



## **ANALISIS PROSES HYDROSTATIC TEST PADA TUBE BUNDLE HEAT EXCHANGER SESUAI STANDAR ASME BPVC SECTION VIII DIV I DI PT X**

**Anisa Fadilah<sup>1</sup>, Ayende<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Teknik Mesin Kilang, PEM Akamigas, Jln. Gajah Mada No. 38 Cepu, Blora, 58315

<sup>2</sup>Jurusan/Prodi, Institusi, Alamat, Kota, Kode Pos

\*E-mail: [anisafadilh@gmail.com](mailto:anisafadilh@gmail.com)

**Abstract** *This study analyzes hydrostatic testing of tube bundle at PT X to verify integrity and operational safety per ASME BPVC Section VIII Division 1. The motivation arises from the oil and gas sector's need for demonstrable reliability of pressure equipment before service. Methods included standards review, preparation of calibrated tooling, water-based testing, pressure-temperature recording using a Barton chart, and evaluation against acceptance criteria. Key parameters observed were pressure stability, leakage at welded joints, and permanent deformation. Testing increased pressure gradually to approximately  $1.3 \times \text{MAWP}$ , held for 30 minutes, and verified no significant pressure loss and no leakage. Results show compliance with client requirements: hold at 56.89 psig (design pressure) for 15 minutes, 76.72 psig (test pressure) for 30 minutes, and verification at test/1.3 of  $\sim 72$  psig for 15 minutes. Instruments were calibrated; high-point vents removed trapped air; internal cleanliness was ensured prior to filling. Findings confirm the construction withstood loading without leakage or distortion. Implications include improved asset reliability, reduced safety risk, and technical justification for placing the tube bundle into service when procedures are rigorously applied. The study provides a practical reference for manufacturers and owners to plan tests, set parameters, and standardize documentation.*

**Keywords:** *hydrostatic test; tube bundle; heat exchanger; ASME BPVC Section VIII; MAWP*

**Abstrak** Penelitian ini menganalisis proses hydrostatic test pada tube bundle di PT X untuk memverifikasi integritas dan keselamatan operasi sesuai ASME BPVC Section VIII Div. 1. Latar belakang riset berangkat dari kebutuhan industri migas terhadap bukti keandalan peralatan bertekanan sebelum dioperasikan. Metode mencakup kajian standar, persiapan alat terkalibrasi, pelaksanaan uji dengan media air, pencatatan tekanan-suhu menggunakan Barton chart, serta evaluasi terhadap kriteria penerimaan. Parameter utama diamati adalah kestabilan tekanan, indikasi kebocoran pada sambungan las, dan deformasi permanen. Uji dilakukan dengan menaikkan tekanan bertahap hingga test pressure  $\pm 1,3 \times \text{MAWP}$ , menahan 30 menit, serta verifikasi tanpa penurunan tekanan signifikan dan tanpa kebocoran. Hasil menunjukkan tube bundle memenuhi persyaratan klien: penahanan pada 56,89 psig (design pressure) 15 menit, 76,72 psig (test pressure) 30 menit, dan verifikasi pada test/1,3  $\sim 72$  psig 15 menit. Seluruh instrumen uji dikalibrasi, ventilasi udara dilakukan pada titik tinggi, dan kebersihan internal dipastikan sebelum pengisian. Temuan menegaskan konstruksi material menahan beban uji, tanpa kebocoran dan tanpa perubahan bentuk merugikan. Implikasinya, penerapan prosedur hydrostatic test yang ketat meningkatkan keandalan aset, mengurangi risiko keselamatan, dan

memberi justifikasi teknis pengoperasian. Studi ini menjadi referensi praktis bagi pabrikan dan pemilik peralatan dalam merencanakan uji serta menstandarkan dokumentasi hasil. Temuan ini.

**Kata kunci:** hydrostatic test; tube bundle; heat exchanger; ASME BPVC Section VIII; MAWP

## PENDAHULUAN

Industri minyak dan gas bumi (migas) serta industri proses lainnya merupakan sektor yang sangat bergantung pada standar keselamatan dan keandalan operasional peralatan bertekanan. Keandalan peralatan seperti *pressure vessel*, *heat exchanger*, dan sistem perpipaan sangat menentukan kontinuitas produksi sekaligus keselamatan pekerja dan lingkungan kerja. Salah satu metode penting dalam memastikan integritas struktural dan operasional peralatan tersebut adalah melalui pengujian tekanan (*pressure test*)[1].

Dari berbagai metode pengujian tekanan yang tersedia, *hydrostatic test* menjadi prosedur yang paling umum dan diakui secara internasional karena mampu memverifikasi kekuatan serta ketahanan peralatan terhadap tekanan kerja maksimum. Metode ini dilakukan dengan cara mengisi peralatan menggunakan fluida, umumnya air, kemudian menaikkan tekanan hingga 1,3 sampai 1,5 kali dari *Maximum Allowable Working Pressure* (MAWP) sebagaimana diatur dalam standar internasional, seperti *ASME Boiler and Pressure Vessel Code (BPVC) Section VIII*[2]. Tujuan utama pengujian ini adalah memastikan tidak terdapat kebocoran, retakan, atau deformasi permanen pada material yang dapat menurunkan integritas dan membahayakan keselamatan operasi[3].

Kualitas sambungan las menjadi faktor kunci dalam menjamin keberhasilan *hydrostatic test* pada *pressure vessel*. Penelitian Ayende dkk. (2025) menunjukkan bahwa proses pengelasan SMAW pada material SA36, dengan prosedur dan parameter tepat mampu menghasilkan kekuatan tarik sambungan las di atas standar minimum ASME IX serta bebas cacat signifikan sesuai uji bending dan visual. Hal ini langsung mendukung integritas struktural *pressure vessel* saat diuji tekanan, sehingga vessel layak dan aman.

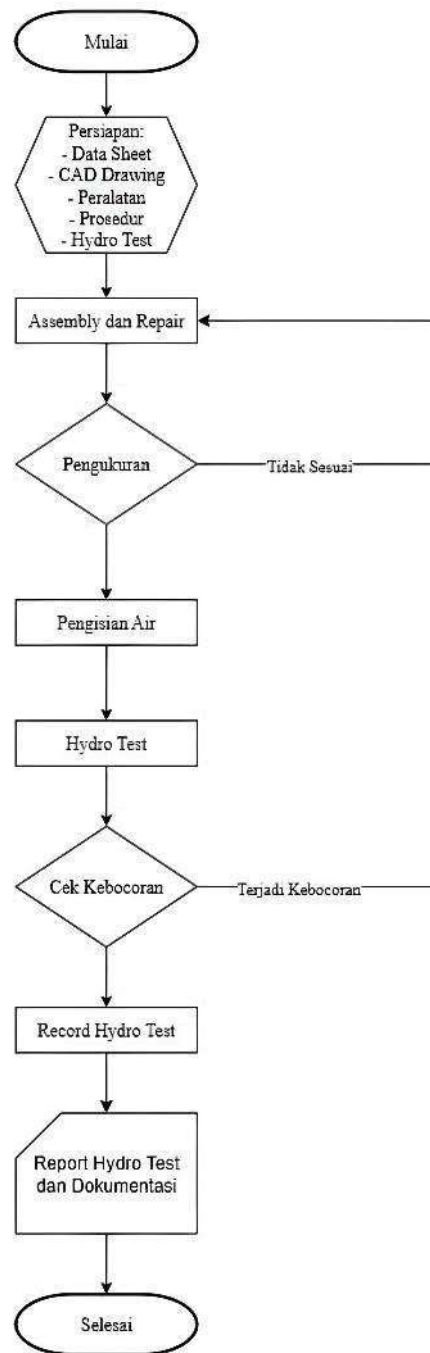
Dalam konteks industri migas, keberhasilan *hydrostatic test* memiliki signifikansi yang tinggi. Peralatan seperti pipa transmisi gas, *pressure vessel*, dan *heat exchanger* bekerja pada kondisi tekanan serta temperatur ekstrem, sehingga kegagalan struktural dapat berakibat fatal. Kegagalan tersebut tidak hanya berpotensi menyebabkan kebocoran fluida berbahaya, tetapi juga dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan, gangguan proses produksi, serta kerugian ekonomi dalam skala besar[4].

Oleh karena itu, pelaksanaan *hydrostatic test* yang sesuai dengan prosedur dan standar internasional bukan sekadar pemenuhan persyaratan legalitas, tetapi juga merupakan langkah preventif yang fundamental dalam menjamin keandalan peralatan dan keselamatan kerja. Prosedur ini memastikan bahwa setiap sistem bertekanan yang akan dioperasikan telah memenuhi kriteria teknis dan keselamatan yang berlaku di industri energi modern[5].

## METODE

Diagram alir penelitian yang menggambarkan alur kegiatan *hydrostatic test* dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:

**ANALISIS PROSES HYDROSTATIC TEST PADA TUBE BUNDLE HEAT EXCHANGER  
SESUAI STANDAR ASME BPVC SECTION VIII DIV I DI PT X**



*Gambar 1 Diagram Alir Hydrostatic Test*

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **1. Prosedur hydrostatic test**

Sebelum melakukan uji hydrostatic, harus dipastikan bahwa saluran internal dalam kondisi baik atau bersih dan semua NDE serta dimensi telah diperiksa.

A. Mengecek Kode Pembuatan

B. Fluida kerja dan Temperature

C. Persiapan Uji Tekanan

1. Daftar Peralatan untuk uji hydrostatic

- Bolt
- Hex Nut
- Blind flange
- Gasket *Type* Tombo
- Ball valve ½"
- Nipple ½"
- Pompa Hydrotest untuk Penekanan
- Pressure gauge, rentang 115 psig – 306,88 psig
- *Pressure dan temperature recorder (barton chart).*
- *Thermohydrometer* atau *Temperature* Lingkungan
- Kondisi *Inlet* dan *Drainase*

2. Satu pressure gauge dan satu pressure recorder dial (penunjuk tekanan) harus digunakan dalam pengujian *Tube Bundle*, dengan skala 1,5 kali tekanan uji. Satu alat dihubungkan langsung ke lokasi tertinggi dari *Tube Bundle* untuk menunjukkan tekanan uji secara akurat. Alat yang lainnya dihubungkan pada tempat yang dapat terlihat oleh operator dan disaksikan oleh pihak ketiga atau pemilik selama durasi pengujian

3. Pressure gauge dan pressure recorder sebaiknya memiliki dial dengan skala kelulusan sekitar dua kali dari tekanan uji maksimum yang direncanakan, tetapi dalam hal apapun, rentang dial tidak boleh kurang dari 1 ½ kali dan tidak lebih dari 4 kali tekanan uji.

4. Pressure gauge dan pressure recorder harus dikalibrasi menggunakan dead-weight tester standar atau calibration master gauge setidaknya sekali dalam setahun, atau setiap saat jika ada alasan untuk menduga bahwa alat tersebut mengalami kesalahan.

D. Tahapan Pengujian

1. Pengisian air pada tube bundle

2. Pengujian

- Tekanan pada tube bundle akan ditingkatkan dari nol hingga mencapai desain pressure dengan waktu penahanan selama 15 menit. Kemudian tekanan akan ditingkatkan secara bertahap hingga test pressure yang diperlukan tercapai.
- Setelah test pressure sesuai dengan yang dipersyaratkan telah dipertahankan selama waktu penahanan yang ditentukan dalam working instruction, tekanan harus dikurangi dan dipertahankan pada tekanan uji actual dibagi 1,3 kemudian ditahan selama 15 menit. Terakhir, tekanan dikurangi hingga mencapai nol.
- Hydrostatic test harus dilakukan sesuai dengan kode desain tekanan yang berlaku.

**ANALISIS PROSES HYDROSTATIC TEST PADA TUBE BUNDLE HEAT EXCHANGER  
SESUAI STANDAR ASME BPVC SECTION VIII DIV I DI PT X**

- Tekanan hydrostatic test harus dipertahankan selama waktu penahanan minimal 30 menit.
- Kriteria penerimaannya adalah hydrostatic test pada setiap titik tube bundle harus mencapai 1,3 kali desain pressure tanpa penurunan tekanan serta tidak ditemukan kebocoran pada sambungan maupun las dan tidak terjadi distorsi sesuai dengan ketentuan ASME Code Section VIII Div 1

3. Perhitungan Hydrostatic Test

b. MAWP Material

- MAWP Channel
 
$$= \frac{(s \times E (T - CA - CAE))}{\left(\left(\frac{D}{2} + CA\right) + 0,6 \times (T - CA - CAE)\right)}$$

$$= \frac{(703,6 \text{ kgf/cm}^2 \times 1 (1,40 \text{ cm}))}{\left(\left(\frac{125 \text{ cm}}{2} + 0\right) + 0,6 \times (1,40 \text{ cm})\right)}$$

$$= 15,55 \text{ kgf/cm}^2$$

- MAWP Shell
 
$$= \frac{(s \times E (T - CA - CAE))}{\left(\left(\frac{D}{2} + CA\right) + 0,6 \times (T - CA - CAE)\right)}$$

$$= \frac{(1406,14 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \times 1 (2,90 \text{ cm}))}{\left(\left(\frac{125 \text{ cm}}{2} + 0\right) + 0,6 \times (2,90 \text{ cm})\right)}$$

$$= 63,47 \text{ kgf/cm}^2$$

Berdasarkan perhitungan MAWP diatas didapatkan bahwa nilai MAWP pada Channel sebesar 15,55 kgf/cm<sup>2</sup> atau 221,17 psiG. Walaupun silinder channel mampu menahan tekanan sampai 15,53 kgf/cm<sup>2</sup>, sistem channel *side* dibatasi oleh komponen paling lemah, yaitu channel ke tubesheet flange (Chn to TBS Flange) dengan MAWP hanya 4.149 kgf/cm<sup>2</sup> atau 59,013 psiG. Perbedaan hasil antara perhitungan pada PVelite dan perhitungan manual terjadi karena perhitungan manual menghitung MAWP dalam kondisi baru dan nominal (MAPNC) sementara pada PVelite nilai MAWP didapat dengan mempertimbangkan nilai *corrosion allowance*, dan pengurangan head 0,125 serta pembulatan atau iterasi, sehingga yang digunakan dalam *hydrostatic test* adalah hasil perhitungan MAWP pada PVelite karena memperhitungkan korosi atau pengurangan kecil.

c. Maximum Allowable Stress Material (Table 1A dan 1B ASME Section II Part D Metric)

- Channel (SB-171 025)

*Tabel 1 Maximum Allowable Stress Material pada Channel*

**ANALISIS PROSES HYDROSTATIC TEST PADA TUBE BUNDLE HEAT EXCHANGER  
SESUAI STANDAR ASME BPVC SECTION VIII DIV I DI PT X**

**Table 1B (Cont'd)**  
**Section I; Section III, Division 1, Classes 2 and 3;\* Section VIII, Division 1; and Section XII**  
**Maximum Allowable Stress Values, S, for Nonferrous Materials**  
**(\*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)**

| Line No. | Maximum Allowable Stress, MPa (Multiply by 1000 to Obtain kPa), for Metal Temperature, °C, Not Exceeding |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |     |     |     |     |     |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|          | 40                                                                                                       | 65   | 100  | 125  | 150  | 175  | 200  | 225  | 250  | 275  | 300  | 325  | 350 | 375 | 400 | 425 | 450 | 475 |
| 1        | 82.4                                                                                                     | 82.4 | 82.4 | 82.4 | 82.4 | 47.2 | 24.8 | 14.9 | 5.88 | ...  | ...  | ...  | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 2        | 70.1                                                                                                     | 69.6 | 69.0 | 68.5 | 68.1 | 40.1 | 21.1 | 12.7 | 5.00 | ...  | ...  | ...  | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 3        | 70.1                                                                                                     | 70.1 | 70.1 | 70.1 | 70.1 | 40.1 | 21.1 | 12.7 | 5.00 | ...  | ...  | ...  | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 4        | 55.2                                                                                                     | 55.2 | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 5        | 46.9                                                                                                     | 46.9 | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 6        | 68.9                                                                                                     | 68.9 | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 7        | 59.8                                                                                                     | 57.9 | 56.2 | 54.9 | 53.7 | 53.1 | 51.9 | 51.1 | 50.8 | 49.2 | 45.2 | 39.0 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 8        | 59.8                                                                                                     | 59.8 | 59.8 | 59.8 | 59.8 | 59.8 | 59.8 | 59.8 | 59.8 | 51.7 | 45.2 | 39.0 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 9        | 50.8                                                                                                     | 49.7 | 47.9 | 46.8 | 46.2 | 44.9 | 44.2 | 43.6 | 43.1 | 41.3 | 35.6 | 26.2 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 10       | 50.8                                                                                                     | 50.8 | 50.8 | 50.8 | 50.8 | 50.8 | 50.8 | 50.8 | 50.8 | 41.3 | 35.6 | 26.2 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 11       | 68.9                                                                                                     | 67.2 | 65.2 | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 12       | 68.9                                                                                                     | 68.9 | 68.9 | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 13       | 68.9                                                                                                     | 67.3 | 65.1 | 63.4 | 62.0 | 61.0 | 60.1 | 59.2 | ...  | ...  | ...  | ...  | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 14       | 68.9                                                                                                     | 68.9 | 68.9 | 68.9 | 68.9 | 68.9 | 68.9 | 68.9 | ...  | ...  | ...  | ...  | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 15       | 68.9                                                                                                     | 66.9 | 65.2 | 63.9 | 62.0 | 60.7 | 60.1 | 59.1 | 56.8 | ...  | ...  | ...  | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 16       | 68.9                                                                                                     | 68.9 | 68.9 | 68.9 | 68.9 | 68.9 | 68.9 | 68.9 | 60.4 | ...  | ...  | ...  | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 17       | 68.9                                                                                                     | 66.9 | 65.2 | 63.9 | 62.0 | 60.7 | 60.1 | 59.1 | 56.8 | 51.7 | 45.2 | 39.0 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 18       | 68.9                                                                                                     | 68.9 | 68.9 | 68.9 | 68.9 | 68.9 | 68.9 | 68.9 | 60.4 | 51.7 | 45.2 | 39.0 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 19       | 68.9                                                                                                     | 67.3 | 65.1 | 63.4 | 62.0 | 61.0 | 60.1 | 59.2 | ...  | ...  | ...  | ...  | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 20       | 68.9                                                                                                     | 68.9 | 68.9 | 68.9 | 68.9 | 68.9 | 68.9 | 68.9 | ...  | ...  | ...  | ...  | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 21       | 68.9                                                                                                     | 66.9 | 65.2 | 63.9 | 62.0 | 60.7 | 60.1 | 59.1 | 56.8 | ...  | ...  | ...  | ... | ... | ... | ... | ... | ... |

- Shell (SA 516 70)

*Tabel 2 Maximum Allowable Stress Material pada Shell*

**ANALISIS PROSES HYDROSTATIC TEST PADA TUBE BUNDLE HEAT EXCHANGER  
SESUAI STANDAR ASME BPVC SECTION VIII DIV I DI PT X**

**Table 1A (Cont'd)**  
**Section I; Section III, Division 1, Classes 2 and 3;\* Section VIII, Division 1; and Section XII**  
**Maximum Allowable Stress Values, S, for Ferrous Materials**  
**(\*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)**

| Line |     | Maximum Allowable Stress, MPa (Multiply by 1000 to Obtain kPa), for Metal Temperature, °C, Not Exceeding |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |  |  |
|------|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|--|--|
| No.  | 40  | 65                                                                                                       | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 325 | 350 | 375  | 400  | 425  | 450  | 475  |  |  |
| 1    | 128 | 128                                                                                                      | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 125 | 122 | 118 | 114  | ...  | ...  | ...  | ...  |  |  |
| 2    | 128 | 128                                                                                                      | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 125 | 122 | 118 | 114  | 95.0 | 79.6 | 63.2 | 45.3 |  |  |
| 3    | 128 | 128                                                                                                      | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 125 | 122 | 118 | 114  | 95.0 | 79.6 | 63.2 | 45.3 |  |  |
| 4    | 128 | 128                                                                                                      | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 125 | 122 | 118 | 114  | ...  | ...  | ...  | ...  |  |  |
| 5    | 128 | 128                                                                                                      | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 125 | 122 | 118 | 114  | ...  | ...  | ...  | ...  |  |  |
| 6    | 128 | 128                                                                                                      | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 125 | 122 | 118 | 114  | ...  | ...  | ...  | ...  |  |  |
| 7    | 128 | 128                                                                                                      | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 125 | 122 | 118 | 114  | ...  | ...  | ...  | ...  |  |  |
| 8    | 128 | 128                                                                                                      | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 127 | 114 | 95.1 | 79.6 | 63.2 | 45.7 |      |  |  |
| 9    | 128 | 128                                                                                                      | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 127 | 114 | ...  | ...  | ...  | ...  |      |  |  |
| 10   | 128 | 128                                                                                                      | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 127 | 114 | ...  | ...  | ...  | ...  |      |  |  |
| 11   | 128 | 128                                                                                                      | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 127 | 114 | ...  | ...  | ...  | ...  |      |  |  |
| 12   | 128 | 128                                                                                                      | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | ... | ...  | ...  | ...  | ...  |      |  |  |
| 13   | 128 | 128                                                                                                      | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | ... | ...  | ...  | ...  | ...  |      |  |  |
| 14   | 128 | 128                                                                                                      | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 127 | ... | ...  | ...  | ...  | ...  |      |  |  |
| 15   | 128 | 128                                                                                                      | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 127 | ... | ...  | ...  | ...  | ...  |      |  |  |
| 16   | 128 | 128                                                                                                      | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 127 | ... | ...  | ...  | ...  | ...  |      |  |  |
| 17   | 128 | 128                                                                                                      | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 127 | ... | ...  | ...  | ...  | ...  |      |  |  |
| 18   | 128 | 128                                                                                                      | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 127 | ... | ...  | ...  | ...  | ...  |      |  |  |
| 19   | 131 | 131                                                                                                      | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 129 | 114  | 95.1 | 79.6 | 63.2 | 45.3 |  |  |
| 20   | 131 | 131                                                                                                      | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 129 | 114  | 95.1 | 79.6 | 63.2 | 45.3 |  |  |
| 21   | 131 | 131                                                                                                      | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 128 | 124 | 120  | 101  | 83.9 | 67.0 | 51.1 |  |  |
| 22   | 131 | 131                                                                                                      | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 127 | 112  | 96.2 | 79.1 | 62.1 | 46.0 |  |  |
| 23   | 131 | 131                                                                                                      | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 127 | 112  | 96.2 | 79.1 | 62.1 | 46.0 |  |  |
| 24   | 131 | 131                                                                                                      | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 131  | 101  | 83.9 | 67.0 | 51.1 |  |  |
| 25   | 134 | 134                                                                                                      | 134 | 134 | 134 | 134 | 134 | 134 | 134 | 130 | 123  | 101  | 83.8 | 67.1 | ...  |  |  |
| 26   | 134 | 134                                                                                                      | 134 | 134 | 134 | 134 | 134 | 134 | 134 | 134 | 123  | 101  | 83.8 | 67.1 | 51.0 |  |  |
| 27   | 137 | 137                                                                                                      | 137 | 137 | 137 | 137 | 137 | 137 | 137 | 137 | 123  | 101  | 83.8 | 67.1 | ...  |  |  |
| 28   | 137 | 137                                                                                                      | 137 | 137 | 137 | 137 | 137 | 137 | 137 | 137 | 123  | 101  | 83.8 | 67.1 | 51.0 |  |  |
| 29   | 138 | 138                                                                                                      | 138 | 138 | 138 | 137 | 132 | 126 | 122 | 119 | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  |  |  |
| 30   | 138 | 138                                                                                                      | 138 | 138 | 138 | 137 | 132 | 126 | 122 | 119 | 114  | 101  | 83.9 | 67.0 | 51.1 |  |  |
| 31   | 138 | 138                                                                                                      | 138 | 138 | 138 | 138 | 136 | 129 | 125 | 122 | 117  | 101  | 83.9 | 67.0 | 51.1 |  |  |
| 32   | 138 | 138                                                                                                      | 138 | 138 | 138 | 138 | 136 | 129 | 125 | 122 | 117  | 101  | 83.9 | 67.0 | 51.1 |  |  |
| 33   | 138 | 138                                                                                                      | 138 | 138 | 138 | 138 | 136 | 129 | 125 | 122 | 117  | 101  | 83.9 | 67.0 | 51.1 |  |  |
| 34   | 138 | 138                                                                                                      | 138 | 138 | 138 | 138 | 136 | 129 | 125 | 122 | 117  | 101  | 83.9 | 67.0 | 51.1 |  |  |
| 35   | 138 | 138                                                                                                      | 138 | 138 | 138 | 138 | 136 | 129 | 125 | 122 | 117  | 101  | 83.9 | 67.0 | 51.1 |  |  |
| 36   | 138 | 138                                                                                                      | 138 | 138 | 138 | 138 | 136 | 129 | 125 | 122 | 117  | 101  | 83.9 | 67.0 | 51.1 |  |  |
| 37   | 138 | 138                                                                                                      | 138 | 138 | 138 | 138 | 136 | 129 | 125 | 122 | 117  | 101  | 83.9 | 67.0 | 51.1 |  |  |
| 38   | 138 | 138                                                                                                      | 138 | 138 | 138 | 138 | 136 | 129 | 125 | 122 | 117  | 101  | 83.9 | 67.0 | 51.1 |  |  |
| 39   | 138 | 138                                                                                                      | 138 | 138 | 138 | 138 | 136 | 129 | 125 | 122 | 117  | 101  | 83.9 | 67.0 | 51.1 |  |  |
| 40   | 138 | 138                                                                                                      | 138 | 138 | 138 | 138 | 136 | 129 | 125 | 122 | 117  | 101  | 83.9 | 67.0 | 51.1 |  |  |
| 41   | 138 | 138                                                                                                      | 138 | 138 | 138 | 138 | 136 | 129 | 125 | 122 | 117  | 101  | 83.9 | 67.0 | 51.1 |  |  |
| 42   | 138 | 138                                                                                                      | 138 | 138 | 138 | 138 | 136 | 129 | 125 | 122 | 117  | 101  | 83.9 | 67.0 | 51.1 |  |  |
| 43   | 138 | 138                                                                                                      | 138 | 138 | 138 | 138 | 136 | 129 | 125 | 122 | 117  | 101  | 83.9 | 67.0 | 51.1 |  |  |
| 44   | 138 | 138                                                                                                      | 138 | 138 | 138 | 138 | 138 | 136 | 132 | 128 | 123  | 101  | 83.8 | 67.1 | 51.0 |  |  |
| 45   | 138 | 138                                                                                                      | 138 | 138 | 138 | 138 | 138 | 136 | 132 | 128 | 123  | 101  | 83.8 | 67.1 | 51.0 |  |  |

d. Allowable stress pada temperature uji dan desain

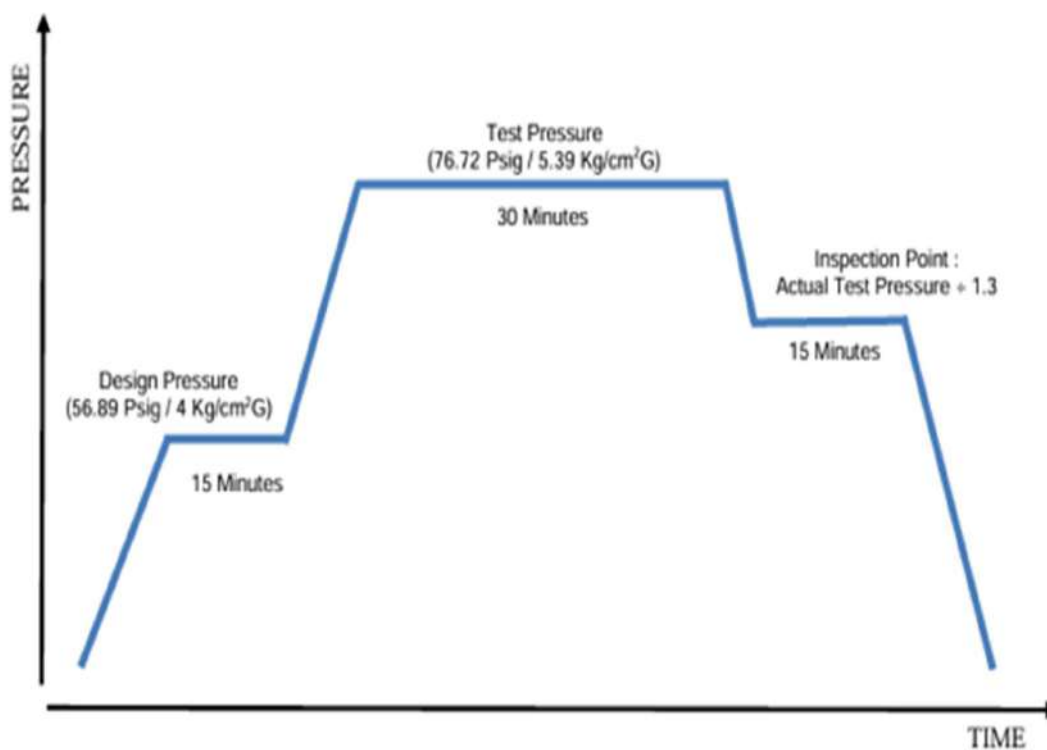
- Nilai allowable stress pada temperature uji 84-87 °F (30°C)  
Sa = 61,2228 Mpa (624,229 kgf/cm2)  
Hasil didapat dari interpolasi
- Nilai allowable stress pada temperature desain 100°C  
S = 65,2 Mpa (664,855 kgf/cm2)

e. Tekanan hydrostatic test pada tube bundle

$$\begin{aligned}
 \text{Hydrostatic test pressure} &= 1,3 \times \text{MAWP} \times \frac{S_a}{S} \\
 &= 1,3 \times 4,419 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \times \frac{624,299 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}{664,855 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}} \\
 &= 5,394 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \text{ atau } 76,721 \text{ psiG}
 \end{aligned}$$

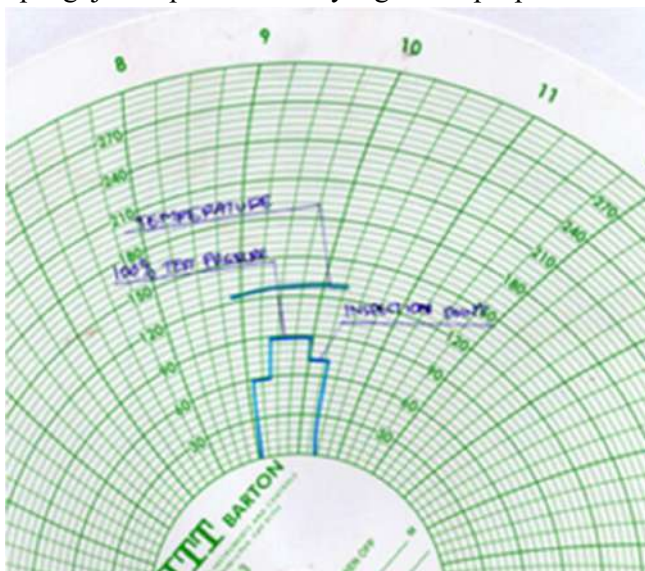
**ANALISIS PROSES HYDROSTATIC TEST PADA TUBE BUNDLE HEAT EXCHANGER  
SESUAI STANDAR ASME BPVC SECTION VIII DIV I DI PT X**

hasil perhitungan hydrostatic test di atas kemudian di buat dalam bentuk diagram untuk memudahkan pada saat proses pengujian



Gambar 2 Hydrostatic Test Diagram

Setelah dilakukan pengujian diperoleh hasil yang terlampir pada barton chart berikut:



Gambar 3 Grafik Chart Hasil Pengujian



Grafik chart diatas menunjukkan bahwa tube bundle diberi tekanan 60 PsiG MAWP dengan holding time 15 menit, lalu tekanan dinaikkan Kembali hingga mencapai 90 PsiG Test Pressure dengan holding time selama 30 menit, kemudian tekanan diturunkan Kembali menjadi 72 PsiG test pressure dibagi 1,3 dengan holding time selama 15 menit. Hasil dari pengujian hydrostatic test menunjukkan bahwa kekuatan konstruksi material pada tube bundle mampu menahan tekanan dan tidak melebihi batas tekanan maksimum yang diijinkan sesuai ASME Section VIII Div 1.

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisis dan pelaksanaan *hydrostatic test* pada Tube Bundle di PT X, dapat disimpulkan bahwa pengujian telah dilakukan sesuai dengan ASME Section VIII Div. 1 (Ed. 2023) serta memenuhi seluruh persyaratan teknis yang ditetapkan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa komponen dengan nilai MAWP terkecil terdapat pada bagian Channel-to-Tubesheet Flange sebesar 4,149 kgf/cm<sup>2</sup> atau sekitar 59,01 psig. Selama proses pengujian, tekanan ditahan pada 56,89 psig selama 15 menit, kemudian dinaikkan menjadi 76,72 psig selama 30 menit, dan akhirnya diverifikasi pada sekitar 72 psig (test/1,3) selama 15 menit. Seluruh tahapan uji menunjukkan hasil yang stabil tanpa adanya penurunan tekanan signifikan, kebocoran, maupun deformasi permanen pada material. Dengan demikian, *tube bundle* dinyatakan lulus pengujian hydrostatic test dan layak dioperasikan.

Pelaksanaan uji ini juga menunjukkan bahwa PT X memiliki sistem pengendalian mutu yang baik dengan dukungan sertifikasi ASME U-stamp dan R-stamp serta prosedur QC yang sesuai standar internasional. Untuk meningkatkan keandalan hasil uji di masa mendatang, disarankan agar *hydrostatic test* tidak dilakukan pada kondisi cuaca hujan atau suhu yang tidak stabil karena dapat memengaruhi tekanan internal. Selain itu, pengecekan kekencangan sambungan dan instrumen sebelum pengujian perlu dilakukan untuk mencegah kebocoran, serta kalibrasi alat ukur harus dijaga secara berkala guna memastikan keakuratan data dan konsistensi hasil pengujian.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Ayende, M. B. Bahtiar, H. Kotrisna, S. Damayanti, R. D. Santoso, and M. B. A. Prakoso, "Experimental Study of Oil and Gas Pressure Vessel Welding Using The Shielded Metal Arc Welding Process," Scientific Contributions Oil & Gas, vol. 48, no. 2, pp. 41-51, Aug. 2025, doi: 10.29017/scog.v48i2.1775.
- [2] ASME Boiler and Pressure Vessel Code (BPVC), Section VIII, Division 1, "Rules for Construction of Pressure Vessels," The American Society of Mechanical Engineers, New York, 2023.
- [3] ASME Boiler and Pressure Vessel Code (BPVC), Section II, Part D, "Properties (Metric)," The American Society of Mechanical Engineers, New York, 2023.
- [4] ASME Boiler and Pressure Vessel Code (BPVC), Section V, "Non-Destructive Examination," The American Society of Mechanical Engineers, New York, 2023.

*ANALISIS PROSES HYDROSTATIC TEST PADA TUBE BUNDLE HEAT EXCHANGER  
SESUAI STANDAR ASME BPVC SECTION VIII DIV I DI PT X*

- [5] ASME Boiler and Pressure Vessel Code (BPVC), Section IX, “Welding, Brazing, and Fusing Qualifications,” The American Society of Mechanical Engineers, New York, 2023.
- [6] R. K. Shah and D. P. Sekulic, Fundamentals of Heat Exchanger Design, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2003.
- [7] E. F. Schmidt, Heat Exchangers: Selection, Rating, and Thermal Design, 2nd ed., Amsterdam: Elsevier, 2004.
- [8] W. C. Nelson, Pressure Vessel Design Manual, 4th ed., Gulf Professional Publishing, 2019.