

ANALISIS KEKUATAN TABUNG GAS LPG DENGAN BAHAN BAJA SG295 DAN KOMPOSIT MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

*Fahrizal Ega Ferri Anis¹, Sulardjaka²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: fahrizalmechanic@gmail.com

Abstrak

Semakin berkembangnya pola kehidupan masyarakat dewasa ini, maka masyarakat konsumen menuntut adanya penyediaan tabung gas LPG yang lebih aman dan terjaminnya perlindungan konsumen. Permasalahannya adalah kualitas dan kinerja tabung gas LPG 3 kg yang kurang memenuhi standar dan keselamatan bagi konsumen. Terutama disebabkan dengan beredarnya tabung gas LPG ilegal yang tidak memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI 1452:2007) ICS 23.020.30 Badan Standarisasi Nasional (BSN) yang berakibat pada keselamatan konsumen.

Dari hasil analisis tegangan yang terjadi pada tabung LPG 3 kg menggunakan material SG295 dan komposit GFRP, didapatkan tegangan *von mises*. Pada komposit GFRP dilakukan variasi orientasi serat yaitu: (0,0,0), (0,90,0), (0,45,0), (0,45,90), dan (0,90,45) dan didapatkan tegangan maksimum. Dalam laporan ini juga didapatkan faktor keamanan dan berat rasio komposit.

Kata Kunci : LPG 3 kg, tegangan, metode elemen hingga, komposit, faktor keamanan.

Abstract

The improvement of society's patterns of life make consumer demand the supply of safer and secure LPG gas cylinder. Problems occur when quality and work of LPG gas cylinder not meet the safety standard of consumer. This mainly because the spread of illegal LPG gas cylinder that is not meet the Standar Nasional Indonesia (SNI 1452:2007) ICS 23.020.30 from Badan Standarisasi Nasional (BSN) that is impacted on the safety of consumer.

From stress analysis that happened in LPG 3 kg gas cylinder using SG295 material and GFRP composite, von misestension was found. In GFRP composite, variation in fiber: (0,0,0), (0,90,0), (0,45,0), (0,45,90), dan (0,90,45) is done and maximum voltage was got. On this report also found a safety factor and the amount of composite ratio.

Key words: 3kg LPG, stress, finite element method, composite, safety factor

1. Pendahuluan

Pada tahun 1994 produksi minyak bumi Indonesia mencapai puncak tertingginya lalu setelah itu terus menurun sampai sekarang sehingga jika tidak adanya cadangan minyak baru, maka dalam dua belas tahun lagi minyak bumi di Indonesia akan habis. Menurunnya produksi minyak dikarenakan eksploitasi berlebihan terhadap sumber energi fosil, sementara sumber energi terbarukan tidak mendapat perhatian. Saat ini negara Indonesia merupakan salah satu negara yang sangat tergantung dari negara lain untuk mencukupi kebutuhan energinya. Hal ini berdampak pada besarnya anggaran yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan energi tersebut [1].

Solusinya, pemerintah Indonesia melakukan program konversi bahan bakar minyak tanah ke bahan bakar LPG dimulai sejak 2007. Hal ini dikarenakan Negara Indonesia mempunyai cadangan bahan bakar minyak tanah yang relatif sedikit dibandingkan bahan bakar gas. Seiring dengan kenaikan harga minyak dunia, pemerintah Indonesia dengan program konversi bahan bakar tersebut dipercepat, yang pelaksanaan pekerjaannya dilakukan oleh Pertamina. Hal ini berdampak pada kebutuhan pengadaan tabung gas LPG 3 kg yang meningkat, dalam perkembangannya banyak tabung gas LPG 3 kg yang beredar tidak sesuai dengan standar. Sementara itu kontrol kualitas pada tabung gas LPG 3 kg secara umum kurang diperhatikan sehingga banyak kejadian produk tabung gas LPG 3 kg mengalami kerusakan seperti bocor dan meledak.

Semakin berkembangnya pola kehidupan masyarakat dewasa ini, maka masyarakat konsumen menuntut adanya penyediaan tabung gas LPG yang lebih aman dan terjaminnya perlindungan konsumen. Permasalahannya adalah kualitas dan kinerja tabung gas LPG 3 kg yang kurang memenuhi standar dan keselamatan bagi konsumen. Terutama disebabkan dengan beredarnya tabung gas LPG ilegal yang tidak memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI1452:2007) ICS 23.020.30 Badan Standarisasi Nasional (BSN) yang berakibat pada keselamatan konsumen [2].

Pada penelitian ini diambil suatu kasus pengaruh perilaku statis yang terjadi pada tabung LPG 3 kg yang menggunakan material berbeda, logam dan komposit. Variasi material komposit dipakai karena sifatnya memiliki kenggulan tersendiri dibanding variasi material yang lainnya. Komposit memiliki sifat yaitu kekuatan bisa diatur, memiliki kekuatan lelah (*fatigue*) yang baik, memiliki kekuatan jenis (*strength/weight*) yang tinggi dan tahan korosi. Analisis menggunakan metode elemen hingga dengan *software* ABAQUS menghasilkan distribusi *von Mises stress*.

2. Model Metode Elemen Hingga pada Tabung Lpg 3 Kg

2.1 Tabung Gas LPG 3 Kg

Pada simulasi ini menggunakan tabung gas LPG 3 kg sesuai Standart Nasional Indonesia (SNI 1452:2007). Penggunaan dan pengadaan kemasan tabung 3 Kg dilakukan untuk mempermudah pengguna dalam melakukan pembelian refill di muka, hal ini dikarenakan uang atau biaya yang dibelanjakan tidak sebesar jika menggunakan kemasan tabung Elpiji (LPG) yang lebih besar.

Tabung gas LPG 3 kg termasuk tipe bejana tekan berdinding tipis. Pada sebuah bejana tekan berdinding tipis dengan jari-jari r dan tebal t ($t < r$) dan bejana terkena tekanan internal sebesar p yang mengakibatkan tegangan pada dinding yang perlu untuk diketahui besarnya. Diketahui bahwa $t < r$ maka tegangan kearah radial dapat diabaikan, dan tegangan pada dinding bejana seragam, maka terdapat dua tegangan yang saling tegak lurus.

Pertama bejana dipotong sejajar dengan sumbu longitudinalnya. Karena terkena tekanan internal, maka pada area πr^2 dengan tekanan konstan sebesar p . Jika tegangan longitudinal σ_x konstan sepanjang dinding, maka persamaan keseimbangannya menjadi

$$\sigma_x 2\pi r t - p\pi r^2 = 0 \quad (1)$$

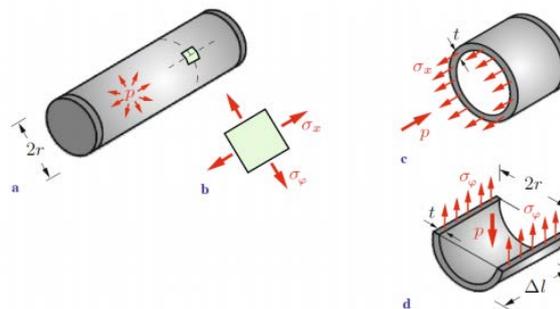
$$\sigma_x = \frac{pr}{2t} \quad (2)$$

Seperti pada Gambar 2.9, sekarang dipotong setengah lingkaran dengan panjang Δl . Bagian horizontal dari dinding terkena tegangan circumferencial σ_ϕ yang juga konstan terhadap ketebalan dinding, tegangan ini beraksi terhadap gaya $p2r\Delta l$ yang berasal dari tekanan internal, persamaan kesetimbangan pada arah vertikal menjadi

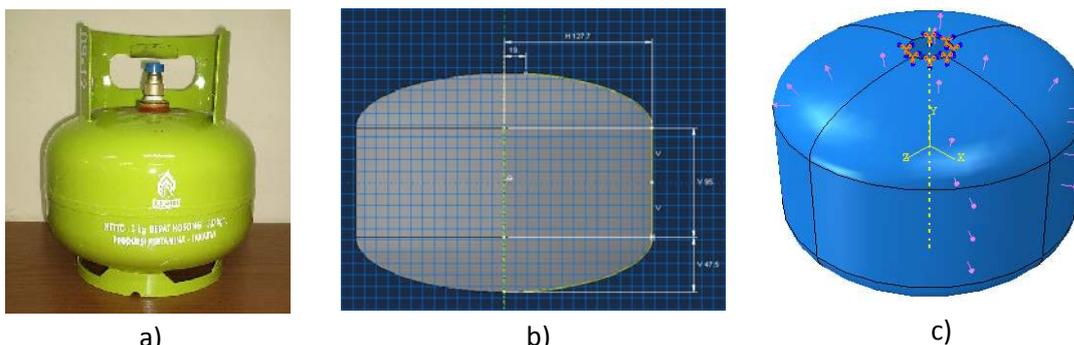
$$2\sigma_\phi t\Delta l - p2r\Delta l = 0 \quad (3)$$

$$\sigma_\phi = \frac{pr}{t} \quad (4)$$

Terlihat bahwa tegangan sirkumferensial dua kali dari tegangan longitudinal, itulah mengapa bejana tekan terkena tekanan internal gagal karena retak pada arah longitudinal, maka sebab itu perhitungan desain bejana tekan menggunakan tegangan sirkumferensial sebagai dasarnya [3].



Gambar 1. Diagram benda bebas bejana tekan [3]



Gambar 2. Tabung LPG 3 kg: a) (SNI 1452:2007), b) parameter geometri, c) kondisi batas dan *load*

2.2 Pendefinisian Material

Material yang digunakan dalam simulasi ini adalah *Steel Gas* SG295 dan komposit GFRP (*Glass Fiber Reinforce Plastic*). GFRP dipilih karena memiliki keunggulan diantaranya: *tensile strength* yang cukup tinggi, *stiffness* rendah, resistan terhadap panas dan tahan korosi. Data *properties* material dapat dilihat berturut-turut pada Tabel 1.

Tabel 1. Data *properties* material SG295 dan GFRP

material	E ₁	E ₂	E ₃	G ₁₂ =G ₁₃	G ₂₃	v ₁₂ =v ₁₃	v ₂₁	v ₂₃	ρ
GFRP	46,3 GPa	11,6 GPa	11,6 GPa	4,28 GPa	4,18 GPa	0,25	0,062	0,39	2301 (Kg/cm ³)
SG295	14,75 (MPa)					0,3			7870 (Kg/cm ³)

2.3 Tipe analisis yang digunakan dan meshing

Pada jurnal ini menggunakan beberapa parameter untuk memudahkan dalam melakukan simulasi. Geometri tabung gas LPG 3 kg sesuai Standart Nasional Indonesia (SNI 1452:2007) tanpa katup, pegangan tangan, dan dudukan kaki. Dalam simulasi ini juga menggunakan kondisi batas yaitu tumpuan jepit pada katup. *Load* sebesar 6bar diterapkan dari dalam dinding tabung yang merepresentasikan tekanan hidrostatik dari fluida lpg didalamnya. Gambar 2.2 C menjelaskan kondisi batas dengan panah biru kuning dan panah merah muda merupakan tekanan hidrostatik fluida.

Tabung gas lpg 3 kg termasuk bejana tekan berbinding tipis. Oleh karena itu, maka meshing yang digunakan adalah shell 8 node quadrilateral. Hal ini menghasilkan model yang memiliki jumlah nodal 5853, jumlah elemen 1982, dan tipe elemen S8R.

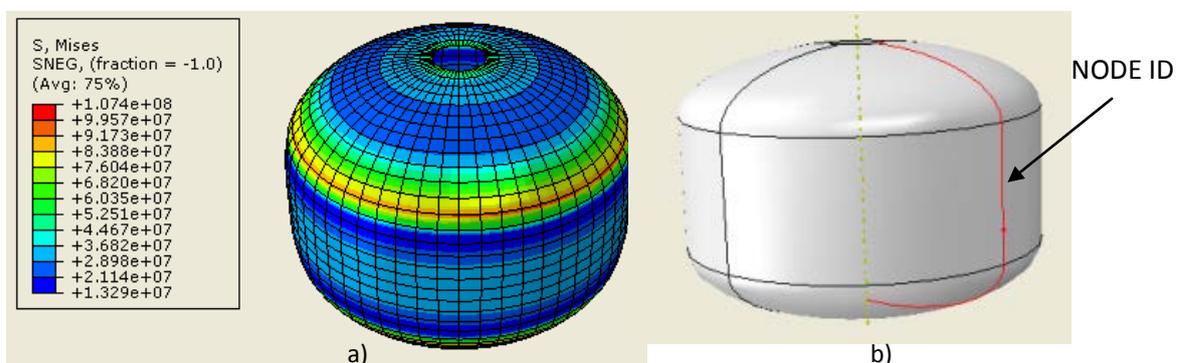
3. Hasil Analisis dan diskusi

Pada kasus analisis kekuatan tabung gas LPG bahwa analisis tegangan dilakukan dengan memperhatikan tegangan maksimal yang terjadi. Tegangan maksimal yang terjadi (σ_e) sebaiknya berada dibawah yield strengtl (σ_y) dari material tersebut. Untuk analisis kekuatan struktur dilakukan dengan menggunakan kriteria kegagalan berdasarkan teori energi distorsi maksimum (*von misses*) sebab material penyusun struktur merupakan material ulet. Analisis kekuatan struktur yang berupa perhitungan *safety factor* akan ditampilkan pada setiap analisis yang dilakukan. Perhitungan *safety factor* menggunakan persamaan, yaitu :

$$SF = \frac{\sigma_y}{\sigma_e} \quad (5)$$

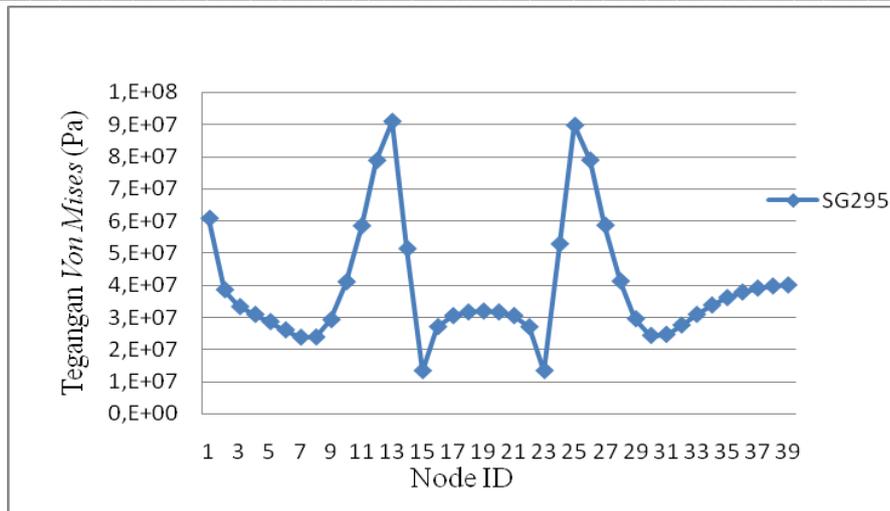
3.1. Analisis Pembebanan Statis Pada Tabung Gas LPG 3 kg Dengan Material SG295

Pada pembebanan statis yang dilakukan didapatkan bahwa tegangan *von misses* terbesar yang terjadi yaitu sebesar 107,4 MPa. Dari data material struktur, *yield strength* pada material ini sebesar 295 MPa sehingga *safety factor* pada komponen ini lebih dari satu. Menggunakan persamaan (3.1) *safety factor* yang didapat sebesar 2,74. Hal ini berarti komponen tidak akan mengalami kegagalan bila diberi beban statis ini.



Gambar 3. LPG 3kg material SG295: a) distribusi tegangan *von misses*, b) Letak node untuk distribusi tegangan,

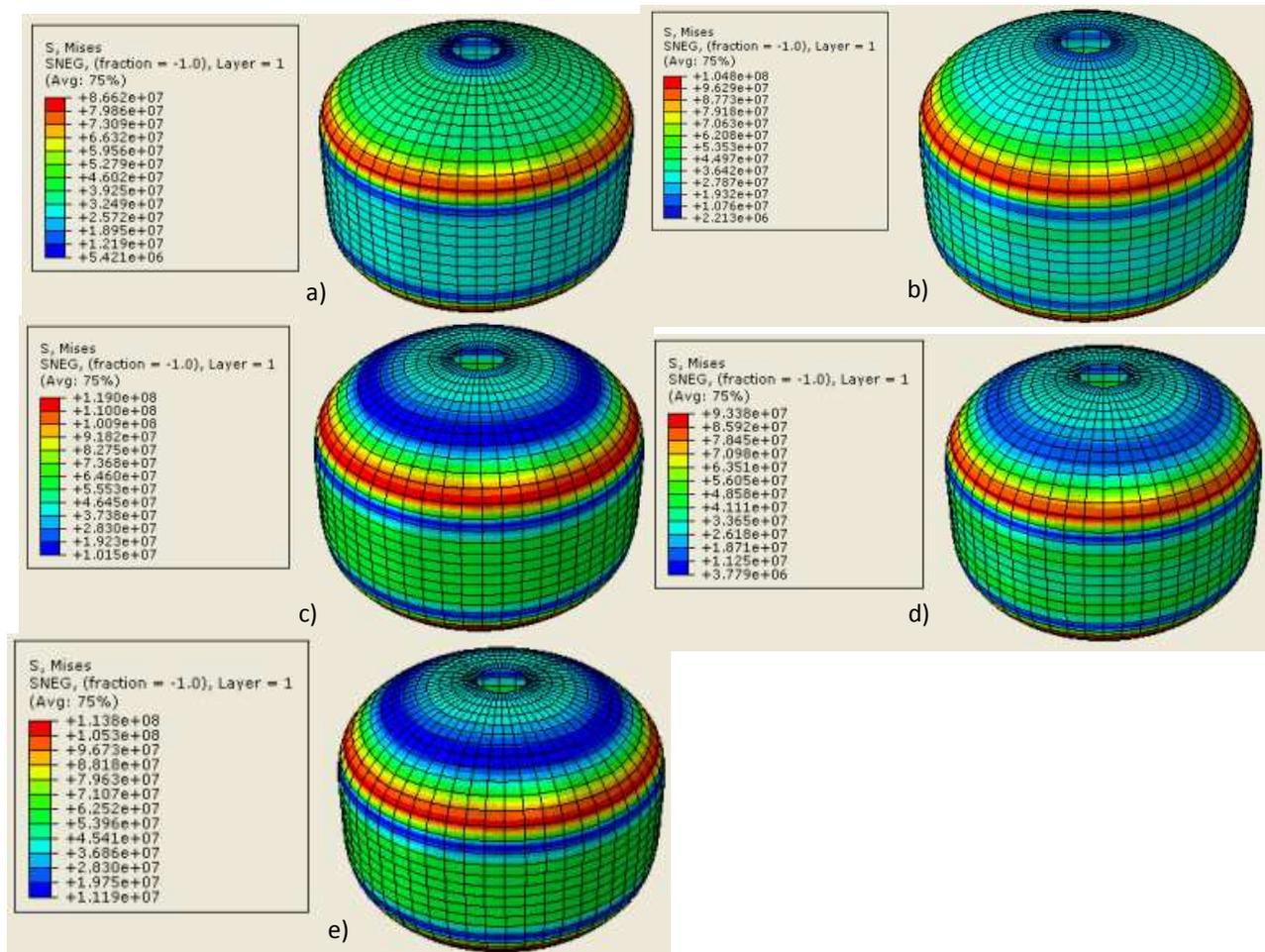
Pada pengujian ini didapatkan juga distribusi tegangan secara vertikal badan tabung LPG. Dengan adanya data tersebut dapat dilihat ada tidaknya konsentrasi tegangan yang tentunya berpengaruh negatif terhadap kualitas produk. Jika terdapat konsentrasi tegangan dilakukan redesain untuk menghilangkan fenomena tersebut. Distribusi tegangan dapat dilihat pada Gambar 3.b. Berdasarkan Gambar 4 terlihat jelas bahwa tegangan Von Mises tertinggi terdapat pada no. Node ID 13 yang terletak pada batas antara kepala ellipsoidal tabung dan badan tabung. Tegangan Von Mises terendah terdapat pada no Node ID 23.



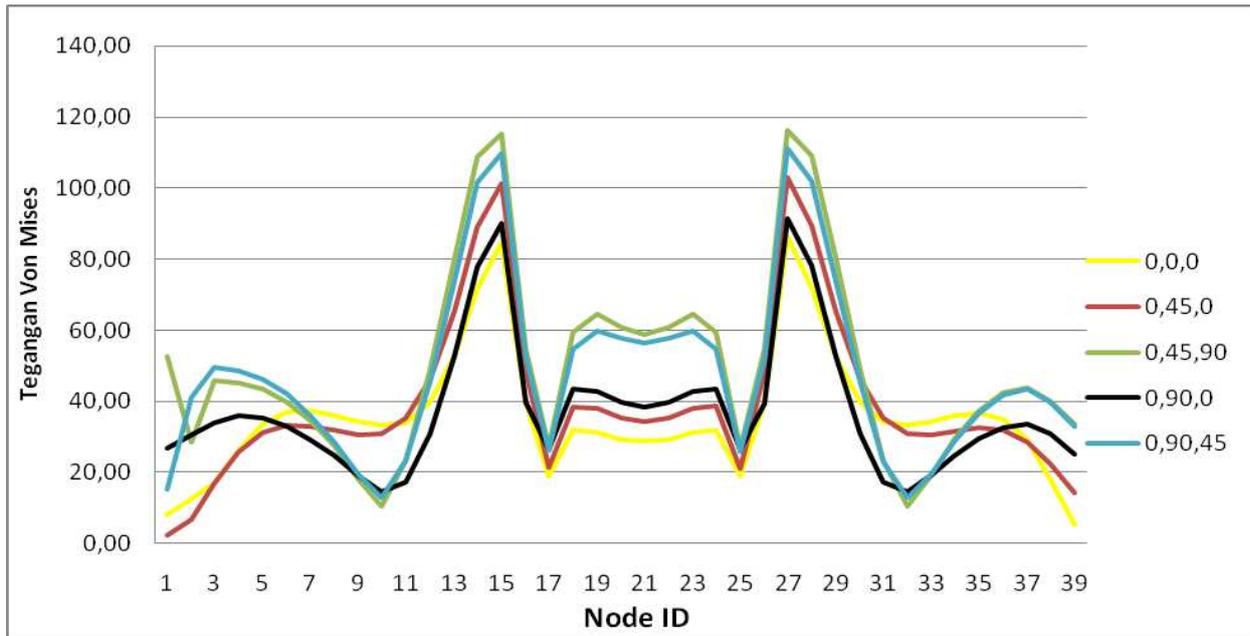
Gambar 4. Grafik distribusi tegangan SG295

3.2. Analisis Pembebanan Statis Pada Tabung Gas LPG 3 kg Dengan Material *Glass Fiber Reinforced Plastic*

Dalam simulasi ini terdapat variasi *integration angle ply composite*. Variasinya adalah *unidirectional* (0,0,0), (0,90,0), (0,45,0), (0,45,90), dan (0,90,45). Pada Gambar 5 dapat dilihat distribusi tegangan setelah dilakukan simulasi statis terhadap tabung gas LPG 3 kg dengan material GFRP. distribusi tegangan tidak merata dan terjadi pemusatan tegangan pada batas antara kepala ellipsoidal dengan badan tabung pada sumbu X. Untuk lebih jelasnya terlihat pada grafik distribusi tegangan pada gambar 6.



Gambar 5. Distribusi tegangan *von misses* pada struktur tabung gas perlakuan pembebanan statis material GFRP : (a)UD, (b)0,45,0, (c)0,90,0, (d)0,45,90, (e)0,90,45



Gambar 6. Distribusi tegangan Von Mises setiap material

Pada Gambar 5 menunjukkan distribusi tegangan *Von Mises* pada simulasi analisis statis tabung gas LPG 3 kg dengan material GFRP variasi orientasi penguat serat fiber. Distribusi tegangan pada setiap variasi hampir sama dan terdapat tegangan terpusat pada bagian antara kepala tabung dan badan tabung di No Node 13. Grafik tegangan von mises pada node yang sudah ditentukan sebelumnya ditunjukkan pada Gambar 6. Pada orientasi penguat dengan sudut 0,0,0 memiliki tegangan *Von Mises* terkecil yaitu senilai 62,02 MPa. Sedangkan orientasi penguat dengan sudut 0,90,45 memiliki tegangan *Von Mises* terbesar yaitu senilai 115 MPa. Berturut-turut orientasi penguat dengan tegangan *Von Mises* dari terbesar ke terkecil adalah (0,45,90), (0,90,45), (0,45,0), (0,90,0), dan (0,0,0) senilai 115 MPa, 110 MPa, 101 MPa, 90 MPa, dan 84,4 MPa.

Untuk mengetahui keamanan tabung LPG 3 kg dengan material GFRP, dapat dilihat dengan menggunakan ketiga syarat teori tegangan maksimum.

Syarat 1 :
$$\sigma_X < \frac{X}{\cos^2 \theta} \tag{6}$$

Syarat 2 :
$$\sigma_X < \frac{Y}{\sin^2 \theta} \tag{7}$$

Syarat 3 :
$$\sigma_X < \frac{S}{\sin \theta \cdot \cos \theta} \tag{8}$$

Keterangan :

X = Kekuatan Tarik arah longitudinal = $1,01 \times 10^9$ Pa

Y = Kekuatan Tarik arah transversal = 103×10^6 Pa

S = Kekuatan Geser = $51,4 \times 10^6$ Pa

Tabel 2. syarat teori tegangan maksimum

Sudut (α)	Syarat 1 (Pa)	Syarat 2 (Pa)	Syarat 3 (Pa)
45	2,E+09	2,E+08	1,E+08
90	∞	1,E+08	∞

Tabel 3. Tegangan sirkumferensial/ S22/ σ_X

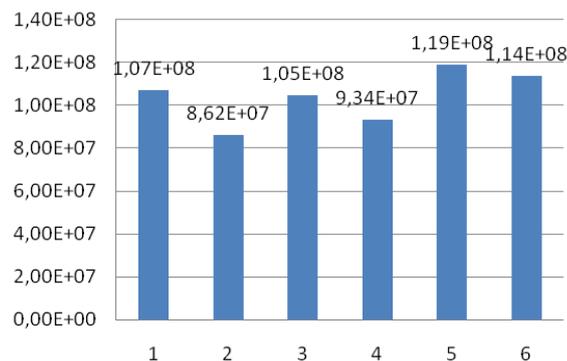
Sudut orientasi	Sirkumferensial stress/ S22/ σ_X (Pa)
UD	4,53E+07
0,45,0	4,87E+07
0,90,0	3,67E+07
0,45,90	4,55E+07
0,90,45	3,96E+07

3.3. Perbandingan Analisis Pembebanan Statis Pada Tabung Gas LPG 3 kg Antara Material SG295 Dengan GFRP

Pada simulasi ada dua material yang digunakan, yaitu SG295 dengan GFRP (*Glass Fiber Reinforced Plastic*). Perbandingan ini dimaksudkan untuk mengetahui material mana yang mempunyai karakteristik material yang lebih bagus untuk aplikasi pada tabung gas LPG 3 kg. Bagus dalam hal ini adalah dalam segi tegangan maksimum yang terjadi.

Tabel 4. Perbandingan tegangan Von Mises dan rasio berat pada material SG295 dan GRFP

No	Material	MAX VON MISES (Pa)	Rasio Berat (kg)
1	SG295	1,07E+08	3,668
2	0,0,0	8,62E+07	0,92
3	0,45,0	1,05E+08	0,92
4	0,90,0	9,34E+07	0,92
5	0,45,90	1,19E+08	0,92
6	0,90,45	1,14E+08	0,92



Gambar 7. Grafik Perbandingan tegangan *Von Mises*

Gambar menunjukkan tabung gas LPG dengan bahan SG295 memiliki tegangan *von mises* paling tinggi senilai 1,07E+08 pascal sedangkan material komposit GFRP dengan orientasi penguat serat (0,0,0) memiliki tegangan *von mises* terendah senilai 8,62E+07 pascal. Disamping memiliki tegangan *von mises* yang rendah komposit memiliki rasio berat yang lebih rendah senilai 0,92 kg, material SG295 memiliki rasio berat senilai 3,6 kg..

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan Tabel 4 material GRFP lebih baik karakteristik materialnya dengan nilai tegangan maksimum Von Mises sebesar 86,2 MPa. Material SG295 masih dalam kondisi aman karena mempunyai safety factor senilai 2,74 dan tegangan *Von-Mises* senilai 107 MPa. Simulasi yang dilakukan dengan variasi orientasi penguat serat didapat hasil material GRFP (0,0,0) memiliki tegangan Von Mises lebih kecil senilai 86,2 MPa dan GRFP (0,45,90) memiliki tegangan *Von Mises* lebih besar senilai 119 MPa. Tegangan longitudinal atau S22 digunakan untuk menyatakan aman tidak nya material komposit GFRP.

Untuk simulasi yang mendekati nyata dibutuhkan geometri tabung gas LPG 3kg yang lebih spesifik dengan menambahkan pegangan tangan, dudukan tabung, *valve* dan sambungan lasan. Simulasi selanjutnya diharapkan menggunakan metode simulasi yang lebih optimal dengan menambahkan fitur *winding angel* pada material komposit yang akan digunakan.

5. Daftar Pustaka

- [1] Juliaptini, Devinta. 2010. Analisa Sifat Mekanik Dan Metalografi Baja Karbon Rendah untuk Aplikasi Tabung Gas LPG 3 Kg. Skripsi. Jakarta:Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah
- [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
- [3] Gross, Dietmar, Werner, Hauger, Jorg Schroder, Wolfgang, A. wall, Javier Bonet. 2011. Engineering Mechanics 2. Springer. Berlin