

KAJIAN PERANCANGAN ULANG BEJANA TEKAN *HORIZONTAL* KAPASITAS 3,54 M³, TEKANAN DESAIN 250 BAR UNTUK MENAMPUNG GAS CNG DI PT. PJB UP MUARA TAWAR

Srihanto

Prodi Teknik Mesin , FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,
srihanto58@gmail.com

Abstrak

Bejana tekan merupakan suatu tempat untuk menyimpan atau menampung fluida baik cair maupun gas bertekanan, yang pada umumnya terbuat dari baja. Semakin berkembangnya dunia industri saat ini, kebutuhan bejana tekan semakin besar khususnya untuk penyimpanan bahan bakar cair maupun gas. Konstruksi bejana tekan khususnya untuk menyimpan gas bertekanan, harus mampu menerima tekanan tinggi dari gas yang disimpan di dalam bejana. Untuk itu perlu dilakukan Perancangan yang benar dan analitis dan teliti. PT PJB UP Muara tawar memiliki bejana tekan bertekanan tinggi untuk menyimpan gas pada tekanan 250 Bar, di mana bejana tersebut dioperasikan beberapa tahun lamanya sehingga perlu dilakukan pengkajian perancangan untuk mengetahui kekuatan atau spesifikasi bejana tersebut. Metodologi penelitian analisa kajian perencanaan bejana tekan tersebut dimulai dari survai kelengkapan untuk mendapatkan data bejana tekan, kemudian dilakukan analisa kajian perancangan konstruksi, dimensi dan material yang digunakan pada bejana tekan tersebut. Dari hasil Analisa perhitungan kajian perancangan bejana tekan tersebut diperoleh dimensi yaitu diameter bejana 690 mm, tebal dinding bejana 44,47 mm (1,75 inc), tekanan design 275 Bar, tekanan maximum 291 Bar, sehingga bahan bejana aman. Panjang bejana 12000 mm, bahan pelat dinding terbuat dari baja AS 516 grade 70, tegangan *yield* bahan 260 N/mm², bahan tutup bejana AS 516 grade 70. Pemeriksaan Tegangan maksimum 188,7 N/mm², bahan tutup bejana tekan aman.

Kata kunci : bejana, konstruksi, dimensi, perancangan, tekanan gas.

I. PENDAHULUAN

Bejana tekan (Pressure vessel) merupakan sebuah wadah tertutup yang digunakan untuk menampung fluida cair maupun gas bertekanan pada suhu tertentu. Salah satu kebutuhan bejana tekan di PT. PJB UP Muara Tawar adalah untuk menyimpan gas *CNG (Compressed Natural Gas)* bertekanan tinggi, Gas tersebut digunakan untuk bahan bakar mesin pembangkit tenaga Listrik. Bejana tekan tersebut telah beroperasi hampir 20 tahun. Namun demikian pada penelitian ini dicoba untuk melakukan kajian ulang apakah spesifikasi bejana tekan masih sesuai dengan design. (PT. PJB UP Muara Tawar, 2022). Tujuan dari kajian perancangan bejana tekan ini adalah untuk mengetahui dan menentukan apakah bejana tekan tersebut masih aman dan sesuai ketentuan Standar ASME (*American Society of Mechanical Engineering*) section VIII Divisi I dan buku referensi lainya yang berkaitan dengan mekanikal Bejana Tekan.(Eugene F. Megyesy, 2004).

1.1. Gas alam (*natural gas*)

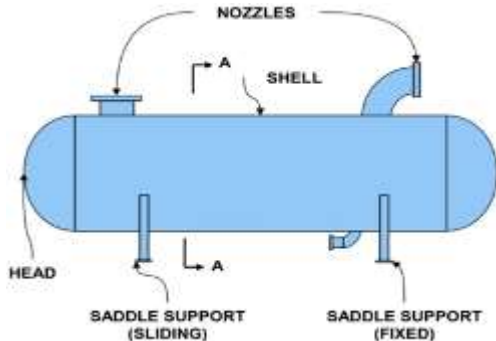
Merupakan salah satu bahan bakar fosil yang melimpah di dunia. Gas alam diproduksi

dari sumur gas atau bersamaan dengan proses pengolahan minyak mentah (*crude oil*). CNG digunakan untuk pembangkit tenaga listrik karena dapat mengurangi emisi karbon dioksida (CO₂) hingga mencapai 30%, emisi karbon *monoksida* (CO) hingga 90% dan *nitrogen oksida* hingga 95%. Alasan rendahnya emisi gas buang inilah yang menyebabkan CNG mulai digunakan Secara umum gas alam memiliki kandungan *metana* (CH₄) berkisar antara 80 sampai 95%. Selain itu, gas alam juga mengandung senyawa *hidrokarbon* lainnya. Besarnya tekanan pada CNG umumnya 2400, 3000 dan 3600 psi atau 165, 206 dan 248 bar. Pada tekanan dan suhu atmosfer, gas alam berada pada fasa gas dan memiliki *densitas* yang rendah. Gas alam disimpan pada kondisi yang dikompresi dengan tekanan yang tinggi pada suatu *pressure vessel* karena nilai *volumetric energy density (Joule/m³)* yang rendah.(Rosidi, Bangkit I, Viktor N, 2017)

1.2. Bejana tekan (*Pressure vessel*).

Bejana tekan dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis berdasarkan kontruksi dan bentuk, ukuran dan penggunaannya. Bejana tekan berdasarkan kontruksinya ada beberapa

macam diantaranya adalah jenis bejana tekan silinder *Vertical biasanya untuk menyimpan fluida cair*, dan bejana tekan type *horizontal biasanya untuk menyimpan gas bertekanan* dapat di lihat di gambar 2.1 di bawah ini. (Eugene F. Megyesy,2004)

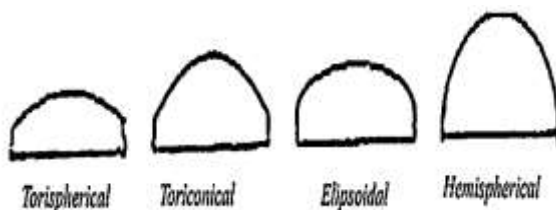


Gambar 1. Bejana tekan Horizontal
(sumber : Aero Engineering,
<https://www.aeroengineering.co.id/2021/04/pressure-vessel-bejana-tekan/>,20-11-23)

1.3.Komponen yang sering terdapat dan yang sering digunakan pada bejana tekan pada umumnya diklasifikasikan sebagai berikut :

a) *Pressure Vessels Shells (dinding bejana)*, b) *Pressure Vessels Heads (tutup bejana)*, c) *Flange (flanes)*, d) *Lifting Lugs (pelat pengangkat)*, e) *Saddle Plate (dudukan)*, f) *Niple (keluar dan masuknya fluida)*.

Head atau *cap (tutup)* bejana tekan adalah bagian sisi tutup bejana yang dihubungkan dengan di las pada dinding bejana, Ada beberapa jenis *head* atau tutup bejana diantaranya adalah : a) *Elipsoidal Head*, b) *Bejana Tekan*, c) *Torispherical Head*, d). *Bejana Tekan Hemispherical Head*, e). *Bejana Tekan Toriconical Head*.



Gambar 2. Type tutup bejana tekan ((Sumber :Eugene F. Megyesy,2004)

1.4.Hal- Hal Yang Mempengaruhi Perencanaan Bejana Tekan.

Terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan sebagai dasar perencanaan bejana tekan , seperti :

- a) Tekanan kerja bejana, b) Berat bejana saat beroperasi, c) Tegangan maximum di ijin, d) Kapasitas bejana, e) Material yang digunakan, f) Suhu Kerja/ pengoperasian.

1.5 Dasar Kajian Perancangan Kontruksi Bejana tekan.

1) Menentukan Kapasitas/ Volume Bejana (V) :

Volume Bejana tekan dapat di tentukan dengan persamaan kapasitas bejana yaitu : (Eugene F. Megyesy,2004) :

$$V = \frac{\pi \cdot (d)^2}{4} \cdot L + \frac{\pi (d)^3}{24} \dots \dots (1.1)$$

dimana :

- d= Diameter dalam bejana (m)
- L = Panjang Bejana (m).

2) Menentukan Tekanan Design.

Tekanan design (Pd) dapat di rumuskan seperti dibawah ini : (Eugene F. Megyesy,2004) :

$$Pd = 1,1 \times Po \dots \dots \dots (1.2)$$

dimana :

- Pd = Tekanan desain (Bar)
- Po = Tekanan operasi (Bar)

3). Tekanan pengujian Hidrostatik.

Besar tekanan uji hidrostatik (Ptest) bejana tekan adalah.

(Eugene F. Megyesy,2004)

$$P_{test} = 1,5 \times \frac{P_{kerja \ max. \ ijin} \times \ tegangan \ pada \ suhu \ test}{tegangan \ pada \ suhu \ design} \dots \dots (1.3)$$

4). Perencanaan Tebal Dinding Drum/Shell Bejana :

Ditentukan dengan persamaan: (Eugene, F. Megyesy,2004)

$$t = \frac{P \cdot r_i}{S_a \cdot E - 0,6 P} + Ca \dots \dots (1.4)$$

dimana :

- t = tebal dinding bejana (mm).
- P = Tekanan design. (Pa.).
- Sa =Tegangan diijinkan bahan(Pa).
- ri = Radius bagian dalam bejana (mm)
- E = Effisiensi sambungan las 1.
- Ca = Factor korosi material.biasanya diambil 3 mm.

5) Tekanan MAWP (Maximum Allowable Working Pressure) Dalam Bejana:

Dicari besarnya dengan persamaan berikut:
yaitu : (Eugene F. Megyesy.2004)

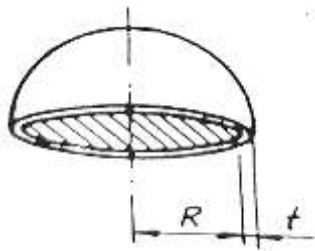
$$P = \frac{S_a.E.t}{r_i} \text{ atau } \dots\dots\dots(1.5)$$

dimana :

- P = Tekanan MAWP (Pa)
- S_a = Tegangan ijin bahann (Pa)
- SFμ = factor keamanan
- E = Effisiensi sambungan
- t = ketebalan dinding. (mm)
- r_i = radius dinding dalam (mm)
- r_o = radius luar dinding (mm)

6) Ketebalan Tutup Bejana :

Jenis Tutup Bejana Type adalah *Hemispherical Head* seterti gambar di bawah ini :



Gambar 3. Tutup Bejana Type *Hemispherical Head*

(Sumber : Eugene F. Megyesy.2004):

Persamaan menentukan tebal tutup (t) bejana tekan *Type Hemispherical Head* adalah :

$$t = \frac{P.R.}{2S.E-0,2 P} + Ca. \dots\dots (1.6)$$

Sedang Tekanan design tutup bejana :

$$P = \frac{S.E.(t-Ca)}{R-0,6 (P-Ca)} \dots\dots\dots(1.7)$$

dimana :

- t = tebal tutup pelat bejana .
- S = Tegangan ijin bahan.
- E = effisiensi sambungan
- P = Tekanan design.
- Ca = faktor korosi.
- R = Radius tutup bejana.

7). Menentukan Berat Dinding Bejana :

Volume dinding bejana (V) (Eugene F. Megyesy.2004):

$$V = \pi \left(\frac{D+d}{2} \right) t.L. \dots\dots\dots(1.8)$$

Berat dinding bejana :

$$Wd = V.\rho$$

Dimana :

$$\rho = \text{massa jenis baja.} = 7850 \text{ kg/m}^3.$$

8) Berat Dua Tutup Bejana:

(Eugene F. Megyesy.2004)[1] :

$$Vt = \left[\frac{1}{4} \pi (d^2).(t). + 7,17 \% \left[\left(\frac{1}{4} \pi (d^2).(t) \right) \right] \right]. 2. \dots\dots\dots(1.9)$$

Berat tutup bejana (Wt) = V x ρ

Dimana :

$$\rho = \text{massa jenis baja.} = 7850 \text{ kg/m}^3.$$

9). Adapun Tegangan Ijin Material Drum Bejana Adalah (Eugene F. Megyesy 2004):

$$\sigma_i = \frac{\sigma_y}{SF} \dots\dots\dots(1.10).$$

dimana:

- σ_i = tegangan ijin bahan.(Pa)
- σ_y = tegangan luluh bahan.(Pa)
- SF = safety factor.

Bahan Bejana tekan aman bila σ_i > σ_p.

10). Persamaan perhitungan ketebalan dinding nozel adalah : (Eugene F. Megyesy.2004)

$$t_n = \frac{P d . R_n}{\sigma_n . E_n - 0,6 P d} + Ca. \dots\dots (1.11)$$

dimana :

- t_n = tebal dinding nozel.(mm)
- Pd.= tekanan design nozel.
- R_n.= jari-jari nozel. (mm)
- σ_n = tegangan kerja bahan nosel (N/mm²)
- E_n = factor sambungan.(1)
- Ca = factor korosi (3 mm)

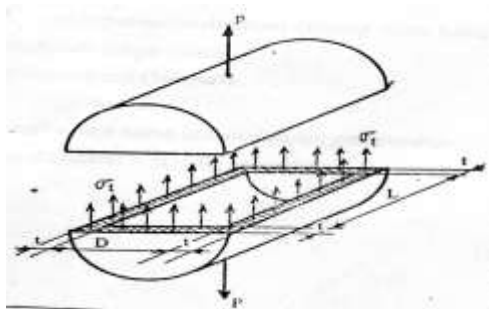
11) Pemeriksaan Kekuatan Bejana.

a) Tekan Kemungkinan belah memanjang.

$$\sigma_t = \frac{D.P}{2.t.(1+D/L)}. \dots\dots\dots(1.12).$$

dimana :

- D = Diameter dalam silinder. (m)
 - t = tebal drum bejana.(m)
 - σ_t = tegangan tarik pada drum.(Pa)
 - L = Panjang drum.(m)
 - P = Tekanan design dalam(Pa)
- Agar drum tidak pecah τ_y > τ_y

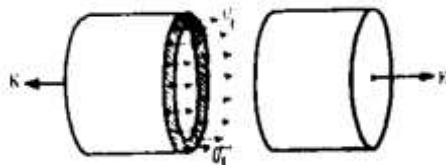


Gambar 4. Gaya Yang Membelah Drum Secara Longitudinal.
(Sumber : Eugene F. Megyesy.2004):

b)Pemeriksaan kemungkinan putus .

Tegangan yang bekerja : (Eugene F. Megyesy.2004)

$$\sigma_p = \frac{Px D}{4 x t} \dots\dots\dots(1.13)$$



Gambar 5. Bejana Kemungkinan Putus
(Sumber : Eugene F. Megyesy, 2004)

12. Kriteria dalam Pemilihan Material pada pada bejana tekan :

Untuk pemilihan material bejana tekan yaitu mengikuti standar Dalam ASME Devisi I section VIII & 1X. 2014, yaitu :
a) Fungsi dan penyimpanan, b) Sifat Mekanis (*mechanical property*), c) Kemudahan Pabrikasi, d) Ketahanan Terhadap Korosi, e) Temperatur operasional, f) Ketersediaan di pasaran.

Tabel 1. Ukuran Dimensi Nosel .

Minimum wall thickness of tubes for nozzles welded on vessels
According to ASME section VIII & UG 45

N.D. (Inches)	Thickness STD as per B36-10A		Corrosion allowance and corresponding schedules							
	min SCH	-12.5% mm	1mm	1/16" 1.6mm	2mm	1/8" 3.2mm	4mm	3/16" 4.8mm	6mm	1/4" 6.4mm
			XOS	XOS	XOS	XOS	XOS	XOS	XOS	XOS
3/4	2.67	2.51	3.51	4.1	4.51	5.71	6.51	7.21	8.51	8.81
1	3.38	2.96	3.35	4.55	4.96	6.15	6.96	7.38	8.96	9.25
1 1/2	3.68	3.22	4.22	4.82	5.22	6.42	7.22	8.02	9.22	9.82
2	3.84	3.42	4.42	5.02	5.42	6.62	7.42	8.22	9.42	10.02
3	5.48	4.81	5.51	6.41	6.81	8.01	8.81	9.61	10.81	11.22
4	6.02	5.23	6.23	6.83	7.23	8.43	9.23	10.03	11.23	11.83
5	7.11	6.22	7.22	7.82	8.22	9.42	10.22	11.02	12.22	12.82
6	8.18	7.17	8.17	8.77	9.17	10.37	11.17	11.97	13.17	13.77
8	9.27	8.18	9.18	9.78	10.18	11.38	12.18	12.98	14.18	14.78
10	10.35	9.16	10.16	10.76	11.16	12.36	13.16	13.96	15.16	15.76
12	11.43	10.14	11.14	11.74	12.14	13.34	14.14	14.94	16.14	16.74
14	12.51	11.12	12.12	12.72	13.12	14.32	15.12	15.92	17.12	17.72
16	13.59	12.20	13.20	13.80	14.20	15.40	16.20	17.00	18.20	18.80
18	14.67	13.28	14.28	14.88	15.28	16.48	17.28	18.08	19.28	19.88
20	15.75	14.36	15.36	15.96	16.36	17.56	18.36	19.16	20.36	20.96
24	17.81	16.42	17.42	18.02	18.42	19.62	20.42	21.22	22.42	23.02
30	22.87	21.48	22.48	23.08	23.48	24.68	25.48	26.28	27.48	28.08

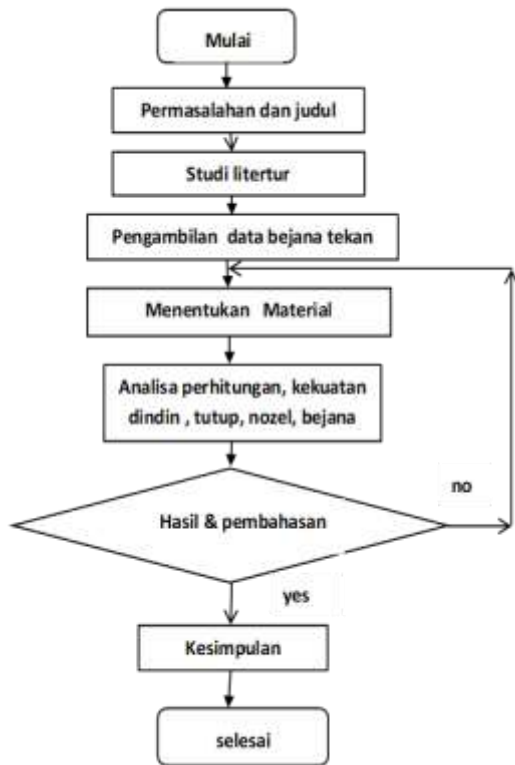
(Sumber. ASME Devisi 1 Section VIII, 2006)

II. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Data Perancangan yang di peroleh dari PT. PJB UP adalah

- Loksi = PT. PJB UP Muara Tawar Bekasi Utara, Jawa barat.
- Volume = 3,54 m³
- Tekanan = 250 Bar.
- Isi = CNG
- Diameter luar = 610 mm
- Fungsi = Sebagai bahan bakar PLTG.
- Panjang = 12000 mm

2.2. Metode Penelitian pada kajian perancangan pada bejana tekan untuk menampung CNG ini di tuangkan bentuk kerangka pemikiran yang sistematis dalam bentuk diagram alir penelitian sebagai mana berikut :

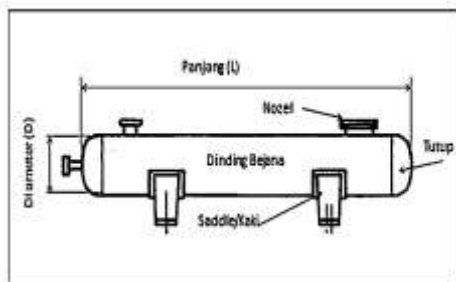


. Gambar 6. Diagram alir (flow diagram) Kajian Perancangan Bejana tekan untuk penyimpanan NCG. (Sumber : Penelitian Mandiri)

2.3. Data material Bejana tekan yang di pilih adalah :

Bejana teekan ini berisi CNG (*Comrrsed Natuual Gas*) yang bertekanan tinggi, memili kandungan metana (CH 4) sekitar 80 - 95 %, ada 2 type material Pressure vessel yang digunakan bahan material logam yaitu Carbon Steel SA 516 Grade 70 dan Aluminium Alloy T6-6061. Tensile stress 620 MPa.

2.4. Gambar Konsep Design .



Gambar 7. Design Bejana Tekan penyimpan CNG. (Sumber , Peneliti Mandiri)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN.

Adapun data-data yang dibutuhkan dalam perancangan bejana adalah :

- a) Kapasitas bejana tekan = 3,54 m³.
- b) Diameter bejana tekan = 610 mm
- c) Panjang bejana = 12000 mm
- d) Tekanan operasi bejana = 250 Bar.
- e) Suhu operasian = 100⁰C = 212 ⁰ F.
- f) Isi Gas CNG

3.1 Perhitungan Volume Bejana

(persamaan 1.1) :

$$V = \frac{(\pi D^2)}{4} L + \frac{(\pi D^3)}{24}$$

$$V = \frac{(3,14 (0,61^2)) (12)}{4} + \frac{(3,14 \cdot 0,61^3)}{24}$$

$$= 3,54 \text{ m}^3$$

3.2. Menentukan Tekanan Design (Pd)

(Persamaan 1.2)

$$Pd = 1,1, Po = 1,1, x 250$$

$$= 275 \text{ Bar.} = 27,5 \text{ N/mm}^2$$

3.3. Analisa Ketebalan Dinding Bejana

(persamaan 1.4) :

$$t = \frac{(Pd) . ri.}{Sa.E - 0,6 P.} + Ca$$

Dimana :

- E = faktor sambungan = 1
- Ca = faktor korosi = 3
- ri = D/2 = 690/2 = 345 mm

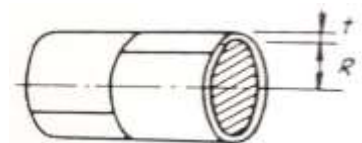
Sa = tegangan bahan. dari Carbon ASTM , Steel SA 516 Grade 70 dan Aluminium Alloy T6-6061. Kekuatan tarik 620 Mpa. Yield Strength = 260 Mpa. atau 260 N/mm²(Sumber, Octo metal, 2013, <https://www.octalmetals.com/astm-a516-gr-70-plate/> 24-11-23)

Maka tebal dinding bejana adalah :

$$t = \frac{27,5 (345)}{260 \times 1 - 0,6 (27,5)} + 3$$

$$t = 41,96 \text{ mm.}$$

Ketebalan pelat hasil perhitungan yaitu 41,96 mm, ketebalan dinding bejana tekan menggunakan pelat standart sesuai dengan material yang tersedia di pasaran yaitu ketebalan td = 1,75 inci atau td = 44,45 mm



Gambar 8. Dinding Bejana tekan
(Sumber *Eugene F Megyesy.2004*)

3.4. Analisa Tekanan Maksimum Dalam Bejana. (Persamaan 1.5)

$$P_m = \frac{\sigma_a.(E)(ta-Ca)}{R+0,6(ta-Ca)}$$

dimana :

ta = tebal dinding = 44,45 mm.

σa = Tegangan bahan = 260N/mm²

Maka diperoleh :

$$P_{max} = \frac{260. (1)(44,45-3)}{345+0,6(44,45-3)} = 29,13 \text{ N/mm}^2.$$

Tekanan maksimum dinding bejana =: 29,13 N/mm². Sedang tekanan design (Pd) : 27,5 N/mm². Sehingga bahan dinding bejana aman terhadap tekanan dalam atau Pd < Pmax. Dinding bejana aman.

3.5. Analisa Tebal Tutup Bejana.

(Persamaan.1.6)

$$t = \frac{(Pd).D.}{2.S.E+0,2(Pd)} + Ca.$$

dimana :

E = Efisien sambungan (las). = 1

S = Tegangan tarik bahan tutup bejana

diambil dari bahan SA 516 – Grade 70.

σy = 260 N/mm².

Ca = faktor korosi = 3 mm.

T = suhu kerja 100 °C.

Maka ketebalan tutup bejana :

$$t_t = \frac{(27,5).690}{2.(260).1-0,2(27,5)} + 3 \text{ mm.}$$

$$t_t = 43,8 \text{ mm.}$$

Hasil perhitungan tebal pelat tutup bejana adalah 43,8 mm. Tebal pelat tutup di sesuaikan tebal pelat tutup bejana yang ada di pasar yaitu (t_i) 44,45 mm.

3.6. Perencanaan Tebal Dinding Nozel Sisi Masuk yaitu:

(Persamaan 1.11)

$$tn1 = \frac{Pd.rn}{\sigma_n.E.-0,6P.} + Ca.$$

Direncanakan Nozel masuk dari pipa schedule XX.

(Eugene F. Megyesy, 2004)[1].

Yaitu : dn = diameter 1,25 inchi.

Do = diameter luar = 31,75 mm)

tn = Tebal = 0,382 inc = 9,7 mm,

d rata-rata = 26,9 mm

σn = tegangan ijin = σy/f

$$= 620/3 = 206 \text{ N/mm}^2.$$

Bahan Nozel ASTM A 516 grade 70, kekuatan *Tensile strength* = 261,82 N/mm². (Eugene F. Megyesy, 2004)

Maka tebal Nozel sisi masuk dapat dihitung :

$$tn1 = \frac{(27,5).13,45}{87,3.(1)-0,6(27,5)} + 3. = 8,2 \text{ mm.}$$

3.7. Perencanaan Nozel Sisi Keluar:

(Persamaan 1.11).

$$tn2 = \frac{P.rn}{\sigma_n.E.-0,6P.} + Ca.$$

dimana :

Di = Diameter dalam nozel

= 2 inchi. = 43,18 mm ,

dari pipa schedule XX. (Eugene F. Megyesy, 2004)[1].

tn = tebal pipa nozel = 10,16 mm

Rn = Jari-jari nozel. (mm)

$$= 43,18 /2 = 21,59 \text{ mm}$$

Bahan nozel ASTM A 516 grade 70, kekuatan *Tensile strength* = 261,82 N/mm². (Eugene F. Megyesy.2004)[1].

Tegangan ijin :

$$\sigma_n = \sigma_y/sf = \frac{261,82}{3} = 87,3 \text{ N/mm}^2.$$

Maka tebal Nozel sisi keluar adalah:

$$tn2 = \frac{(27,5).21,59}{87,3.(1)-0,6(27,5)} + 3. = 8,3 \text{ mm.}$$

3.8. Perhitungan Berat Bejana.

Komponen berat bejana horizontal

yaitu : a)Tabung (shell), b)Tutup (heads, c) Nozel, d)Kaki, e) Plat, f)

dilambah + 6 % ,

1) Berat Dinding Bejana :

(persamaan 1.8)

Volume dinding bejana (V) (Eugene F. Megyesy.2004)

$$V = \pi \left(\frac{D+d}{2} \right) t.L.$$

$$V = 3,14. \left(\frac{610+654,45}{2} \right) (44,45).12000 \text{ mm} = 1054976,14.10^{-9} \text{ m}^3$$

Berat dinding bejana (Wd) = V.ρ

$$Wd = 1058898,479.10^{-9} \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3.$$

$$Wd = 831,35 \text{ kg.}$$

2) Berat Dua Tutup Bejana:

(Persamaan 1.9)

$$Vt = \left[\frac{1}{4} \pi (d^2).(t). + 7,17 \% \left[\left(\frac{1}{4} \pi (d^2).(t) \right) \right] \right]. 2. = 14947372,3.10^{-9} \text{ m}^3.$$

Berat tutup bejana (Wt) = V x ρ

$$Wt = 117,3 \text{ kg.}$$

3) Berat Nozel (Wn):

(Eugene F. Megyesy, 2004)

a) Berat nozel masuk 1,5 inc.

$$(Vn) = \pi \frac{(Dn+dn)}{2} \text{ tn.L}$$

dimana =

L = panjang nozel = 100 mm

$$Vn = 3,14 \left[\frac{(38,1+58,42)}{2} \right] \times 10,16 \times 100$$

$$= 15153,64 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3.$$

Berat Nozel masuk Wni= V.ρ

$$Wni = 15153,64 \cdot 10^{-9} \times 7850 = \mathbf{1,2 \text{ kg}}$$

b) Berat Nozel sisi keluar 1,25 inci :

$$Wno = V \cdot \rho$$

$$Wno = 133703 \cdot 10^{-9} \times 7850 = \mathbf{1,05 \text{ kg}}$$

c) Berat Nozel safety valve dan drain 1 inc. inc:

$$Wns = 194477,03 \cdot 10^{-9} \cdot \text{m}^3 \times 7850$$

$$= \mathbf{1,53 \text{ kg.}}$$

d) Berat total Nozel (Wn) :

$$Wn = Wni + Wno + Ws$$

$$Wn = 1,2 + 1,05 + 1,53 = \mathbf{3,78 \text{ kg.}}$$

4) Menentukan Berat Flange : Terdiri dari 3 flange yaitu :

Berat flange sisi masuk diameter 1,5 inc= 28 lbs, flange sisikeluar 1,25 inc. adalah = 20 lbs, flange safety dan drain 1 inc adalah = 13 lbs

Berat Flange total :

$$Wf = 28 + 20 + 13 = \mathbf{66 \text{ lbs} = 29,7 \text{ kg.}}$$

5) Berat Kaki & Pelat Kaki.Bejana =

Kaki terbuat dari baja H sesuai spesifikasi :

(Eugene F. Megyesy, 2004)

Tinggi kaki (T. = 447 mm.

Lebar kaki atas D = 152,4 mm(

Lebar kaki bawah C = 101,4 mm.

Tebal pelat kaki (tk) = 20 mm.

Lebar kaki atas b = 254 mm

Volume Kaki Penyangga :

$$Vp = \left(t \times \frac{(D+C)}{2} \times h \right) + (b \times t \times h) (4)$$

$$= \left[\left(447 \times \frac{(152,4+101,4)}{2} \times 6,35 \right) + (254 \times 447 \times 6,35) \right] 4 = \left[(819095 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3 \times 4) \right]$$

Berat 4 kaki Wk = **25 kg.**

6) Berat pelat landasan :

(Wp):

$$Vld = [b \times H \times D \text{ bejana}] 4$$

$$= [254 \times 6,35 \times 670 \text{ mm}] 4$$

$$= 4322572 \text{ mm}^3 = 4322572 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3$$

$$Wp = 4322572 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3 \times 7850 = \mathbf{5,6 \text{ kg.}}$$

7) berat bejana total Wt :

$$We = Wb + 6 \%$$

$$= 1012,7 + 60,8 = \mathbf{1073,5 \text{ kg}}$$

8) Berat pada kondisi dioperasikan:

$$Wo = We + Wi.$$

Dimana :

$$Wi = V \cdot \rho$$

$$V \text{ CNG} = 3,54 \text{ m}^3$$

ρ = massa jenis CNG bertekanan 150 bar = 185,649 kg/m³

$$Wi = 3,54 \text{ m}^3 \times 185,649 \text{ kg/m}^3$$

$$= 657,2 \text{ kg.}$$

$$Wo = We + Wi$$

$$= 1073,5 \text{ kg} + 657,2 \text{ kg.}$$

$$Wo = \mathbf{1730,7 \text{ kg.}}$$

9) Sedang Berat Bejana Pada kondisi Pengujian yaitu :

$$Wt = We + Wa$$

Wa = berat fluida test yaitu air

$$Wa = 3,54 \times 1000 = 3540 \text{ kg.}$$

$$Wt = 1073,5 \text{ kg} + 3540 \text{ kg.} = \mathbf{4622,5 \text{ kg.}}$$

10) Pemeriksaan Kekuatan Bejana tekan (Eugene F. Megyesy, 2004)

a).Diperiksa kemungkinan Belah :

(Persamaan 1.12)

$$\sigma_b = \frac{P \cdot D}{2T}.$$

dimana :

P = tekanan operasian.(N/mm²)

D = diameter dalam (mm)

T = tebal dinding bejana .(mm)

$$\sigma_b = \frac{27,5 (610)}{2 \cdot (44,45)}$$

$$= 188,7 \text{ N/mm}^2$$

b).Pemeriksaan Kemungkinan putus :

(Persamaan 1.13)

$$\sigma_b = \frac{P \cdot D}{4t}$$

$$= 94,35 \text{ N/mm}^2.$$

Sedang bahan yang digunakan

adalah SA 516 grade 70, tensile

stress 620 MPa ,tegangan yield (σy)

260 N/mm² (Sumber : Okto metal,

2013

<https://www.octalmetals.com/astm-a516-gr-70-plate/20-12-21>) sehingga

perencanaan Bejana aman atau σb <

σy .

3.9. Pembahasan

Dari hasil analisa perhitungan bejana tekan horizontal tekanan 150 Bar Volume 3,54 m³ diperoleh hasil akhir :

- a) Dimensi Bejana tekan :
 - Diameter dalam = 610 mm
 - Panjang = 12000 mm
 - Tekanan design = 275 Bar.
 - Tekanan Maximum = 291 Bar
 - Tebal dinding bejana = 44,45 mm
 - Type tutup bejana Hemispherical head
 - Bahan Dinding (Shell) dan tutup (head) bejana ASTM SA 516 Grade 70 Tegangan Yield (σ_y) 260 N/mm².
 - tegangan ijin bahan $\sigma_i = \sigma_y/f = 261,82/3 = 87,3$ N/mm².
- b) Hasil nalisa Pipa Nozel :
 - Bahan ASTM SA 516 grade 70. Pipa Schedule XX STD. tegangan yeald 261,82 N/mm².
 - Tebal Nozel 9,7 mm
 - Nozel terdiri dari 4 :
 - 1) Nozel pipa masuk 1 1/2 inc.
 - 2) Nozel keluar diameter 1.1/4 inc.
 - 3) Nozel savety valve dan 2 Nozel drain diameter 1 inc.
- c) Hasil Perancangan Flange :
 - ada 4 flange yaaitu :
 - 1) Flange pipa sisi masuk Ø1.1/2 inc,
 - 2) Flange pipa sisi keluar Ø 1.1/4 inc,
 - 3) Flange Ø 1 inc. 2 unit untuk safety dan drain
- d) Analisa perhitungan berat bejana dan komponennya :
 - Berat bejana Wb = 1073,5 kg
 - Berat operasional Wo = 1730,7 kg
 - Berat saat pengujian Wu= 4622,5 kg

IV. KESIMPULAN .

1. Dari hasil perhitungan diperoleh Ukuran bejana tekan diameter dalam = 610 mm Panjang 12000 mm. Tinggi kaki bejana = 44,45 mm
2. Tekanan design = 275 Bar, sedang tekanan maximum 291 Bar sehingga kekuatan bejana aman
3. Berat bejana dan komponen Wb = 1073,5 kg , sedang saat dioperasikan berat bejana Wo = 1730,7 kg.
4. Bahan Bejana dari ASTM SA 516 Grade 70 , Tegangan yield 260 N/mm² .sedang pemeriksaan kemungkinan putus 94,35

N/mm². Dan kemungkinan belah 188,7 N/mm², bejana aman.

DAFTAR PUSTAKA

- Aero.Engineering*, 2021
<https://www.aeroengineering.co.id/2021/04/pressure-vessel-bejana-tekan/>, 20-11-23
- ASME Devisi 1 Section VIII, 2006* , ISBN: 0791802396. Edisi: Third edition New York.
- Aulia Firmansah, Totok Yulianto 2013 , “Analisis Kekuatan Tangki CNG Ditinjau Dengan Material Logam Lapis Komposit Pada Kapal Pengangkut *Compressed Natural Gas*”, Jurnal Teknik Pomits Vol. Vol. 2, No. 1, Issn: 2337-3539 (2301-9271 Print) (Nopember 2023).
- Eugene F. Megyesy, 2004, Pressure Vessel Thirteenth Edition ISBN: 091445823X Publishing inc.*
- OCTAL METAL,2013
<https://www.octalmetals.com/astm-a516-gr-70-plate/> 24-11-23.
- PT. PJB UP Muara Tawar, 2022, Bekasi Utara Jawa Barat.
- Rosidi, Bangkit I ,Viktor N, 2017,
<http://ejournal-fst-unc.com/index.php/LJTMU> Karawang Jawa barat.

LAMPIRAN

Gambar Bejana tekan

