

# PERANCANGAN BEJANA TEKAN VERTIKAL BERISI UDARA KAPASITAS 3,5 M DAN TEKANAN KERJA 5,5 KG/CM

*Parman Sinaga*

*Program studi Teknik Mesin, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,  
parmans@itbu.ac.id*

## **Abstrak**

Pemanfaatan bejana bertekanan akhir-akhir ini telah berkembang pesat di berbagai proses industri barang dan jasa maupun fasilitas umum. Hampir semua perusahaan khususnya yang bergerak di bidang manufaktur membutuhkan bejana bertekanan baik untuk penggunaan alat-alat pneumatik maupun sebagai penampung cairan berbahaya. Untuk memenuhi bejana tekan yang sesuai dengan kebutuhan perusahaan maka diperlukan perancangan bejana tekan sesuai dengan standar desain internasional yang berlaku dan mengedepankan keamanan serta keselamatan kerja. Dalam perancangan bejana tekan ini, bejana tekan yang dirancang adalah bejana tekan vertikal kapasitas 3,5 m, dengan fluida pengisi bejana tekan adalah udara kering untuk proses produksi plastik dengan tekanan 5,5 Kg/cm. Untuk merancang bejana tekan (pressure vessel) digunakan standar ASME Section VIII. Berdasarkan analisa dan perhitungan dari perancangan bejana tekan ini adalah jenis bejana tekan vertikal dengan diameter dalam 39,37 in, tebal shell 0,437 in dan tebal head sebesar 0,437 in.

Kata kunci: bejana tekan, vertikal, udara kering, head, shell

## **1. PENDAHULUAN**

Seiring dengan semakin tingginya permintaan terhadap pemakaian bejana bertekanan maka semakin tinggi pula kewaspadaan yang perlu diperhatikan terhadap kecelakaan kerja yang mungkin terjadi. Salah satu dampak kecelakaan kerja yang dapat terjadi pada bejana tekan adalah terjadinya ledakan.

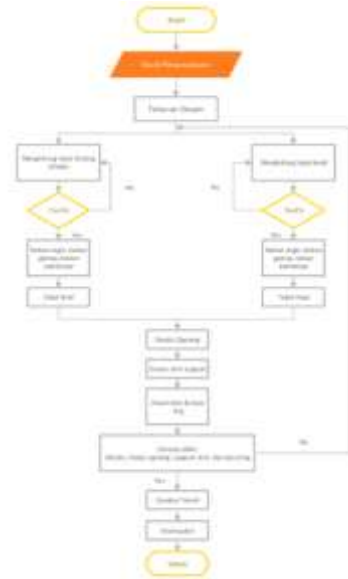
Ledakan bejana tekan dapat terjadi karena beberapa faktor yaitu lingkungan kerja yang tidak sesuai dengan lingkungan desain, fluida kerja yang tidak sesuai dengan fluida desain, terjadinya retakan, dan tekanan kerja yang melebihi tekanan desain bejana. Perusahaan perlu mengetahui tingginya resiko kecelakaan kerja pada bejana tekan serta dampak yang ditimbulkan sehingga dapat melakukan tindakan atau upaya pencegahan. Salah satu tindakan pencegahan yang dapat dilakukan adalah menggunakan bejana tekan yang sesuai dengan standar.

Salah satu manfaat penggunaan bejana tekan adalah untuk menampung udara bertekanan guna proses produksi. Berbagai macam proses produksi

membutuhkan distribusi udara bertekanan, salah satunya adalah pada proses pembuatan produk plastik khususnya pada produk plastik yang memiliki rongga. Udara bertekanan berfungsi untuk memberikan tekanan (gas) pada proses pembuatan produk plastik sehingga material termoplastik yang berada dalam cetakan dapat berubah sesuai dengan bentuk cetakan (mold). Untuk memenuhi bejana tekan yang sesuai dengan kebutuhan perusahaan maka diperlukan perancangan bejana tekan sesuai dengan standar desain internasional yang berlaku dan mengedepankan keamanan serta keselamatan kerja.

## **2. METODOLOGI**

Semua komponen dirancang berdasarkan standar ASME Section VIII sesuai dengan alur perancangan dibawah ini:



Gambar 2.1 Alur Perancangan

Ditunjang dengan studi kepustakaan, yaitu mencari literasi yang berhubungan dengan Bejana Tekan dan teori yang diterima selama mengikuti perkuliahan di Institut Teknologi Budi Utomo serta pengalaman selama bekerja di perusahaan.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1 Tekanan Desain**

Data Masukan :

1. Kapasitas bejana : 3,5 m3 = 213583 in3
2. Tekanan operasi : 5,5 Kg/cm2 = 78,23 psi
3. Temperatur operasi : 90o F (maksimum)
4. Zona Gempa : bejana berada pada zona 4
5. Diameter opening : 16 in
6. Keepatan angin : 20 km/jam (sumber BMKG)
7. Faktor korosi : 1/16 in (dengan asumsi pertumbuhan korosi 5 mils pertahun atau 1/16 in per tahun, sumber Buthod)
8. Jenis dinding (shell) : Silinder
9. Jenis penutup (head) : Ellips 2:1
10. Diameter dalam : 1000 mm = 39,37 in = 40 in

Tekanan desain (Pd) dirumuskan sebagai berikut :

Di mana :  $P_o$  = Tekanan operasi  $a = 0,1$   
 $P_o$  (Henry H. Bednar, P.E, Pressure Vessel Design handbook) = 7,823 psi

Untuk menentukan harga static head maka diasumsikan isi dari vessel

adalah gas ideal, sehingga akan diperoleh harga R udara pada kondisi kritis = 0,3704 psi.ft3/lbm.R. Maka bisa ditentukan densitas gas ideal sebagai berikut :

$$\rho_{gas\ ideal} = \frac{P_o}{RT} \quad \text{dimana } T = \text{temperatur operasi} = 90^\circ\text{F} = 25,78^\circ\text{R}$$

$$\rho_{gas\ ideal} = \frac{78,23}{(0,3704 \text{ (psi)} \frac{\text{ft}^3}{\text{lbm}} \times 25,78\text{R})}$$

$$\rho_{gas\ ideal} = 8,193 \text{ lbm/ft}^3$$

Harga static head bisa ditentukan dengan persamaan berikut :

$$\text{static head} = \rho \cdot g \cdot H$$

$$\text{static head} = 8,193 \text{ lbm/ft}^3 \times 32,2 \frac{\text{ft}}{\text{sec}^2} \times 198/12 \text{ft}$$

$$\text{static head} = 4352,94 \text{ lbf/ft}^2 = 30,23 \text{ psi}$$

Sehingga tekanan desain dapat ditentukan,

$$P = P_o + a + \text{static head}, \quad a = 0,1 \text{ } P_o = 7,823 \\ = 78,23 \text{ psi} + 7,823 \text{ psi} + 30,228 \text{ psi} \\ = 116,281 \text{ psi}$$

Harga tekanan desain dibulatkan menjadi 117 psi

**3.2 Temperatur desain**

Temperatur desain adalah temperatur maksimal yang diperbolehkan dalam desain dimana harganya harus lebih rendah dari temperature ijin rata- rata kondisi operasi material dinding bejana. Temperatur desain (Td) dapat ditentukan dengan persamaan berikut

$$T_d = T_o + 50\text{ }^\circ\text{F}$$

Dimana  $T_o$  adalah temperatur operasi 90o F

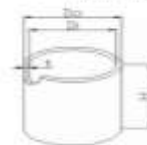
$$T_d = 90\text{ }^\circ\text{F} + 50\text{ }^\circ\text{F} = 140\text{ }^\circ\text{F}$$

**3.3 Perhitungan pada Shell dan Head**

**3.3.1 Tebal Shell**

Material shell adalah baja karbon SA-455. Berdasarkan tabel material ASME Section II Part D maka didapatkan tegangan ijin maksimum SA-455 pada suhu 140o F adalah 20.000 psi dan diketahui data perhitungan sebagai berikut :

- Tekanan desain Pd = 117 psi
- Jari-jari dalam Ri = 20 in
- Diameter dalam Di = 40 in
- Joint Effisiensi E = 0,85 (pengelasan type 1 kategori A tanpa radiographic test)



Gambar 3.1 Shell (Eugene F. Megvesy, Pressure Vessel Handbook Eleventh Edition, Pressure. Sumber: vessel publishing Inc, hal 18) (5)

Ketebalan minimum shell silinder berdasarkan circumferential stress (pada sambungan arah memanjang) dapat dihitung berdasarkan ASME Section VIII UG-27 (1) :

$$t = \frac{PR}{SE-0,6P}$$

$$t = \frac{(117)(20)}{(20000)(0,85)-0,6(117)}$$

$$t = 0,138 \text{ in}$$

Ketebalan minimum shell silinder berdasarkan longitudinal stress (pada sambungan arah melingkar) dapat dihitung berdasarkan ASME Section VIII UG-27 (2) :

$$t = \frac{PR}{2SE+0,4P}$$

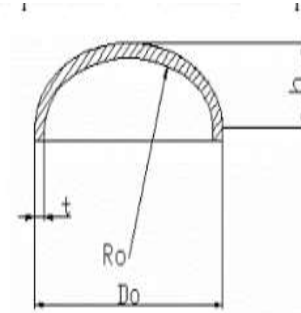
$$t = \frac{(117)(20)}{2(20000)(0,85)+0,4(117)}$$

$$t = 0,069 \text{ in}$$

Karena ketebalan berdasarkan circumferential stress lebih besar dari ketebalan berdasarkan longitudinal stress ( $t = 0,069 \text{ in}$ ) maka dipilih ketebalan shell berdasarkan tekanan dalam sebesar  $0,138 \text{ in} = 3,505 \text{ mm}$ .

### 3.3.1 Tebal Head

Material head adalah baja karbon SA-455. Berdasarkan tabel material ASME Section II Part D maka didapatkan tegangan ijin maksimum SA-455 pada suhu  $1400 \text{ F}$  adalah  $20.000 \text{ psi}$ .



Gambar 4.1 Ellipsoidal Head (Eugene F. Megvesy, Pressure Vessel Handbook Eleventh Edition. Sumber: Pressure vessel publishing Inc, hal 18) (5)

Bentuk penutup bejana adalah ellipsoidal head, sehingga tebal head dapat ditentukan berdasarkan persamaan pada ASME Section VIII U-32(d).

$$t = \frac{PD}{2SE-0,2P}$$

$$t = \frac{(117)(40)}{2(20000)(0,85)-0,2(117)}$$

$$t = 0,137 \text{ in} = 3,47 \text{ mm}$$

## 3.4 . Berdasarkan Tekanan Luar

### 3.4.1 Tebal Shell

Panjang bejana dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$L = \frac{4V}{\pi D^2} \quad (\text{number, Ethrod, 1986})$$

Dimana :  $L =$  Panjang silinder + 2/3 panjang head

$V =$  Volume bejana

$D =$  Diameter dalam bejana

sehingga panjang bejana dapat ditentukan sebagai berikut :

$$L = \frac{4(213583)}{\pi(40)^2}$$

$$L = 169,96 \text{ in} (4316,984 \text{ mm})$$

atau perhitungan tebal shell :

Tekanan eksternal  $P_d = 15 \text{ psi}$  (ASME Section VIII UG-28(f))

Tebal shell  $t = 0,138 \text{ in}$  (asumsi berdasarkan tekanan dalam)

Dengan asumsi ketebalan dinding bejana adalah 0,138 in maka ter luar shell dapat ditentukan

$$\text{Diameter luar (Do)} = 2t + Di = 40,276 \text{ in}$$

dapat diketahui pertbandingan :

$$L/D_o = 169,96 / 40,276 = 4,22$$

$$Do/t = 40,276 / 0,138 = 291,85$$

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, untuk bejana tekan vertikal berisi udara kapasitas 3,5 m<sup>3</sup>, tekanan kerja 5,5 kg/cm<sup>2</sup>, temperatur operasi 90oF, maka dimensi akhir komponen-komponen bejana tekan yang aman digunakan adalah sebagai berikut :

1. Shell dan Head
  - Jenis Material : SA 455
  - Bentuk Head : Ellipsoidal
  - Tebal dinding shell dan head : 7/16 in (11,09 mm)
  - Diameter dalam bejana : 1016 mm
  - Panjang Shell : 4316,984 mm
2. Nospel
  - Jenis Material : A-53-B
  - Tebal leher nosel : 0,280 in (7,112 mm)
  - Inlet-Outlet Nozzle Ø 6 in (152,4 mm)
  - Inspection Opening Ø 16 in (406,4 mm)
3. Support
  - Jenis Support : Skirt Support
  - Material Skirt : SA 283 Grade C
  - Tinggi : 427,67 mm = 1,4 ft
  - Tebal Skirt : 3/16 in = 4,7625 mm

komponen yang kritis terhadap perubahan gaya-gaya yang bekerja dari dalam dan luar sehingga dapat langsung disesuaikan dengan kebutuhan atau persyaratan teknis.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

CE Natco, GPSA, electronic data book  
 Andhini, Amelia (2017) Pengaruh Transaksi Online Shopping, Dan Kepercayaan Konsumen Terhadap Kepuasan

Konsumen Pada E-commerce. Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Indonesia, Surabaya  
 Lloyd E. Brownell and Edwin H. Young. 1959. Process Equipment Design  
 H.C Boardman, Research Engineer  
 R.S. Khurmi & J.K Gupta. 2005. A Textbook of Machine Design.  
 Eugene F. Megyesy.1998. Pressure Vessel Handbook. Pressure Vessel Handbook publishing. USA  
 Anonim. 2001. Rules for Construction of Pressure Vessel Section VIII Division 1, ASME  
 Anonim. 2001. Material Division II Part D- Properties, ASME  
 Henry H. Bednar, P.E. 1986. Pressure Vessel Design Handbook.