

PERANCANGAN ULANG DESAIN BEJANA TEKAN HORIZONTAL DAN PENGARUH JUMLAH RIB TERHADAP DISTRIBUSI TEGANGAN

Yogi Dwi Putra A.^a, Tito Hadji Agung S.^b, Krisdiyanto^c

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
 Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183

^aTkoyogi24@gmail.com, ^btitohas@yahoo.com, ^ckrisdiyanto@umy.ac.id

Abstrak

Bejana tekan memiliki struktur geometri yang kompleks dan digunakan untuk bekerja di bawah kondisi pembebanan yang tinggi seperti gaya eksternal, beban thermal, tekanan internal, dll. Desain dan perancangan bejana tekan menggunakan aturan dan kode sesuai standar internasional. Salah satu kode standar yang digunakan adalah ASME *boiler pressure vessel section* VIII. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan perancangan ulang desain bejana tekan yang aman sesuai dengan standar yang telah ditetapkan dan mengetahui pengaruh jumlah rib terhadap distribusi tegangan. Variasi jumlah rib yang digunakan adalah 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7. Hasil perancangan ulang menunjukkan nilai dari perhitungan PV Elite untuk MAWP head sebesar 63,696 Psi dan untuk *shell* sebesar 63,298 Psi. Sedangkan untuk perhitungan manual untuk *headnya* sebesar 67,81 Psi dan untuk *shellnya* 67,69 Psi. Untuk hasil dari tekanan hidrostatisnya dari perhitungan manual didapat 70,32 Psi dan pada perhitungan PV Elite didapat 65,994 Psi. Untuk hasil dari ketebalan dinding pada perhitungan manual di dapatkan hasil 0,219 in pada *head* dan 0,219 in pada *shell* sedangkan pada perhitungan PV untuk *headnya* sebesar 0,223 in dan pada *shellnya* sebesar 0,223 in. Secara keseluruhan desain pada bejana tekan dinyatakan aman sesuai standar pengerjaan yang berlaku. Sementara dari hasil pengaruh jumlah rib terhadap distribusi tegangan didapatkan nilai tegangan pada setiap variasi cenderung menurun seiring penambahan jumlah variasi, namun pada variasi ke 6 tegangan cenderung meningkat. Tegangan maksimum paling tinggi terjadi pada variasi 1 rib sebesar 101 MPa, sedangkan tegangan maksimum paling rendah terjadi pada variasi 5 rib sebesar 100,3 MPa. Pada nilai *displacement* cenderung menurun seiring penambahan jumlah variasi. *Displacement* paling tinggi terjadi pada variasi 1 rib sebesar 1 mm sedangkan *displacemet* paling rendah terjadi pada variasi 7 sebesar 0.9658 mm.

Keywords: *Displacement, Finite Element Method, ASME Sec. VII div. 1, Rib, PV Elite, Inventor.*

ABSTRACT

Pressure vessels have complex geometric structures and used to work under high loading conditions such as external forces, thermal loads, internal stresses, etc. pressure vessel design uses rules and codes according to international standards. One of the standard codes used is ASME boiler pressure vessel section VIII. Cases of malfunction in pressure vessels can cause material losses and fatalities. To minimize the occurrence of malfunction in pressure vessels, simulation and analysis is needed in the design process. One of the objectives of this research is to find out the process of redesigning of a pressure vessel which is safe in accordance with established standards.

This study redesigned the horizontal drain drum pressure vessel with a capacity of 15 m³, internal design pressure of 3.5 barg, and design temperature of 168 °C. This design was done by manual calculation using ASME Section VIII Division 1 standard and PV Elite 2016 software. This study also analyzed the effect of the number of ribs on the stress distribution using Autodesk Inventor 2017. The variation of the number of ribs used was 1, 2, 3, 4, 5, 6 and 7.

The redesign results the value of the calculation of PV Elite for MAWP head is 63.669 Psi and for shell is 63.298 Psi. As for the manual calculation for the head of 67.81 Psi and for the shell 67.69 Psi. For the results of the hydrostatic pressure from the manual calculation obtained 70.32 Psi and the PV Elite calculation obtained 65.994 Psi. For the results of the thickness of the wall in the manual calculation the results get 0.219 in the head and 0.219 in the shell while the PV calculation for the head is 0.223 in and the shell is 0.223 in. As a whole the design of the pressure vessel is declared safe according to applicable work standards. While the results of the effect of the number of ribs on the stress distribution obtained the value of voltage in each variation tends to decrease with the addition of the number of variations, but in the 6th variation the voltage tends to increase. The highest maximum stress occurs at 1 rib variation of 101 MPa, while the lowest maximum stress occurs at 5 rib variation of 100.3 MPa. In the displacement value tends to decrease with the addition of the number of variations. The highest displacement occurred at 1 rib variation of 1 mm while the lowest displacement occurred at variation 7 of 0.9658 mm.

Keywords: *Displacement, Finite Element Method, ASME Sec. VII div. 1, Rib, PV Elite, Inventor.*

Pendahuluan

Bejana tekan adalah sebuah wadah bertekanan. Sesuai namanya, tujuan utama adalah untuk memuat media yang diberikan tekanan dan suhu. Bejana tekan umumnya memiliki bentuk *cylindrical, spherical, ellipsoidal, conical* atau kombinasi dari bentuk-bentuk tersebut. Bejana tekan memiliki struktur geometri kompleks yang terdiri dari berbagai diskontinuitas geometri dan umumnya digunakan untuk berkerja dibawah kondisi pembebanan yang tinggi seperti gaya eksternal, beban thermal, tekanan internal, dll. Distribusi beban dalam bejana tekan dapat di analisa dengan metode element hingga.

Penelitian ini menggunakan geometry bejana tekan yang berbentuk silinder berjenis horizontal. Fungsi bejana tekan tersebut yaitu sebagai *close drain drum*. Bejana tekan *close drain drum* tersebut berisi *fluida* yang berfasa cair dan gas. Fluida tersebut mempunyai densitas sebesar 725 kg/m³.

Dasar Teori

Ketebalan Dinding (Shell)

Ketebalan badan dinding bejana yang mengalami tekanan internal tidak boleh lebih tipis dari pada nilai yang dihitung dari rumus berikut, untuk menghitung ketebalan dinding badan bejana maka dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$t = \frac{P \cdot R_{corr}}{S \cdot E - 0,6 \cdot P} + CA$$

Ketebalan Dinding kepala bejana tekan (Head)

Ketebalan dinding kepala bejana tekan terbentuk setengah lingkaran (*Ellipsoidal*) dimana perbandingan diameter (D) dan tinggi (h) adalah 2:1 dapat kita cari dengan rumus sebagai berikut:

$$t = \frac{P \cdot D_{corr}}{2 \cdot S \cdot E - 0,2 \cdot P} + CA$$

MAWP Shell

MAWP bejana tekan pada bagian *shell* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$MAWP_{shell} = \frac{S \cdot E \cdot t_{corr}}{R_{corr} + 0,6 \cdot t_{corr}}$$

MAWP Head

MAWP bejana tekan pada bagian *head* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$MAWP_{head} = \frac{2 \cdot S \cdot E \cdot t_{corr}}{D_{corr} + 0,2 \cdot t_{corr}}$$

MAWP Flange

Penentuan MAWP *flange* dapat dilakukan dengan memilih rating yang memiliki nilai MAWP di atas tekanan desain (P_d) dengan menggunakan standar pada tabel ASME B16.5.

MAWP Bejana Tekan

MAWP bejana tekan ditentukan oleh MAWP terkecil dari tiga komponen bejana tekan, yaitu *shell, head, atau flange*.

Tekanan Tes Hydrostatic

Tes *hydrostatic* merupakan suatu tes yang dilakukan pada saat bejana tekan sudah selesai dibuat. Tes ini menggunakan *fluida* yang dimasukkan kedalam bejana tekan tersebut, sehingga tes ini memiliki tujuan untuk mengetahui apakah bejana tekan tersebut mampu menahan tekanan sesuai dengan desain yang telah dibuat saat awal perancangan. Perhitungan tes *hydrostatic* ini menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_{hs} = 1,3 \cdot P_d \cdot \frac{S \text{ pada } T_{rest}}{S \text{ pada } T_{Desain}}$$

Letak Posisi Saddle

Untuk bejana tekan jenis separator agar kedudukannya seimbang, kuat, dan permanen, maka digunakan dua penyangga (*saddle*). Untuk merencanakan penyangga supaya lebih hemat dari segi material maka tidak usah menggunakan plat pengkaku (*stiffener ring*) bila tidak diperlukan. Bila separator cukup besar maka letak penyangga harus dekat dengan kepala bejana tekan. Penyangga bila menggunakan plat pengkaku, maka minimum dianjurkan menggunakan ASME adalah 120° terkecuali separator kecil menggunakan standar G-6.

A = minimum 0.2 x L

Desain Penguat Nozzle

1. Menentukan Bidang Penguat Yang Diperlukan.

Besarnya luasan ini ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$A = d \cdot t_r$$

2. Menentukan Bidang Yang Tersedia Untuk Plat Penguat.

a. Menentukan Nilai A1

Besarnya luasan ini dipilih yang paling besar antara dua persamaan sebagai berikut:

$$A_1 = (t - t_r) \cdot d$$

Atau

$$A_1 = 2 \cdot (t - t_r) \cdot (t_n - t)$$

b. Menentukan Nilai A2

Besarnya luasan ini dipilih yang paling kecil antara dua persamaan sebagai berikut:

$$A_2 = 5 \cdot t \cdot (t_n - t_{rn})$$

Atau

$$A_2 = 5 \cdot t_n \cdot (t_n - t_{rn})$$

c. Menentukan Nilai A3

Besar luasan ini ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$A_3 = 2 \cdot h \cdot (t_n - c)$$

d. Menentukan Nilai A4

Besar luasan ini ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$A_4 = (\text{area of fillet weld})^2$$

Jika besarnya luas A lebih besar dari jumlah luasan (A1, A2, A3, dan A4) maka nilai *nozzle* tersebut secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut ini :

$$A < (A_1 + A_2 + A_3 + A_4) \rightarrow \text{tidak diperlukan plat penguat,}$$

$$A > (A_1 + A_2 + A_3 + A_4) \rightarrow \text{diperlukan plat penguat (A5)}$$

Metode Penelitian

Penelitian ini berisi beberapa langkah. Langkah pertama yang dilakukan yaitu melakukan perancangan ulang desain bejana tekan menggunakan perhitungan manual dan menggunakan bantuan *software PVElite* 2016. Langkah selanjutnya yang dilakukan yaitu membuat geometry bejana tekan menggunakan *software inventor* 2017. Geometry tersebut dibuat sesuai jumlah variasi yang akan disimulasikan. Geometry yang sudah dibuat dianalisis distribusi tegangan dan *displacement* yang terjadi pada bejana tekan.

Alur penelitian tersaji pada gambar 1, material yang digunakan pada penelitian ini terdapat pada Tabel 1. Desain geometry penelitian ini terdapat pada Tabel 2. Variasi yang digunakan terdapat pada Tabel 3.

Tabel 1. Spesifikasi Material

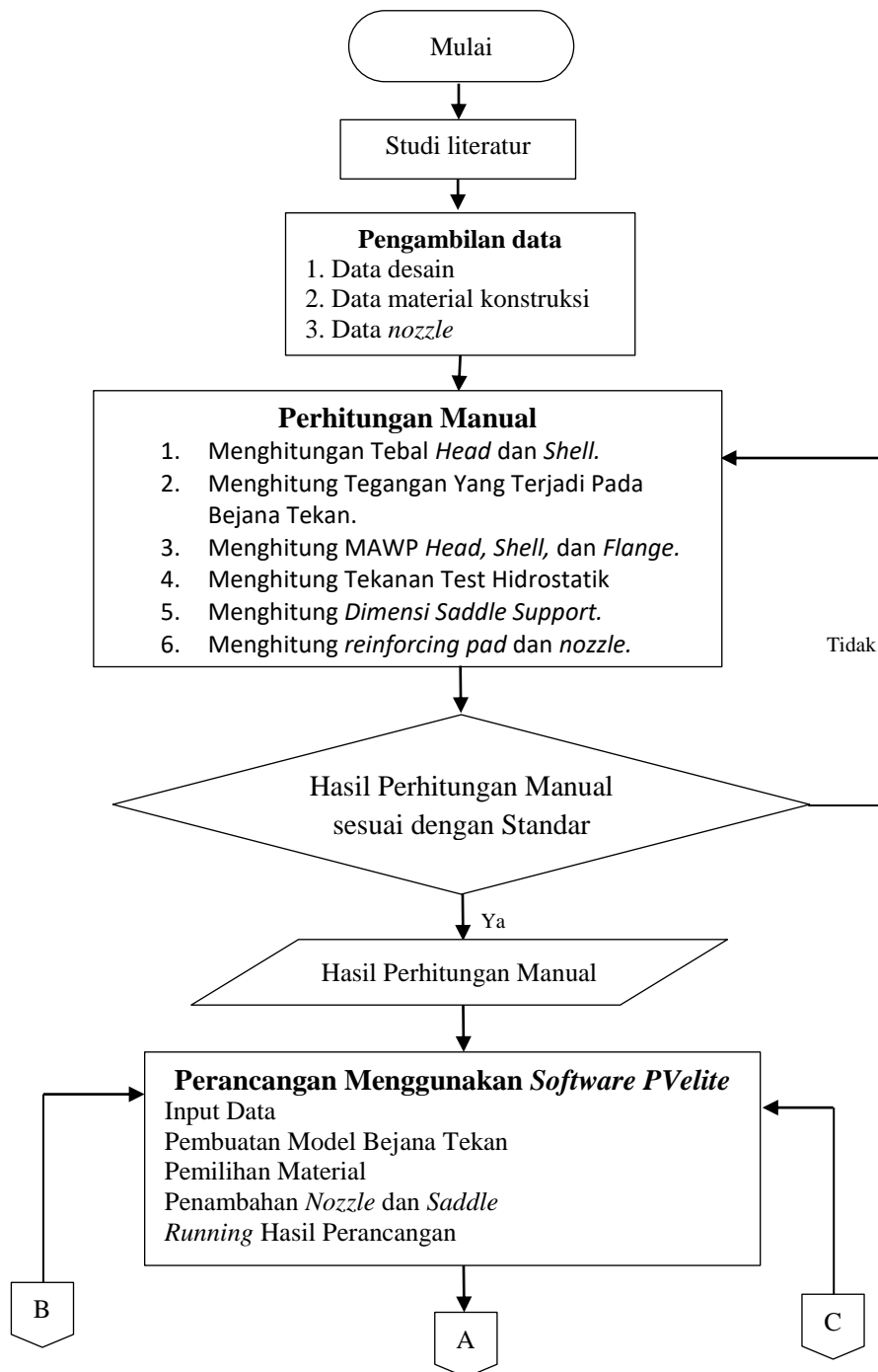
Part	Material Specification
Shell	SA516Gr.60
Heads	SA516Gr.60
Reinforcing pads	SA516Gr.60
Nozzle neck (pipes) above 3"NB	SA106Gr.B
Nozzle neck 3"NB and below	SB444Gr.1 UNS N06625
Forged Flanges above 3"NB	SA105
Forged Flanges 3"NB and below	SB564Gr.1 UNS N06625
Saddles(Weir pl./support ribs)	SA516Gr.60/A283Gr.C

Tabel 2. Desain Geometry

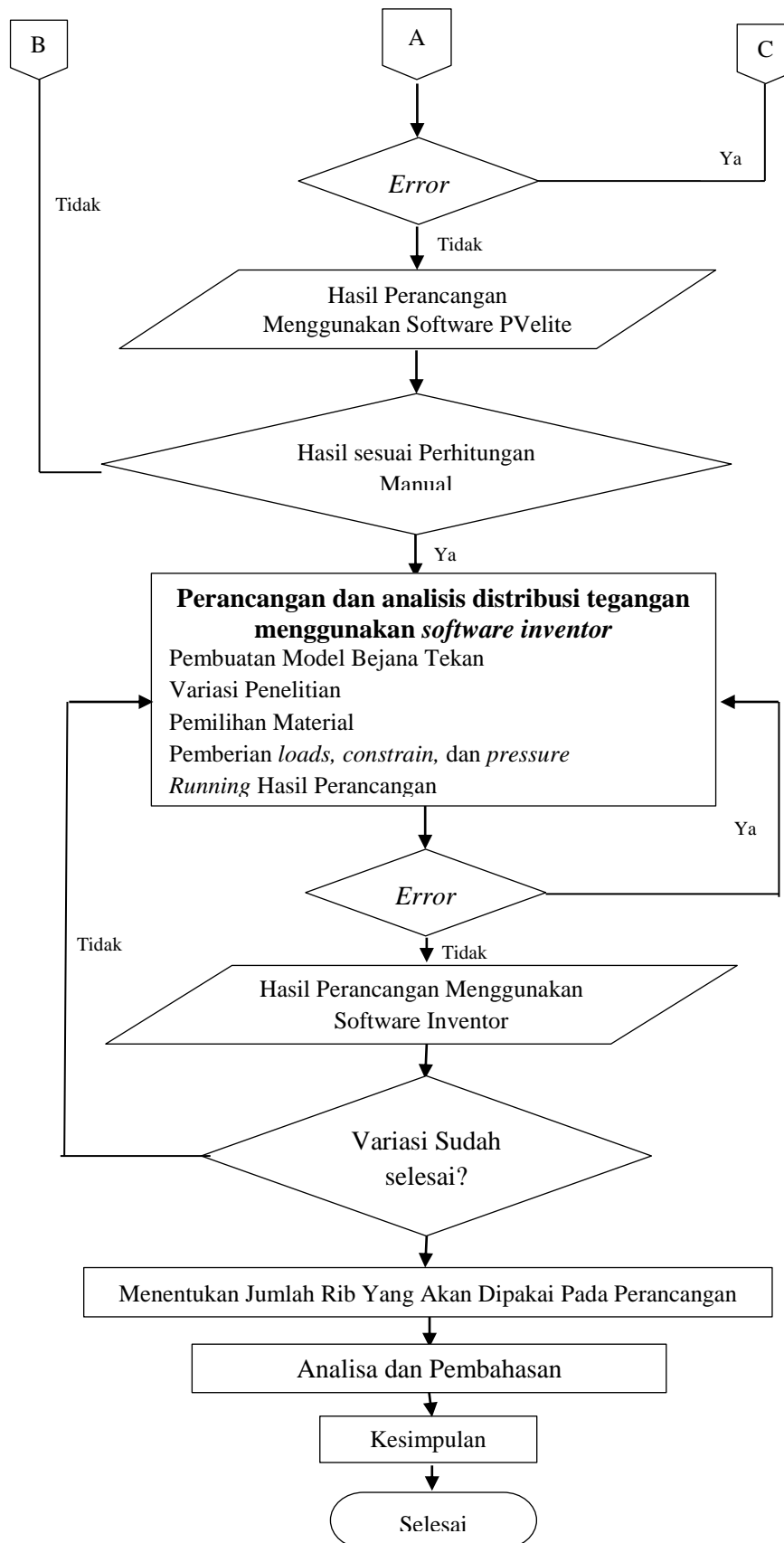
Parameter	Satuan	Nilai
<i>Orientation</i>	-	Horizontal
<i>Design Code</i>	-	ASME sec. VII div.1
<i>Temperature Design</i>	°C	168
<i>Temperature operating</i>	°C	45
<i>Pressure design (internal)</i>	barg	3,5
Corrosion Allowance	mm	3
<i>Vessel dia.(ID)</i>	mm	1800
<i>Vessel Length</i>	mm	5400

Tabel 3. Variasi Penelitian

No	Jumlah Rib
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian (lanjutan)

Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini ada beberapa tahapan dalam proses penelitian. Tahapan pertama yaitu melakukan perancangan ulang dengan perhitungan matematika kemudian dibandingkan dengan analisa hasil *software PVElite*.setelah itu melakukan analisa pengaruh variasi terhadap distribusi tegangan dengan *software Inventor 2017*.

Perancangan Ulang Desain Bejana Tekan Menggunakan *Software PVElite 2016* Beban-beban Pada Bejana Tekan

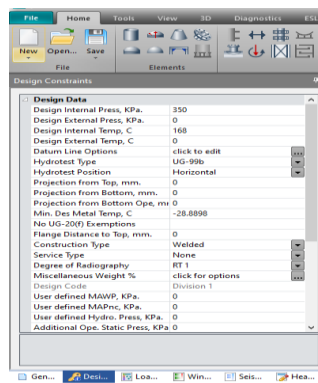
Data beban-beban yang digunakan pada perancangan ulang bejana tekan ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 1. Data Desain

No	Deskripsi	Nilai
1	Posisi Bejana Tekan	Horizontal
2	Tekanan Desain Internal	350 Kpa
3	Temperatur Desain Internal	168 °C

1. Design Constrains

Pada bagian data dari *design constrains* adalah data yang digunakan pada saat bejana tekan bekerja maksimum.



Gambar 1. Design Constraints

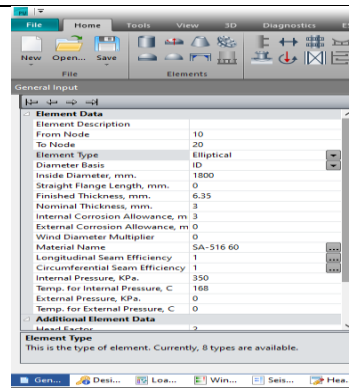
Membuat Model Bejana Tekan

1. Desain head

Untuk menginput data head, yang harus kita lakukan yaitu pertama klik home–elements–pilih ikon ellipse (insert an elliptical head), kemudian isi data yang tersedia pada tabel 5. ke dalam toolbar element data seperti pada gambar 3.

Tabel 2. Data Desain 2:1 Ellipsoidal Head

No	Deskripsi	Nilai
1	Material Head	SA 516 Gr.60
2	Diameter Dalam Head	1800 mm
3	Tebal Head	6,35 mm
4	Faktor korosi	3 mm



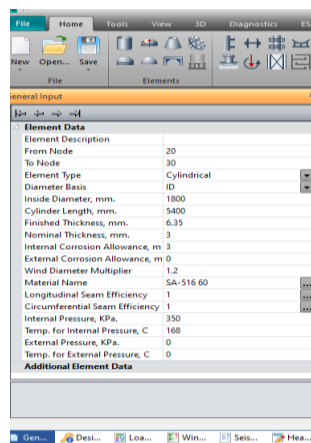
Gambar 2. Input Desain Head

2. Desain Shell

Untuk menginput data shell, yang harus dilakukan pertama kali adalah klik home—elements—lalu pilih ikon cylinder (insert an cylindrical shell). Setelah itu isi data yang tersedia pada Tabel 6 ke kolom toolbar elements data seperti ditunjukkan pada gambar 4.

Tabel 3. Data Desain Shell

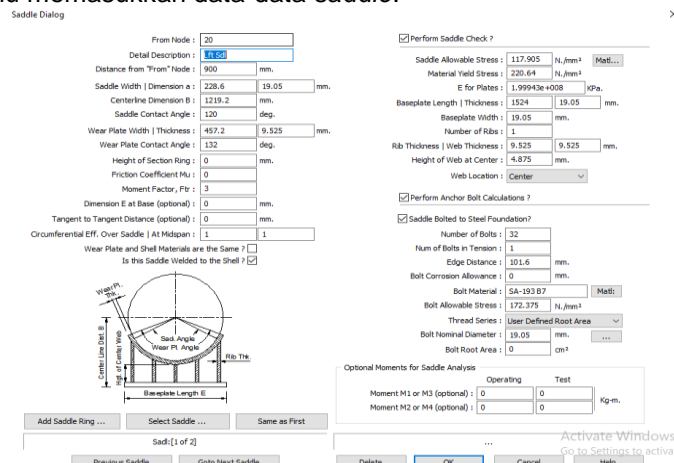
No	Deskripsi	Nilai
1	Material Shell	SA 516 Gr.60
2	Diameter Dalam Shell	1800 mm
3	Panjang Shell	5400 mm
4	Tebal Shell	6,35 mm
5	Faktor korosi	3 mm
6	Efisiensi Sambungan	1



Gambar 3. Input Desain Saddle

3. Desain Saddle

Untuk input data saddle yang harus dilakukan adalah klik home—details—pilih ikon saddle seperti gambar 5, lalu memasukkan data-data saddle.



Gambar 4. Input Desain Saddle

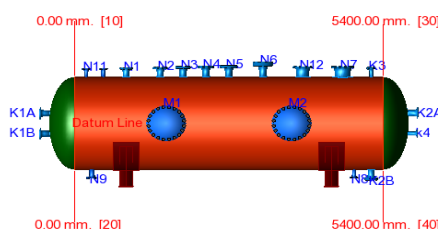
4. Desain nozzle

Dalam perancangan bejana tekan digunakan digunakan jenis nozzle standar terlebih dahulu untuk mengecek apakah nozzle memerlukan plat penguat tambahan atau tidak. Data untuk mendesai nozzle pada bejana dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 4. Data Desain Nozzle

No	Nozzle	NPS (in)	Schedule	Nozzle		Distance From Datum (mm)	Layout Angle (°)
				Rating	Material		
1	N1	4	STD	150#	SA 106	900	90
2	N2	4	STD	300#	SA 106	1500	90
3	N3	4	STD	600#	SA 106	1900	90
4	N4	4	STD	900#	SA 106	2300	90
5	N5	4	STD	1500#	SA 106	2700	90
6	N6	4	STD	2500#	SA 106	3300	90
7	N7	10	STD	150#	SA 106	4700	90
8	N8	2	160	150#	SB444 Gr.1	4900	270
9	N9	3	STD	150#	SB444 Gr.1	300	270
10	N10	2	160	150#	SB444 Gr.1	500	90
11	N11	2	160	150#	SB444 Gr.1	200	90
12	N12	8	160	150#	SB444 Gr.1	4000	90
13	K1A	4	STD	150#	SA 106	200	90
14	K1B	4	STD	150#	SA 106	200	270
15	K2A	4	STD	150#	SA 106	200	90
16	K2B	4	STD	150#	SA 106	5200	270
17	K3	2	160	150#	SB444 Gr.1	5200	90
18	K4	2	160	150#	SB444 Gr.1	200	270
19	M1	20	40	150#	SA 106	1600	0
20	M2	20	40	150#	SA 106	3800	0

Setelah input desain diatas selesai maka akan didapatkan hasil bejana tekan seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Pemodelan Nozzle

Perbandingan Hasil Perhitungan Teoritis dan Analisis PVElite 2016

Perbandingan hasil perancangan yang dilakukan secara manual maupun dengan menggunakan bantuan dari software PV Elite. Semua hasil perbandingan dapat dilihat pada tabel 9 dan tabel 10.

Tabel 9. Perbandingan Hasil Perancangan

Parameter	Hasil Perhitungan	
	Teoritis	PVElite
Tebal Dinding <i>Head</i> (in)	0,219	0,223
Tebal Dinding <i>Shell</i> (in)	0,219	0,223
MAWP <i>Head</i> (Psi)	67,81	63,696
MAWP <i>Shell</i> (Psi)	67,69	63,298
Tekanan Tes Hidrosatik (Psi)	70,32	65,994

Tabel 10. Perbandingan Desain Nozzle

Nozzle	Teoritis			PV Elite 2017		
	A (in ²)	A1+A2+A3+A4 (in ²)	A5 in	A (in ²)	A1+A2+A3+A4 (in ²)	A5 in
N1	0,403	0,267	4,95	0,448	0,275	5,52
N2	0,403	0,267	4,95	0,448	0,275	5,52
N3	0,403	0,267	4,95	0,448	0,275	5,52
N4	0,403	0,267	4,95	0,448	0,275	5,52
N5	0,403	0,267	4,95	0,448	0,275	5,52
N6	0,403	0,267	4,95	0,448	0,275	5,52
N7	0,991	0,629	11,96	1,082	0,51	13,97
N8	0,167	0,512	-	-	-	-
N9	0,302	0,327	-	-	-	-
N10	0,167	0,512	-	-	-	-
N11	0,167	0,512	-	-	-	-
N12	0,789	0,43	9,83	0,871	0,432	11,22
K1A	0,403	0,267	4,95	0,404	0,323	5,125
K1B	0,403	0,267	4,95	0,404	0,323	5,125
K2A	0,403	0,267	4,95	0,404	0,323	5,125
K2B	0,403	0,267	4,95	0,448	0,275	5,52
K3	0,167	0,512	-	-	-	-
K4	0,167	0,512	-	-	-	-
M1	1,858	1,045	22,71	2,14	0,913	26,58
M2	1,858	1,045	22,71	2,14	0,913	26,58

Distribusi Tegangan dan *Displacement* Menggunakan *Inventor 2017*

Dalam melakukan perancangan bejana tekan menggunakan bantuan dari software yaitu *Inventor 2017* langkah pertama yang dilakukan yaitu membuat geometry melalui beberapa tahapan. Geometry yang sudah dibuat kemudian di analisa distribusi tegangan dan displacement yang terjadi pada struktur geometry tersebut.

Desain geometry penelitian ini terdapat pada tabel 11. Variasi yang digunakan terdapat pada Tabel 12

Tabel 5. Data Desain

No	Deskripsi	Nilai
1	Inside diameter	1800 mm
2	Panjang	5400 mm
3	Shell Thicknes	6,35 mm
4	Head Thickness	6,35 mm
5	Joint Efficiensy	1
6	Tekanan Desain	3,5 Bar
7	Massa Bejana	132.778 Kg

Tabel 6. Variasi Penelitian

No	Jumlah Rib
1	1 Rib
2	2 Rib
3	3 Rib
4	4 Rib
5	5 Rib
6	6 Rib
7	7 Rib

Geometry dalam penelitian ini terdiri dari Head, Shell, dan saddle. Geometry Shell pada penelitian ini tersaji pada gambar 7, Head pada gambar 8, dan Saddle pada gambar 9.



Gambar 7. Shell



Gambar 8. Head

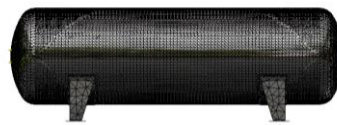


Gambar 9. Saddle dengan 1 Rib

Sebelum dilakukannya analisis dalam penelitian ini geometry di assembly yang tersaji pada gambar 10 dan di lakukan proses mesh. Proses tersebut tersaji pada gambar 11.



Gambar 10. Hasil Assembly

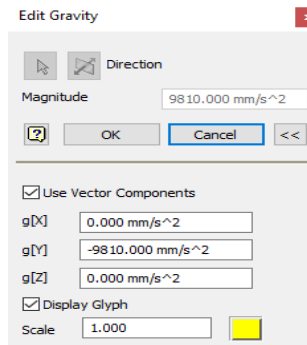


Gambar 11. Hasil Proses Meshing

Beban-beban Pada Bejana Tekan

1. Beban Gravity

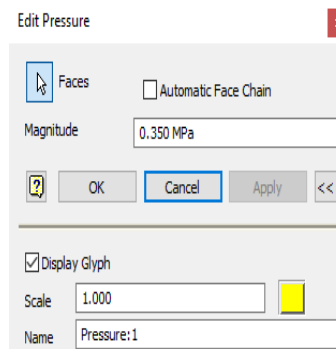
Beban *Gravity* merupakan beban yang diberikan berdasarkan gaya gravitasi di bumi. Beban gravity tersaji pada gambar 12.



Gambar 12. Input Beban Gravitasi

2. Beban Pressure

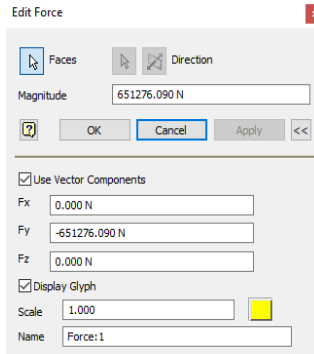
Beban *pressure* merupakan beban yang diberikan pada suatu bidang yang menerima tekanan. Beban Pressure tersaji pada gambar 13.



Gambar 13. Input Beban Tekan

3. Beban Force

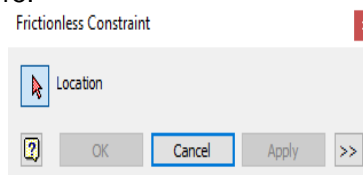
Pembenaan jenis *force* ini merupakan pembebanan yang di tujuikan untuk penampang yang menjadi tempat tumpuan benda. Beban force tersaji pada gambar 14.



Gambar 14. Input Beban Force

4. Frictionless

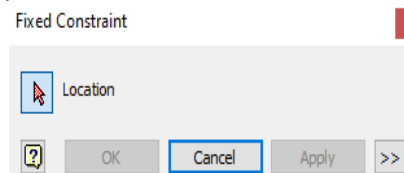
Frictionless merupakan tumpuan yang memberikan pergerakan ke satu arah saja. Frictionless tersaji pada gambar 15.



Gambar 15. Friction

5. Fixed

Fixed merupakan tumpuan yang membuat benda tersebut mati atau tidak dapat bergerak ke arah manapun. Fixed tersaji pada gambar 16.



Gambar 16. Fixed

Hasil Analisa Software Inventor 2017

1. Hasil distribusi Tegangan Maksimal dan Displacement Maksimal

Hasil analisis dari penelitian ini berupa distribusi tegangan maksimal dan displacement maksimal yang dapat dilihat pada table 13 untuk distribusi tegangan maksimal dan tabel 14 untuk displacement maksimal.

Tabel 7. Distribusi Tegangan Maksimal

No	Distribusi Tegangan Maksimal
1	1 Rib
	<p>Type: Von Mises Stress Unit: MPa 10/16/2019, 10:12:32 PM 100.9 Max 80.8 60.6 40.4 20.2 0.1 Min</p>
2	2 Rib
	<p>Type: Von Mises Stress Unit: MPa 10/16/2019, 10:15:38 PM 100.9 Max 80.7 60.5 40.4 20.2 0.1 Min</p>
3	3 Rib
	<p>Type: Von Mises Stress Unit: MPa 10/16/2019, 10:19:20 PM 100.7 Max 80.6 60.5 40.3 20.2 0.1 Min</p>
4	4 Rib
	<p>Type: Von Mises Stress Unit: MPa 10/16/2019, 10:20:40 PM 100.7 Max 80.6 60.5 40.3 20.2 0.1 Min</p>
5	5 Rib
	<p>Type: Von Mises Stress Unit: MPa 10/16/2019, 10:21:44 PM 100.3 Max 80.2 60.2 40.2 20.1 0.1 Min</p>
6	6 Rib
	<p>Type: Von Mises Stress Unit: MPa 10/16/2019, 10:33:19 PM 100.7 Max 80.6 60.5 40.4 20.2 0.1 Min</p>
7	7 Rib
	<p>Type: Von Mises Stress Unit: MPa 10/16/2019, 10:34:51 PM 100.9 Max 80.8 60.6 40.4 20.3 0.1 Min</p>

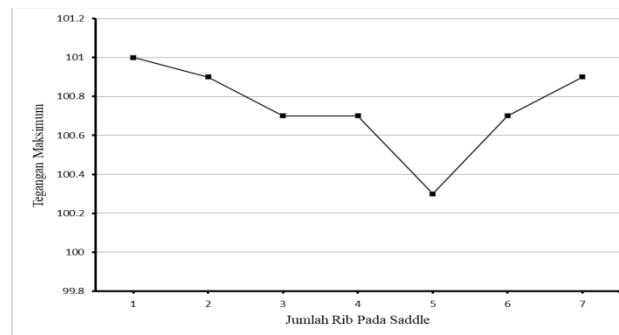
Tabel 8. Displacement Maksimal

No	Displacement Maksimal
1	1 Rib
	<p>Type: Displacement Unit: mm 10/17/2019, 10:35:50 PM 1 Max 0.8 0.6 0.4 0.2 0 Min</p>
2	2 Rib
	<p>Type: Displacement Unit: mm 10/17/2019, 10:38:14 PM 0.9929 Max 0.7905 0.5911 0.3907 0.1904 0 Min</p>
3	3 Rib
	<p>Type: Displacement Unit: mm 10/17/2019, 10:47:19 PM 0.9679 Max 0.7604 0.5608 0.3602 0.1676 0 Min</p>
4	4 Rib
	<p>Type: Displacement Unit: mm 10/17/2019, 10:45:46 PM 0.9802 Max 0.7841 0.5811 0.3821 0.186 0 Min</p>
5	5 Rib
	<p>Type: Displacement Unit: mm 10/17/2019, 10:48:46 PM 0.9774 Max 0.7819 0.5864 0.391 0.1955 0 Min</p>
6	6 Rib
	<p>Type: Displacement Unit: mm 10/17/2019, 10:54:23 PM 0.9706 Max 0.7765 0.5824 0.3883 0.1941 0 Min</p>
7	7 Rib
	<p>Type: Displacement Unit: mm 10/17/2019, 10:57:37 PM 0.9659 Max 0.7726 0.5795 0.3863 0.1932 0 Min</p>

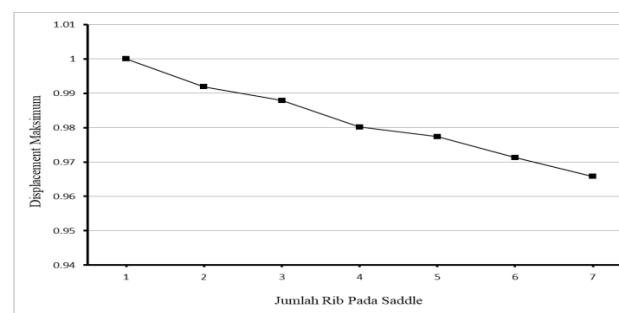
Hasil dari analisa pada struktur bejana tekan dapat dilihat pada tabel 15. Hubungan pengaruh jumlah rib terhadap distribusi tegangan maksimal dapat dilihat pada gambar grafik 17. Hubungan pengaruh jumlah rib terhadap displacement maksimal dapat dilihat pada gambar grafik 18.

Tabel 9. Disribusi Tegangan maksimal dan Displacement maksimal

No	Variasi Pada Saddle	Tegangan Maksimum (Mpa)	Displacement Maksimum (mm)
1	1 Rib	101	1
2	2 Rib	100,9	0,9919
3	3 Rib	100,7	0,9879
4	4 Rib	100,7	0,9802
5	5 Rib	100,3	0,9774
6	6 Rib	100,7	0,9706
7	7 Rib	100,9	0,9658



Gambar 17. Grafik hubungan Jumlah Rib Terhadap Tegangan Maksimum



Gambar 18. Grafik hubungan Jumlah Rib Terhadap Displacement Maksimum

Gambar grafik 17 menunjukkan bahwa tegangan maksimum paling rendah pada bejana tekan menggunakan variasi 5 rib sebesar 100,3 Mpa. Tegangan maksimum pada bejana tekan memiliki nilai yang menurun. Namun pada variasi 6 ke atas tekanan mengalami kenaikan. Ini bisa terjadi karena plat mulai memasuki daerah plastis nya. Tegangan maksimum paling tinggi terjadi pada variasi 1 rib sebesar 101 MPa.

Gambar grafik 18 menunjukkan bahwa displacement paling rendah pada bejana tekan menggunakan variasi 7 rib sebesar 0,9658 mm. displacement maksimum pada bejana tekan memiliki nilai yang menurun ketika jumlah rib semakin besar. Displacement paling tinggi terjadi pada variasi jumlah 1 rib pada saddle sebesar 1mm.

Kesimpulan

Berdasarkan pada data yang diperoleh dari data perancang ulang desain bejana tekan *horizontal closed drain drum* dengan suhu operasi normal 45 °C, kapasitas 15 m³, tekanan desain *internal* 3,5 barg dapat diketahui bahwa :

1. Hasil dari perancangan ulang desain bejana tekan dengan menggunakan *software* PV Elite 2016, perhitungan PV Elite untuk MAWP head sebesar 63,696 Psi dan untuk shell sebesar 63,298 Psi. Sedangkan untuk perhitungan manual untuk headnya sebesar 67,81 Psi dan untuk shellnya 67,69 Psi. Untuk hasil dari tekanan hidrostatisnya dari perhitungan manual didapat 70,32 Psi dan pada perhitungan PV Elite didapat 65,994 Psi. Untuk hasil dari ketebalan dinding pada perhitungan manual di dapatkan hasil 0,219 in pada *head* dan 0,219 in pada *shell* sedangkan pada perhitungan PV untuk *head*nya sebesar 0,223 in dan pada *shell*nya sebesar 0,223 in. Secara keseluruhan desain pada bejana tekan dinyatakan aman sesuai standar pengerjaan yang berlaku.
2. Dari hasil pengaruh jumlah rib terhadap distribusi tegangan didapatkan nilai tegangan pada setiap variasi cenderung menurun seiring penambahan jumlah variasi, namun pada variasi ke 6 tegangan cenderung meningkat ini bisa terjadi karena plat pada bejana tekan memasuki vase plastis. Tegangan maksimum paling tinggi terjadi pada variasi 1 rib sebesar 101 Mpa, sedangkan tegangan maksimum paling rendah terjadi pada variasi 5 rib sebesar 100,3 Mpa. Pada nilai displacement cenderung menurun seiring penambahan jumlah variasi, ini terjadi karena semakin bertambah jumlah variasi kekakuan saddle semakin meningkat. Displacement paling tinggi terjadi pada variasi 1 sebesar 1 mm sedangkan displacemet paling rendah terjadi pada variasi 7 sebesar 0.9658 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- ASME B16.5. (1996). New York: The American Society of Mechanical Engineers.
- ASME 16.47. (1998). New York: The American Society of Mechanical Engineers.
- ASME B31.3. (1999). New York: The American Society of Mechanical Engineers.
- (2016, Oktober 05). Dipetik Agustus 15, 2019, dari Kompas.com:
<https://regional.kompas.com/read/2016/10/05/14482391/pertamina.ada.tangki.terbakar.di.kilang.minyak.cilacap>
- (2019, April 29). Dipetik July 20, 2019, dari Detik News: <https://news.detik.com/berita-jawa-timur/d-4529067/korban-ledakan-tangki-terlempar-15-meter-hingga-masuk-rumah-warga>
- Aziz, A., Hamid, A., & Hidayat, i. (2014). Perancangan Bejana Tekan (Pressure Vessel) Untuk Sparasi 3 Fasa. *Sinergi Vol. 18, No. 1*, 31-38.
- Krisdiyanto. (2018). The Effect of Saddle Web Plate Thickness to Maximum Stress of Horizontal Pressure Vessel. *Prosiding SNTTM XVII*, 163-168.
- Kumar, V., & Kumar, P. (2014). Mechanical design of pressure vessel by using PV-ELITE software. *International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 4, Issue 4*, 1-4.
- Kumar, V., Kumar, N., Angra, S., & Sharma, P. (2014). Design of Saddle Support for Horizontal Pressure Vessel. *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering Vol:8, No:12*, 1965-1969.
- M, A., & Patnaik, M. (2013). Finite Element Analysis of Horizontal Reactor Pressure Vessel Supported on Saddles. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology Vol. 2, Issue 7*, 3213-3220.
- Megyesy, E. F. (1998). *Pressure Vessel Handbook*. Tulsa, Oklahoma: PRESSURE VESSEL PUBLISHING, INC.
- Yang, L., Weinberger, C., & Shah, Y. T. (1993). Finite Element Analysis on Horizontal Vessels With Saddle Support . *Computers & Structures Vol. 52, No. 3*, 387-395.
- Zore, M. Y., & Qaimi, P. G. (2015). Design and Optimization of Saddle For Horizontal Pressure Vessel. *International Engineering Research Journal (IERJ) Special Issue 2*, 4201-4204.