

## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Bejana tekan merupakan suatu konstruksi berbentuk tabung yang menerima beban tekan, dan media penyimpanan fluida gas atau cairan bertekanan (ribawa, 2015). Pertimbangan dalam perancangan bejana tekan perlu diperhatikan karena pecahnya bejana tekan mengakibatkan ledakan yang dapat berimbas pada hilangnya nyawa atau kerusakan benda sekitar.

Menurut Aziz (2014), perancangan bejana tekan dengan bantuan software PV Elite menyesuaikan dengan kemajuan teknologi, dimana begitu banyak software yang digunakan dalam dunia kerja. Material yang digunakan untuk *shell* dan *head* adalah SA-516 Grade 70, tekanan desain = 3,1 Mpa, panjang bejana tekan = 5900 mm, diameter (D) = 2140 mm, dan *corrosion Allowence* = 6 mm. Hasil perhitungan dengan PV Elite didapat ketebalan untuk shell sebesar 30,45 mm, sedangkan pada perhitungan manual diperoleh ketebalan sebesar 29,84 mm. Untuk *head* berdasar perhitungan PV Elite diperoleh ketebalan *head* sebesar 30,18 mm, sedangkan pada perhitungan manual diperoleh ketebalan 17,92 mm. Tekanan maksimal berdasar PV Elite untuk *shell* sebesar 5,0418 Mpa dan untuk *head* sebesar 5,1356 Mpa, sedangkan dari perhitungan manual untuk *shell* sebesar 3,9102 dan untuk *head* sebesar 1,0144 Mpa.

Menurut Afandi (2015), untuk memudahkan dan mempercepat dalam perancangan bejana tekan dapat menggunakan bantuan software Compress Build 6285. Bejana tekan berkapasitas 38,5 m<sup>3</sup>, tekanan internal desain 10 bar, dan bertemperatur 150°C. Hasil perhitungan dengan Compress Build 6285 diperoleh ketebalan untuk *shell* sebesar 0,412 in dan *head* sebesar 0,526 in, sedangkan pada perhitungan manual diperoleh ketebalan *shell* sebesar 0,4375 in dan *head* sebesar 0,5 in. Tekanan maksimal

berdasar Compress Build 6285 untuk *shell* sebesar 180,04 psi dan *head* 153,76 psi, sedangkan pada perhitungan manual diperoleh tekanan maksimal untuk *shell* sebesar 170 psi dan *head* sebesar 146,85 psi. Test Hidrostatik berdasar Compress Build 6285 didapat nilai sebesar 193,9 psi, sedangkan pada perhitungan manual diperoleh nilai sebesar 230,15 psi.

## 2.2. Landasan Teori

### 2.2.1. Definisi bejana Tekan

Bejana tekan merupakan tempat berlangsungnya suatu proses yang berfungsi sebagai media yang memproses dan menyimpan fluida gas maupun fluida cair sehingga mampu mengkonversi menjadi kondisi fluida yang dibutuhkan (Putra, 2017). Bejana tekan terdiri dari berbagai macam komponen utama seperti; dinding (*shell*), kepala bejana (*head*), lubang orang (*manhole*), *nozzle/opening*, *flanges*, penyangga (*support*), dan komponen lainnya yang digunakan alat sebagai pendukung.



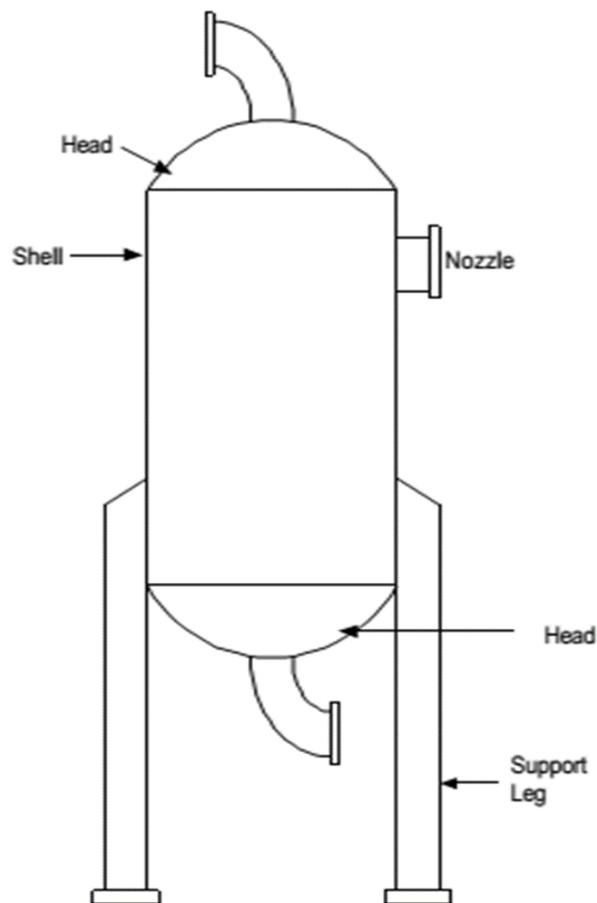
Gambar 2.1. *Pressure Vessel*

### 2.2.2. Klasifikasi Bejana Tekan

Bejana tekan diklasifikasikan menurut posisi atau letaknya menjadi 2 posisi, yaitu bejana tekan *horizontal* dan bejana tekan *vertical*.

#### 1. Posisi *vertical*

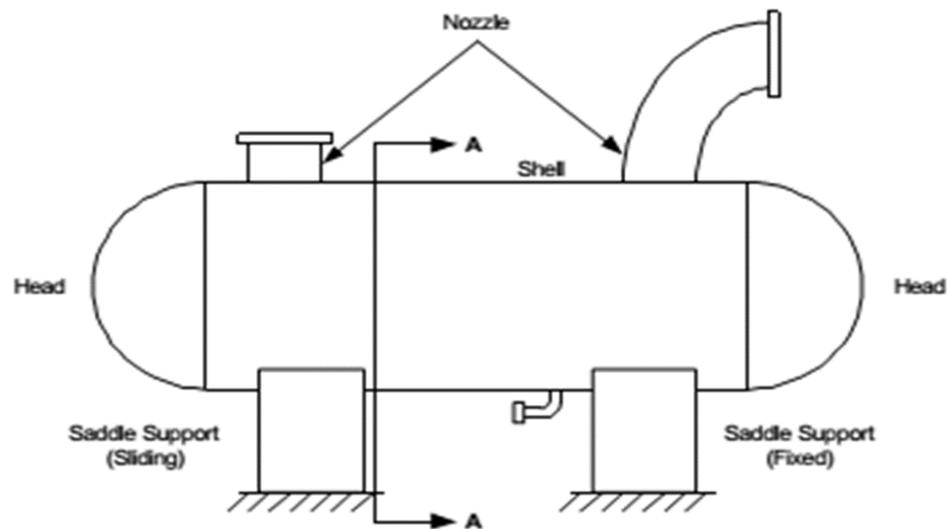
Posisi bejana tekan *vertical* yaitu posisi tegak lurus terhadap sumbu netral axis. Posisi bejana *vertical* biasanya digunakan untuk jenis *2-phase*, dimana yang diproses adalah pemisahan gas dan cair. Gas yang dihasilkan akan lebih kering dibandingkan dengan bejana *horizontal*.



Gambar 2.2. Bejana tekan posisi *vertical*

## 2. Posisi *horizontal*

Posisi bejana tekan *horizontal* biasanya digunakan untuk separator 3-*phase*, yaitu pemisahan antara minyak mentah, air, dan gas. Bejana tekan *horizontal* banyak dijumpai pada ladang sumur minyak karena mempunyai kapasitas produksi yang lebih besar.



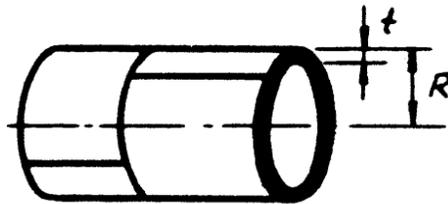
Gambar 2.3. Bejana tekan posisi *horizontal*

### 2.2.3. Bagian-bagian Bejana Tekan

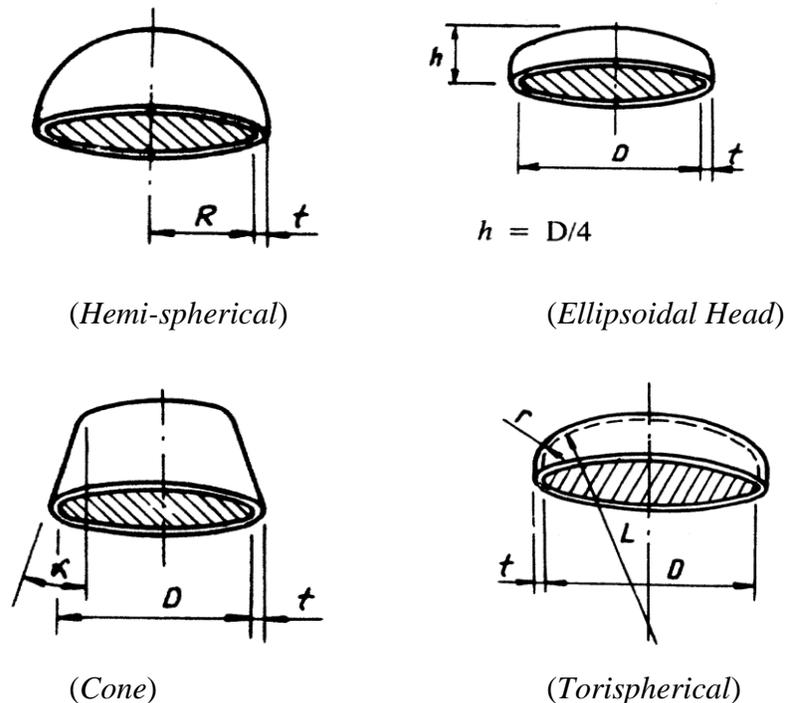
#### 1. Komponen Utama Bejana Tekan

Komponen-komponen utama dari bejana tekan antara lain :

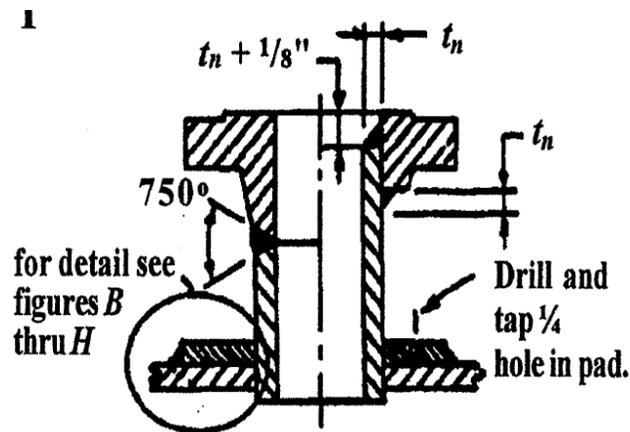
- a. Dinding bejana (*shell*) yaitu suatu silinder yang berfungsi untuk menahan tekanan dari luar maupun dari dalam dan sebagai wadah fluida. Berdasarkan ASME UG-27 menyatakan ketebalan *shell* di bawah tekanan internal harus tidak boleh kurang dari ketebalan hasil perhitungan dengan formula yang telah ditentukan.

Gambar 2.4. *Shell*

- b. Kepala bejana tekan (*head*) yaitu sebagai penutup dari *shell* pada bejana tekan. Bentuk *head* setengah lingkaran atau elipsoidal 2:1 digunakan untuk perancangan bejana tekan. Berdasar ASME UG-32 menyatakan ketebalan *head* yang dibutuhkan pada titik paling tipis setelah proses pembentukan harus dihitung dengan persamaan yang telah ditentukan. Menurut Megyesy (1998) *head* dari bejana tekan terbagi menjadi beberapa jenis berdasarkan kinerja operasionalnya, dapat dilihat pada gambar 2.5.

Gambar 2.5. Jenis-jenis *head*  
(Megyesy, 1998)

- c. *Opening* atau *nozzle* yaitu penghubung antara bejana tekan dengan proses perpipaan yang mengalirkan fluida masuk atau keluar bejana. Berdasar standar ASME UG-36 menyatakan bahwa *opening* pada *head* atau *shell* lebih baik berbentuk lingkaran, *ellips*, atau *obround*.



Gambar 2.6. *Nozzle*

- d. 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. Ada beberapa jenis support yaitu:

1) Saddle

Support jenis ini digunakan untuk menyangga bejana tekan horizontal. Bejana tekan pada umumnya disangga menggunakan 2 buah saddle.

Contoh pemasangan saddle dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.7 Saddle (Pratama, 2013)

## 2) Skirt

Support jenis ini digunakan untuk menyangga bejana tekan silindris vertikal maupun bejana tekan bola. Skirt dilas pada bejana tekan lalu dipatenkan pada tanah yang telah diberi pondasi beton. Pada bejana tekan vertikal skirt dilas pada bagian shell bejana tekan atau bisa juga pada bagian bottom head bejana tekan, sedangkan pada bejana tekan bola skirt dilas pada bagian tengah shell.

## 3) Leg

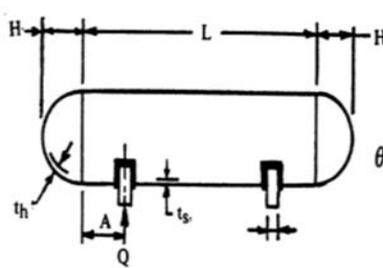
Support jenis ini biasanya digunakan untuk menyangga bejana tekan vertikal berukuran kecil yang dilas dibagian shell-nya. Rasio maksimum antara panjang leg dengan diameter shell biasanya 2:1. Banyaknya jumlah leg yang diperlukan tergantung dengan besarnya ukuran bejana tekan (Khambali, 2017).

### **2.2.4. Tegangan Pada Saddle**

Pemasangan dua *saddle* pada bejana akan mengakibatkan 3 macam tegangan, yaitu *longitudinal bending*, *tengential bending*, dan *circumferential*.

Tabel 2.1. Tegangan Pada Bejana dengan 2 Saddle (Megyesy,1998)

Tegangan	Kondisi	Tegangan maksimum yang terjadi	Sizin
Longitudinal Bending	Tidak ada ring penguku	Pada Saddle $S_1 = \pm \frac{QA \left( 1 - \frac{1 - \frac{A}{L} + \frac{R^2 - H^2}{2AL}}{1 + \frac{4H}{3L}} \right)}{\pi R^2 t_s}$	Ket. 1
	Ada ring penguku	Pada Midspan $S_1 = \pm \frac{QL}{4} \left( \frac{1 + 2 \frac{R^2 - H^2}{L^2} - \frac{4A}{L}}{1 + \frac{4H}{3L}} \right) \frac{1}{\pi R^2 t_s}$	
Tangential Shear	$A > R/2$	Dalam Shell $S_2 = \frac{K_2 Q}{R t_s} \left( \frac{L - 2A}{L + 4/3 H} \right)$	Ket. 2
	$A \leq R/2$	Dalam Shell $S_2 = \frac{K_4 Q}{R t_s}$	
		Dalam Head $S_2 = \frac{K_4 Q}{R t_h}$	
Tegangan tambahan pada head	$S_3 = \frac{K_5 Q}{R t_h}$		
Circumferential	$L > 8R$	Pada ujung saddle $S_4 = -\frac{Q}{4 t_s (b + 1.56 \sqrt{R t_s})} - \frac{3 K_6 Q}{2 t_s^2}$	Ket. 3
	$L < 8R$		
	Ada penguku atau tanpa penguku	Pada bawah saddle $S_5 = -\frac{K_7 Q}{t_s (b + 1.56 \sqrt{R t_s})}$	



Notasi :

Q = beban pada satu saddle, lbs

R = Jari-jari shell, in

S = Tegangan, psi

 $t_s$  = Tebal dinding shell, in $t_h$  = Tebal dinding head, in

K = Konstanta

 $\theta$  = Sudut kontak pada saddle

Keterangan :

1) *Longitudinal bending*

- Nilai tegangan tarik tidak boleh melebihi nilai tegangan izin *shell* dikalikan efisiensi sambungan, dimana nilai tegangan tarik dihitung dengan  $S1$  ditambahkan dengan tegangan akibat tekanan internal ( $PR/2t_s$ ).
- Tegangan tekan tidak boleh melebihi 0,5 dikalikan titik luluh material, dimana tegangan tekan dihitung dengan tekanan internal dikurangi  $S1$ .

2) *Tangential shear*

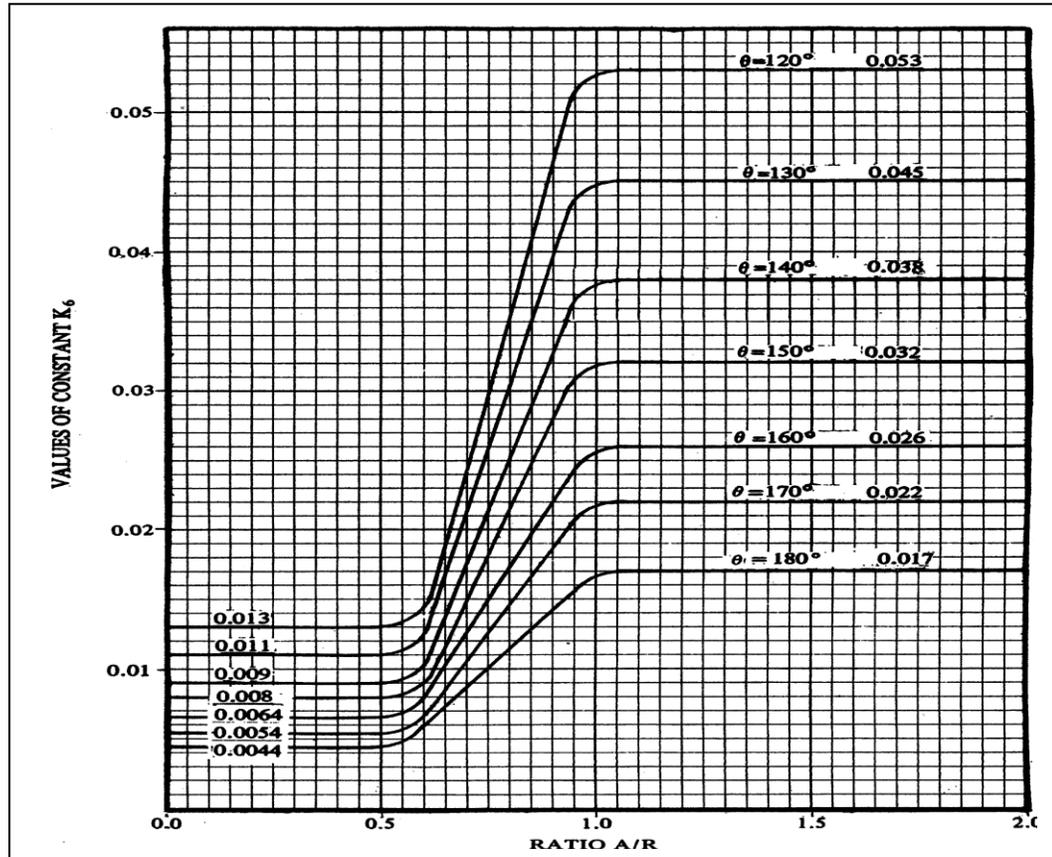
- Faktor  $K2$  digunakan jika nilai  $A > R/2$  menggunakan ring penguku, sedangkan nilai  $S2$  tidak boleh melebihi dari 0,8 kali tegangan izin material.
- Nilai  $S3$  ditambah tegangan akibat tekanan internal tidak boleh melebihi 1,25 kali tegangan tarik yang diizinkan pada material.

3) *Circumferential*

- Nilai  $S4$  tidak boleh melebihi 1,5 kali tegangan tarik yang diizinkan material *shell*.
- Nilai  $S5$  tidak boleh melebihi 0,5 kali tekanan pada titik luluh material *shell*.

Tabel 2.2. Nilai-nilai konstanta K (Megyesy, 1998)

CONTACT ANGLE $\theta$	K <sub>1</sub> *	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	K <sub>7</sub>	K <sub>8</sub>
120	0.335	1.171		0.880	0.401		0.760	0.603
122	0.345	1.139		0.846	0.393		0.753	0.618
124	0.355	1.108		0.813	0.385		0.746	0.634
126	0.366	1.078		0.781	0.377		0.739	0.651
128	0.376	1.050		0.751	0.369		0.732	0.669
130	0.387	1.022		0.722	0.362		0.726	0.689
132	0.398	0.996		0.694	0.355		0.720	0.705
134	0.409	0.971		0.667	0.347		0.714	0.722
136	0.420	0.946		0.641	0.340		0.708	0.740
138	0.432	0.923		0.616	0.334		0.702	0.759
140	0.443	0.900		0.592	0.327		0.697	0.780
142	0.455	0.879	0.319	0.569	0.320	See	0.692	0.796
144	0.467	0.858	For	0.547	0.314	chart	0.687	0.813
146	0.480	0.837	Any	0.526	0.308	on	0.682	0.831
148	0.492	0.818	Con-	0.505	0.301	fac-	0.678	0.853
150	0.505	0.799	Tact	0.485	0.295	ing	0.673	0.876
152	0.518	0.781	Angles	0.466	0.289	page	0.669	0.894
154	0.531	0.763	$\theta$	0.448	0.283		0.665	0.913
156	0.544	0.746		0.430	0.278		0.661	0.933
158	0.557	0.729		0.413	0.272		0.657	0.954
160	0.571	0.713		0.396	0.266		0.654	0.976
162	0.585	0.698		0.380	0.261		0.650	0.994
164	0.599	0.683		0.365	0.256		0.647	1.013
166	0.613	0.668		0.350	0.250		0.643	1.033
168	0.627	0.654		0.336	0.245		0.640	1.054
170	0.642	0.640		0.322	0.240		0.637	1.079
172	0.657	0.627		0.309	0.235		0.635	1.097
174	0.672	0.614		0.296	0.230		0.632	1.116
176	0.687	0.601		0.283	0.225		0.629	1.137
178	0.702	0.589		0.271	0.220		0.627	1.158
180	0.718	0.577		0.260	0.216		0.624	1.183

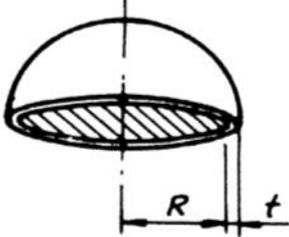
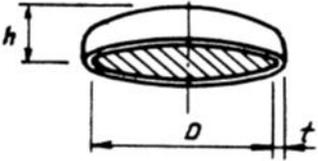
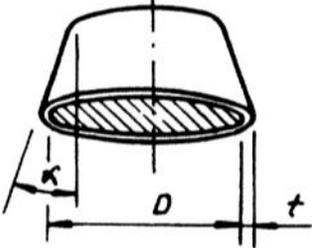
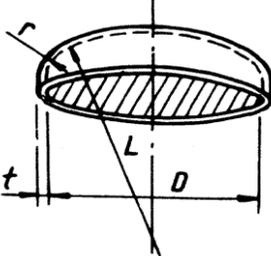


Grafik 2.1. Nilai konstanta K6 (Megyesy, 1998)

### 2.2.5. Penentuan Ketebalan Dinding Bejana

Penentuan ketebalan dinding *head* dihitung berdasarkan tekanan internal dan dimensi dalam pada kondisi korosi. Ketebalan *head* dapat dihitung dengan rumus pada tabel 2.3.

Tabel 2.3. Penentuan ketebalan dinding *head* (Megyesy, 1998)

No.	Head	Dimensi Dalam
1.	 <p data-bbox="480 674 743 709">Hemispherical Head</p>	$t = \frac{P \cdot R}{2 \cdot S \cdot E - 0,2 \cdot P} + CA$
2.	 <p data-bbox="500 972 618 1003"><math>h = D/4</math></p> <p data-bbox="505 1014 721 1050">Ellipsoidal Head</p>	$t = \frac{P \cdot D}{2 \cdot S \cdot E - 0,2 \cdot P} + CA$
3.	 <p data-bbox="578 1360 646 1392">Cone</p>	$t = \frac{P \cdot D}{2 \cdot \cos \alpha (S \cdot E - 0,6 \cdot P)} + CA$
4.	 <p data-bbox="488 1696 737 1732">Torispherical Head</p>	Ketika $L/r = 16^{2/3}$ $t = \frac{0,885 \cdot P \cdot L}{S \cdot E - 0,1 \cdot P} + CA$
		Ketika $L/r > 16^{2/3}$ $t = \frac{P \cdot L \cdot M}{2 \cdot S \cdot E - 0,2 \cdot P} + CA$

### 2.2.6. Maximum Allowable Working Pressure (MAWP)

Maximum Allowable Working Pressure (MAWP) adalah tekanan kerja maksimal yang diijinkan oleh suatu bejana tekan, MAWP bejana tekan merupakan tekana maksimum internal atau eksternal, yang dikombinasikan dengan beban-beban yang mungkin akan terjadi dan tidak termasuk faktor korosi (CA) pada saat kondisi temperatur operasi. MAWP bejana tekan ditentukan oleh komponen yang paling lemah (Komponen shell, head, atau flange).

Perhitungan untuk menentukan MAWP menggunakan persamaan 2.1 dan 2.2.

#### a. MAWP Shell

$$MAWP_{shell} = \frac{S \cdot E \cdot t_{corr}}{R_{corr} + 0,6 \cdot t_{corr}} \quad [psi] \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

- S = Tegangan maksimum yang diijinkan Material [psi]
- E = Efisiensi Sambungan
- $t_{corr}$  = Tebal Shell tanpa Faktor Korosi [in]
- $R_{corr}$  = Jari-Jari Dalam Bejana Tekan tanpa Faktor Korosi [in]

#### b. MAWP head

$$MAWP_{head} = \frac{2 \cdot S \cdot E \cdot t_{corr}}{D_{corr} + 0,2 \cdot t_{corr}} \quad [psi] \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

- S = Tegangan maksimum yang diijinkan Material [psi]
- E = Efisiensi Sambungan Las
- $t_{corr}$  = Tebal Shell tanpa Faktor Korosi [in]
- $D_{corr}$  = Diameter Bejana Tekan tanpa Faktor Korosi [in]

#### c. MAWP Flange

Penentuan MAWP flange dilakukan dengan memilih rating dengan menggunakan tabel ASME B16.5.

d. MAWP Bejana Tekan

Besarnya MAWP bejana tekan ditentukan oleh MAWP terkecil dari tiga komponen bejana tekan diatas (Komponen shell, head, atau flange).

**2.2.7. Beban Tegangan Internal**

Tekanan operasi ( $P_o$ ) adalah tekanan yang dibutuhkan untuk proses produksi pada suatu bejana tekan. Tekanan Desain ( $P_d$ ) adalah tekanan yang diperlukan untuk mendesain suatu bejana menggunakan persamaan 2.3.

$$P_d = P_o + a + P_{hs} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

$P_d$  = Tekanan Desain (Psi)

$P_o$  = Tekanan operasi (Psi)

$a$  = Margin (max (0,1 x  $P_o$  atau 10 Psi)

$P_{hs}$  = Tekanan Hidrostatik ( $P_{hs} = \rho \times g \times z$ ) (Psi)

**2.2.8. Efisiensi Sambungan (*Joint Efficiency*)**

Untuk mengetahui nilai efisiensi sambungan dapat menggunakan tabel (UW-12 ASME VIII Divisi 1). Efisiensi sambungan tergantung dari bentuk dan prosentase tes radiografi yang dilakukan. Pada sambungan jenis ujung (*butt welding*), jika X-ray tes 100% maka nilai efisiensi sambungan  $E = 1$ .

Tabel 2.4. Nilai efisiensi sambungan (Megyesy, 1998)

TYPES CODE UW-12		JOINT EFFICIENCY, E When the Joint:		
		a. Fully Radio- graphed	b. Spot Examined	c. Not Examined
1	 <p>Butt joints as attained by double-welding or by other means which will obtain the same quality of deposited weld metal on the inside and outside weld surface.</p> <p>Backing strip if used shall be removed after completion of weld.</p>	1.00	0.85	0.70
2	 <p>For circumferential joint only</p> <p>Single-welded butt joint with backing strip which remains in place after welding</p>	0.90	0.80	0.65
3	 <p>Single-welded butt joint without use of backing strip</p>	—	—	0.60
4	 <p>Double-full fillet lap joint</p>	—	—	0.55
5	 <p>Single-full fillet lap joint with plug welds</p>	—	—	0.50
6	 <p>Single full fillet lap joint without plug welds</p>	—	—	0.45

### 2.2.9. Tekanan Hidrostatik

Tekanan hidrostatik berfungsi untuk menguji kekuatan bejana tekan dengan air setelah bejana tekan selesai diproduksi, dimana :

$$P_{\text{Tes Hidrostatik}} = 1,3 \times \text{Tekanan Desain} \frac{\text{Kekuatan material@suhu test}}{\text{Kekuatan material@suhu Desain}}$$

Bejana tekan yang MAWP-nya dibatasi oleh kekuatan *flange*, maka harus diuji dengan tekanan hidrostatik ditunjukkan pada tabel 2.5.

Tabel 2.5. *Hydrostatic Test Pressure* berdasarkan rating *flange*

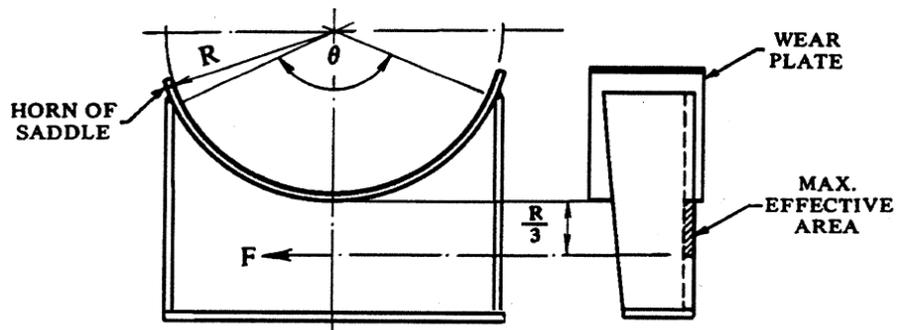
Primary Service Pressure Rating	150 lb	300 lb	400 lb	600 lb	900 lb	1.500 lb	2.500 lb
Hydrostatic Shell Test Pressure	425	1100	1450	2175	3250	5400	9000

Keterangan :

MAWP untuk *shell*, *head*, dan *flange* dihitung terlebih dahulu. Jika MAWP *flange* didapat paling kecil, maka nilai P<sub>hs</sub> dapat menggunakan tabel 2.5.

**2.2.10. Desain Saddle**

Saddle yang digunakan untuk menyangga pada bejana tekan *horizontal* akan mendapatkan reaksi dari bejana tekan itu sendiri. Untuk mendapatkan reaksi *saddle* dapat menggunakan beban air penuh pada saat perancangan bejana.



Gambar 2.8. *Support saddle* pada bejana tekan *horizontal*

Pada bagian terendah *saddle* harus menahan gaya horizontal (F). Besarnya gaya *horizontal* dapat diperoleh dari persamaan 2.4.

$$F = K_{11} \times Q \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

- F = Gaya *horizontal* (lbf)  
 K<sub>11</sub> = Konstanta  
 Q = Beban pada satu *saddle* (lbf)

Besarnya nilai K<sub>11</sub> dapat ditentukan dari tabel 2.6.

Tabel 2.6. Nilai konstanta K<sub>11</sub> (Megyesy, 1998)

Values of Constant K <sub>11</sub>							
Contact Angle	120°	130°	140°	150°	160°	170°	180°
K <sub>11</sub>	0,204	0,222	0,241	0,259	0,279	0,298	0,318

Tegangan yang terjadi tidal boleh melebihi 2/3 dari kekuatan material saddle, sedangkan luas efektif web plate yang menahan beban sebesar 1/3 radius vessel.

### 2.2.11. Beban Angin (*Wind Load*)

Ada 3 standar yang dipakai untuk mendesain bejana terhadap beban angin, yaitu :

#### 1) Standar ASA A58.1 – 1955

Hubungan antara kecepatan angin dan tekanan yang dihasilkan untuk penampang lingkaran didapat dari persamaan 2.5.

$$P_w = 0,0025 \times V_w^2 \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

- V<sub>w</sub> = Kecepatan angin (mph)
- P<sub>w</sub> = Tekanan angin (psi)

#### 2) Standar ANSI A58.1 – 1982

Mengetahui tekanan angin yang terjadi didapat dari persamaan 2.6.

$$P_w = Q_s \times C_e \times C_q \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

- $Q_s$  = *Wind signation pressure* pada ketinggian 20 ft (psi)
- $C_e$  = *Exposure and gust factor coefficient*
- $C_q$  = *Shape factor* atau *pressure coefficient*  
 = 1,4 untuk *square* atau *rectangular tower*  
 = 1,1 untuk *hexa* atau *octagonal tower*  
 = 0,8 untuk *round* atau *elliptical tower*  
 = 0,9 untuk *cylindrical vessel* dengan peralatan tambahan

Tabel 2.7. *Exposure and guest coefficient* (Megyesy, 1998)

Tinggi (ft)	Exp. C	Exp. B
0 - 20	1,2	0,7
20 - 40	1,3	0,8
40 - 60	1,5	1
60 - 100	1,6	1,1
100 - 150	1,8	1,3
150 - 200	1,9	1,4
200 - 300	2,1	1,6
300 - 400	2,2	1,8

Keterangan :

- Jika di sekeliling tower terdapat bangunan gedung atau pohon (tinggi sekitar 20 ft) dalam jarak 1 mile dari tower (menutup area >20%), maka nilai  $C_e$  menggunakan kolom Exp. B.
- Jika di sekeliling tower tidak ada gedung atau pohom dalam jarak 1 mile dari tower, maka nilai  $C_e$  menggunakan kolom Exp. C.

### 3) Standar ANSI atau ASCE 7 – 1995 (*Approved* 1996)

Tekanan angin pada luas proyeksi dari tower silindris menggunakan persamaan 2.7.

$$F = Q_z \times G \times C_f \times A_f \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

- F = *Design wind force* (lbf)
- Qz = *Velocity pressure* pada ketinggian di atas tanah (psi)
- G = faktor akibat tekanan angin
- Cf = faktor bentuk (*shape factor*)  
= 0,8 untuk silinder tower
- Af = luas proyeksi tower (ft<sup>2</sup>)  
= D x H,

Tabel 2.8. *Velocity Pressure*

Basic wind speed, mph, V	70	80	90	100	110	120	130
Velocity pressure psf $0,00256 V^2$ , q	13	17	21	26	31	37	44

Tabel 2.9. *Coefficient G* (Megyesy, 1998)

COEFFOCOENT G (Guest response factor combinrd with Exposure Coefficient)			
Height Above Ground, ft	EXPOSURE B	EXPOSURE C	EXPOSURE D
0 – 15	0,6	1,1	1,4
20	0,7	1,2	1,5
40	0,8	1,3	1,6
60	0,9	1,4	1,7
80	1	1,5	1,8
10	1,1	1,6	1,9
140	1,2	1,7	2
200	1,4	1,9	2,1
300	1,6	2	2,2
500	1,9	2,3	2,4

Keterangan :

- Di urban ,menggunakan Exp. B (0,8)
- Di *open terrain with scattered obstruction* menggunakan Exp. C (0,85)
- Di *flat un-obstructed area* menggunakan Exp. D (0,85)

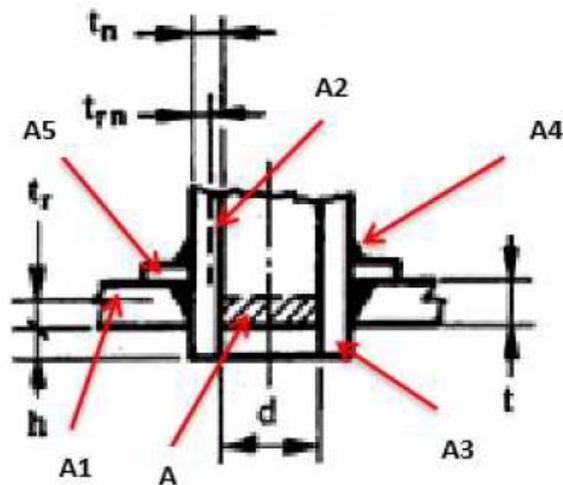
### 2.2.12. Desain Penguat *Opening* untuk Tekanan Internal

Terdapat 5 aturan yang harus dipenuhi untuk merancang penguat *opening*, yaitu:

- 1) Logam yang terbuang akibat lubang *nozzle* hanya perlu diganti sebesar yang diperlukan untuk menahan tekanan internal (A). Tebal *vessel* pada *opening* biasanya lebih kecil di banding ketebalan *shell* dan *head* di lokasi lain.
- 2) Plat aktual yang digunakan pada leher dan *nozzle* cenderung lebih tebal dari pada hasil perhitungan. Kelebihan tebal dinding *vessel* (A1) dan dinding *nozzle* (A2)

dimanfaatkan sebagai penguatan. Hal serupa juga dari perpanjangan ke dalam opening (A3) dan luas logam las (A4) dapat diperhitungkan sebagai penguatan.

- 3) Penguatan harus sesuai standar
- 4) Luas penampang harus naik proporsional jika nilai kekuatan lebih rendah dari pada kekuatan dinding bejana.
- 5) Luas penguatan harus dijamin pada semua bidang melalui pusat opening dan tegak lurus terhadap permukaan bejana.



Gambra 2.9. Opening

Jenis-jenis luas area sebagai berikut :

- 1) A adalah luasan yang dibutuhkan untuk menahan tekanan internal pada *head* atau *shell* menggunakan persamaan 2.8.

$$A = d \times t_r \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan :

$d$  = diameter *opening* pada kondisi *corroded* (tidak termasuk CA)  
 $t_r$  = tebal *head* atau *shell* yang dibutuhkan untuk dihitung dengan rumus yang sesuai.

- 2) Luas A1 adalah kelebihan tebal dinding bejana. Besarnya luasan A1 dipilih yang lebih besar dari 2 persamaan 2.9 dan 2.10.

$$A1 = (t - t_r) \times d \dots\dots\dots (2.9)$$

Atau

$$A1 = 2 \times (t - t_r) \times (t_n + t) \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan :

t = tebal dinding bejana (tidak termasuk CA)

t<sub>n</sub> = tebal dinding *nozzle* nominal (tidak termasuk CA)

- 3) A2 adalah luas kelebihan tebal dinding *nozzle*. Besarnya luasan ini dipilih yang lebih kecil dari 2 persamaan 2.11 dan 2.12.

$$A2 = 5 \times t \times (t_n - t_m) \dots\dots\dots (2.11)$$

Atau

$$A2 = 5 \times t_n \times (t_n - t_m) \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan :

t<sub>m</sub> = Tebal dinding *nozzle* tanpa sambungan yang diperlukan

- 4) A3 adalah luas perpanjangan *nozzle* kedalam. Besarnya luasan ini didapat dari persamaan 2.13.

$$A3 = 2 \times h \times (t_n - c) \dots\dots\dots (2.13)$$

Keterangan :

c = *Corrosion Allowed* (CA)

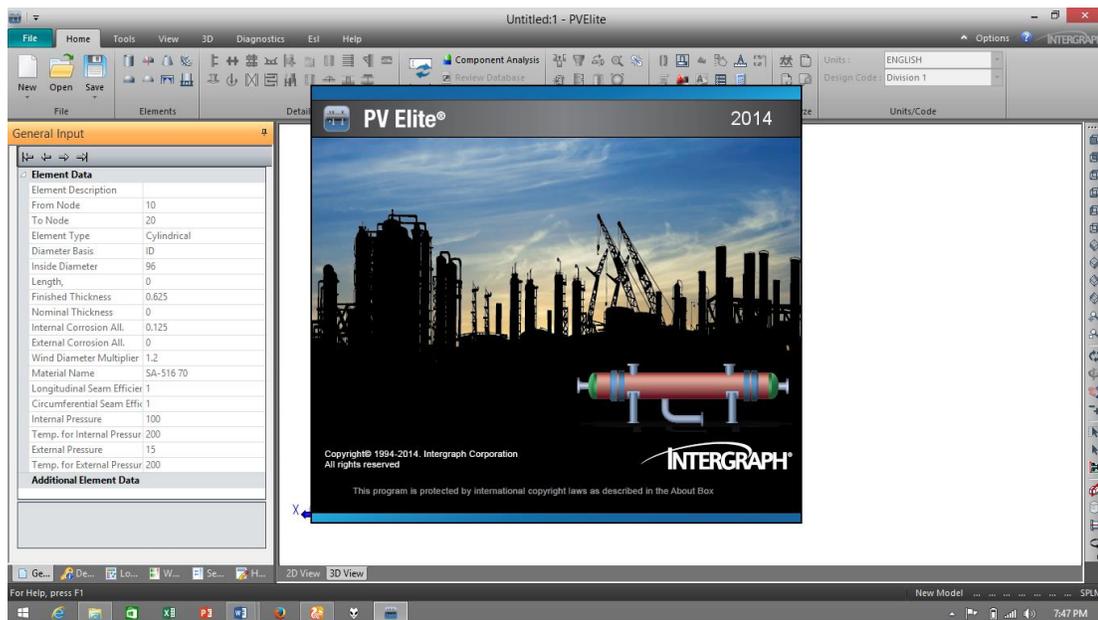
h = Jarak *nozzle projection* di sisi dalam dinding *vessel* (tidak termasuk CA)

- 5) A4 adalah luas logam las  
6) A5 adalah luas plat penguat

*Opening* tidak memerlukan ring penguat jika nilai A lebih kecil dari jumlah A1, A2, A3, A4. Jika nilai A lebih besar dari jumlah A1, A2, A3, A4, maka *opening* memerlukan ring penguat minimal sebesar A5.

### 2.2.13. Software PV Elite 2014

Software PV Elite 2014 adalah perangkat lunak berupa program yang berguna untuk menganalisis dan mendesain suatu bejana tekan. Software PV Elite 2014 sudah disesuaikan dengan standar yang ada yaitu ASME section VIII division 1 dan 2. Tujuan dibuatnya software ini adalah untuk mempermudah dalam merancang dan menganalisis suatu bejana tekan dengan kalkulasi yang terperinci dan komentar yang mendukung, sehingga mempermudah dalam mendesain bejana tekan (Intergraph, 2012).

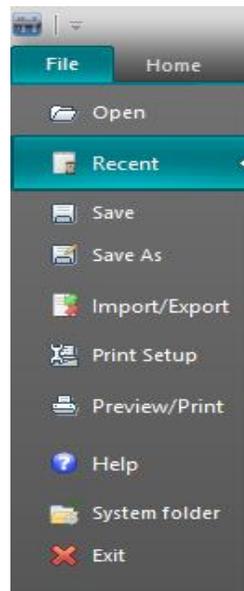


Gambar 2.10. Halaman depan PV Elite 2014

Software PV Elite 2014 mempunyai langkah-langkah dalam menentukan hasil desain bejana tekan. Terdapat beberapa menu bar yaitu *file*, *elements*, *details*, *general input*, *design constraint*, *wind data*, dan *analyze*.

#### 1. Menu *file*

Pada menu ini berisi tentang toolbar-toolbar utama yang digunakan untuk langkah awal dalam mendesain pada PV Elie 2014 diantaranya *open*, *recent*, *close*, *save*, *print*, dan lain-lain. Klik menu *file* akan seperti gambar di bawah ini :



Gambar 2.11. Menu *file*

Sebelum mendesain alangkah baiknya membuat folder baru untuk menyimpan file desain. Hal ini bertujuan agar file-file berada pada satu folder, karena file yang dihasilkan lebih dari satu, meliputi PVD8 file, PVU file, dan T80 file. Apabila salah satu file tersebut hilang, maka desain yang sudah kita buat tidak dapat dibuka kembali.

## 2. *Elements*

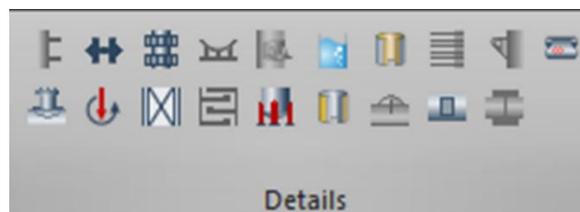
Pada menu *elements* berisi komponen-komponen utama yang dapat dipilih dalam merancang bejana tekan. Komponen tersebut meliputi *cylinder*, *ellipse*, *bolted flange*, *skirt*, dan lain-lain.



Gambar 2.12. Menu *elements*

### 3. Menu *Details*

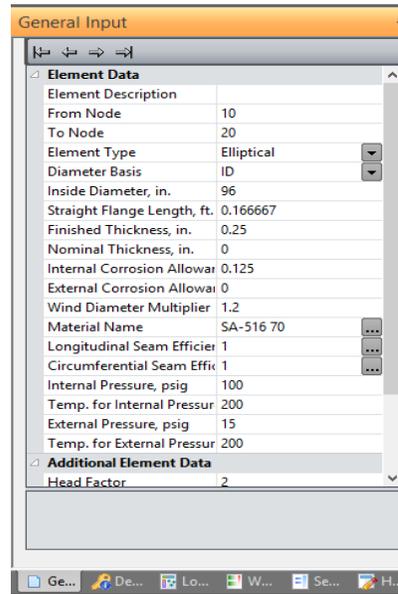
Pada menu details meliputi saddle input, nozzle input, liquid input, stiffening ring, leg input, dan lain-lain.



Gambar 2.13. Menu *details*

### 4. *General Input*

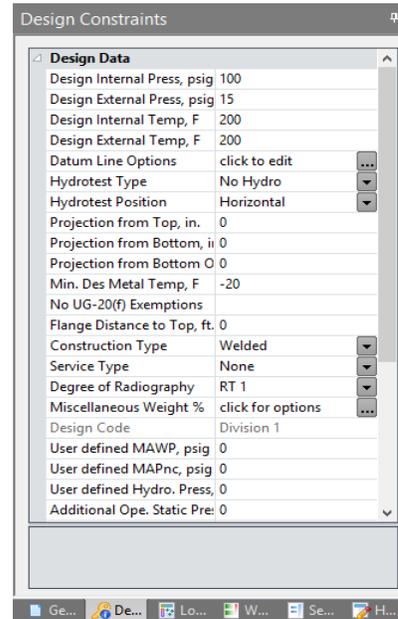
Pada menu *general input* terdapat beberapa kolom yang digunakan untuk input data dimensi atau material yang digunakan pada *shell* dan *head*.



Gambar 2.14. Menu *general input*

## 5. Design Constraints

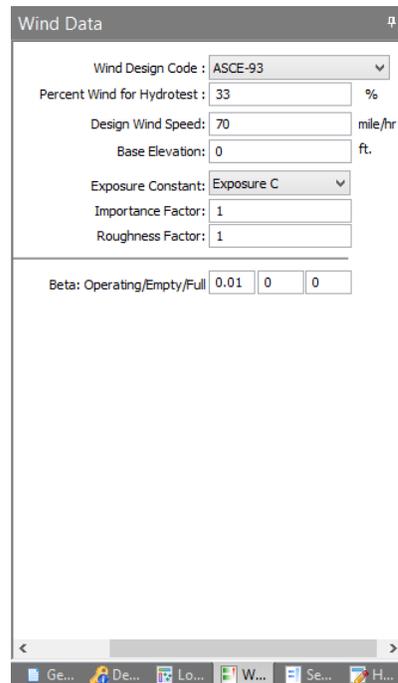
Pada menu ini berisi tentang detail perancangan seperti tekanan, *temperature*, *hydrotest type*, *construction type*, dan lain-lain.



Gambar 2.15. Menu *design constraints*

## 6. *Wind Data*

Pada menu ini berisi tentang kode yang digunakan pada perhitungan desain angin yang terjadi kecepatan angin, dan lain-lain.



Gambar 2.16. Menu *wind data*

## 7. *Analyze*

Pada menu ini berisi tentang Analisa perhitungan pada desain bejana tekan yang telah dibuat, dan check error terhadap desain bejana tekan.



Gambar 2.17. Menu *analyze*