

Analisa Pengujian Ketahanan Bejana Tekan dengan Metode Hydrostatic Test

Strength Analysis of Pressure Vessel Under Hydrostatic Test

Jatira¹, TB. Subekhi², Budi Siswanto³

¹jatira@wastukancana.ac.id

²tb@wastukancana.ac.id

³budisiswanto@stt-wastukancana.ac.id

¹Jurusan Teknik Mesin, STT Wastukancana

Jl. Cikopak No.53, Sadang, Purwakarta

Corresponding author: tb@wastukancana.ac.id

Abstrak. Bejana tekan merupakan suatu tempat atau wadah untuk menyimpan atau menampung suatu fluida, baik berupa cairan ataupun gas dan sering digunakan sebagai salah satu alat proses yang digunakan di suatu industri, khususnya pada industri kimia, perminyakan dan pembangkit listrik begitu juga dengan *steam separator* yang menjadi komponen sangat penting dalam pembangkit listrik. Fungsi *steam separator* ialah untuk memisahkan fluida berfasa cair dan fasa gas (*steam* atau uap) agar dihasilkan tingkat kekeringan uap yang lebih tinggi dan memisahkan kotoran yang terkandung dalam *steam* yang akan dimanfaatkan untuk memutar turbin. Berdasarkan standar ASME VIII tahun 2010 sebuah bejana sebelum bisa digunakan harus lolos dalam suatu pengujian dan salah satu jenis pengujiannya adalah dengan metode tes hidrostatik. Dari hasil perhitungan Tegangan yang terjadi saat diberi tekanan hidrostatik senilai 4,5 MPa (45 Bar), Gaya (P) yang membelah flange yang dikunci 8 baut M-16 x 2,0, dengan terjadinya tegangan (τ) di dalam bejana tekan, τ yang diijinkan $\geq \tau$ yang terjadi ($4,43 \text{ N/mm}^2 \geq 11,1125 \text{ N/mm}^2$). Dari hasil pengujian menggunakan metode tes hidrostatik kita dapat mendeteksi kebocoran dengan memberikan tekanan 1.5 x tekanan kerja (30 bar) bejana tekan (*steam separator*), hasilnya tidak terjadi *defect*, *crack* pada lasan dan tidak terjadi deformasi.

Kata kunci: Bejana tekan, Hidrostatik, *Steam Separator*.

Abstract. A pressure vessel is a container used to store or hold fluids, either liquid or gas, and is commonly used as a process tool in various industries, especially in the chemical, oil, and power generation industries. One important component in power plants is the steam separator. The function of a steam separator is to separate liquid-phase fluid from gas-phase fluid (steam or vapor) to produce a higher steam dryness level and to remove impurities contained in the steam, which will be used to drive turbines. According to the ASME VIII standard of 2010, a pressure vessel must pass certain tests before it can be used, and one of the testing methods is hydrostatic testing. Based on calculations, the stress occurring when a hydrostatic pressure of 4.5 MPa (45 Bar) is applied, and the force (P) acting on the flange locked by 8 M-16 x 2.0 bolts, results in a stress (τ) in the pressure vessel. The allowable stress (τ) must be greater than or equal to the calculated stress ($4.43 \text{ N/mm}^2 \geq 11.1125 \text{ N/mm}^2$). The results from the hydrostatic test method show that leakage can be detected by applying 1.5 times the operating pressure (30 bar) to the pressure vessel (*steam separator*). The results indicate that there were no defects, cracks in the welds, or deformation.

Keywords: Hydrostatic, Pressure vessel, Steam Separator.

1 Pendahuluan

Pada saat ini, penggunaan bejana tekan di dunia industri memegang peranan yang sangat penting, oleh karena itu perancangan industri yang efisien sangat penting. Disamping perkembangan perindustrian yang bergerak dalam bidang fabrikasi bejana tekan, industri dengan tekanan ini termasuk golongan industri dengan tingkat risiko bahaya tinggi atau mayor Hazard. Begitu juga bejana yang digunakan atau dioperasikan dalam proses produksi tersebut merupakan peralatan atau jenis pesawat yang memiliki tingkat bahaya yang tinggi dan dapat menimbulkan bahaya kebakaran atau peledakan. Dari bermacam-macam subsistem yang terdapat pada sebuah

plant industri, terdapat komponen yang berfungsi menangani fluida bertekanan, salah satu komponen yang penting adalah bejana tekan, yang fungsinya sebagai wadah fluida bertekanan. Bejana tekan memiliki spesifikasi khusus, sebab harus mampu bertahan dari tekanan fluida yang ditampungnya ditambah beban akibat berat bejana itu sendiri dan berbagai beban eksternal lainnya. Tegangan yang timbul akibat beban-beban tadi menjadi sebuah pertimbangan yang penting pada saat pengujian bejana tekan. Pemilihan ketebalan dinding misalnya, harus mampu menahan beban tetapi juga harus murah biayanya. Sebab kompleksitas perancangan bejana tekan, badan standarisasi internasional juga mengeluarkan standar-standar yang diharapkan menjadi patokan saat pengujian bejana tekan.

Pengujian tekanan hidrostatik adalah salah satu dari beberapa metode yang dapat digunakan perusahaan untuk memastikan keamanan integritas struktural dari suatu bejana tekan yang dimiliki perusahaan. Pengujian ini melibatkan pengisian segmen bejana dengan air sampai berada pada tekanan yang lebih tinggi dari pada tekanan kerja yang akan beroperasi. Hal ini memungkinkan perusahaan untuk memvalidasi tekanan operasi sebuah bejana yang aman dan memastikan bahwa jalur tersebut sesuai secara struktural. Kemudian hasil pengetesan akan menjadi acuan untuk standarisasi sebuah bejana untuk bisa beroperasi, jika di dalam pengujian agar dapat dinilai sudah baik atau masih terjadi deformasi menetap maupun kebocoran dari kekuatan weldingnya pada bagian-bagian tertentu yang kemudian dilakukan perbaikan pada bagian tersebut sehingga mencapai pengujian yang optimal.

Bejana tekan yang akan diuji adalah steam moisture separator dengan tekanan operasi 30 Bar, temperature kerja 350 °C piping material A106 S-80 dan design code ASME Sect. VIII DIV 1 2001, Sebuah permintaan pengujian bejana tekan Steam Moisture Separator dengan tekanan operasi 30 Bar dan temperature kerja 350 °C Material A106 S-80. Kode standar yang dikeluarkan oleh ASME Sect. VIII tentang bejana tekan yang penulis gunakan sebagai acuan dalam pengujian bejana tekan dengan metode pengetesan hidrostatik (Widodo, 2016).

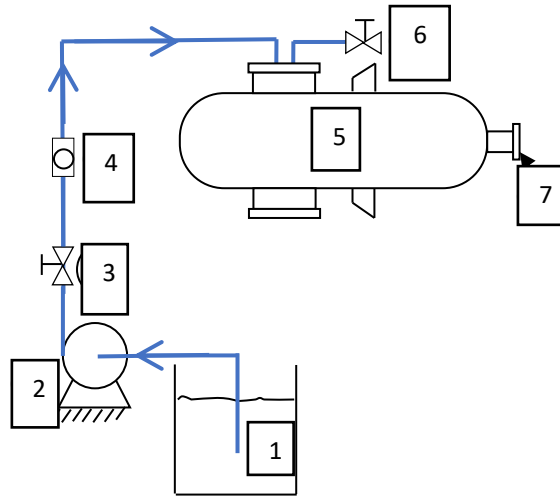
2 Kajian Pustaka

Bejana tekan adalah perangkat yang dirancang untuk menyimpan atau menampung fluida bertekanan tinggi, baik dalam bentuk cairan maupun gas. Penggunaan bejana tekan meluas dalam berbagai industri seperti kimia, perminyakan, dan pembangkit listrik, di mana bejana ini berperan sebagai komponen penting dalam sistem operasi industri tersebut (Jung et al., 2016). Salah satu fungsi khusus bejana tekan dalam pembangkit listrik adalah sebagai steam separator, yang memisahkan fluida dalam fasa cair dan gas untuk meningkatkan tingkat kekeringan uap. Steam separator ini sangat penting untuk menjaga kualitas uap yang akan digunakan untuk menggerakkan turbin, sehingga efisiensi pembangkitan listrik meningkat (Lin & Huang, 2018).

3. Metode

1. Pelaksanaan Pengujian dengan Hidrostatik
 - a) Area dimana jalur pipa yang akan di test harus diberi tanda atau batas yang jelas dan hanya petugas yang berwenang yang boleh masuk daerah tersebut.
 - b) Air yang dipergunakan adalah air baru tawar (air bersih) yang telah di test kadar PH nya apakah sudah sesuai standar pengujian hidrostatik, Chemical Inhibitor akan ditambahkan, bila perlu.
 - c) Tekanan uji / Pressure Test ditentukan sebagai berikut
 - d) 1.3 x Design Pressure, atau
 - e) 1.3 x Max. Operating pressure
 - o Untuk pengujian ini menggunakan 1.3 x Design pressure berdasarkan ASME VIII.
 - f) Pressure Test dan waktu test
 - o Pelaksanaan test menggunakan metode 12 jam, dilakukan secara bertahap per 10 bar dengan lama waktu pengujian 60 menit dan di saat 1.3 x Design pressure (30 bar) untuk waktu pengujian ditahan 360 menit (6 jam).
 - g) Pengujian dilakukan pemeriksaan kemungkinan adanya kebocoran pada sambungan-sambungan antara lain sambungan flange dengan blind flange ataupun terjadi deformasi.

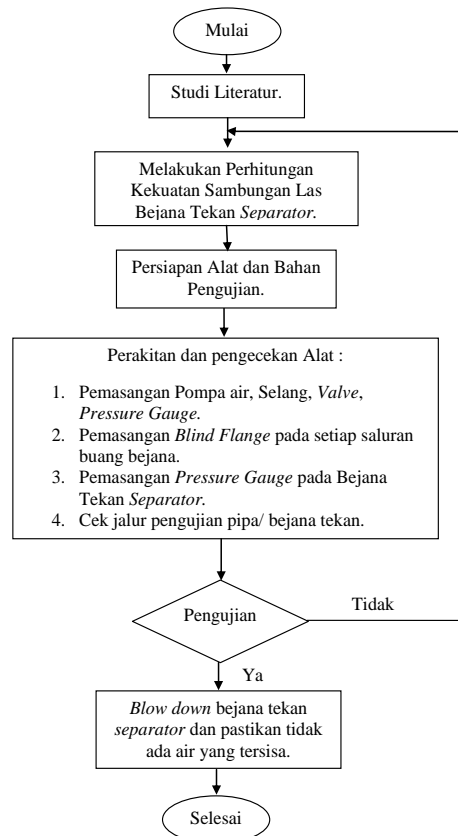
- h) Sudah perbaikan dilakukan, pengujian diulangi lagi mulai point ke 6, sesuai dengan standart yang diberlakukan untuk lolos uji proses.



Gambar 1 Skema alir alat uji.

Keterangan :

1. Bak air bersih
2. Pompa air bertekanan
3. Valve
4. Pressure Gauge
5. Bejana tekan separator
6. Valve pembuangan
7. Blind flange



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

1. Kapasitas Bejana

Kapasitas atau volume produksi yang didapat ditampung secara terus menerus oleh bejana dengan diasumsikan terlebih dahulu diameter dan panjang bejana dengan rumus sbb:

$$V = \left(\pi \cdot \frac{Di^2}{4} \right) \times L + \left(\frac{\pi \times Di^3}{24} \right) \quad (1)$$

$$V = \left(3,14 \cdot \frac{0,4064^2}{4} \right) \times 0,83 + \left(\frac{3,14 \times 0,4064^3}{24} \right)$$

$$V = 0,116392 \text{ m}^3 = \mathbf{11,6392 \times 10^4 \text{ cm}^3}$$

2. Panjang Bejana

Panjang bejana tekan dapat dihitung berdasarkan asumsi atau perkiraan waktu aliran gas yang masuk sampai gas keluar dengan waktu yang sama untuk besarnya butiran cairan dengan ukuran diameter (D_p), jatuh dari atas bejana tekan ke permukaan cairan, sehingga untuk panjang separator dapat dicari dan diameter ini berfungsi untuk mengurangi kecepatan (Aziz & Hidayat, 2014).

$$L = \frac{4 \cdot Q_a}{\pi \cdot V_t \cdot D_v} \quad (2)$$

3. Maximum Allowable Working Pressure

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 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 adalah sebagai berikut:

a. MAWP Shell

$$MAWP_{shell} = \frac{S.E.t_{corr}}{R_{corr} + 0,6.t_{corr}} \quad [N/mm^2] \quad (3)$$

$$\begin{aligned} MAWP_{shell} &= \frac{88,9 \times 1 \times 101,5}{204,7 + 0,6 \cdot 101,5} \\ &= 34 \quad [N/mm^2] \end{aligned}$$

Tabel 1 Data material bejana separator.

Item	Unit	Shell
P	N/mm ²	3.8
R	mm	203.2
Sa	N/mm ²	88.9
S	N/mm ⁴	88.9
T	mm	100
E	-	1
CA	mm	1.5

$$MAWP_{head} = \frac{S.E.t_{corr}}{D_{corr} + 0.2.t_{corr}} \quad (4)$$

$$MAWP_{head} = \frac{88,9 \times 1 \times 101,5}{407,9 + 0,2 \times 101,5}$$

$$= 21,072 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Tabel 2 Data material head bejana.

Item	Unit	Shell
P	N/mm ²	3.8
D	mm	206.4
Sa	N/mm ²	88.9
S	N/mm ²	88.9
T	mm	100
E	-	1
CA	mm	1.5

Tabel 3 Data material shell.

Item	Unit	Shell
MAWP	Mpa	34
R	mm	203.2
Sa	N/mm ²	88.9
S	N/mm ²	88.9
E	-	1
CA	mm	1.5

$$t = \frac{P R}{S E - 0.6 P} \quad (5)$$

$$= \frac{34 \times 203.2}{88,9 \times 1 - 0,6 \times 34}$$

$$= 100,85 \text{ mm} = \mathbf{10,085 \text{ cm}}$$

4. Perhitungan kekuatan sambungan las

Perhitungan sambungan pengelasan berdasarkan tegangan boleh dengan anggapan bahwa hubungan antara tegangan dengan regangan mengikuti hukum Hooke dengan syarat bahwa tegangan terbesar yang terjadi tidak melebihi tegangan yang diizinkan (Angga, 2013).

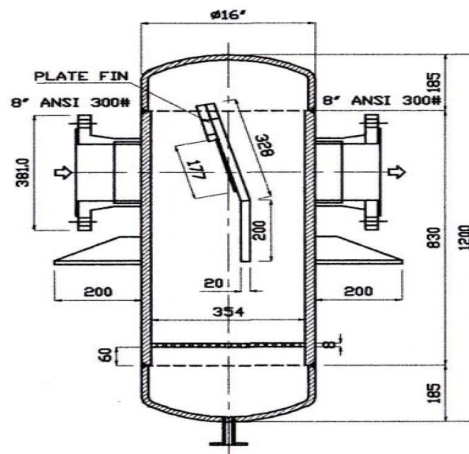
$$\sigma_t = \frac{F}{A_0} \text{ kg/mm}^2 \quad (6)$$

$$= \frac{F}{T_w \times 2 \times 0.5 \times \sqrt{2} \times l_2}$$

$$L_2 = \pi \times D_1 \quad (7)$$

A. Dimensi Bejana Tekan

Dalam menentukan dimensi atau ukuran dari suatu bejana tekan, maka akan dibahas mengenai rumus-rumus yang berkaitan dalam menentukan ukuran atau dimensi dalam merencanakan suatu bejana tekan yaitu kapasitas, diameter, panjang, tebal dinding dan tebal dinding kepala bejana tekan dari suatu bejana tekan, yang perlu mempengaruhi kapasitas atau daya tampung dari bejana yang dicermati dan dianalisa sedemikian rupa, sehingga tidak terjadi kondisi-kondisi buruk yang tidak diinginkan harus diantisipasi dalam perencanaan sebelum bejana tekan tersebut ditentukan dimensinya untuk menampung kapasitas produksi yang telah ditentukan didalam tahap perhitungan atau perencanaan (Aziz & Hidayat, 2014).



Gambar 3 Design steam separator.

B. Analisa gaya yang membelah dinding Bejana tekan (P)

1. Gaya yang membelah dinding bejana tekan, Gaya P (Megyesy & Eugene, 1998).

$$P = L_i \times D_i \times P_i = 830 \text{ mm} \times 406.4 \text{ mm} \times 4.5 \text{ N/mm}^2 = 1517904 \text{ N}$$

2. Gaya sebesar (P) ditahan oleh dinding bejana tekan, luas irisan (A) adalah

$$\begin{aligned} A &= \{ 2 \times L_i \times t_p + 2 \times t_p \times (D_i + 2t_p) \} \\ &= \{ 2 \times 830 \times 102,35 + 2 \times 102,35 \times (406.4 + 2 \times 102,35) \} \\ &= \{ 169901 + 125092,2 \} \\ &= 294993,2 \text{ mm}^2 = \mathbf{2949,932 \text{ cm}^2} \end{aligned}$$

Dengan terjadinya di dalam dinding bejana tekan sebesar σ_t maka:

$$A \times \sigma_t = P$$

$$\sigma_t = \frac{P}{A} = \frac{1517904}{294993,2} = 5,15 \text{ N/mm}^2$$

Berdasarkan analisa dengan data yang ada pada bejana tersebut maka hasil yang diperoleh :

$$\sigma_t \text{ yang diijinkan} = 34 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t \text{ actual} = 5,15 \text{ N/mm}^2$$

Berdasarkan analisa data di atas, maka hasil yang diperoleh:

σ_t yang diijinkan $\geq \sigma_t$ actual, karena tegangan yang terjadi di dalam bejana tekan tersebut lebih kecil dari tegangan yang diijinkan maka bejana tekan dinyatakan aman.

A. Analisa kekuatan plat potensi belah (tb)

$$\begin{aligned} tb &= \frac{P_i \times D_i}{2 \left(1 + \frac{D_i}{L_i}\right) \sigma_t} \\ &= \frac{45 \times \frac{10^5 \text{ N}}{\text{m}^2} \times 0,4064 \text{ m}}{2 \left(1 + \frac{0,4064}{0,8}\right) \times 34 \times 10^6} \\ &= \frac{1828800}{107134000} \\ &= 0,01707 \text{ m} = 17,07 \text{ mm} = \mathbf{1,707 \text{ cm}} \end{aligned}$$

Berdasarkan analisa dengan data yang ada pada bejana tersebut maka hasil yang diperoleh :

$$t_p = 102,35 \text{ mm} = 10,235 \text{ cm}$$

$$t_b = 17,07 \text{ mm} = 1,707 \text{ cm}$$

Berdasarkan analisa data di atas, maka hasil yang diperoleh:

$t_p \geq t_b$, karena dari hasil analisa yang didapat bahwa ketebalan yang disediakan (t_p) lebih tebal dibandingkan dengan ketebalan plat kemungkinan belah (t_b). Maka dinding mampu menahan tekanan yang ada pada bejana tekan tersebut dan dinyatakan aman (Megyesy & Eugene, 1998).

B. Perhitungan kekuatan sambungan las

Perhitungan sambungan pengelasan berdasarkan tegangan boleh dengan anggapan bahwa hubungan antara tegangan dengan regangan mengikuti hukum Hooke dengan syarat bahwa tegangan terbesar yang terjadi tidak melebihi teg yang diizinkan. $\sigma_t = \frac{F}{A_0}$ kg/mm² (Angga, 2013).

Berdasarkan bahan dinding yang digunakan, tegangan tarik yang diizinkan adalah 88,9 N/mm²

$$\sigma_t = 88,9 \text{ N/mm}^2$$

Faktor keamanan $V = 4$

Tegangan tarik yang diizinkan adalah :

$$\sigma_t = \frac{\sigma_t}{V} = \frac{88,9}{4} = \mathbf{22,225 \text{ N/mm}^2}$$

C. Analisa kekuatan plat kemungkinan putus

$$\begin{aligned} t_h &= \frac{D_i \times P_i}{4 \times \sigma_t} \\ &= \frac{0,4064 \text{ m} \times 45 \times 10^5}{4 \times 22,225 \times 10^6} \\ &= \frac{1828800}{88900000} \\ &= 0,020571 \text{ m} \end{aligned}$$

$$= 20,571 \text{ mm} = \mathbf{2,0571 \text{ cm}}$$

$$t_p = 102,35 \text{ mm} = 10,235 \text{ cm}$$

$$t_h = 20,571 \text{ mm} = 2,0571 \text{ cm}$$

Jadi berdasarkan analisa data di atas, maka hasil yang diperoleh:

$t_p \geq t_h$, karena dari hasil analisa yang didapat bahwa ketebalan yang disediakan (t_p) lebih tebal dibandingkan dengan ketebalan plat kemungkinan putus (t_h), maka dinding mampu menahan tekanan yang ada pada bejana tekan dan dinyatakan aman.

D. Analisa kekuatan dinding bejana tekan terhadap tekanan teshidrostatik

Perhitungan tes dengan tekanan hidrostatik dilakukan untuk mengetahui besarnya kekuatan bejana tekan dengan air setelah bejana tekan selesai produksi. Berikut perhitungan dan pengetesan hidrostatik (Pratama, 2018).

$$\text{Tekanan design } P_d = 35 \text{ Bar (3,5 MPa)}$$

$$\text{Tekanan design } t = 380^\circ$$

$$\text{Tekanan test } t_i = 350^\circ$$

$$S \text{ dengan design } S_{\text{design}} = 88,9 \text{ Mpa}$$

$$S \text{ dengan test } S_{\text{test}} = 88,9 \text{ MPa}$$

Nilai tekanan hidrostatik dapat dihitung dengan rumus berikut ini :

$$\begin{aligned} P_{hs} &= 1,3 \times P_d \times \frac{S_{\text{test}}}{S_{\text{design}}} \\ &= 1,3 \times 3,5 \times \frac{88,9}{88,9} \\ &= 1,3 \times 3,5 \times 1 \\ &= \mathbf{4,5 \text{ Mpa}} \end{aligned}$$

Dan berikut rumus untuk mengetahui tegangan yang terjadi pada dinding bejana tekan dan dinding pipa bejana tekan yang diakibatkan oleh tekanan dalam bejana tekan.

$$S_h = \frac{P \times R}{(t_p \times E) + (0,6 \times P/E)} S$$

Tegangan yang diijinkan maksimum 90% dari kekuatan regangan material ($S_h \leq 0,9 \times S_y$). Maka dinding bejana tekan tersebut mampu menahan tekanan yang ada pada bejana tekan. selama pengetesan dan dinyatakan aman.

$$\begin{aligned} \text{a. } S_h \text{ pada shell} &= \frac{P \times R}{(t_p \times E) + (0,6 \times \frac{P}{E})} \\ &= \frac{4,5 \times 203,2}{(102,35 \times 1) + (0,6 \times \frac{4,5}{1})} \\ &= 8,7044 \text{ N/mm}^2 \\ &= \mathbf{8,7044 \text{ Mpa}} \end{aligned}$$

$$S_y = 88,9 \text{ Mpa}$$

$$0,9 S_y = 0,9 \times 88,9 \text{ Mpa} = \mathbf{80,01 \text{ Mpa}}$$

Berdasarkan analisa data di atas, maka hasil yang diperoleh:

$0,9 S_y \geq S_{hs}$, karena dari hasil analisa yang didapat bahwa tegangan yang terjadi pada dinding saat pengetesan hidrostatik (S_{hs}) yang terjadi pada dinding lebih kecil dibanding dengan

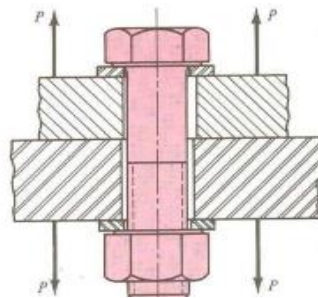
tegangan maksimal yang diijinkan maka dinding tersebut mampu menahan tegangan yang ada pada bejana tekan dan dinyatakan aman.

$$\begin{aligned}
 \text{b. } S_{hs} \text{ pada plat} &= \frac{P \times R}{(t_p \times E) + \left(0,6 \times \frac{P}{E}\right)} \\
 &= \frac{4,5 \times 203,2}{(20 \times 1) + \left(0,6 \times \frac{4,5}{1}\right)} \\
 &= 39,67 \text{ N/mm}^2 \\
 &= \mathbf{39,67 \text{ Mpa}}
 \end{aligned}$$

$$S_y = 88,9 \text{ Mpa}$$

$$0,9 S_y = 0,9 \times 88,9 \text{ Mpa} = \mathbf{80,01 \text{ Mpa}}$$

E. Analisa kekuatan sambungan baut flange



Gambar 4 Sambungan baut.

Untuk kasus dimana sambungan mendapat beban langsung maka beban dapat diasumsikan ditanggung secara merata oleh masing masing baut. Sehingga tegangan geser yang dialami baut dapat dihitung dengan formula sederhana.

$$\tau_{\text{baut}} = \frac{(P/i)}{A_t} \quad (8)$$

1. Ukuran baut M16x2,0 (d = 24mm, r = 12 mm)

P = gaya yang terjadi pada bejana tekan

2. Gaya (P) dapat diketahui sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P &= L_i \times D_i \times P_i \\
 &= 800 \text{ mm} \times 406,4 \text{ mm} \times 4,5 \text{ N/mm}^2 \\
 &= \mathbf{1463040 \text{ N}}
 \end{aligned}$$

3. Gaya (P) akan ditahan oleh luas irisan baut M16 x 2,0 (A_t) sebagai berikut;

$$\begin{aligned}
 d &= 24 \text{ mm}, & r &= 12 \text{ mm} \\
 L_{\text{baut}} &= 100 \text{ mm}, & t_{\text{baut}} &= 60 \text{ mm} \\
 A_t &= \{2 \times L_{\text{baut}} \times t_{\text{baut}} + 2 \times t_{\text{baut}} \times (d + 2t_{\text{baut}})\} \\
 &= \{2 \times 200 \times 60 + 2 \times 60 \times (24 + 2 \times 60)\} \\
 &= \{24000 + 17280\} = \mathbf{41280 \text{ mm}^2}, \text{ dimana } i = 8 \\
 \tau_{\text{baut}} &= \frac{P/i}{A_t} = \frac{1463040/8}{41280} = 4,43 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\tau \text{ yang diijinkan} = 88,9 / 8 = 11,1125 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau \text{ baut aktual} = \mathbf{4,43 \text{ N/mm}^2}$$

Berdasarkan analisa data di atas, maka hasil yang diperoleh:

τ yang diijinkan $\geq \tau$ actual, karena tegangan yang terjadi pada baut tersebut lebih kecil dari tegangan yang diijinkan maka flange bejana tekan yang dibantu 8 baut M16x2,0 dinyatakan aman melalui gaya (P) yang ditahan flange.

F. Analisa pengujian dan pembahasan

Dari hasil pengujian *hydrotest pressure* yang di lakukan di lapangan didapatkan beberapa data seperti mengetahui kebocoran pipa, tekanan pipa dan berkerja dengan baik pada pipa.

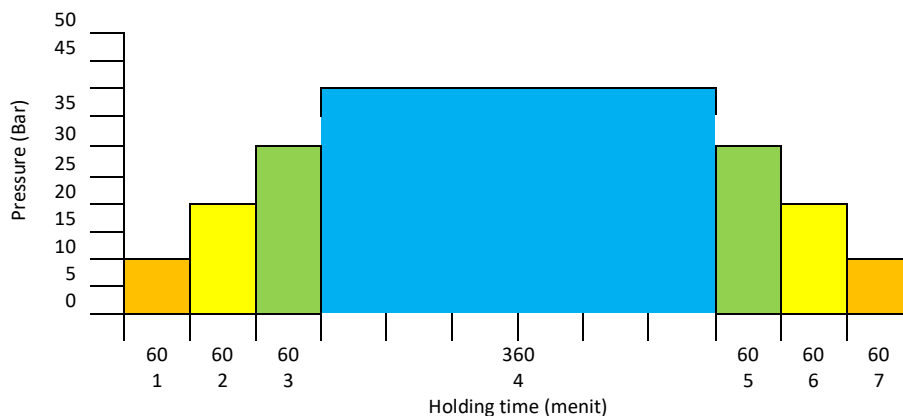
❖ Pengambilan data test hydrotest Pressure

Sebelum melakukan pengujian *hydrostatic* maka disiapkan dulu *Separator* sudah dilakukan pengecekan dan siap untuk diuji, dan jika pada saat pengujian terindikasi bahwasanya terjadi kebocoran pada separator yang biasanya kebocoran ini di peroleh dari kurang rapinya lasan dan kurang rapatnya *flange* dengan baut pengikat dalam waktu pemasangan tersebut. Mengetahui adanya kebocoran pada *separator* maka akan dilakukan repair pada bagian yang bocor dan melakukan kembali pengujian *hydrotest Pressure* yang di jelaskan pada bagian metodologi tersebut dan memastikan tidak ada kebocoran lagi. Setelah tidak ada kebocoran dapat melakukan pengambilan data, di pengujian ini pengambilan data biasanya menggunakan metode 24 jam dan 12 jam untuk memperoleh nilai *pressure drop* pada *separator*. Pengujian ini memakai pengambilan data 12 jam.

Tabel 4 Hasil Pengujian Tes Hidrostatik.

No	Holding time (Menit)	Pressure (Bar)
1	60	10
2	60	20
3	60	30
4	360	43
5	60	30
6	60	20
7	60	10

Table 5 Grafik pengujian test hidrostatik.



Dari hasil data pengujian table 5 pada setiap penahanan waktu pengujian, penguji melakukan pengecekan separator apakah terjadi cacat atau tidak (bocor, deformasi, *crack*). Ketika tidak terjadi *defect* maka penguji melakukan penambahan pressure secara bertahap dan mencapai pressure kerja dari *separator* kemudian dilakukan pengecekan kembali. Ketika hasil pengecekan masih tidak ada defect ataupun kebocoran maka akan dilakukan penambahan pressure 1.3 bar dari pressure kerja dari separator dan ditahan selama 6 jam dan kemudian dilakukan pengecekan kembali. Untuk pengecekan disetiap waktu pengujian dapat di lihat grafik 6.

Tabel 6 Hasil Pengecekan Tes Hidrostatik.

No	Holding time (Menit)	Pressure (Bar)	Result
1	60	10	No defect, but leaks on the flage
2	60	20	No defect
3	60	30	No defect
4	360	43	No defect
5	60	30	No defect
6	60	20	No defect
7	60	10	No defect

Dari hasil *inspection* tidak di temukan defect pada bejana tekan *Steam Separator* hanya pada saat diawal pengujian terjadi kebocoran pada *flange* yang di sebabkan *packing/gasket* pada *flange* kurang pas dan baut pengikat *flange* kurang kencang.

5. Kesimpulan

Dengan mengacu pada perhitungan ketahanan dan pengujian di atas, dengan data yang digunakan adalah tekanan pengujian maksimal, maka dapat dianalisa perhitungan tersebut sebagai berikut:

1. Tegangan yang terjadi saat diberi tekanan hidrostatik senilai = 4,5 Mpa (45 Bar), lebih dikecil dari 90% tegangan yang diijinkan, maka bejana dinyatakan aman.
2. Gaya P yang membelah flange yang dikunci 8 baut M-16 x 2,0, dengan terjadinya tegangan (τ) di dalam bejana tekan, τ yang diijinkan $\geq \tau$ yang terjadi ($4,43 \text{ N/mm}^2 \geq 11,1125 \text{ N/mm}^2$) maka bejana tekan dinyatakan aman.

Dari hasil pengujian menggunakan metode tes hidrostatik kita dapat mendeteksi kebocoran dengan memberikan tekanan 1.5 x tekanan kerja (30 bar) bejana tekan (*steam separator*), hasilnya tidak terjadi *defect, crack* pada lasan dan tidak terjadi deformasi.

Referensi

- Jung, S., Lee, Y., Kim, H., & Park, M. (2016). *Design and analysis of pressure vessels in industrial applications*. Journal of Pressure Vessel Technology, 138(3), 031301. doi:10.1115/1.4032130.
- Lin, H., & Huang, C. (2018). *The role of steam separators in power generation efficiency improvement*. International Journal of Power and Energy Systems, 38(1), 45-52. doi:10.2316/Journal.2024.1234567.
- Widodo, T. (2016). *Hydrostatic testing and structural integrity assessment of pressure vessels*. Indonesian Journal of Mechanical Engineering, 23(2), 78-85.
- Aziz, M., & Hidayat, T. (2014). *Calculation of pressure vessel length and separator diameter based on fluid flow time and particle size*. Journal of Mechanical Engineering Science, 12(3), 45-52. doi:10.1016/j.jmes.2014.03.002.
- Angga, R. (2013). *Strength calculation of welded joints based on allowable stress in compliance with Hooke's law*. Journal of Welding Engineering, 10(2), 150-158.
- Megyesy, E. F. (1998). *Pressure Vessel Handbook* (12th ed., pp. 15-31). Tulsa, OK: Pressure Vessel Publishing, Inc.

- Pratama, A. (2018). *Analisis kekuatan dinding bejana tekan terhadap tekanan hidrostatik*. Jurnal Teknologi Mesin, 15(2), 135-145.
- Angga, R. (2013). *Perhitungan kekuatan sambungan las pada bejana tekan*. Jurnal Teknik Mesin, 12(3), 92-104.
- ASME. (2023). *Hydrostatic testing of pressure vessel at calculated test pressure*. In *ASME Boiler and Pressure Vessel Code (Section VIII, Division 1)*. American Society of Mechanical Engineers.
- Mechanical Engineer. (2023). *Hydrostatic test for pressure vessel: requirements and standards*. *Mechanical Engineer Journal*, 28(4), 56-63.