

KAJIAN TEGANGAN DAN KEAMANAN TABUNG GAS ELPIJI *BRIGHT GAS 5,5 KG MELALUI SIMULASI SOFTWARE SOLID WORK*

Iwan Agustiawan^{1*}, Muhammad Noor Widdy²

^{1,2}Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Bandung,

Jalan KPH Mustapa No. 23 Bandung (40124)

*E-mail : iwan.agustiawan@gmail.com

ABSTRAK

Pemerintah telah memasarkan kemasan gas Elpiji non subsidi *Bright Gas* kapasitas 5,5 kg yang dilengkapi dengan katup ganda *DSVS (Double Spindle Valve System)* untuk mencegah kebocoran gas Elpiji. Kegagalan yang diakibatkan oleh kebocoran gas elpiji yang memicu ledakan dapat terjadi pada bagian *shell* dan *head* tabung ketika tegangan maksimum yang terjadi melebihi kekuatan materialnya. Pemerintah melalui Badan Standarisasi Nasional (BSN) telah mengeluarkan standar SNI 1452:2011 yang menetapkan standar material, dimensi, produksi dan pengujian tabung *Bright Gas 5,5 kg* yang harus dipenuhi oleh produsen dengan maksud untuk mencegah kegagalan pengoperasian tabung gas oleh konsumen. Dibutuhkan kajian keamanan terhadap kondisi eksisting tabung gas Elpiji *Bright Gas* kapasitas 5,5 kg untuk memverifikasi kesesuaiannya dengan standar SNI 1452:2011. Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah mengetahui tegangan dan keamanan tabung gas Elpiji *Bright Gas* kapasitas 5,5 kg pada berbagai tekanan internal melalui perhitungan standar *ASME* dan simulasi *software Solid Work* serta membandingkannya dengan standar SNI 1452:2011. Metodologi penelitian yang dilakukan secara garis besar adalah pengukuran dimensi tabung, pengujian spektrometri material tabung, perhitungan standar *ASME* dan simulasi tegangan dengan *software Solid Work*. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah ketebalan rata-rata *shell* sebesar 2,49 mm dan *head* sebesar 1,96 mm, spesifikasi material tabung yang digunakan adalah JIS G3116 SG295, tegangan maksimum *shell* pada tekanan internal 18,6 kg/cm² sebesar 82,65 MPa dan tekanan internal 31 kg/cm² sebesar 141,2 MPa, dan *FOS (Factor Of Safety)* pada tabung sebesar 3.6. Kesimpulannya adalah kondisi tabung gas Elpiji *Bright Gas* kapasitas 5,5 kg memenuhi standar SNI 1452:2011.

Kata kunci: *shell, head, bright gas, solid work*

ABSTRACT

The government has marketed a non-subsidized LPG *Bright Gas* with 5.5 kg capacity which equipped with double valve *DSVS (Double Spindle Valve System)* to prevent gas leakage. Failure caused by LPG gas leaks that trigger an explosion can occur in the shell and head tube when the maximum stress that occurs exceeds the strength of the material. The Government through the Badan Standarisasi Nasional (BSN) has issued the SNI 1452: 2011 standard which sets the material standard, dimension, production and testing of 5.5 kg Bright Gas tube that should be fulfilled by the producers with purpose to preventing failure of gas tube operation by consumers. A security assessment for existing condition of LPG gas with 5.5 kg capacity is required to verify compability with the SNI 1452: 2011 standards. The objective of this research is to know the stress and safety of LPG Bright Gas tube with 5.5 kg capacity at various internal pressure through ASME standard calculation and Solid Work software simulation and also compare it with the SNI 1452: 2011 standard. The research methodology is outline measurement of tube dimension, tube material spectrometry testing, ASME standard calculation and stress simulation with Solid Work software. The result of this research is the average thickness of shell is 2,49 mm and head is 1,93 mm, tube material specification used is JIS G3116 SG295, maximum shell stress at internal pressure 18,6 kg / cm² is 82.65 MPa and at the internal pressure of 31 kg / cm² is 141.2 MPa, and also *FOS (Factor Of Safety)* on the tube is 3.6. The conclusion is the condition of LPG Bright Gas with 5.5 kg capacity fulfill the standard of the SNI 1452: 2011.

Keywords : *shell, head, bright gas, solid work*

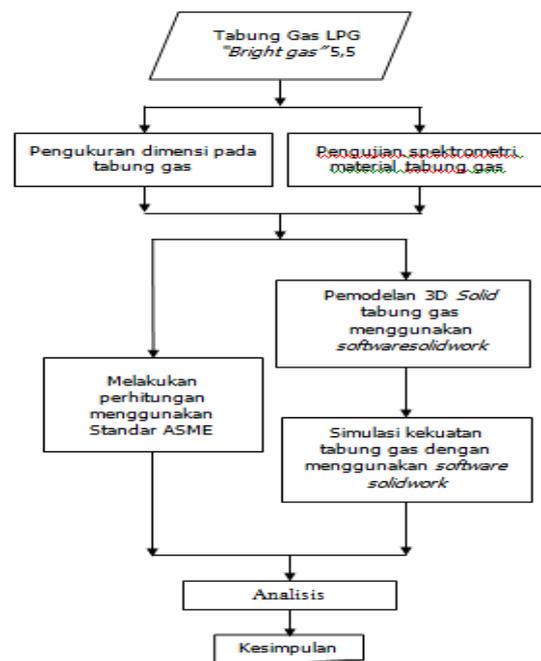
PENDAHULUAN

Pemerintah Indonesia telah melakukan program konversi bahan bakar minyak tanah ke bahan bakar gas Elpiji dimulai pada tahun 2007 dan saat ini dapat dikatakan gas Elpiji menjadi pilihan utama untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar rumah tangga masyarakat Indonesia dengan penggunaan terbesar pada kemasan subsidi tabung gas Elpiji 3 kg (Si Melon) dan non subsidi 12 kg (Tarmizi,dkk,2012). Penggunaan gas Elpiji sebagai bahan bakar rumah tangga diyakini lebih murah, lebih cepat, lebih panas dan lebih sehat dibandingkan minyak tanah dan batubara, disamping tentunya memiliki potensi menyebabkan ledakan dan kebakaran yang lebih tinggi. Berdasarkan laporan harian Kompas bulan Juni 2010, terjadi 36 kasus ledakan tabung gas Elpiji yang dihitung sejak tahun 2008, yang berarti selama 2 tahun terjadi 1 kasus ledakan dari setiap 2 Juta tabung gas Elpiji dan terbanyak pada kemasan tabung 3 kg. Seperti yang disampaikan Mulyati, dkk, (2012) bahwa terdapat beberapa komponen yang menjadi penyebab meledaknya penggunaan gas Elpiji sebagai bahan bakar yaitu diantaranya kegagalan pada tabung, katup (*valve*), *regulator*, selang dan kompor gas. Pada bulan September 2015, Pertamina telah meluncurkan dan memasarkan kemasan gas Elpiji non subsidi *Bright Gas* kapasitas 5,5 kg, 12 kg dan 220 gram yang diyakini lebih aman. *Bright Gas* 5,5 kg diluncurkan untuk melayani kebutuhan keluarga yang membutuhkan kemasan lebih ringan dan praktis, serta dengan harga yang sangat terjangkau. Dikatakan lebih aman karena kepala tabung dilengkapi katup yang mengadopsi teknologi katup ganda DSVS (*Double Spindle Valve System*) yaitu menggunakan dua pengaman atas dan bawah sehingga memiliki pengaman ganda untuk mencegah kebocoran gas Elpiji. Pemerintah melalui Badan Standarisasi Nasional (BSN) telah mengeluarkan standar SNI 1452:2011 yang menetapkan standar material, dimensi, produksi dan pengujian tabung *Bright Gas* 5,5 kg yang harus dipenuhi oleh produsen dengan maksud untuk mencegah kegagalan pengoperasian tabung gas oleh konsumen. Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah mengetahui tegangan dan keamanan tabung gas Elpiji *Bright Gas* kapasitas 5,5 kg pada berbagai tekanan internal melalui

perhitungan standar *ASME* dan simulasi *software Solid Work* serta membandingkannya dengan standar SNI 1452:2011. Dibutuhkan kajian keamanan terhadap kondisi eksisting tabung gas Elpiji *Bright Gas* kapasitas 5,5 kg untuk memverifikasi kesesuaiannya dengan standar SNI 1452:2011

METODOLOGI

Metodologi penelitian yang dilakukan secara garis besar adalah pengukuran dimensi tabung, pengujian spektrometri material tabung, perhitungan standar *ASME* dan simulasi tegangan dengan *software Solid Work*. Tahapan penelitian yang dilakukan secara garis besar diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Tabung “Bright Gas” 5,5 kg :

WC (Water Capacity)	: 13 Liter
Standar SNI	: 1452 : 2011
TW (Tube Weight)	: 7,1 Kg
Diameter Luar	: 235 mm
TP (Test Pressure)	: 31kg/cm ²
Bahan Tabung	: JIS G3116 SG-295
Tebal	: 2.3 mm
Produksi	: 09 Tahun 2016



Hasil Pengujian Spectrometri :

Tabel 1. Hasil pengujian *spectrometri* material tabung gas.

Komposisi Kimia	JIS G3116SG295	Hasil Pengujian
Carbon (C)	0.20 (Max)	0.149
Silicon (Si)	0.35 (Max)	0.202
Mangan (Mn)	1.00 (Max)	0.714
Phospor (P)	0.040 (Max)	0.009

Hasil Pengujian yang ditunjukkan pada tabel 1. memperlihatkan bahwa hasil uji komposisi kimia memiliki spesifikasi standar material baja karbon *JIS G3116 SG295* sesuai standar SNI 1452:2011.

Dibawah adalah table 2 data komposisi kimia, kekuatan tarik, luluh, dan regangan untuk standar material *Carbon Steel Type JIS G3116 SG295*.

Tabel 2. Standar material *Carbon Steel Type JIS G3116 SG295*

Symbol	Chemical composition				
	C	Si	Mn	P	S
	max	max	max	max	max
SG 295	0.20	0.35	1.00	0.040	0.040
Mechanical Properties			Hasil		
Yield point or proof stress			295 $\frac{N}{mm^2}$		
Tensile strength			440 $\frac{N}{mm^2}$		
Elongation			26 %		

Hasil Pengukuran Dimensi Tabung Gas :

Gambar 3 memperlihatkan lokasi pengukuran ketebalan *shell* tabung tabung gas dan tabel 3 menunjukkan hasil pengukuran ketebalannya.

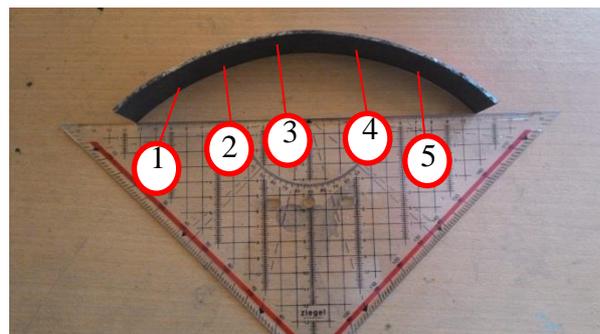


Gambar 3. Lokasi pengukuran ketebalan *shell* tabung gas

Tabel 3. Hasil pengukuran ketebalan *shell* tabung gas.

Posisi	Ketebalan "mm"
1	2,33
2	2,34
3	2,43
4	2,70
5	2,78
6	2,32
7	2,29
8	2,73
Rata-rata	2,49

Gambar 4 memperlihatkan lokasi pengukuran ketebalan *head* tabung tabung gas dan tabel 4 menunjukkan hasil pengukuran ketebalannya.



Gambar 4. Lokasi pengukuran ketebalan *head* tabung gas

Tabel 4. Hasil pengukuran ketebalan *head* tabung gas.

Posisi	Ketebalan "mm"
1	1,96
2	1,90
3	1,89
4	2,05
5	1,86
Rata-rata	1,96

Dari hasil pengukuran ketebalan *shell* dan *head* tabung gas menggunakan alat ukur jangka sorong *digital* memiliki ketebalan rata-rata 2,49 mm pada *shell* dan 1,96 mm pada *head*. Hasil pengukuran dibandingkan dengan standar SNI 1452:2011, yaitu memenuhi persyaratan ketebalan minimum sebesar 2,30 mm untuk *shell* dan 1,854 mm untuk *head*.

Perhitungan Ketebalan Tabung Gas :

Ketebalan minimum *shell* tabung (t) dihitung menggunakan persamaan standar SNI 1452 : 2011 dan ASME Section VIII sebagai berikut :

$$t = 2,5 \left(\frac{D_i}{R_m} \right)^{1/2} \quad (\text{SNI 1452: 2011})$$

$$t = 2,22 \text{ mm}$$

$$t = \left(\frac{P_h \times D_o}{2f \times P_h} \right) \quad (\text{SNI 1452: 2011})$$

$$t = 0,44 \text{ mm}$$

$$t_{\text{min}} = t + CA \quad (\text{SNI 1452: 2011})$$

Nilai t yang di ambil adalah nilai t yang terbesar yaitu sebesar 2,22 mm

$$t_{\text{min}} = t + CA$$

$$t_{\text{min}} = 2,22 \text{ mm} + 0,005$$

$$t_{\text{min}} = 2,225 \text{ mm}$$

Nilai t min yaitu 2,225 mm, maka di bulatkan menjadi 2,23 mm

Ketebalan minimum *shell* tabung gas :

$$t = \frac{P_d \times R}{S \times E + 0,4 \times P} \quad (\text{ASME Section VIII})$$

$$t = 0,218 \text{ cm}$$

$$t = 2,18 \text{ mm}$$

Ketebalan minimum *head* tabung gas :

$$t = \frac{P_d \times R}{2 \times S \times E + 0,8 \times P} \quad (\text{ASME Section VIII})$$

$$t = 0,20 \text{ cm}$$

$$t = 2,0 \text{ mm}$$

Perhitungan Tegangan Tabung Gas :

Stress in cylindrical shell

- $S_1 = \frac{PD}{4t}$ (ASME Section VIII)
- $S_2 = \frac{PD}{2t}$ (ASME Section VIII)

Longitudinal Stress : Hoop Stress :

$$S_1 = \frac{PD}{4t} \quad S_2 = \frac{PD}{2t}$$

$$S_1 = \frac{31 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 23,5 \text{ cm}}{4 \times 0,23 \text{ cm}} \quad S_2 = \frac{31 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 23,5 \text{ cm}}{2 \times 0,23 \text{ cm}}$$

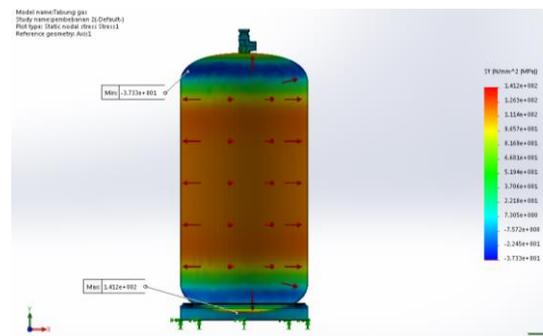
$$S_1 = 77,67 \text{ Mpa} \quad S_2 = 155,35 \text{ Mpa}$$

Simulasi Tegangan (Stress) dan Displacement Tabung Gas Dengan Software Solidwork :

Simulasi dimaksudkan untuk memverifikasi ketentuan standar SNI 1452:2011 tentang ketahanan uji tabung gas sebagai berikut :

- Ketahanan uji hidrostatik pada tekanan internal sebesar 31 kg/cm². Pada tekanan tersebut tidak boleh ada kebocoran serta tidak boleh terjadi perubahan bentuk. Ekspansi volume tetap yang terjadi tidak boleh lebih besar 10% dari volume awal.
- Ketahanan sampai pecah pada tekanan internal minimal sebesar 110 kg/cm². Tabung tidak boleh pecah dengan inisiasi pecahan berawal dari sambungan las.

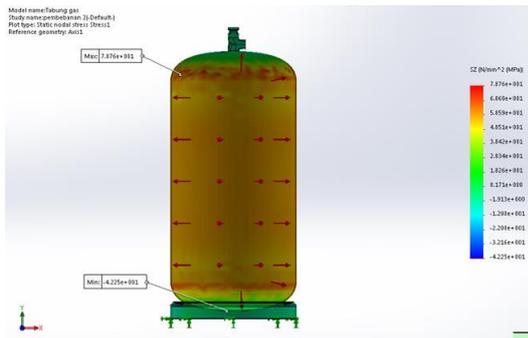
Tegangan pada *shell* tabung gas dalam arah *hoop* (*hoop stress*) dan *longitudinal* (*longitudinal stress*) pada beban statis tekanan internal sebesar 31 kg/cm² ditunjukkan pada gambar 5 dan 6. Simulasi tegangan ini dimaksudkan untuk memverifikasi uji ketahanan hidrostatik standar SNI 1452:2011.



Gambar 5. Tegangan *hoop stress* pada tekanan internal 31 kg/cm²

Tegangan maksimum *hoop stress* pada tekanan internal 31 kg/cm² adalah sebesar 141,2 MPa dibawah kekuatan *yield* material tabung gas sebesar 295 MPa, yang menunjukkan kondisi

tabung masih mengalami regangan elastis (aman).



Gambar 6. Tegangan *longitudinal stress* pada tekanan internal 31 kg/cm²

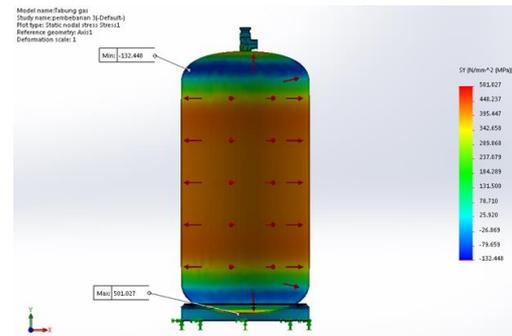
Tegangan maksimum *longitudinal stress* pada tekanan internal 31 kg/cm² adalah sebesar 78,76 MPa dibawah kekuatan *yield* material tabung gas sebesar 295 MPa.

Gambar 7. Memperlihatkan *displacement* pada tabung gas sebesar 0,3 mm pada tekanan internal sebesar 31 kg/cm². Jika diasumsikan terjadi ekspansi ukuran tabung yang sama dalam arah longitudinal dan radial, maka diperoleh prosentasi volume ekspansi tabung sebesar 2,6 %.



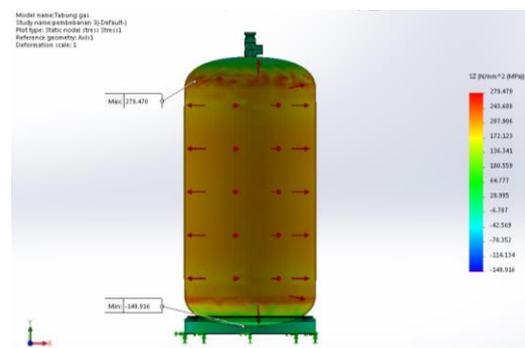
Gambar 7. *Displacement* pada tekanan internal 31 kg/cm²

Tegangan pada *shell* tabung gas dalam arah *hoop* (*hoop stress*) dan *longitudinal* (*longitudinal stress*) pada beban statis tekanan *internal* sebesar 110 kg/cm² ditunjukkan pada gambar 8 dan 9. Simulasi tegangan ini dimaksudkan untuk memverifikasi uji ketahanan sampai pecah standar SNI 1452:2011.



Gambar 8. Tegangan *hoop stress* pada tekanan internal 110 kg/cm²

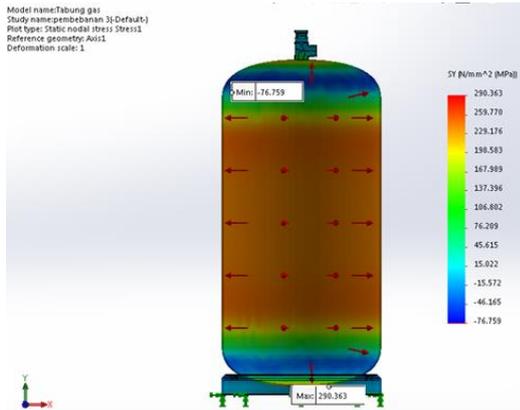
Tegangan maksimum *hoop stress* pada tekanan internal 110 kg/cm² adalah sebesar 501,02 MPa diatas kekuatan *ultimate* material tabung gas sebesar 440 MPa, yang menunjukkan kondisi tabung mengalami pecah.



Gambar 9. Tegangan *longitudinal stress* pada tekanan internal 110 kg/cm²

Tegangan maksimum *longitudinal stress* pada tekanan internal 110 kg/cm² adalah sebesar 279,47 MPa dibawah kekuatan *yield* material tabung gas sebesar 295 MPa.

Gambar 10 menunjukkan simulasi tegangan elastis kritis sebesar 295 Mpa yang terjadi pada tabung gas yang sama dengan kekuatan *yield* materialnya. Dari perhitungan diperoleh tegangan elastis kritis tersebut terjadi pada tekanan internal sebesar 63,749 kg/cm².



Gambar 10. Tegangan elastis kritis pada tabung gas

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran ketebalan dan pengujian spektrometri material tabung gas serta simulasi tegangan menggunakan *software Solidwork*, maka dapat disimpulkan bahwa ketebalan *shell* dan *head* tabung gas diatas ukuran ketebalan yang ditetapkan dalam standar SNI 1452:2011, pada tabel 5.

Tabel 5 Ketebalan tabung gas

Standar SNI 1452:2011		Pengukuran Langsung		Perhitungan Standar ASME	
Head(mm)	Badan (mm)	Head(mm)	Badan (mm)	Head(mm)	Badan (mm)
1,854	2,30	1,96	2,49	2,0	2,18

Pengujian spektrometri material tabung gas yang telah dilakukan diperoleh komposisi kimia material yang sangat mendekati kepada baja karbon *JIS G3116 SG295* yang ditetapkan dalam standar SNI 1452:2011.

Simulasi tegangan menggunakan *software solidwork* dengan acuan input data ukuran

tabung hasil pengukuran dan spesifikasi material *JIS G3116 SG295* menghasilkan tegangan maksimum yang terjadi pada tabung gas sebesar 141,2 MPa pada tekanan internal 31 kg/cm² (verifikasi uji ketahanan hidrostatik SNI 1452:2011) dan sebesar 501,02 MPa pada tekanan internal 110 kg/cm² (verifikasi uji ketahanan pecah SNI 1452:2011). *Factor of Safety (FOS)* tabung gas pada tekanan internal 31 kg/cm² adalah sebesar 2,1 dengan persentase ekspansi volume tabung gas sebesar 2,6%. Tegangan elastis kritis sebesar 295 MPa (sama dengan *yield strength JIS G3116 SG295*) terjadi pada tekanan internal 63,749 kg/cm². Kesimpulannya adalah kondisi tabung gas Elpiji *Bright Gas* kapasitas 5,5 kg yang dioperasikan pada tekanan internal gas elpiji sebesar 18,6 kg/cm² (*hoop stress* 82,65 MPa dan *FOS* 3,6) memenuhi standar SNI 1452:2011.

DAFTAR PUSTAKA

Paul, Buthod 2001. *Pressure Vessel Hand Book*, Pressure Vessel Publishing, Inc.
SNI 1452 : 2011. 2017. *Tabung Baja LPG*. Badan Standarisasi Nasional.
Mulyanti, Juriah, Susanto, E.Putra, TA. 2012. *Karakterisasi Kekuatan Material Tabung Gas Elpiji 3 Kg Standar SNI dan Non-SNI*, Jurnal teknik, 2.
Tarmizi, Latifah, Sri Mulyati. 2012. *Analisa Kegagalan Tabung Gas LPG Kapasitas 3 Kg*. Jurnal Riset Industri Vol. VI No.1, 2012, Hal 61-74