

ANALISA TEGANGAN PADA SHELL SPHERI-CAL PRESSURE VESSEL LIQUIFIED PETRO-LEUM GAS (LPG) DENGAN KAPASITAS 3000 MT

Edy Yusuf¹, Yasir Amani², Muhammad Iqbal Suhada³
Program Studi Teknik Mesin, Universitas Malikussaleh,
Jl. Batam, Lhokseumawe 24352, Indonesia
email: Edy.yusuf@unimal.ac.id

Abstrak

Bejana tekan merupakan suatu tempat untuk menampung atau menyimpan suatu fluida bertekanan. Konsentrasi tegangan dan diskontinuitas tegangan pada bagian pertemuan *shell dan head*. Oleh karena itu, bagian – bagian kritis tersebut perlu mendapatkan perhatian khusus, agar konsentrasi tegangan dan diskontinuitas tegangan yang terjadi tidak mengakibatkan kegagalan pada struktur. Bejana tekan memiliki bentuk yang beragam, yang umum antara lain bejana tekan *spherical, vertikal, dan horixontal*. *Software* yang digunakan adalah Pv Elite 2019 dengan metode elemen hingga didalamnya. Penelitian kali ini bejana tekan yang akan dianalisis adalah *spherical pressure vessel* LPG berkapasitas 3000MT, dengan tujuan untuk melihat perbandingan kedua material yang digunakan yaitu pada material SA 537 class 2 dan SA 516 gr 70, melakukan evaluasi *stress* secara analitik maupun dengan simulasi sesuai dengan kode standar ASME Section viii Divisi 2 dan perhitungan lainnya seperti perhitungan ketebalan, perhitungan *maximum allowable working pressure* (MAWP), perhitungan tegangan. Hasil yang diperoleh dari perhitungan ketebalan *shell* dengan material SA 537 CLASS 2 dengan nilai sebesar 43.09 mm, sedangkan dengan material SA 516 GR 70 dengan nilai sebesar 56.06 mm. Nilai MAWP pada material SA 537 CLASS 2 diperoleh nilai sebesar 1.887 Mpa, sedangkan dengan material SA 516 GR 70 diperoleh sebesar 1.436 Mpa. Dan nilai tegangan yang diperoleh pada material SA 537 CLASS 2 sebesar 214.64 Mpa, dan pada material SA 516 GR 70 diperoleh sebesar 165.79 Mpa. Semakin besar *allowance stress maximum* nya maka semakin kecil kebutuhan material yang dibutuhkan, dari kedua material tersebut yang lebih efisien dan ekonomis adalah material SA 537 CLASS 2. Tegangan pada bejana tekan ini hanya memiliki tegangan tangensial, dianggap valid karena dari perhitungan tersebut tidak melebihi *allowance stress maximum*.

Kata Kunci – *Pressure Vessel, Spherical, Pv Elite, Tegangan, shell*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penyimpanan fluida bertekanan semakin lama semakin meningkat, hal ini disebabkan karena kebutuhan manusia semakin meningkat dan perkembangan industri semakin banyak. Salah satu cara untuk menyimpan minyak dan gas adalah menggunakan bejana tekan. Dalam analisis ini adalah bejana tekan yang berbentuk spherical (bola) biasanya digunakan untuk menyimpan lpg. Lpg adalah liquified petroleum gas yang berarti bahan bakar gas yang dicairkan agar dapat disimpan kedalam bejana tekan spherical (bola) dengan jumlah yang besar (Syukur, 2011).

Menurut Sujatmika dan Endra (2005) telah diketahui bahwa klorida menyebabkan korosi tegangan pada stainless steel demikian juga pemakaian kaustik dapat menyebabkan korosi tegangan retak pada baja karbon (Endra Sujatmika, 2005). Sehingga pemilihan material sangat penting dalam penelitian ini. Untuk menghindari terjadinya kegagalan, kita bisa melihat acuan American Society of Mechanical Engineers atau dikenal dengan ASME (American Society of Mechanical Engineers, 2017). Bejana tekan merupakan suatu tempat untuk menampung atau menyimpan suatu fluida bertekanan. Bejana tekan dirancang agar mampu menampung atau menyimpan fluida cair maupun gas atau bahkan keduanya yang memiliki tekanan dan temperatur yang berbeda-beda (Aprianto, N., S, E. S., Satria, 2015).

Menurut (Aziz et al., 2014) bejana tekan dibuat sesuai dengan ASME Boiler & Pressure Vessel Code Sec, VIII Divisi 1, Divisi 2 atau Divisi 3, atau pressure vessel kode lain yang diakui, atau telah disetujui oleh pihak yang berwenang. Adapun komponen - komponen dari suatu bejana tekan, terdiri dari beberapa bagian utama seperti ; dinding (shell), kepala (head), lobang orang/lubang pembersih (manhole), nosel - nosel (nozzles),udukan penyangga (support) dan aksesoris lainnya yang digunakan sebagai alat pendukung, baik komponen yang berada didalam maupun luar, sebagai suatu alat proses pemisahan dan penampung, baik untuk pemisah minyak mentah, air dan gas atau fluida lainnya yang akan dipisahkan dalam bejana tekan ini juga akan mengendap secara grafitasi didalam bejana tekan tersebut sehingga terpisah secara sendirinya (Rodiawati et al., 2013).

Tujuan penelitian : (1) Menganalisis nilai tegangan maksimum yang diijinkan pada desain Pressure Vessel ; (2) Untuk mengetahui pengaruh ketebalan pada Pressure Vessel ketika menggunakan material SA-537 Class 2 dan SA- 516 Gr 70 ; (3) Untuk mengetahui pengaruh tegangan pada Pressure Vessel ketika terjadi variasi material yang berbeda; (4) Dapat menganalisa bejana tekan menggunakan bantuan software Pv Elite 2019.

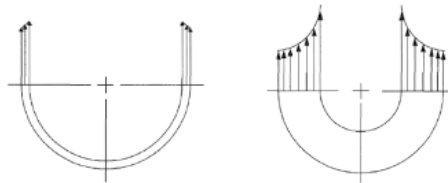
2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Bejana Tekan (*Pressure Vessel*)

Pressure Vessels digunakan secara luas untuk berbagai aplikasi industri yang mencakup bahan kimia, farmasi, makanan dan minuman, minyak dan bahan bakar, industri nuklir, dan industri plastik. *Pressure Vessel* dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis berdasarkan konstruksi dan bentuk, ukuran dan penggunaannya (Yudi, 2013). Untuk bejana tekan berbentuk bola, biasanya digunakan untuk menyimpan bahan bakar gas seperti lpg. Bentuk ini digunakan untuk menahan tekanan tinggi pada gas. Selain itu, bejana tekan jenis ini juga memiliki jumlah perbandingan luas permukaan dengan volume yang lebih kecil dibandingkan bejana tekan jenis silinder .

Berdasarkan dimensi dinding, bejana tekan dapat dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Bejana tekan dinding tebal, yang memiliki ketebalan *shell* lebih dari $1/20$ diameter *shell*.
2. Bejana tekan dinding tipis, yang memiliki ketebalan *shell* kurang dari $1/20$ diameter *shell*.



Gambar 1. Bejana tekan dinding tipis dan tebal

2.2. Klasifikasi Bejana Tekan (*Pressure Vessel*)

Klasifikasi bejana tekan dibagi menurut posisi atau tata letak bejana tekan terdiri dari dua (2) macam posisi yaitu (Megyesy, 1983):

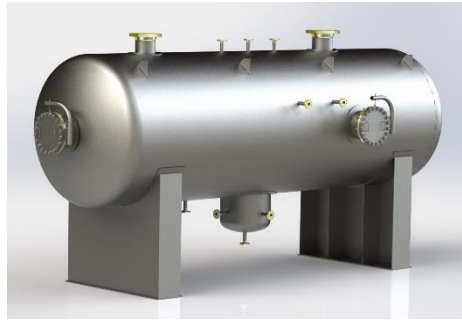
1. Posisi *Vertical*



Gambar 2. *Pressure Vessel Vertical*

Posisi vertical yaitu posisi tegak lurus terhadap sumbu netral axis, dimana posisi ini banyak digunakan di dalam instalasi anjungan minyak lepas pantai (*offshore*), yang tidak mempunyai tempat yang tidak begitu luas.

2 Posisi *Horizontal*



Gambar 3. *Pressure Vessel Horizontal*

Bejana tekan posisi *horizontal* banyak ditemukan dan digunakan pada ladang sumur minyak di daratan karena mempunyai kapasitas produksi yang lebih besar.

2.3. Spesifikasi Material

1. SA -537 Class 2

Material ini adalah jenis pelat yang terbuat dari campuran karbon, mangan dan silikon. Pelat jenis ini sering dipakai untuk perancangan pressure vessel, boiler dan heat exchanger oleh perusahaan oil and gas. Untuk spesifikasi material SA 537 Class 2 dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut:

Tabel 1. Data Material SA-537 Class 2

Section VIII, Division 2 Wall Thickness Comparison

SA 537 Class 2, ≤ 2.5 in, SMYS=60 ksi, SMTS=80 ksi, SMYS/SMTS=0.75

Temperature (°F)	2004 Edition, 2006 Addenda		2007 Edition		Reduction in Wall Thickness (%)
	Allowable Stress (ksi)	Wall Thickness (in)	Allowable Stress (ksi)	Wall Thickness (in)	
100	26.7	1.145	33.3	0.915	20.1
150	26.7	1.145	33.3	0.915	20.1
200	26.7	1.145	33.3	0.915	20.1
250	26.7	1.145	33.3	0.915	20.1
300	26.7	1.145	33.3	0.915	20.1
350	26.7	1.145	33.3	0.915	20.1
400	26.7	1.145	33.3	0.915	20.1
450	26.7	1.145	32.6	0.935	18.4
500	26.7	1.145	32.0	0.952	16.8
550	26.6	1.149	31.4	0.971	15.5
600	26.4	1.158	30.8	0.990	14.5
650	26	1.176	26.0	1.176	0.0
700	24.3	1.261	24.3	1.260	0.0

2. SA 516 Gr 70

Pelat baja SA - 516 Gr 70 , juga dikenal sebagai pelat baja PVQ516, adalah baja karbon dengan spesifikasi untuk bejana tekan dan layanan suhu sedang atau rendah. Pelat baja SA - 516 Grade 70 ditujukan terutama untuk layanan di dilas tekanan pembuluh di mana kedudukan meningkatkan ketangguhan adalah penting. Untuk spesifikasi material SA 516 Gr 70 dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut :

Tabel 2. Data Material SA-516 Gr 70

Section VIII, Division 2 Wall Thickness Comparison
SA 516 Grade 70, SMYS=38 ksi, SMTS=70 ksi, SMYS/SMTS=0.54

Temperature (°F)	2004 Edition, 2006 Addenda		2007 Edition		Reduction in Wall Thickness (%)
	Allowable Stress (ksi)	Wall Thickness (in)	Allowable Stress (ksi)	Wall Thickness (in)	
100	23.3	1.316	25.3	1.210	8.1
150	23.3	1.316	23.8	1.287	2.2
200	23.2	1.322	23.2	1.321	0.0
250	22.8	1.345	22.8	1.345	0.0
300	22.4	1.370	22.4	1.370	0.0
350	22.1	1.389	22.1	1.389	0.0
400	21.6	1.422	21.6	1.422	0.0
450	21.2	1.449	21.2	1.449	0.0
500	20.6	1.493	20.6	1.492	0.0
550	20.1	1.531	20.1	1.530	0.0
600	19.4	1.587	19.4	1.587	0.0
650	18.8	1.639	18.8	1.639	0.0
700	18.1	1.705	18.1	1.704	0.0

2.4. Volume Pada Pressure Vessel

Umumnya penyimpanan pada *pressure vessel* menggunakan satuan berat yakni metrik ton atau MT. Sedangkan untuk benda cair, umumnya kita menggunakan satuan volume yaitu liter, untuk mengkonversi nilai tersebut, kita bisa menggunakan persamaan berikut :

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.1)$$

2.5. Ketebalan Pressure Vessel

Umumnya *spherical pressure vessel* dibagi menjadi 2 jenis yakni *thin-walled* dan *thick-walled*, dapat dikatakan *thin-walled* apabila perbandingan jari-jari dan ketebalan shellnya lebih dari 10, jika tidak lebih dari 10 maka disebut *thick-walled pressure vessel*. Faktor yang mempengaruhi ketebalan dari *spherical pressure vessel* itu sendiri adalah beban dari jenis fluida yang ditampung, jari-jari dari *spherical pressure vessel*, stress maksimal yang dapat ditahan oleh material serta faktor pengelasan. Nilai ketebalan dari *spherical pressure vessel* dapat ditulis menjadi persamaan berikut:

$$t = \frac{PR}{2SE - 0.2P} \quad (2.2)$$

2.6. Tekanan Pada *Pressure Vessel*

Tekanan adalah rasio perbandingan antara gaya yang berpengaruh terhadap suatu permukaan. Maka akan menghasilkan rumus sebagai berikut:

$$P = \frac{F}{A} \quad (2.3)$$

Tekanan dibagi menjadi beberapa jenis, yakni tekanan *hidrostatik* dan tekanan udara. Tekanan *hidrostatik* berasal dari kata hidro yang berarti air dan statis yang berarti tetap, di mana tekanan hidrostatik berarti tekanan pada fluida cair dalam keadaan diam. Hal yang mempengaruhi tekanan hidrostatik adalah masa jenis, gaya gravitasi yang bekerja dan kedalaman fluida tersebut, sehingga akan didapati rumus sebagai berikut:

$$P = \rho g h \quad (2.4)$$

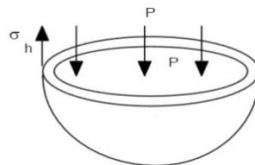
Maximum allowable Working Pressure atau tegangan maksimum yang diizinkan berbeda beda untuk setiap material dan tergantung pada nilai desain temperature (Wibawa & Suprpto, 2011). Penentuan nilai tegangan maksimum yang diizinkan diatur dalam standart ASME B31.1 (Satrijo & Habsya, 2012), efisiensi sambungan las dan (CA) (*Corrosion Allowance*) ditentukan oleh perancangan berdasarkan pemilihan material, umur dan metode pengelasan (Venkatesh et al., 2020). Untuk menentukan *Maximum allowable Working Pressure* dapat menggunakan persamaan:

$$P = \frac{SE t}{R + 0.6 t} \quad (2.5)$$

2.8. Tegangan (*Stress*)

Tegangan (*stress*) adalah suatu benda yang memiliki keelastisan tertentu akan mengalami perubahan ukuran dan bentuk apabila diberikan gaya untuk merubahnya. Dapat diketahui bahwa besarnya tegangan merupakan perbandingan antara gaya tarik yang bekerja kepada benda dengan luas penampang benda tersebut (Term, 2005). Tegangan pada bejana tekan dikategorikan menjadi dua kategori dari tegangan. Pertama tegangan yang diakibatkan oleh tekanan dari dalam bejana dan yang kedua tekanan yang terjadi dari luar bejana. Berikut ini adalah tegangan yang terjadi pada tipe bejana tekan *spherical* dan *silinder*.

1. Tegangan Pada *Spherical Pressure Vessel*

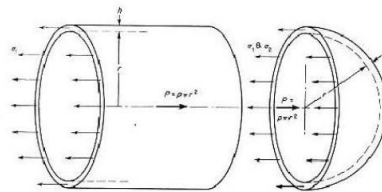


Gambar 4. *Pressure Vessel Spherical*

Untuk kondisi tegangan pada pada *spherical pressure vessel* memiliki geometri yang *axissymmetric* pada sembarang sumbu, maka tegangan pada dindingnya apabila diiris secara sembarang akan sama. Pada bejana tekan bentuk bola ini tidak terjadi tegangan geser (Dr. Clemens Kaminski, 2005). Untuk menentukan nilai tegangan (σ) pada *spherical* dapat dilihat pada persamaan:

$$\sigma = \frac{Pr}{2t} \quad (2.6)$$

2. Tegangan pada *Cylindrical Pressure Vessel*



Gambar 5. *Pressure Vessel Cylindrical*

Tegangan yang terjadi pada dinding shell adalah tegangan ke arah memanjang dan bejana (tegangan longitudinal), tegangan ke arah keliling (tegangan tangensial), dan tegangan radial yang diakibatkan oleh tekanan dalam. Untuk menentukan nilai tegangan (σ) pada silinder dapat dilihat pada persamaan:

$$S_R = \frac{P[r_i^2 - \frac{r_o^2 - r_i^2}{r^2}]}{(r_o^2 - r_i^2)} \quad (2.7)$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian Pelaksanaan tugas akhir ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Malikussaleh pada bulan November 2022 sampai selesai dan pengambilan data di PT. Perta Arun Gas Pada tanggal 17 November 2022.

3.2. Data Spesifikasi *Spherical Pressure Vessel*

Data - data yang dikumpulkan untuk analisis tegangan di bejana tekan tipe *spherical* ini yaitu data teknis, properties dan geometri hasil rancangan bejana tekan tersebut. Data yang digunakan dalam penelitian ini akan dijabarkan, pada Tabel 2.3 berikut.

Tabel 3. Data Spesifikasi *Spherical* PT. Perta Arun Gas

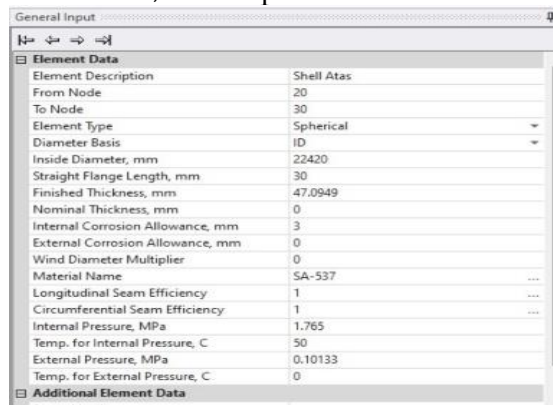
D-6450 A		
SPHERICAL TANK		
INSIDE DIA.	22500 mm	
TOTAL CAPACITY	3000 MT	
WORKING CAPACITY	2500 MT	
OPER.	TEMP.	30 °C
	PRESS.	8-12 Kg/Cm2g
DESIGN	TEMP.	-20/50 °C
	PRESS.	18 Kg/Cm2 G
MATERIAL	SA 537	

3.3. Simulasi dengan Software Pv Elite 2109

Adapun langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan dengan software Pv Elite 2019 adalah sebagai berikut (Setiawan & Pratiwi, 2018):

1. Input Data digeneral input Pv Elite 2019

Tahapan input data dilakukan disoftware Pv Elite 2019, seperti data properties bejana tekan yang kita gunakan,tekanan, suhu, ketebalan, dll. Contoh penginputan data yang dilakukan disoftware Pv Elite 2019, dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. General Input Pv Elite 2019

2. Permodelan

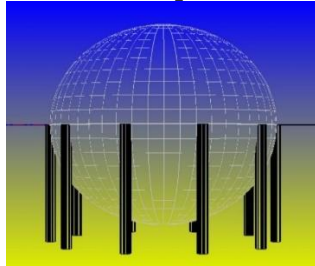
Tahapan permodelan dapat dilakukan menggunakan Software Pv Elite 2019. Seperti memasukkan salah satu element yang kita butuhkan, berikut contoh pemilihan element spherical pada Gambar 7 (Davis & Dean Keith, 1972).



Gambar 7. Permodelan Pv Elite 2019

3. Meshing

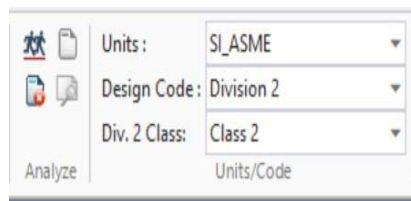
Tahapan meshing dilakukan pada komponen-komponen yang akan dianalisis dengan menggunakan sizing. Option ini dipilih karena dapat menentukan besarnya mesh menyesuaikan dengan geometri bejana tekan. Dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Meshing Pv Elite 2019

4. Analysis

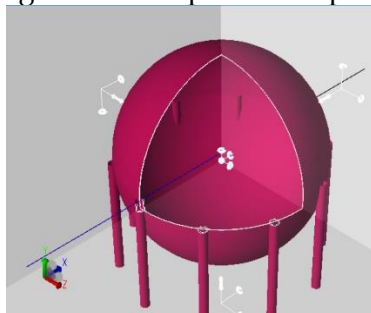
Pada tahapan ini data-data yang dimasukkan pada tahap *preprocessing* sebelumnya akan digunakan sebagai input pada code elemen hingga, dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Analysis Pv Elite 2019

5. Post-processing

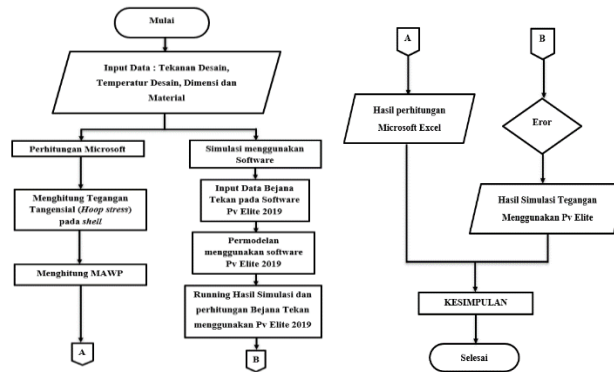
Menampilkan hasil akhir setelah dianalisis dengan menggunakan Pv elite 2019, serta menampilkan data pada model geometri. Dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Post-processing Pv Elite 2019

3.4. Diagram Alir Penelitian

Rangkaian tahapan dalam menyelesaikan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar berikut.



Gambar 11. Diagram alir penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Data Dan Pembahasan

Analisis Tegangan pada *Shell Pressure Vessel* menggunakan *Software Pv Elite* sebagai penunjang dalam hasil perhitungan analisis ini. *Software Pv Elite* adalah salah satu *software* yang digunakan untuk perancangan dan menganalisa bejana tekan (*Pressure Vessel*) dikarenakan *software* ini memiliki metode elemen hingga, sehingga memudahkan untuk menganalisis bejana tekan khususnya tipe *spherical*.

Adapun data yang diperoleh pada penelitian *pressure vessel* dengan variasi material yang berbeda yaitu SA 537 Class 2 dan SA 516 gr 70 pada suhu 50°C adalah sebagai berikut.

Tabel 4. Data pengujian *Pressure Vessel*

D-6450 A		
SPHERICAL TANK		
INSIDE DIA.	22500 mm	
TOTAL CAPACITY	3000 MT	
WORKING CAPACITY	2500 MT	
OPER.	TEMP.	30 °C
	PRESS.	8-12 Kg/Cm2g
DESIGN	TEMP.	-20/50 °C
	PRESS.	18 Kg/Cm2 G
MATERIAL	SA 537	

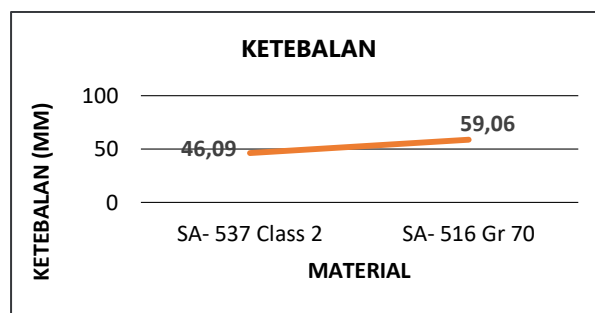
Data dari Tabel di atas, digunakan untuk melakukan analisa *pressure vessel* pada *shell*, dan akan menjadi acuan perbandingan dari variasi material yang berbeda.

4.2. Perhitungan Ketebalan Pada Shell

Perhitungan ketebalan shell dilakukan dalam kondisi terkorosi yang dimana faktor korosi secara umum nilainya akan berkisar 1-5 mm. pada perancangan ini digunakan nilai rata-rata dari *factor korosi* yaitu sebesar 3 mm sebagai dasar perhitungan. (Towler dan Sinnott, 2008). Maka perhitungan ketebalan dirumuskan seperti berikut :

$$t = \frac{D}{2} \left(\exp\left[\frac{0.5P}{SE}\right] - 1 \right) \quad (4.1)$$

Berikut hasil dari analisis ketebalan pada *Shell* :



Gambar 12. Hasil Ketebalan Pada *Shell*

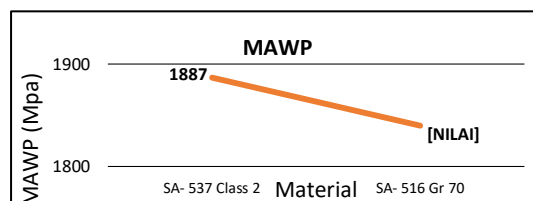
Nilai ketebalan untuk material SA 516 GR 70 lebih besar yang nilainya didapat minimal 56,67 mm, sedangkan untuk material SA 537 CLASS 2 sebesar 46,09 mm. Kedua material tersebut sudah ditambah faktor korosi sebesar 3 mm.

4.3. Perhitungan MAWP (*Maximum Allowable Working Pressure*)

Untuk menghitung MAWP pada *Shell* dibutuhkan nilai tebal shell terlebih dahulu agar bisa menentukan nilai MAWP shell dihitung menggunakan persamaan berikut ini :

$$P = \frac{SE t}{R + 0.6 t} \quad (4.2)$$

Berikut hasil dari analisis MAWP pada *Shell* :



Gambar 13. Hasil MAWP Pada *Shell*

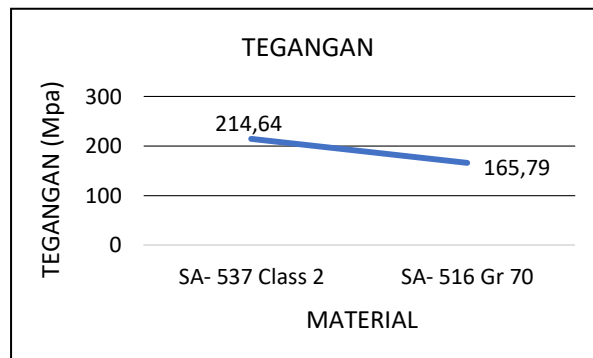
Tekanan izin maksimum terhadap *shell* pada material SA 537 Class 2 dan SA 516 Gr 70 lebih tinggi dari tekanan desain yang ditentukan yaitu 1.765 Mpa. Hal ini menunjukkan ketebalan *shell* untuk material SA 537 Class 2 dan material SA 516 Gr 70 sudah aman. Akan tetapi untuk material SA 516 Gr 70 kebutuhan material nya lebih besar, dikarenakan tebal *shell* nya lebih tinggi.

4.4. Perhitungan Tegangan Pada Shell

Menurut (Dr. Clemens Kaminski, 2005) analisis tegangan pada shell spherical pressure vessel, tegangan yang terjadi pada bejana tekan bola hanya memiliki satu jenis tegangan yaitu tegangan tangensial (hoop stress). Material Shell yang digunakan dalam Analisa bejana tekan ini adalah SA 537 Class 2 dan SA 516 Gr 70. Dengan tekanan desain sebesar 1.765 Mpa, jari - jari dalam bejana tekan 11.21 m, joint efficiency 1. Perhitungan tegangan pada Shell dilakukan dengan penambahan corrosion allowance. Untuk menentukan nilai tegangan dapat dihitung dengan persamaan :

$$\sigma = \frac{Pr}{2t} \quad (4.3)$$

Berikut hasil dari analisis tegangan pada *Shell* :



Gambar 14. Hasil Tegangan Pada *Shell*

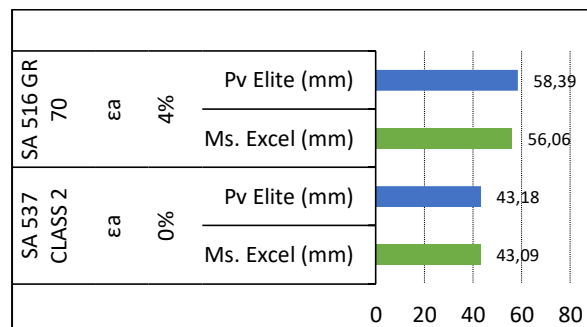
Didapatkan bahwa tegangan tangensial (*hoop stress*) bernilai 214,64 Mpa yang menggunakan material SA 537 Class 2, sedangkan dengan material SA 516 Gr 70 bernilai 165,79 Mpa. Dari hasil perhitungan kedua material yang berbeda diatas dianggap valid karena *hoop stress* nya tidak melebihi *maximum allowable stress*. Maka bejana tekan bola ini tidak akan mengalami kegagalan karena diberikan beban lpg.

4.5. Komparasi Perhitungan material SA - 537 Class 2 dan SA - 516 Gr 70.

Komparasi material yang beda ini bertujuan untuk menentukan material mana yang lebih baik dan ekonomis dalam merancang bejana tekan maka dari itu material yang dikomparasi adalah SA 537 Class 2 dan SA 516 Gr 70. Untuk komparasi hasil dari perhitungan antara software Ms. Excel dan software Pv Elite 2018 dapat dilihat sebagai berikut.

1. Komparasi Ketebalan *Shell*

Hasil dari komparasi perhitungan ketebalan antara software Ms. Excel dan software Pv Elite 2019.

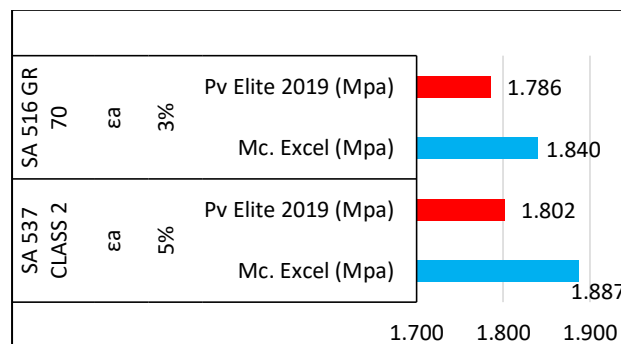


Gambar 15. Hasil Komparasi Ketebalan dengan Software

Didapat bahwa ketebalan shell dari perhitungan Ms. Excel dengan material SA 537 Class 2 sebesar 43,09 mm, sedangkan dengan material SA 516 Gr 70 sebesar 56,06 mm. Untuk perhitungan menggunakan software Pv Elite 2019 nilai yang didapat sebesar 43,18 mm dengan material SA 537 Class 2, sedangkan material SA 516 Gr 70 didapat nilai sebesar 58,39 mm.

2. Komparasi MAWP *Shell*

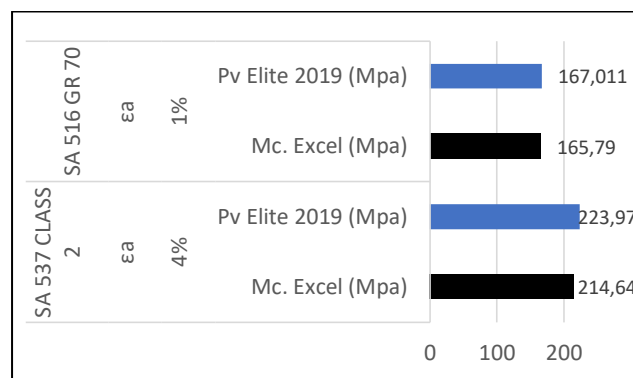
Hasil dari komparasi perhitungan MAWP antara software Ms. Excel dan software Pv Elite 2019.



Gambar 16. Hasil Komparasi MAWP dengan Software MAWP pada shell dari perhitungan komparasi Ms. Excel dengan PV Elite 2019 agar tidak terjadi nya eror dan kecelakaan pada bejana khusus nya untuk material SA 516 GR 70 minimal ketebalan nya harus 59 mm dikarenakan *maximum allowance stress* 175 Mpa lebih kecil dari material SA 537 CLASS 2 yang sebesar 230. Maka dari itu didapat hasil analisis komparasi perhitungan MAWP dan eror nya menurut masing - masing material adalah 5% untuk material SA 537 CLASS 2 sedangkan untuk material SA 516 GR 70 didapatkan eror sebesar 3%.

3. Komparasi Tegangan Pada Shell

Hasil dari komparasi perhitungan antara software Ms. Excel dan software Pv Elite 2019 untuk Tegangan *shell*.



Gambar 17. Hasil Komparasi Tegangan dengan Software

Dapat dilihat bahwa tegangan pada *shell* dari perhitungan komparasi Ms. Excel dengan Pv Elite 2019 yang menggunakan material SA 537 CLASS 2 didapatkan eror 4%, sedangkan untuk material SA 516 GR 70 mendapatkan eror hanya 1%. Nilai tersebut dianggap aman karena tidak melebihi nilai masing - masing *maximum allowance stress*.

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Setelah melakukan perhitungan menggunakan Microsoft excel dan software Pv Elite 2019 pada bejana tekan bola maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Analisa ketebalan bejana tekan menggunakan perhitungan MICROSOFT EXCEL didapat nilai dari material SA 537 Class 2 yaitu sebesar 43,09 mm, dan material SA 516 Gr 70 yaitu sebesar 56,06 mm. Nilai tegangan nya sebesar 214,64 Mpa untuk material SA 537 CLASS 2 sedangkan dengan material SA 516 GR 70 sebesar 165,79 Mpa.

- Nilai MAWP nya sebesar 1,802 Mpa dengan material SA 537 CLASS 2 sedangkan menggunakan material SA 516 GR 70 menghasilkan nilai sebesar 1,840 Mpa.
- Analisa nilai ketebalan dari perhitungan software PV ELITE 2019 dengan metode elemen hingga sebesar 43,18 mm, sedangkan menggunakan material SA 516 Gr 70 menghasilkan nilai sebesar 58,39 mm. Dan evaluasi tegangan menggunakan material SA 537 CLASS 2 sebesar 223,97 Mpa, Sedangkan dengan material SA 516 GR 70 menghasilkan nilai sebesar 167,01 Mpa. Didapatkan MAWP nya sebesar 1,887 Mpa menggunakan material SA 537 CLASS 2, sedangkan menggunakan material SA 516 GR 70 nilai yang didapatkan sebesar 1,786 Mpa.
 - Dari hasil analisis ini dengan perbedaan material didapatkan lebih banyak kebutuhan material SA 516 Gr 70 dikarenakan ketebalan dari material tersebut lebih tebal sehingga tidak menghemat biaya produksi dari suatu bejana tekan, dan lebih ideal nya memilih material SA 537 Class 2 dikarenakan kebutuhan material yang lebih sedikit dan tegangan izin yang lebih besar
 - Terdapat perbedaan relatif ketebalan dan kebutuhan material, dari perhitungan Ms. Excel dan PV Elite 2019 dengan material berbeda yaitu SA 537 Class 2 sebesar $0.002084 = 0\%$ tidak terlalu signifikan untuk material ini. Sedangkan untuk material SA 516 Gr 70 memiliki perbedaan yang lumayan signifikan yaitu sebesar $0.039904 = 4\%$. Hal ini di karenakan perbedaan nilai tegangan maksimum yang diizinkan (S) diantara kedua jenis material. Terdapat perbandingan terbalik antara kebutuhan ketebalan dinding bejana tekan terhadap kemampuan tegangan maksimum material yang diizinkan (S) yang diperlukan.

5.2 Saran

Lebih baiknya untuk kedepannya adanya konsep manipulasi secara komputasi untuk hasil yang lebih baik

DAFTAR PUSTAKA

- American Society of Mechanical Engineers. (2017). *2017 ASME boiler & pressure vessel code*.
- Aprianto, N., S, E. S., Satria, I. (2015). *(Pressure Vessel) Tipe Separator Untuk Fluida Gas*.
- Aziz, A., Tekan, B., Hamid, A., & Hidayat, I. (2014). PERANCANGAN BEJANA TEKAN (PRESSURE VESSEL) UNTUK SEPARASI 3 FASA. *SINERGI*, 18(1), 31-38. <https://doi.org/10.22441/SINERGI>
- Davis, R. L., & Dean Keith, H. (1972). Finite-Element Analysis of Pressure Vessels. *Journal of Basic Engineering*, 94(2), 401-405. <https://doi.org/10.1115/1.3425434>
- Dr. Clemens Kaminski. (2005). *Stress Analysis & Pressure Vessels*. <https://studylib.net/doc/8700124/stress-analysis-and-pressure-vessels>

- Endra Sujatmika. (2005). Analisis Shell Bejana Tekan Tipe 93-V054 Dengan Metode Desain Optimum. *Mekanikal: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 1(2), 36-42. https://scholar.google.com.au/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=_aF8y2oAAAAJ&citation_for_view=_aF8y2oAAAAJ:9yKSN-GCB0IC
- Megyesy, E. F. (1983). *Pressure vessel handbook*. Pressure Vessel Handbook Pub.
- Rodiawati, M., Yudi Eka Risano, A., & Su'udi, A. (2013). PERANCANGAN BEJANA TEKAN (PRESSURE VESSEL) UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH KELAPA SAWIT DENGAN VARIABEL KAPASITAS PRODUKSI 10.000 TON/BULAN. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 1(4). <https://doi.org/10.000>
- Satrijo, D., & Habsya, S. A. (2012). PERANCANGAN DAN ANALISATEGANGAN PADA BEJANA TEKAN HORIZONTAL DENGAN METODE ELEMEN HINGGA. *ROTASI*, 14(3), 32-40. <https://doi.org/10.14710/ROTASI.14.3.32-40>
- Setiawan, A. B. (Aan), & Pratiwi, S. E. (Swandya). (2018). Perancangan dan Analisa Tegangan Separator Produksi Menggunakan Software PV Elite dan Solidworks. *Jurnal Teknik Mesin Mercu Buana*, 7(2), 97-103. <https://doi.org/10.22441/JTM.V7I2.3432>
- Syukur, H. (2011). PENGGUNAAN LIQUIFIED PETROLEUM GASES (LPG): UPAYA MENGURANGI KECELAKAAN AKIBAT LPG. *Swara Patra : Majalah Ilmiah PPSDM Migas*, 1(2). <http://ejurnal.ppsdmmigas.esdm.go.id/sp/index.php/swarapatra/article/view/33>
- Term, L. (2005). Stress Analysis dan Pressure Vessel. In University of Cambridge. *University of Cambridge*. www.cheng.cam.ac
- Venkatesh, R., M Vivekanandan, T. Sathish, s. Dinesh, Manickam Ravichandran, & Venkatraman Vijayan. (2020). Energy and exergy analysis of greenhouse drying of ivy gourd and Turkey berry. *Thermal Science*, 24, 645-656. <https://doi.org/10.2298/TSCI190602459S>
- Wibawa, T. E., & Suprpto, S. (2011). Pengaruh Temperatur Tinggi terhadap Kekuatan Leleh dan Kuat Tarik pada Bahan Baja Melalui Uji Ketahanan Api. *Jurnal Permukiman*, 6(2), 92. <https://doi.org/10.31815/JP.2011.6.92-101>
- Yudi, J. (2013). Thermal dan Tegangan pada Perancangan Bejana Tekan (Pressure Vessel) Untuk Limbah Kelapa Sawit Dengan Kapasitas 10.000 Ton. *Jurnal, Fema*, 1(4), 28-35.