ul style="list-style-type: none"> • Informasi masa pakai selang harus bisa dipastikan dari konsumen 	<ul style="list-style-type: none"> • Merk selang harus seragam • Selang karet dan selang elastomer harus dibedakan
7	Kemudahan memperoleh Sampel	Mudah	Tidak mudah, memerlukan Manajemen inventarisasi terlebih dahulu dari hasil pengumpulan selang bekas	Mudah
8	Waktu pengujian	Cepat	Cepat	Lama
9	Biaya	Terjangkau	Sedang	Tinggi
10	Ketepatan hasil	Sedang	Baik	Sangat Baik

Sumber : Hasil usulan peneliti, 2020

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Bahwa penggunaan metode Arrhenius mempunyai kelebihanannya itu dapat melakukan formulasi terhadap material yang akan diuji, dapat dikondisikan pengaruh inhibitor tanpa batas namun membutuhkan infrastruktur pengujian laboratorium karet khusus untuk uji Arrhenius dan memerlukan waktu yang lebih cepat. Kekurangannya adalah metode ini tidak terlepas dari mekanisme simulasi yang pada dasarnya tidak merepresentasikan kondisi yang sesungguhnya dari aplikasi karet sebagai selang LPG namun setidaknya sudah memberikan gambaran awal yang cukup valid dengan asumsi penggunaan selang LPG yang tidak ekstrim bervariasi.
- 2) Bahwa penggunaan metode uji petik sampel pasar selang karet LPG dari konsumen (tak terkondisi) mempunyai kelebihan yaitu: orientasi fokus pada produk selang karet LPG yang digunakan sebagai pengujian, antara produk dan sampel ujinya selaras dengan tujuan penggunaannya, tidak memerlukan waktu menunggu selang digunakan oleh konsumen, sampel dapat lebih banyak dan bervariasi sehingga tingkat bias dari metode dapat diminimalisasi. Namun pendekatan ini kekurangannya adalah justifikasi masa penggunaan selang karet LPG oleh konsumen, mempunyai ketidakpastian yang tinggi sehingga berpotensi menghasilkan perkiraan umur selang LPG yang bias.
- 3) Bahwa penggunaan metode uji petik sampel pasar selang karet LPG dari konsumen (terkondisi) mempunyai kelebihanannya itu mempunyai tingkat kepastian yang tinggi terhadap masa penggunaan selang LPG, sasaran sampel konsumen penggunaannya dapat ditentukan baik jenisnya maupun kuantitasnya, namun kekurangannya adalah metode ini membutuhkan biaya yang lebih besar karena walaupun sampel uji hanya bagian sedikit dari selang namun metode ini

membutuhkan kurun waktu yang cukup panjang.

- 4) Peneliti menyarankan bahwa jika kondisi produk selang LPG di pasar sangat bervariasi dan kasus ledakan disebabkan selang LPG tinggi maka metode 2 sangat tepat untuk dipilih mengingat metode 2 sangat memperhatikan sampel bervariasi baik itu terhadap konsumen maupun merk, memerlukan waktu yang lebih cepat dan biaya yang relatif tidak mahal. Berbeda dengan metode 1 dan metode 3 sangat tepat dilakukan sebelum produk tersebut dilepas di pasar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pimpinan Badan Standardisasi Nasional (BSN) yang telah mengalokasikan anggaran untuk penelitian dan publikasi artikel ini. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada Bapak Cifriadi atas ilmu dan waktu yang diberikan selama proses penulisan artikel ini. Seluruh penulis dalam paper ini adalah kontributor utama.

DAFTAR PUSTAKA

- Ames Rubber. (2020, January 7). *Shelf Life of Rubber Products*. Retrieved from Ames Rubber Manufacturing: <http://www.amesrubberonline.com/>.
- Bastian, F. (2012). Kajian Eksperimental Kebocoran Gas LPG pada Tabung Gas dgn Berbagai Tipe Katup Pengaman yang Terpasang. *Skripsi Fakultas Teknik Mesin, Universitas Indonesia*.
- Boyun, B.M. & Rhoads, J.E. (1989). Elastomer Shelf Life: Aged Junk or Jewels? *IEEE Power Engineering Review*, 9(6), p.45.
- AH Saputra, TI Sari, A Cifriadi, DR.Maspanger, S.Bismo. (2016). Degradation characteristics of vulcanized natural rubber by dimethyl ether through filter and plastizer composition variations, *International Journal of Technology* Vol.7 (4), pp.616-624.
- Dewi, L. & Somantri, Y. (2018). Wireless Sensor Network on LPG Gas Leak Detection and Automatic Gas Regulator System Using Arduino. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing.p.12064
- Hulme, A. (2012). Life Prediction of Polymers for Industry. *Journal of Sealing Technology*, Vol.September, 2012.
- Handayani, H., Faturrohman, M.I., Kinasih, N.A.,& Falaah, A.F. (2017). Karet Alam Epoksi sebagai Bahan Baku Pembuatan Komponen Karet pada Katup Tabung dan Regulator LPG. *Indonesian Journal of Natural Rubber Research* 35 (2), 199-210.
- Kusriyanto, M., Yulianto, A. & Kurniawan, S. (2018). Early detection of LPG gas leakage based Wireless Sensor Networking. In: *MATEC Web of Conferences*. EDP Sciences.p.1045
- Le Huy, M. & Evrard, G. (1998). Methodologies for lifetime predictions of rubber using Arrhenius and WLF models. *Die Angewandte Makromolekulare Chemie*, 261(1), pp.135–142.
- Marlina, P. (2014). Pengaruh Suhu dan Lama Penyimpanan terhadap Karakteristik Kompon Karet dengan Bahan Pengisi Arang Aktif Tempurung Kelapa dan Nano Silika Sekam Padi. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, Vol.25, no.1, pp.43-51..
- Pannikottu, A. (1997). Service Life Prediction of Rubber Parts Used in Engineering Applications: Case Studies. *Proceedings of the Elastomer Service Life Prediction Forum*.
- Permenperin. (2015). *Pemberlakuan SNI Selang Kompom LPG secara Wajib*. Jakarta: Kementerian Hukum dan HAM Republik Indonesia.
- Rosita, R., & Basuki, R., (2013). Persepsi Tingkat Kepuasan Keluarga di RT 03, RW 07 Kelurahan Makasar - Jakarta Timur terhadap Program Konversi Minyak Tanah ke LPG. *Jurnal Ilmiah Widya*, Vol.1 No.2 Juli-Agustus, hal.141-152.
- Samsuri, A. (2010). *Degradation of Natural Rubber and Synthetic Elastomers*. Netherland: Elsevier B.V.
- SNI 7213. (2014). *Selang Karet untuk Kompom Gas LPG*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- SNI8022. (2014). *Selang termoplastik elastomer untuk kompom gas LPG*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- Syukur, H. (2011). Penggunaan Liquified Petroleum Gases (LPG): Upaya Mengurangi Kecelakaan Akibat LPG. *Swara Patra*, 1(2).

- Suhardi & Irmayanti, (2019). Pengaruh Celebrity Endorser, Citra Merek dan Kepercayaan Merek terhadap Minat Beli Konsumen. *Jurnal Inspirasi Bisnis & Manajemen*, Vol.3(1), pp.53-62.
- Wahyuni, T.R. (2014). Perlindungan Hukum terhadap Konsumen LPG atas Tindakan Pelaku Usaha dalam Penjualan LPG yang Tidak Sesuai dengan Standar. *Skripsi Fakultas Hukum Universitas Indonesia*.
- Woo, C.S., Choi, S.S., Lee, S.B.& Kim, H.S. (2010). Useful lifetime prediction of rubber components using accelerated testing. *IEEE Transactions on reliability*, 59(1), pp.11–17.
- Woo, C.S. & Park, H.S.(2011). Useful lifetime prediction of rubber component. *Engineering Failure Analysis*, 18(7), pp.1645–1651
- www.sumantri.id/artikel/jenis-karet (2017). *Sifat dan Jenis Karet Elastomer: NBR, NR/SBR, EPDM, Silicone, Viton dan PU*. Sumantry Specialist Rubber Plastic Parts, dikutip dari <http://sumantry.id/artikel/jenis-karet>.