

# KAJI ULANG KONSTRUKSI BEJANA TEKAN PADA AIR RESERVOIR TANK DI PT. INDOCEMENT TUNGGAL PRAKARSA TBK

*Rita Maria Veranika<sup>16</sup>, Madagaskar<sup>17</sup>, Odi Marhendra<sup>18</sup>*

*Email Korespondensi: ritamv@univ-tridinanti.ac.id*

(Diterima 25/10/2024, Disetujui 10/12/2024, Diterbitkan 25/01/2025)

**Abstrak:** Bejana tekan atau *Pressure Vessel* adalah tangki yang dipergunakan untuk menyimpan fluida. Penyimpanan fluida mempunyai karakteristik ataupun perlakuan khusus, seperti fluida yang bertekanan, fluida pada temperatur yang rendah ataupun fluida dalam temperatur yang tinggi. Desain *Air Reservoir Tank* di PT Indocement Tunggul Prakarsa ini untuk menyalurkan udara bertekanan maksimal 1.05 MPa sesuai kebutuhan industri pabrik. Berdasarkan Perhitungan disimpulkan bejana tekan tersebut dapat dioperasikan dengan aman, dengan syarat tekanan pada *Pressure Gauge* bejana tekan tidak melebihi 147,45 Psi dan Temperatur operasi tidak melebihi 122 °C.

**Kata kunci :** *air reservoir tank, bejana tekan vertikal*

**Abstract :** *Pressure vessels are tanks that will be used to store fluids. Fluid storage has special characteristics or treatment, such as pressurized fluid, low temperature fluid or high temperature fluid. Design an Air Reservoir Tank in PT Indocement Tunggul Prakarsa to distribute air with a maximum pressure of 1.05 MPa according to the needs of the cement factory industry. Based on the calculation it is concluded that the pressure vessel can be operated safely, provided that the pressure on the pressure gauge of the pressure vessel does not exceed 147.45 Psi and the operating temperature does not exceed 122 °C.*

**Keyword :** *Air Reservoir Tank, Bejana Tekan Vertikal*

---

<sup>16,17</sup> *Dosen Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tridinanti.*

<sup>18</sup> *Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tridinanti.*

## PENDAHULUAN

Pada saat ini dunia industri memegang peranan penting dalam perekonomian oleh karena itu perancangan plan industri yang efisien sangat penting. Dari bermacam-macam bagian yang terdapat pada sebuah plan industri, terdapat komponen yang berfungsi menangani fluida bertekanan, salah satu komponen yang penting adalah bejana tekan, yang fungsinya sebagai wadah udara bertekanan. Bejana tekan memiliki spesifikasi khusus, sebab harus mampu bertahan dari tekanan udara yang ditampungnya ditambah beban akibat berat bejana itu sendiri dan berbagai beban eksternal lainnya.

Salah satu jenis *Pressure Vessel* yang banyak digunakan di industri juga pabrik semen adalah *Air Reservoir Tank* atau tangki penyimpanan udara. *Air Reservoir Tank* ini sangat diperlukan pada industri pabrik semen dimana pabrik tersebut banyak menggunakan udara yang bertekanan untuk membantu pemindahan material semen dan juga dimanfaatkan untuk menggerakkan peralatan mesin atau sebagai pembersih mesin. *Air Reservoir Tank* memiliki bentuk yang cukup kompleks, hal tersebut membuat perancangan secara analisis sulit dilakukan, termaksud dalam mendeteksi tegangan maksimum yang disebabkan karena terjadinya konsentrasi tegangan.

Perancangan bejana tekan tergantung pada faktor-faktor seperti tekanan, temperatur, pemilihan material, beban, dan parameter lain tergantung pada penerapannya.

Pada penelitian ini dilakukan perhitungan ulang terhadap tegangan maksimum yang diizinkan dan faktor keamanan bejana tekan pada Air Reservoir Tank yang dimiliki oleh PT. Indocement Tunggal Prakarsa. *Air Reservoir Tank* ini digunakan dalam membantu pemindahan material semen dan juga dimanfaatkan untuk menggerakkan peralatan mesin atau sebagai pembersih mesin.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Pengertian Bejana Tekan.

Bejana tekan adalah suatu wadah untuk penyimpanan atau penampungan fluida seperti cairan atau gas. Bejana tekan ini sering dipergunakan sebagai salah satu alat pemrosesan di industri, terlebih penggunaannya di industri kimia, pembangkit listrik dan perminyakan. Perencanaan bejana tekan dilakukan dengan tujuan untuk dapat melakukan penampungan atau menahan gas ataupun cairan yang mempunyai temperatur atau tekanan yang beda dari kondisi lingkungan.

Fungsi dari bejana tekan pada umumnya sebagai tempat wadah teruntuk menampung fluida yang bertekanan seperti berupa air, cairan ataupun gas bertekanan yang mempunyai tekanan melebihi tekanan dari udara luar, dinyatakan bahwa suatu fluida yang ada di dalam bejana tekan akan alami suatu perubahan fase saat berada di dalam. Di dalam bejana tekan ada tegangan-tegangan yang bekerja dimana hal ini akan menyebabkan perubahan dimensi di dalam bejana tekan yang dapat disebut dengan regangan.

Ada dua macam klasifikasi bejana tekan, yaitu : Posisi Vertikal dan Posisi Horizontal. Bejana tekan ini meliputi bermacam bagian dan komponen yang mendukung saat melakukan fungsinya, seperti di bawah ini terdapat berbagai bagian bejana tekan yakni :

- |           |  |
|-----------|--|
| 1. Shell  | 4. Support                             |
| 2. Head   | 5. Reinforcement Pad<br>(Plat Penguat) |
| 3. Nozzel |  |

### Perhitungan Beban Bejana Tekan

#### a. Beban Temperatur

##### 1. Temperatur Operasi

Temperatur yang dibutuhkan ketika melakukan tahapan produksi yang dioperasikan oleh bejana tekan.

##### 2. Temperatur Desain

Temperatur yang dibutuhkan teruntuk melakukan desain pada bejana tekan. Rumus yang akan dipergunakan dalam melakukan desain bejana tekan ialah :

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

Dimana :

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

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

Apabila bejana tekan beroperasi di bawah temperatur  $-20 \text{ } ^\circ\text{F}$ , sehingga besaran temperatur desain ini sama dengan temperatur paling rendah dari temperatur operasi tersebut.

#### b. Beban Tekanan Internal

##### 1. Tekanan Operasi ( $P_o$ )

$P_o$  ialah tekanan yang akan dipergunakan untuk tahapan produksi yang dilayani oleh bejana tekan ketika dijalankan.

##### 2. Tekanan Desain ( $P_d$ )

$P_d$  ialah tekanan yang akan dipergunakan teruntuk melakukan rancangan bejana tekan. Berikut rumus dari  $P_d$  yakni :

$$P_d = P_o + a + P_{hs}$$

$$P_{hs} = \rho \cdot g \cdot h$$

Dimana :

$P_d$  = Tekanan Desain [Psi]

$P_o$  = Tekanan Operasi [Psi]

$a$  = Margin [max (0,1.  $P_o$  / 30 Psi)]  
(Megyesy, Eugene F, 2001 : 15)

$P_{hs}$  = Tekanan Hidrostatik (Tekanan yang muncul karena fluida cair pada bejana tekan) [Psi]

$\rho$  = Densitas Fluida (Air) [kg/m<sup>3</sup>]

$g$  = Percepatan gravitasi bumi [m/s<sup>2</sup>]

$h$  = Tinggi Bejana Tekan [in]

**c. Tegangan Maksimum yang Diizinkan**

Tegangan maksimum yang diizinkan ini akan berbeda-beda di setiap materialnya dan bergantung dengan nilai desain temperatur. Angka nilai tegangan maksimum yang diizinkan ini telah distandarisasi berdasarkan ketentuan ASME VII div 1.

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

Besaran angka nilai efisiensi sambung ini bergantung pada bentuk sambungan dan presentase tes radiografi yang dilaksanakan di dalam bejana tekan. Pada jenis sambungan las butt joint welding dilakukan penetrasi secara penuh pada X-Ray sebesar 100% artinya angka nilai efisiensi sambungannya (E=1).

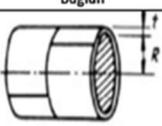
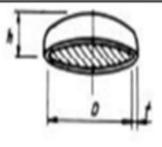
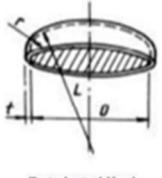
**e. Penentuan Ketebalan dan Tekanan Shell dan Head**

Perhitungan pada ketebalan dan tekanan ini dilaksanakan berdasar pada tekanan internal dan dimensi dalam serta dilakukan perhitungan kondisi terkorosi. Dalam menetapkan ketebalan dan tekanan shell dan head pada bejana tekan berdasarkan rumus yang terdapat di dalam Tabel disamping,

dimana :

- t = Tebal Head (inchi)
- P = Tekanan Desain (Psi)
- R = Jari-jari (inchi)
- D = Diameter (inchi)
- L = Panjang Vessel (inchi)
- S = Tegangan Ijin Max. (Psi)
- E = Efisiensi Sambungan
- CA = Corrosion Allowed

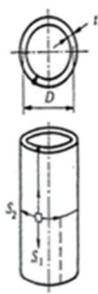
**Tabel 1.** Penentuan Ketebalan dan tekanan Shell dan Head (Megyesy, Eugene F, 2001 : 18)

No.	Bagian	Dimensi Luar	
1	 Cylindrical Shell	$t = \frac{P.R}{S.E + 0.4.P}$	$P = \frac{S.E.t}{R - 0.4.t}$
2	 $h = D/4$ Ellipsoidal Head	$t = \frac{P.D}{2.S.E + 1.8.P}$	$P = \frac{2.S.E.t}{D - 1.8.t}$
3	 Cone and Conical Section	$t = \frac{P.D}{2 \cos \alpha (S.E + 0.4.P)}$	$P = \frac{2.S.E.t \cdot \cos \alpha}{D - 0.8.t \cdot \cos \alpha}$
4	 Torispherical Head	$L/r = 16^{2/3}$	
		$t = \frac{0.885.P.L}{S.E + 0.8.P}$	$P = \frac{S.E.t}{0.885.L - 0.8.t}$

**f. Tegangan Pressure Vessel**

Tegangan tekan akibat tekanan luar dan tegangan Tarik akibat tekanan dalam akan ditentukan oleh rumus pada table dibawah

**Tabel 2.** Tegangan pada Pressure Vessel (Megyesy, Eugene F, 2001 : 14)

	FORMULAS	
	CIRCUMFERENTIAL JOINT	LONGITUDINAL JOINT
	$S_2 = \frac{P D}{4 t}$	$S_1 = \frac{P D}{2 t}$
NOTASI D = Rata-rata diameter bejana, inci P = Tekanan Internal atau External, Psi S <sub>1</sub> = Longitudinal (Tegangan memanjang), Psi S <sub>2</sub> = Circumferential (Tegangan melingkar), Psi t = ketebalan shell, tidak termasuk korosi, inci		

**g. Tekanan Kerja Maksimal yang Diizinkan atau Maximum Allowed Working Pressure (MAWP)**

MAWP ini ialah tekanan kerja maksimal yang diizinkan oleh bejana tekan, MAWP pada bejana

tekan yakni tekanan max. internal atau eksternal, yang digabungkan dengan berbagai beban yang dapat memberi berbagai kemungkinan yang akan terjadi dan tidak masuk kedalam faktor korosi (CA) ketika keadaan temperature operasi. MAWP bejana tekan dapat ditetapkan oleh komponen terlemah meliputi shell, head, atau flange.

Berikut terdapat perhitungan rumus dalam menetapkan MAWP ialah :

#### 1. MAWP Shell

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

(Megyesy, Eugene F, 2001 : 18)

Dimana :

S = Tegangan max. yang diizinkan Material [Psi]

E = Efisiensi Sambungan

$t_{corr}$  = Tebal Shell tanpa Faktor Korosi [in]

$R_{corr}$  = Jari-jari pada Bejana Tekan tanpa Faktor Korosi [in]

#### 2. MAWP Head

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

(Megyesy, Eugene F, 2001 hal 18)

Dimana :

S = Tegangan max. yang diizinkan Material [Psi]

E = Efisiensi Sambungan Las

$t_{corr}$  = Tebal Shell tanpa Faktor Korosi [in]

$D_{corr}$  = Diameter Bejana Tekan tanpa Faktor Korosi [in]

#### 3. MAWP Flange

Penetapan MAWP flange dilaksanakan dengan cara melakukan pemilihan rating yang mempunyai angka MAWP melebihi nilai tekanan desain (Pd) dengan menggunakan tabel ASME B16.5.

#### 4. MAWP Bejana Tekan

Besaran MAWP bejana tekan akan di tetapkan oleh MAWP yang paling kecil dari ketiga komponen bejana tekan yang meliputi komponen seperti shell, head, atau flange.

#### h. Beban Angin

Kaitan diantara kecepatan angin dan tekanan yang diciptakan bejana tekan teruntuk penampang lingkaran ialah :

$$P_w = 0,0025 \cdot V_w^2$$

(Megyesy, Eugene F, 2001 : 56)

Dimana :

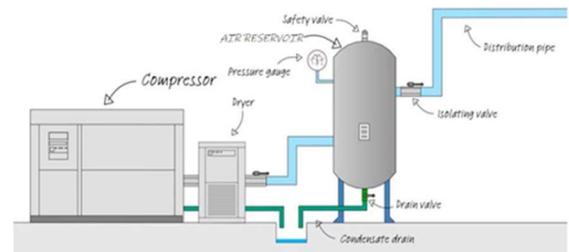
$V_w$  = Kecepatan Angin [mph]

$P_w$  = Tekanan Angin [Psi]

#### i. Tegangan pada Support Leg

Penentuan Tegangan pada Support Leg (Megyesy, Eugene F, 2001 : 102)

#### j. Skema Air Reservoir Tank



**Gambar 1.** Skema Air Reservoir Tank

Di PT. INDOCEMENT Tunggal Prakarsa dengan Tekanan Operasi Compressor 8 bar, maka di setting pada Compressor 80% dari tekanan Desainnya. Jika 10 bar maka tekanannya 8 bar. Compressor jenis Screw, Merk Kaishan memiliki 1 motor putaran 90 kW/120 HP membutuhkan waktu 15 menit dengan tekanan 8 bar. Lalu udara bertekanan di filter oleh Dyer dari air dan oil, udara tersebut disalurkan menuju Air Reservoir Tank. Untuk mengisi Air Reservoir Tank membutuhkan waktu 3 menit dengan tekanan 5 bar. Selanjutnya udara bertekanan menuju ke alat alat yang menggunakan udara melalui pipa distribusi.

## METODOLOGI PENELITIAN

### A. Metode Penelitian

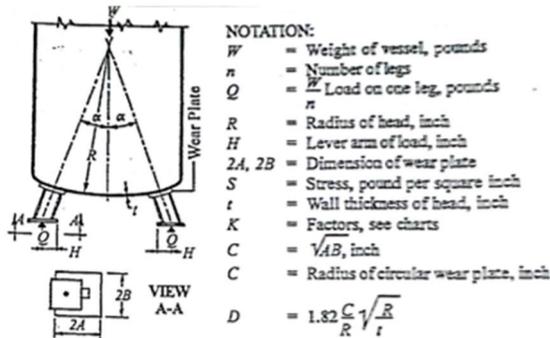
Adapun metode yang akan dipergunakan di dalam pelaksanaan penelitian ialah :

#### 1. Metode Studi Pustaka

Mempelajari literatur-literatur yang sesuai untuk mendapatkan teori-teori dan rumus-rumus dalam mendukung proses perhitungan kekuatan konstruksi pada Air Reservoir Tank.

#### 2. Metode Studi Lapangan

Metode mengumpulkan berbagai data yang diperlukan secara langsung ke PT. Indocement Tunggal Prakarsa.



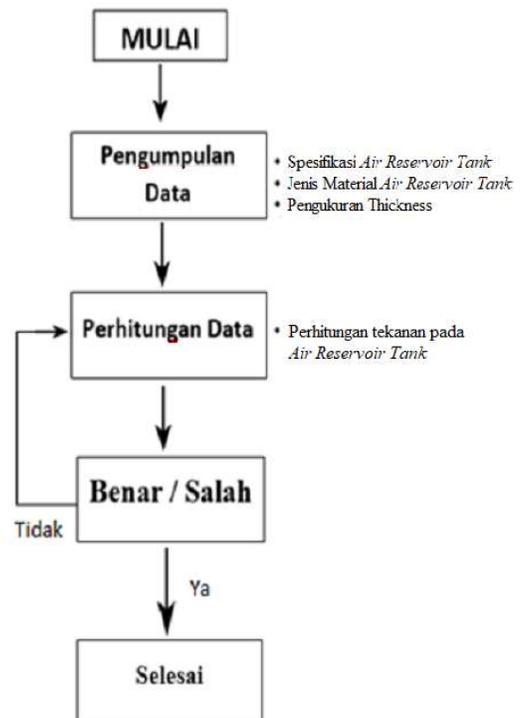
#### LONGITUDINAL STRESS:

$$S_1 = \frac{Q}{t} \left[ \cos \alpha (K_1 + 6K_2) + \frac{H}{R} \sqrt{\frac{R}{t}} (K_3 + 6K_4) \right]$$

#### CIRCUMFERENTIAL STRESS:

$$S_2 = \frac{Q}{t} \left[ \cos \alpha (K_5 + 6K_6) + \frac{H}{R} \sqrt{\frac{R}{t}} (K_7 + 6K_8) \right]$$

## Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

## PEMBAHASAN

### Data Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil yang didapat dari perhitungan konstruksi bejana tekan “Air Reservoir Tank” yang telah dilakukan, didapat hasil sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Pengujian

Perhitungan		Hasil
Tekanan Max Desain	Cylindrical Shell	367,27 Psi
	Ellipsoidal Head	344,50 Psi
Tekanan Max pada Name Plate		152 Psi
Tekanan Pressure Gauge		100 Psi
Tekanan Max Operasi		147,45 Psi
Temperatur Max Operasi		122 °C
Temperatur Max pada Name Plate		150 °C
Tegangan Pressure Vessel	Circumferencial Joint	8337,71 Psi
	Longitudinal Joint	16675,43 Psi
Ketebalan berdasarkan alat ukur Thickness	Shell	0,228 in
	Head	0,220 in
Berdasarkan Beban Angin	Tekanan Angin	0,0617 lb/ft <sup>2</sup>
	Tegangan geser	2,404 lb
	Momen karena Angin	10,90 lb.ft
	Momen Sambungan Head	10,44 lb.ft
Tegangan izin material		47137,3 Psi
Tegangan Karena Tekanan Dalam		5654,6 Psi
Tegangan Akibat Tekanan Berat Bejana		37,01 Psi
Tegangan Pada Leg Support	Tegangan Tarik	7792 Psi
	Tegangan kompresi	-1156 Psi

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan maka dapat diambil simpulan bejana tekan tersebut dapat dioperasikan dengan aman, dengan syarat tekanan pada *Pressure Gauge* bejana tekan tidak melebihi 147,45 Psi dan Temperatur operasi tidak melebihi 122 °C.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agrisa, Maharani Salsa, (2022). “Kaji Ulang Perhitungan Kekuatan Konstruksi Pada *Air Receiver Tank* Industri Pengolahan Kelapa Sawit”, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tridinanti Palembang.
- Ananda, Yogi Dwi Putra, (2019). “Perancangan Ulang Desain Bejana Tekan Horizontal Terhadap Distribusi Tegangan”, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- ASME, (2023), “Boiler & Pressure Vessel Code VIII Division 1”.
- Megyesy, Eugene F. (2001). “Pressure Vessel Handbook”, 12<sup>th</sup> ed. Pressure Vessel Publishing, Inc.
- Megyesy, Eugene F., (2001). American: Pressure Vessel Publishing, INC.