

PERANCANGAN AIR RECEIVER TANK VERTICAL BERTEKANAN 160 PSI DENGAN METODE VDI 2221

Ucok Mulyo Sugeng ⁽¹⁾ Leonard Ezra ⁽²⁾

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri
Institut Sains Dan Teknologi Nasional
Jl. Moh. Kahfi II, Srengseng Sawah, Jagakarsa, DKI Jakarta 12630
Email : ucok@istn.ac.id

ABSTRAKSI

Peningkatan kapasitas produksi membuat PT. X diharuskan menambah jumlah alat dan menambah jumlah waktu kerja alat, Hal ini membuat penggunaan kompresor di PT. X meningkat karena daya tampung kompresor yang kecil menyebabkan intensitas menghidupkan dan mematikan kompresor menjadi tinggi. Maka dari itu PT. X harus membuat *Pressure Vessel* agar intensitas menghidupkan dan mematikan kompresor tidak tinggi dan kompresor dapat terus digunakan secara konstan untuk mengisi bejana tekan dan dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan. Dalam hal ini penulis menyarankan agar PT. X membuat bejana tekan berkapasitas 25m³ dikarenakan dengan kapasitas bejana tekan 25m³ dapat memenuhi kebutuhan produksi selama 24 Jam dengan metode perancangan menggunakan metode VDI 2221. Berdasarkan Metodologi perancangan dengan menggunakan metode VDI 2221 (Verein Deutscher Ingenieure atau persatuan Insinyur Jerman) mendapatkan konsep bentuk variasi 4. Dan dengan menggunakan perhitungan pada shell, head dan leg kita dapat menemukan ketebalan plat yang dapat di gunakan untuk pressure vessel yang akan kita produksi.

Kata kunci :

Air Receiver Tank, metode VDI 2221, Pneumatik, dan Perhitungan.

ABSTRACT

Increased production capacity makes PT. X is required to increase the number of tools and increase the working time of the tools. This makes used of compressors at PT. X increases because the small compressor capacity causes the intensity of turning on and off the compressor to be high. Therefore, PT. X must make a Pressure Vessel so that the intensity of turning on and off the compressor is not high and the compressor can continue to be used constantly to fill the pressure vessel and can be used to Fullfill the Require of Air Demand. In this case the authors suggest that PT. X makes a pressure vessel with a capacity of 25 m³ because with a pressure vessel capacity of 25 m³ it can meet production needs for 24 hours with a design method using the VDI 2221 method. And by using calculations on the shell, head and leg, we can find the thickness of the plate that can be used for the pressure vessels that we will produce.

Keywords :

Air Receiver Tank, VDI 2221, Pneumatic, and Calculation methods.

1. Pendahuluan

Kebutuhan bejana bertekanan dewasa ini semakin meningkat seiring dengan pesatnya perkembangan industri di tanah air. Hampir semua perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur

mebutuhkan bejana bertekanan. Aplikasi dari bejana bertekanan bisa berupa tangki udara, tangki bahan bakar gas, tangki bahan-bahan kimia baik gas maupun cair, dan tabung hampa udara. Dengan berkembangnya industri manufaktur dan

penggunaan alat-alat pneumatik bejana tekan menjadi kebutuhan pokok yang tidak bisa dipisahkan. Dalam hal ini penulis melihat PT. X saat ini menggunakan beberapa alat *pneumatic* seperti *Air Gun, Impact Wrench, Polishing machine, Press Machine, Vacum Machine* maupun alat lainnya. Untuk memenuhi kebutuhan udara alat *pneumatic* tersebut PT.X menggunakan satu kompresor yang bermerek krisbow KW1300014 tanpa adanya bejana tekan untuk menampung terlebih dahulu angin yang dihasilkan kompresor. Peningkatan kapasitas produksi membuat PT. X diharuskan menambah jumlah alat dan menambah jumlah waktu kerja alat, Hal ini membuat penggunaan kompresor di PT. X meningkat karena daya tampung kompresor yang kecil menyebabkan intensitas menghidupkan dan mematikan kompresor menjadi tinggi. Hal ini menyebabkan arus listrik pada saat penghidupan kompresor yang dikeluarkan semakin besar karena tingginya intensitas menghidupkan dan mematikan kompresor. Maka dari itu PT. X harus membuat *Bejana tekan* agar intensitas menghidupkan dan mematikan kompresor tidak tinggi dan kompresor dapat terus digunakan secara konstan untuk mengisi bejana tekan dan dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan produksi tanpa harus berulang kali menghidupkan dan mematikan kompresor. Dalam hal ini penulis menyarankan agar PT. X membuat bejana tekan berkapasitas 25m³ dikarenakan dengan kapasitas bejana tekan 25m³ dapat memenuhi kebutuhan produksi selama 24 Jam dan dengan begitu kompresor hanya perlu dihidupkan 1 kali dalam sehari.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Bejana Tekan

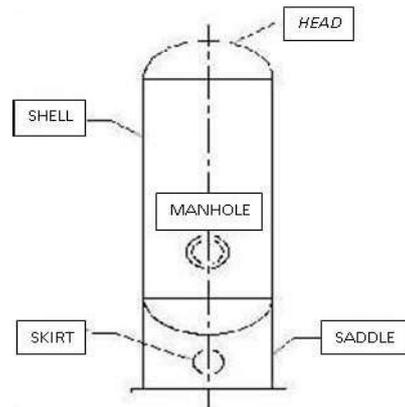
Bejana tekan merupakan suatu tempat untuk menampung atau menyimpan suatu fluida bertekanan. Bejana tekan dirancang agar mampu menampung atau menyimpan fluida cair maupun gas atau bahkan keduanya yang memiliki tekanan dan temperatur yang berbeda-beda. Menurut

Satrijo (2012) bejana tekan (*pressure vessel*) merupakan suatu tempat atau wadah untuk menyimpan atau menampung suatu fluida, baik berupa cairan ataupun gas.

2.2 Klasifikasi Bejana Tekan

2.2.1 Posisi Vertikal

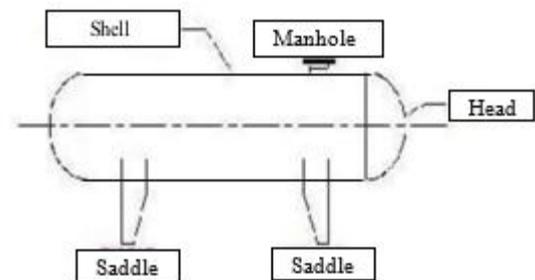
Posisi vertikal (Gambar 2.1) yaitu posisi tegak lurus bejana tekan terhadap sumbunya. Posisi ini banyak dipakai dalam instalasi anjungan minyak lepas pantai, yang mempunyai tempat terbatas.



Gambar 2.1 Bejana Tekan Vertikal (Aziz, 2014)

2.2.2 Posisi Horizontal

Bejana tekan posisi horizontal (Gambar 2.2) banyak digunakan di ladang minyak didataran karena memiliki kapasitas produksi yang lebih besar dan memiliki lokasi pemasangan tangka yang juga luas.



Gambar 2.2 Bejana Tekan Horizontal (Aziz, 2014)

2.3 Komponen Utama Bejana Tekan

2.3.1 Shell

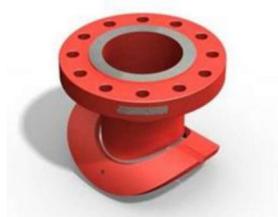
Shell adalah bagian utama dari bejana tekan. *Shell* biasanya terbuat dari material baja, namun pada beberapa aplikasi bejana tekan dapat juga menggunakan material lain. *Shell* terbuat dari satu atau lebih plat yang difabrikasi dengan metode dilas sehingga membentuk silinder atau bola.

2.3.2 Head

Head adalah bagian penutup dari kedua ujung silinder bejana tekan. *Head* biasanya terbuat dari bahan yang sama dengan *shell*-nya. Fabrikasi head dilakukan dengan cara melakukan *forming* pada plat *material head* sehingga terbentuk *head* sesuai yang diinginkan, setelah itu *head* disambungkan ke bagian *shell* dengan cara di las.

2.3.3 Nozzle

Nozzle merupakan saluran keluar masuk dari suatu bejana tekan yang pada umumnya berbentuk tabung dan terbuat dari material baja yang diletakkan pada bagian head dan shell dengan cara dilas. Nozzle memiliki ukuran bervariasi mulai dari 1” hingga lebih dari 24”. Nozzle memiliki beberapa macam kegunaan, misalnya sebagai bukaan bagi alat instrumentasi atau sebagai akses keluar masuknya manusia untuk melakukan maintenance (manhole). Bentuk dari nozzle seperti diilustrasikan pada gambar 2.4.



Gambar 2.3 Nozzle (Pratama, 2013)

2.3.4 Support

Support adalah bagian dari bejana tekan yang menopang keseluruhan bejana tekan. Support harus mampu menahan bejana tekan dari beban berat, angin, dan gempa yang mungkin akan terjadi.

2.4 Beban Yang Bekerja Pada Bejana Tekan

2.4.1 Beban Temperatur

Dalam istilah bejana tekan, ada dua macam istilah temperatur yang digunakan, yaitu:

- a. Temperatur Operasi (T_o)
Temperatur operasi adalah temperatur yang diperlukan pada saat proses produksi yang dilayani oleh suatu bejana tekan.
- b. Temperatur Desain (T_d)
Temperatur desain adalah temperatur yang diperlukan untuk mendesain bejana tekan. Persamaan yang digunakan untuk mendesain bejana menggunakan persamaan 2.1 :

$$T_o = T_d + 50^{\circ}F \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

T_d = Temperatur Desain ($^{\circ}F$)

T_o = Temperatur Operasi ($^{\circ}F$)

Jika bejana tekan bekerja pada temperatur dibawah $-20^{\circ}F$, maka besarnya temperatur desain sama dengan temperatur terendah dari temperatur operasinya.

2.4.2 Beban Tekanan Internal

Ada dua macam istilah tekanan yang digunakan dalam bejana tekan,yaitu:

- 1) Tekanan Operasi (P_o)
Tekanan operasi adalah tekanan yang digunakan untuk proses produksi yang dilayani oleh bejana tekan pada saat bejana tekan dioperasikan.
- 2) Tekanan Desain (P_d)

Tekanan desain adalah tekanan yang digunakan dalam merancang bejana

tekan. Tekanan fluida atau kandungan lain di dalam bejana tekan harus diperhatikan dengan menggunakan persamaan 2.2 dan 2.3.

$$P_o = P_d + \alpha + P_{hs} \dots\dots(2.2)$$

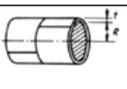
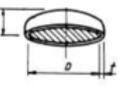
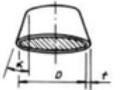
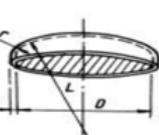
$$P_{hc} = \rho \cdot g \cdot z \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

- Pd = Tekanan Desain [psi]
- Po = Tekanan Operasi [psi]
- a = Margin [maks (0,1 . Po atau 10 psi)]
- Phs = Tekanan Hidrostatik (Tekanan yang timbul akibat fluida cair di dalam bejana tekan) [psi]
- = Densitas Fluida (Air) [kg/m³]
- g = Percepatan gravitasi bumi [m/s²]
- z = Tinggi Bejana Tekan [in]

2.5 Penentuan Ketebalan Shell

Tabel 2.1 Penentuan Ketebalan shell dan head Berdasarkan Tekanan Internal dan Dimensi Dalam (Megyesy, 1998)

No	Bagian	Dimensi Dalam
1	 Cylindrical Shell	$t = \frac{P.R}{2.S.E-0.6.P} + CA \dots\dots 2.4$
2	 h = Di/4 Ellipsoidal Head	$t = \frac{P.D}{2.S.E-0.2.P} + CA \dots\dots 2.5$
3	 Cone and Conical Section	$t = \frac{P.D}{2.S.E \cos \alpha (S.E-0.6.P)} + CA \dots 2.6$
		Untuk $\frac{L}{R} = 16 \frac{2}{3}$, dimana L = 96 in
4	 Torispherical Head	$t = \frac{0.885.P.L}{S.E-0.1.P} + CA \dots\dots 2.7$
		Untuk $\frac{L}{R} = 16 \frac{2}{3}$, dimana L = 96 in dan r = 6 in
		$t = \frac{P.L.N}{2.S.E-0.2.P} + CA \dots\dots 2.8$

3. Metodologi Perancangan

3.1 Metode Perancangan VDI 2221

Perancangan bejana tekan *Air Receiver Tank* 25m³ ini menggunakan metode perancangan VDI 2221 (Verein Deutscher Ingenieure atau persatuan Insinyur Jerman). Adapun 4 tahapan pada VDI 2221 yaitu;

3.1.1 Tahap I : Penjabaran Tugas (Clarification of the Task)

Penjabaran tugas dalam perancangan bejana tekan *Air Receiver Tank* 25m³ ini mempunyai spesifikasi dan persyaratan pada Bejana tekan yang sering di pakai pada sektor industri seperti industri kimia (*petrochemical plant*), energi (*power plant*), minyak dan gas (*oil & gas*). Berikut ini design data sebagai acuan pada penyusunan spesifikasi dalam perancangan bejana tekan *Air Receiver Tank Vertical 160 Psi*, Data acuan dibawah mengambil data acuan menggunakan buku bejana tekan *Handbook 10th Edition* dan juga asumsi penulis dalam menentukan tinggi dan diameter bejana tekan.

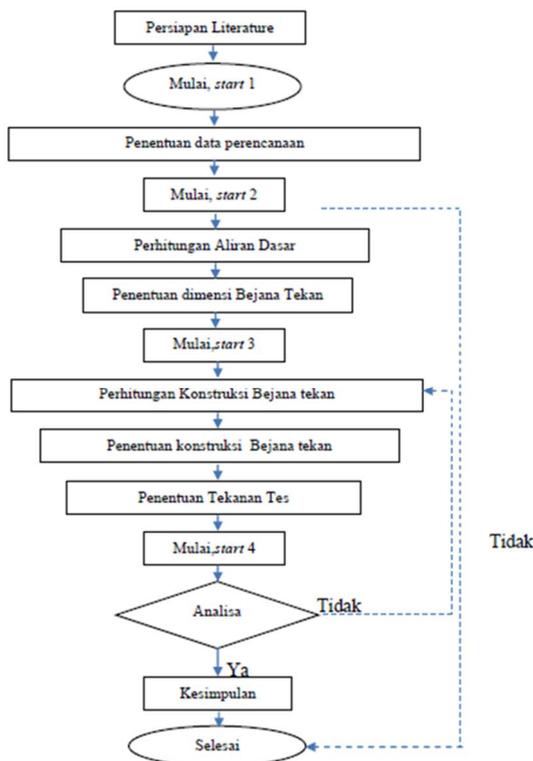
Tabel 3.1 Design data

DESIGN DATA		
Name	Air Receiver Tank	
Position	Instaling Position	Vertical
	Hydrostatic Test	Horizontal
Pressure	Internal Design	160.64 Psig (11.05 bar g)
	External Design	N/A
	Operating	123.57 Psig (8.50 bar g)
	MAWP	178.77 Psig (12.33 bar g)
	Hydrostatic	217.55 Psig (15 bar g)
Temperature	Design	176 de. F (80 deg.C)
	Operating	149 deg F (65deg.C)
Volume	25 M3	
Dimension	I.D	1872 mm
	TL to TL	9000 mm
Corrosion Allowance	2.0 mm	
Test	DPT (Dye Penetrant Test)	

3.1.2 Tahap II : Perancangan Konsep (Conceptual Design)

Perancangan Konsep Meliputi informasi struktur-struktur fungsi pada *Air Receiver Tank*, prinsip solusi perancangan serta strukturnya dan menguraikan perancangan pada *Air Receiver Tank* menjadi konsep yang dapat

di realisasikan. Perancangan *Air Receiver Tank* di mulai dari tahap awal hingga tahap akhir proses perancangannya. Sebagai tahap awal mempunyai spesifikasi yang akan di buat kemudian langkah selanjutnya menghitung Head, Shell, Leg Support, dan Reinforcement Pad sebagai hasil dari perancangan *Air Receiver Tank*.



3.1.3 Tahap III : Perancangan Wujud (*Embodiment Design*)

Perancangan wujud yang telah di buat merupakan bentuk *layout* gambar yang akan di pergunakan dalam hal sebuah perancangan untuk barang yang akan di realisasikan.

3.1.4 Tahap IV : Perancangan Terinci (*Detail Design*)

Perancangan terinci ini merupakan perancangan bejana tekan *Air Receiver Tank* dalam bentuk gambar yang akan di produksi. Serta komponen dan toleransi terdapat dalam gambar tersebut.

Untuk menyempurnakan perencanaan (Desain) maka dibuat suatu dokumen hasil rancangan sehingga dapat diproduksi secara terus menerus dan pengembangannya yang lebih baik dari produk berdasarkan dokumen tersebut.

3.2 Daftar Kehendak

Pada perancangan ini memiliki daftar kehendak pada pembuatan air reciver tank yang berhubungan pada permasalahan proses fabrikasi nantinya, untuk memecahkan masalah tersebut maka di buatannya ide-ide atau gagasan yang di kehendaki untuk perancangan bejana tekan *Air Receiver Tank*. sebagai kesimpulan kehendak-kehendak untuk pemecahan masalah tersebut seperti dibawah ini :

- a. Dapat dibuat dengan mudah
- b. Alat-alat memakai alat yang ada di perusahaan
- c. Aman Untuk Penggunaanya
- d. Dibuat di Worksop sendiri
- e. Hemat dan tahan lama
- f. Tidak memerlukan kompresor yang banyak
- g. Tidak membutuhkan tempat yang luas untuk proses pemasangan

Dari urutan tersebut, kemudian disusun secara sistimatis kedalam daftar yang disebut daftar kehendak, kemudian dibagi menjadi dua kategori kehendak Tuntutan / *Demands* (D) dan harapan / *Wishes* (W) dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 3.2 Daftar spesifikasi

STRATA SATU	PERANCANGAN BEJANA TEKAN AIR RECEIVER TANK 160 Psi		IDENTITAS KLASIFIKASI
	D/W	SPESIFIKASI (KEHENDAK)	PENANGGUNG JAWAB
PERUBAHAN		Geometri	
	D	Volume 25 m3	
	D	Posisi Pemasangan Vertical	
	W	Diameter dalam 1872 mm	
	W	Tinggi kaki 1250 mm	
	W	Panjang Shell 9000 mm	

STRATA SATU	PERANCANGAN BEJANA TEKAN AIR RECEIVER TANK 160 Psi		IDENTITAS KLASIFIKASI
	PERUBAHAN	D/W	
			PENANGGUNG JAWAB
			Pressure
	D	Internal Design 160.64 Psig (11.05 bar g)	
	W	Operating 123.57 Psig (8.50 bar g)	
			Test
	D	Dye Penetrant test	
	W	Radiography	
			Material
	W	Menggunakan plate baja karbon tipe SA-36	
			Perakitan
	D	Menggunakan pengelasan	
			Operasi / Pemakaian
	D	Mudah dioperasikan	
	D	Dapat digunakan di berbagai aplikasi <i>pneumatic</i>	
	W	Dapat dioperasikan oleh satu orang	
	W	Mudah dipindah-pindah	
			Perawatan
	D	Mudah Perawatannya	
	W	Tidak membutuhkan biaya perawatan	
	W	Kebersihan mudah dilakukan	
	D	Apabila terjadi kerusakan mudah memperbaikinya	
			Pemasaran
	W	Dibutuhkan oleh industri	
	W	Hanya Diproduksi untuk keperluan khusus	
			Harga
	W	Harga terjangkau industri menengah	
	W	Perusahaan tidak memerlukan biaya khusus	

3.3 Abstraksi

3.3.1 Abstraksi 1

Tabel 3.3 Abstraksi 1

STRATA SATU	PERANCANGAN BEJANA TEKAN AIR RECEIVER TANK 160 Psi		
	PERUBAHAN	D/W	SPESIFIKASI (KEHENDAK)
			Geometri
	D	Volume 25 m3	
	D	Posisi Pemasangan <i>Vertical</i>	
	D	Diameter dalam 1872 mm	
	D	Tinggi <i>Shell</i> 9000 mm	
			Pressure
	D	Internal Design 160.64 Psig (11.05 bar g)	
	D	Operating 123.57 Psig (8.50 bar g)	
			Test
	D	Dye Penetrant test	
	D	Hydrotest	
			Material
	D	Menggunakan plate baja karbon tipe SA-36	
			Perakitan
	D	Menggunakan pengelasan	
			Operasi / Pemakaian
	D	Mudah dioperasikan	
	D	Dapat digunakan di berbagai aplikasi <i>pneumatic</i>	
			Perawatan
	D	Mudah Perawatannya	
	D	Tidak membutuhkan biaya perawatan	
	D	Kebersihan mudah dilakukan	
	D	Apabila terjadi kerusakan mudah memperbaikinya	
			Produksi/Pembuatan
	D	Mudah di fabrikasi	
			Harga
	W	Harga terjangkau industri menengah	

3.3.2 Abstraksi 2

Tabel 3.4 Abstraksi II

STRATA SATU	PERANCANGAN BEJANA TEKAN AIR RECEIVER TANK 160 Psi		
	PERUBAHAN	D/W	SPESIFIKASI (KEHENDAK)
			Fungsi
	D	Menyimpan udara bertekanan	
	D	menyuplai udara bertekanan	
			Geometri
	D	Volume 25 m3	
	D	Posisi Pemasangan <i>Vertical</i>	
	D	Diameter dalam 1872 mm	

PERANCANGAN BEJANA TEKAN AIR RECEIVER TANK 160 Psi		
STRATA SATU		
PERUBAHAN	D/W	SPESIFIKASI (KEHENDAK)
	D	Tinggi <i>Shell</i> 9000 mm
		Pressure
	D	Internal Design 160.64 Psig (11.05 bar g)
	D	Operating 123.57 Psig (8.50 bar g)
		Produksi/Pembuatan
	D	Mudah di fabrikasi
		Material
	D	Menggunakan plate baja karbon tipe SA-36
		Perakitan
	D	Menggunakan pengelasan
		Operasi / Pemakaian
	D	Mudah dioperasikan
	D	Dapat digunakan di berbagai aplikasi <i>pneumatic</i>

3.3.3 Abstraksi 3

Tabel 3.5 Abstraksi III

PERANCANGAN BEJANA TEKAN AIR RECEIVER TANK 160 Psi		
STRATA SATU		
PERUBAHAN	D/W	SPESIFIKASI (KEHENDAK)
		Fungsi
	D	Menyimpan udara bertekanan
	D	menyuplai udara bertekanan
		Operasi / Pemakaian
	D	Mudah dioperasikan
	D	Dapat digunakan di berbagai aplikasi <i>pneumatic</i>
		Material
	D	Menggunakan plate baja karbon tipe SA-36
		Perakitan
	D	Menggunakan pengelasan

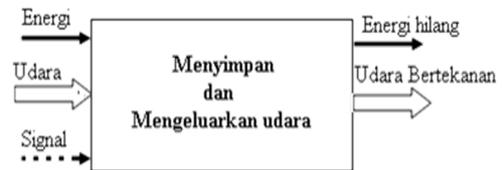
3.3.4 Abstraksi 4

- a. BEJANA TEKAN AIR RECEIVER TANK 160 Psi mudah di gunakan
- b. Pembuatan *Head* yang mudah dan harga terjangkau

3.3.5 Abstraksi 5
BEJANA TEKAN AIR RECEIVER TANK dapat menyimpan dan mengeluarkan udara bertekanan.

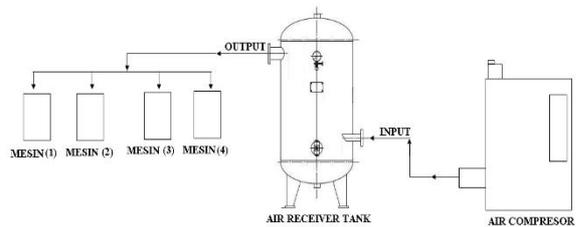
3.4 Struktur Fungsi

3.4.1 Fungsi Utama



Gambar 3.4 Fungsi utama

3.4.2 Sub Fungsi



Gambar 3.5 Diagram sub Struktur Fungsi

3.5 Prinsip Solusi

Prinsip solusi untuk Bejana tekan di kajikan dan digambarkan dalam kolom-kolom matrik seperti tabel berikut ;

3.5.1 Matrik Solusi

Tabel 3.6 Matrik solusi

Prinsip Solusi		1	2	3	4
SUB Fungsi					
1	Shell				
2	Head				
3	support				

3.6 Struktur Modul

3.6.1 Diagram Kombinasi Prinsip Solusi

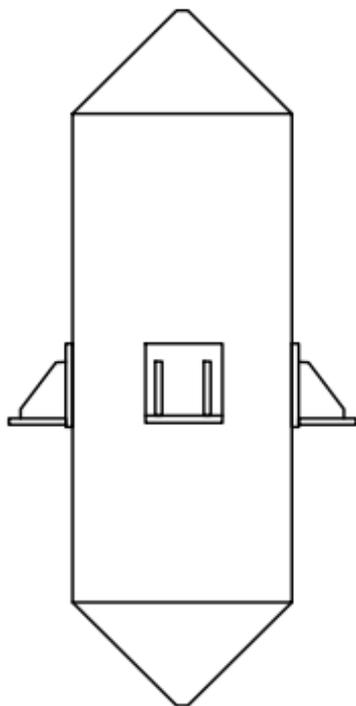
Prinsip Solusi SUB Fungsi		1	2	3	4
1	Shell				
2	Head				
3	support				

Tabel 3.7 Diagram Kombinasi Prinsip Solusi

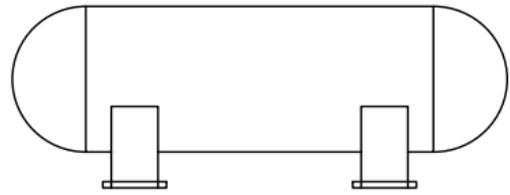
3.6.2 Alternatif Kombinasi Prinsip Prinsip Solusi

- Variasi (1) : 2 – 3 – 1 =
- Variasi (2) : 1 – 1 – 4 =
- Variasi (3) : 1 – 2 – 1 =
- Variasi (4) : 2 – 2 – 2 =
- Variasi (5) : 1 – 4 – 3 =

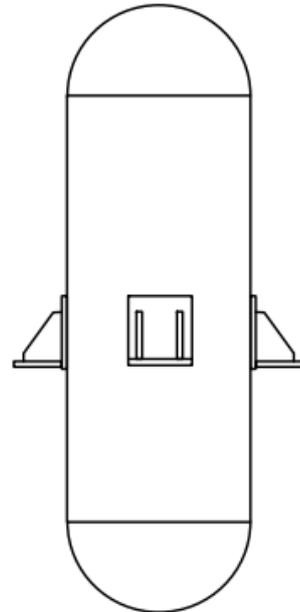
3.6.3 Konsep Bentuk Variasi



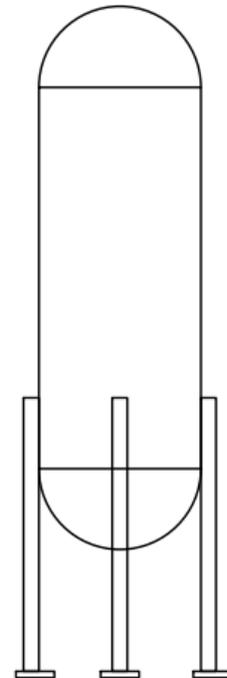
konsep bentuk variasi 1



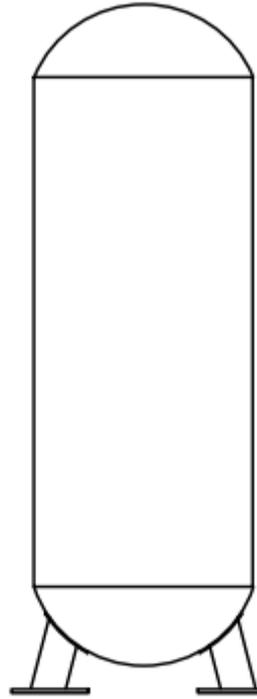
konsep bentuk variasi 2



konsep bentuk variasi 3



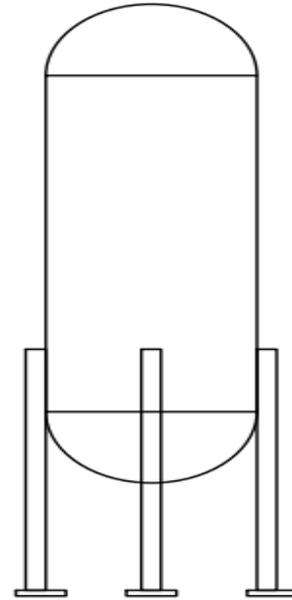
konsep bentuk variasi 4



konsep bentuk variasi 5

- yaitu pada posisi vertical
- 6. kemudahan dalam perawatan
- 7. memenuhi keharusan dari daftar kehendak

Maka dari data-data diatas, kita dapat menentukan Variasi yang terbaik, yaitu Variasi 4.

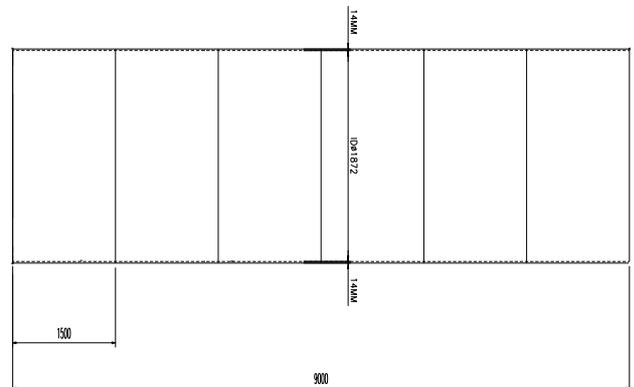


3.6.4 Pilihan Kombinasi yang cocok dari Kombinasi-Kombinasi Prinsip Solusi Tebal 3.13 Tabel Pemilihan

TABEL PEMILIHAN PERANCANGAN BEJANA TEKAN AIR RECEIVER TANK VERTICAL 160 Psi									
						KEPUTUSAN			
(+) Ya (x) Tidak (?) Kurang informasi (!) Periksa spesifikasi						(+) Ya (x) Tidak (?) Kurang informasi (!) Periksa spesifikasi			
Cocok dengan semua kehendak									
memenuhi keharusan dari daftar kehendak									
secara prinsip dapat di realisasikan									
masih dalam batas-batas yang diinginkan									
lebih di sukai oleh pimpinan-pimpinan perusahaan									
informasi memadai									
dapat ditangani oleh aturan-aturan keamanan									
KOMBINASI VARIASI	A	B	C	D	E	F	G	KETERANGAN (Indikasi, alasan)	KEPUTUSAN
V1	X	X	X	+	+	X	+		X
V2	X	X	X	+	+	+	+		X
V3	X	X	X	+	+	X	+		X
V4	+	+	+	+	+	+	+	sesuai kehendak, mudah di buat Vertical dan aman	+
V5	X	X	+	+	+	+	+		X

Dari alternatif kombinasi prinsip-prinsip solusi yang ada dapat kita pertimbangkan dengan faktor sebagai berikut :

1. Ketersediaan Material/Bahan
2. kekuatan Bahan terutama pada bagian leg support
3. Harga terjangkau
4. Realistis untuk dibuat
5. Sesuai dengan rencana pemasangan

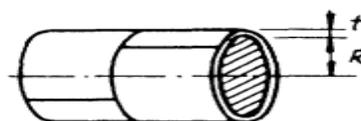


Gambar 3.12. Konsep Bentuk Variasi 4 Yang Terpilih

3.7 . Perhitungan

3.8 Analisa Teknik

3.8.1 Analisa Cylindrical Shell (Long Seam)



Diketahui :

$P = 160,64 \text{ psi}$

$R = ID\emptyset 1872 \text{ mm} \Rightarrow 1872 / 2 = 936 \text{ mm}$
 $\Rightarrow 36.8 \text{ inch (note : 1 inch = 25.4 mm)}$

$S = 17.500 \text{ Psi}$

$E = 0,85$

Jawab:

$$t = \frac{PR}{SE-0.6P}$$

$$t = \frac{160.64 \times 36.8}{(17500 \times 0.85) - (0.6 \times 160.64)}$$

$t = 0.400 \text{ in}$

$t + C.A$

$t = 0.400 \text{ inch}$

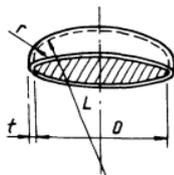
$c.a = 0.125 \text{ inch}$

jadi $0.400 + 0.125 = 0.525 \text{ inch} \Rightarrow 0.525 \times 25.4 = 13.3 \text{ mm}$

sehingga tebal pelat *Cylindrical Shell (Long seam)* menggunakan ketebalan 13.3 mm boleh lebih dan tidak boleh kurang dari 13.3 mm, desain *Cylindrical Shell* plat 14 mm di perbolehkan untuk digunakan

3.8.2 Analisa Toripherical Head

Head air reciver tank menggunakan tipe *Toripherical Head* dengan Diameter *inside* 1872mm dan Diameter besar 3800mm sedangkan diameter kecil 380mm tinggi 350mm berpakah tebal plat head yang di ijinakan.



Diketahui :

$P = 160,64 \text{ Psi}$

$L = \emptyset 3800 \text{ mm} \Rightarrow R = 1900 \text{ mm} \Rightarrow 74 \text{ inch (note : 1 inch = 25.4 mm)}$

$M = \dots\dots\dots ?$

$S = 17500 \text{ (material SA 516 - 70 lihat di gambar 4.1)}$

$E = 0.85$

$r = \emptyset 380 \text{ mm} \Rightarrow r = 190 \text{ mm} \Rightarrow 7 \text{ inch}$
 (note : 1 inch = 25.4 mm)

Jawab :

$$t = \frac{PLM}{2SE-0.2P}$$

a. $M = L/r$
 $M = \frac{74}{7} = 10.57$
 $M = 1.41$

Tabel 4.5 Values Factor M

VALUES OF FACTOR "M"																		
L/r	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	
M	1.00	1.03	1.06	1.08	1.10	1.11	1.13	1.15	1.17	1.18	1.20	1.22	1.25	1.28	1.31	1.34	1.36	1.39
L/r	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	16.3	*	
M	1.41	1.44	1.46	1.48	1.50	1.52	1.54	1.56	1.58	1.60	1.62	1.65	1.69	1.72	1.75	1.77		

* THE MAXIMUM ALLOWED RATIO : $L = D + 2t$ (see note 2 on facing page)

b. $t = \frac{PLM}{2SE-0.2P}$
 $t = \frac{160.64 \times 74 \times 1.41}{(2 \times 17500 \times 0.85) + 160.64 (1.41 - 0.2)}$

$t = 0.5597 \text{ inch}$

$t + C.A$

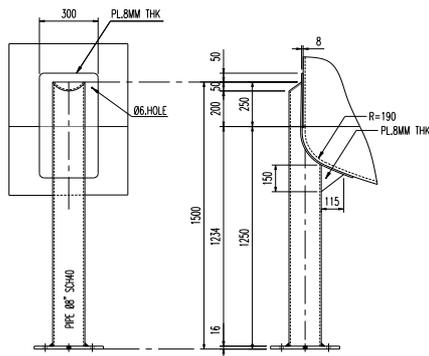
$t = 0.5597 \text{ inch}$

$c.a = 0.125 \text{ inch}$

jadi $0.5597 + 0.125 = 0.6847 \text{ inch}$
 $\Rightarrow 0.6847 \times 25.4 = 17.3 \text{ mm}$

sehingga tebal pelat *Toripherical Head* menggunakan ketebalan 17.3 mm boleh lebih dan tidak boleh kurang dari 17.3 mm , desain *Toripherical Head* plat 18 mm di perbolehkan untuk digunakan

3.8.3 Analisa Leg Support



Desain *Leg support* atau yang di namakan *saddle* untuk perancangan bejana tekan *Air Receiver Tank 25m³* menggunakan pipa Ø8” SCH 40 dengan dimensi *Outside Diameter* 219.1 mm , tebal 8.18 mm dan tinggi 1500mm.

Tabel 4.6. Simbol rumus *Leg support*

Simbol	Keterangan
D	<i>Outside diameter pipe (mm)</i>
t act	<i>Thickness Pipe (mm)</i>
Nu	<i>Load (ton) Note ; (total load / total leg)</i>
Fy	<i>Yeld strength of Material (N/mm²)</i>
L	<i>Hight Profile (mm)</i>
E	<i>Modulus Elastisitas (N/mm²)</i>
K	<i>correction factor buckling Lihat Gambar 4.13</i>
D	<i>Inside diameter pipe</i>
I	<i>Momen inertia</i>
A	<i>Cross-section Area</i>
R	<i>Radius of gyration</i>
P max	<i>Max load</i>
Sf	<i>Safety factor</i>

Tabel 4.7. Data *Correction Factor Buckling*

Harga K teoretis	0,5	0,7	1,0	1,0	2,0
K desain	0,65	0,80	1,2	1,0	2,10
Keterangan	jepit sendi rol tanpa rotasi ujung bebas				

Diketahui :

PIPA Ø8” SCH 80

D = 219.1 mm

t ac = 8.18 mm

Nu =?

Fy = 160 N/mm²

L = 1,500 mm

E = 200,000 N/mm²

K = 2.1

Jawab :

a. Nu (*Load*)

Nu =?

a.1. Shell

$$= \text{Ø}1872 \text{ mm} + 14\text{mm} = 1886 \text{ mm}$$

$$= 1886 \text{ mm} \times \pi$$

$$= 5925 \text{ mm}$$

$$= 5925 \text{ mm} \times 14 \text{ mm} \times 9000 \text{ mm} = 746.550.000 \text{ mm}^3$$

$$= 746,550,000 \text{ mm}^3 \times 7850 \text{ kg/mm}^3$$

$$= 5,860,417,500,000 \text{ kg/mm}^3$$

$$= \frac{5,860,417,500,000 \text{ kg/mm}^3}{1,000,000,000 \text{ kg/mm}^3}$$

$$= 5,860.4175 \text{ kg}$$

a.2. *Head*

$$= \text{Ø } 1872 \text{ mm} + 250 \text{ mm} = \text{Ø } 2122 \text{ mm}$$

$$= \frac{\pi}{4} \times 2122^2 \text{ mm} \times 19 \text{ mm}$$

$$= 67,194,579 . 64 \text{ mm} \times 7850 \text{ kg/mm}^3$$

$$= 527,477,450,238.71 \text{ kg/mm}^3$$

$$= \frac{527,477,450,238.71 \text{ kg/mm}^3}{1,000,000,000 \text{ kg/mm}^3}$$

$$= 527.47774 \text{ kg}$$

Karena menggunakan 2 *head*, maka berat *head* di kali 2 jadi 527.47774 kg x 2 pcs = 1,054.9548 kg

a.3. *Shell + Head*

$$5,860.4175 \text{ kg} + 1,054.9548 \text{ kg} = 6,915.3723 \text{ kg} \Rightarrow 7.6228404 \text{ ton}$$

(Note : 1 kg = 0.00110231 ton)

$$\text{Nu} = 7 \text{ Ton} / 4 \text{ Total Leg support}$$

$$= 1.75 \text{ Ton}$$

b. *d (Inside diameter pipe)*

$$d = D - (t \text{ act} \times 2)$$

$$= 219.1 \text{ mm} - (8.18 \text{ mm} \times 2)$$

$$= 219.1 \text{ mm} - (16.38 \text{ mm})$$

$$d = 202.72 \text{ mm}$$

c. *I (Momen inertia)*

$$I = 0.049 \times (D^4 - d^4)$$

$$= 0.049 \times (219.1^4 - 202.72^4)$$

$$I = 30,165,870.660603 \text{ mm}^4$$

d. *A (Cross-section Area)*

$$A = 0.784 \times (D^2 - d^2)$$

$$= 0.784 \times (219.1^2 - 202.72^2)$$

$$= 0.784 \times (48,004.81 - 41,095.398)$$

$$= 0.784 \times (6,909.4116)$$

$$A = 5,416.9786 \text{ mm}^2$$

e. *r (Radius of gyration)*

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$r = \sqrt{\frac{30,165,870.660603}{5,416.9786}}$$

$$r = 74.624 \text{ mm}$$

f. *Lk (Length Buckle)*

$$Lk = L \times k$$

$$= 1500 \times 2.1$$

$$Lk = 3,150$$

g. λ (slenderness of beam)

$$\lambda = \frac{Lk}{r}$$

$$= \frac{3150}{74.624}$$

$$= 42.2 \text{ mm}$$

h. λ_c (review strngth of beam)

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \times \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

$$= \frac{42.2}{\pi} \times \sqrt{\frac{160}{200,000}}$$

$$= 13.4 \times 0.0283$$

$$= 0.380$$

$$= 0.25 \leq 0.380 \leq 1.2$$

i. *P max (Max Load)*

i.1. *Buckling Koefisien of beam*

i.1.1. Opsi 1 if $\lambda_c < 0,25$ then $\omega = 1$

$$\omega = 1$$

i.1.2. Opsi 2 if $0,25 < \lambda_c < 1,2$ then

$$\omega = 1,43 / (1,6 - 0,67 * \lambda_c)$$

$$\omega = \frac{1.43}{(1.6 - 0.67 \times 0.380)}$$

$$= \frac{1.43}{(1.345)}$$

$$= 1.06$$

i.1.3. Opsi 3 if $\lambda_c > 1,2$ then $\omega = 1,25 * (\lambda_c^2)$

$$\omega = 1.25 \times 0.380^2$$

$$= 1.25 \times 0.14$$

$$= 0.18$$

j. N_n (*compressive strength of the material*)

$$P_{max} = N_n = A \times F_y / \omega$$

$$= 5,416 \times 160 / 0.18$$

$$= 4,814,222.22 \text{ Newton}$$

$$= 4,814,222.22 / 10$$

$$= 48,814,222 \text{ kg}$$

$$= 48,814,222 / 1000$$

$$= 48.814 \text{ Ton}$$

Maka *Maximal Loadnya* ($P_{Max} = 48.814 \text{ Ton}$)

k. t_{min} (*Check the Thickness of pipe*)

$$t_{min} = D \times \left(\sqrt{\frac{f_y}{8}} \times E \right)$$

$$= 219.1 \times \left(\sqrt{\frac{160}{8}} \times 200,000 \right)$$

$$= 219.1 \times \sqrt{\frac{160}{1,600,000}}$$

$$= 219.1 \times 0.01$$

$$t_{min} = 2.191 \text{ mm}$$

$t_{act} = 8.18$ lebih dari $t_{min} = 2.19$ mm maka pipa 8'' Sch 40 tersebut layak untuk digunakan.

l. $\lambda_r =$ Check the cross-section slenderness of pipe

$$\lambda_r = D / t < 22,000 / f_y$$

$$= 219.1 / 8.18 < 22,000 / 160$$

$$= 26.78 < 137.50$$

Karena *cross-section slenderness of pipe* kurang dari 137.50 maka pipa 8'' Sch 40 tersebut layak untuk digunakan.

m. $S_f =$ *Safety Factor*

Note : *Control Stength should not be more than one* 5

$$S_f = (N_u / \Phi \times N_n) < 1$$

$$= (1.75 / (0.85 \times 481.4)) < 1$$

$$= (1.75 / 409.19) < 1$$

$$= 0.00 < 1$$

Karena *Safety Factornya* kurang dari 1 maka pipa 8'' Sch 40 tersebut layak untuk digunakan.

4 . Kesimpulan

Dari hasil perancangan yang telah dilakukan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain:

1. Berdasarkan Metodologi perancangan dengan menggunakan metode VDI 2221 (Verein Deutscher Ingenieure atau persatuan Insinyur Jerman) mendapatkan konsep bentuk variasi 4. Variasi 4 dipilih dengan beberapa alasan berikut ;
 - a. Ketersediaan Material/Bahan
 - b. Realistis untuk dibuat
 - c. Sesuai dengan rencana pemasangan yaitu pada posisi vertical
 - d. kemudahan dalam perawatan
 - e. memenuhi keharusan dari daftar kehendak

Dengan metode ini kita dapat menentukan desain apa yang akan kita buat dan cocok untuk di produksi,

2. Dengan menggunakan perhitungan pada *shell & head* kita dapat menemukan ketebalan plat yang dapat di gunakan untuk pressure vessel yang akan kita produksi yaitu ;
 - a. Tebal *Shell* : 14 mm
 - b. Tebal *Head* : 19 mm
3. Dengan melakukan perhitungan pada *leg support*, kita mendapatkan bahwa pipa Ø8'' SCH 40 dengan dimensi *Outside Diameter* 219.1 mm , tebal 8.18 mm dan tinggi 1500mm layak digunakan sebagai bahan pembuatan leg support.

. Daftar Pustaka

1. ASME Section VIII div.1, 2010 Edition. *Rules For Contruction Of Pressure Vessels.*
2. ASME Section IX, 2010 Edition. *Welding and Brazing Qualification*

3. Aziz, A., Hamid, A., dan Hidayat, I., 2014. *Perancangan Bejana Tekan (Pressure Vessel) untuk Separasi 3 Fasa*, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana.
4. Paul Buthod, 1997. *Pressure Vessel Hand Book 10`th Eddition*, Pressure Vessel Publishing.INC, Oklahoma.
5. Pratama, H., 2013. “*Mechanical Static Equipment*”. Diambil dari https://www.academia.edu/6042051/BAB_V.
6. Satrijo, D & Habsya, S.A., 2012. *Perancangan dan Analisa Tegangan pada Bejana Tekan Horizontal dengan Metode Hingga*, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.