

Rancangan Dan Kontruksi *Water-Jacket Cooler* Pada Alat Eksperimen USSA-FTS01

Thasyah Pitanova^{1*)}, Mulya Juarsa¹⁾, Dwi Yuliaji¹⁾

¹⁾Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor

*email: thasyahpitanova@gmail.com

ABSTRAK

Water Jacket Cooler merupakan komponen dari alat uji untai simulasi sirkulasi alam. Memiliki fungsi sebagai penyerap panas pada pipa untai. Desain dan rancang bangun *water jacket cooler* telah dilakukan dengan menggunakan prinsip tabung bejana tekan. Spesifikasi material menggunakan *mild steel* ASTM A36, volume bejana 4 liter, jumlah aliran 3 phase. Pengujian dilakukan dengan memberikan udara bertekanan ke dalam tabung WJC USSA-FTS01 dengan variasi 0,5 bar sampai dengan 5 bar kemudian hasilnya dicatat. Tegangan aktual material $6,5 \times 10^5 \text{ N/m}^2$, tegangan longitudinal $8,7 \times 10^5 \text{ N/m}^2$, tegangan tangensial $1,7 \times 10^5 \text{ N/m}^2$, tegangan longitudinal akibat tekanan hidrostatik $1,1 \times 10^6 \text{ N/m}^2$, tegangan tangensial akibat tekanan hidrostatik $2,2 \times 10^6 \text{ N/m}^2$. Hasil analisa sambungan baut, tegangan tarik material baut $8 \times 10^8 \text{ N/m}^2$, tegangan tarik aktual baut $8,4 \times 10^7 \text{ N/m}^2$. Hasil analisa sambungan las, tegangan tarik kawat las E6013 $414 \times 10^6 \text{ N/m}^2$, tegangan aktual logam las $5,3 \times 10^3 \text{ N/m}^2$. Hasil analisa struktur bejana tekan, sambungan baut dan pengelasan telah memenuhi persyaratan, yaitu tegangan-tegangan yang terjadi tidak melebihi tegangan ijin material.

Kata kunci : bejana tekan; sirkulasi alam; tegangan material; untai simulasi; *water jacket cooler*

ABSTRACT

Water Jacket Cooler is a component of the natural circulation simulation strand test equipment. Has a function as a heat sink in the strand pipe. The design and design of the water jacket cooler has been carried out using the pressure vessel tube principle. The material specifications use ASTM A36 mild steel, the volume of the vessel is 4 liters, the number of flows is 3 phases. The test is carried out by giving compressed air into the WJC USSA-FTS01 tube with a variation of 0.5 bar to 5 bar then the results are recorded. The actual stress of the material is $6.5 \times 10^5 \text{ N/m}^2$, longitudinal stress $8.7 \times 10^5 \text{ N/m}^2$, tangential stress $1.7 \times 10^5 \text{ N/m}^2$, longitudinal stress due to hydrostatic pressure $1.1 \times 10^6 \text{ N/m}^2$, tangential stress due to hydrostatic pressure of $2.2 \times 10^6 \text{ N/m}^2$. The results of the analysis of the bolt connection, the tensile stress of the bolt material is $8 \times 10^8 \text{ N/m}^2$, the actual tensile stress of the bolt is $8.4 \times 10^7 \text{ N/m}^2$. The results of the analysis of welded joints, the tensile stress of the welding wire E6013 is $414 \times 10^6 \text{ N/m}^2$, the actual stress of the weld metal is $5.3 \times 10^3 \text{ N/m}^2$. The results of the analysis of the pressure vessel structure, bolted connection and welding have met the requirements, namely the stresses that occur do not exceed the allowable stress of the material.

Keywords : natural circulation; material; pressure vessels; stress; strand simulation; *water jacket cooler*

PENDAHULUAN

Sirkulasi alam adalah fenomena sederhana yang terjadi pada proses perputaran fluida secara kontinyuitas dan tanpa adanya energi dari luar yaitu energi listrik. Sistem sirkulasi alam memanfaatkan fenomena gaya *bouyancy* dan gaya gravitasi akibat adanya perbedaan densitas air karena terjadi perbedaan temperatur. Dilakukan penelitian terkait fenomena sirkulasi alam dengan membangun Fasilitas Untai

Simulasi Sirkulasi Alam (USSA-FTS01) yang bertujuan mempelajari fenomena gaya *bouyancy* pada untai tertutup yang menyebabkan laju aliran secara alam tanpa kerja pompa, dimana aliran terjadi karena adanya pemanasan oleh heater band ke air, dan pendinginan oleh cooler (*water jacket*). Di kampus Universitas Ibn Khaldun Bogor sudah beberapa peneliti yang sudah mempelajari mengenai sirkulasi alam satu fasa dengan untai *rectangular* sederhana, dimulai

pada tahun 2008, 2015 dan 2016. Maka pada penelitian ini USSA-FTS01 yang merupakan penelitian lanjutan dengan memakai bahan untai dengan stainless steel 304 berdiameter 1 inci dengan panjang untai 600 cm dan variasi debit aliran pada cooler dengan variasi bukaan katup dan variasi daya masukan heater sebesar 1 kW. *Water jacket cooler* (WJC) yang merupakan salah satu komponen yang terdapat di dalam mesin tepatnya dibagian pendingin mesin. WJC memiliki fungsi menyerap panas yang dihasilkan mesin melalui jalur air pendingin yang disirkulasikan. Air pendingin yang bersirkulasi pada WJC selain menyerap panas pada mesin secara langsung, juga membawa panas dan dilepas keluar pada suatu alat pelepasan panas ke lingkungan. WJC harus mampu beroperasi pada tekanan dan temperatur tinggi, sehingga pemilihan material dan konstruksi memerlukan perhatian khusus. Prinsip kerja dari WJC sama dengan bejana tekan (pressure vessel) yang dimana sama-sama tabung tertutup berbentuk silinder sebagai wadah penampung fluida air dan diberi tekanan dari dalam [1].

Material dari WJC itu sendiri merupakan struktur utama yang mendukung kerja dari WJC agar tidak terjadi kebocoran, material yang dipilih harus tahan terhadap tekanan dan kebocoran. Berdasarkan kriteria tersebut digunakanlah material baja, dimana sifat baja kuat. Permasalahan yang sering terjadi pada WJC adalah terjadinya kebocoran. Tekanan pada air yang mengalir di dalam WJC dan uap panas pada saluran buang akan mengakibatkan karat didalam dan keretakan yang akan mengakibatkan kebocoran. Dibutuhkan perawatan dan perlindungan yang sesuai agar WJC tetap dalam kondisi baik.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian dilakukan untuk mengetahui detail desain pada WJC dalam bentuk 2D dan 3D. Kemudian melakukan pengujian untuk mengetahui ketahanan produk terhadap pengaruh tekanan, serta mengetahui kebocoran terhadap pengaruh tekanan pada produk WJC. Fasilitas uji yang akan digunakan untuk menguji WJC adalah fasilitas USSA-FTS01 (untai simulasi sirkulasi alam-fakultas teknik dan sains 01) sebagai bagian dari komponen yang digunakan pada fasilitas tersebut.

METODE PENELITIAN

Tahapan yang dilakukan dalam perancangan adalah :

A. Studi Literatur

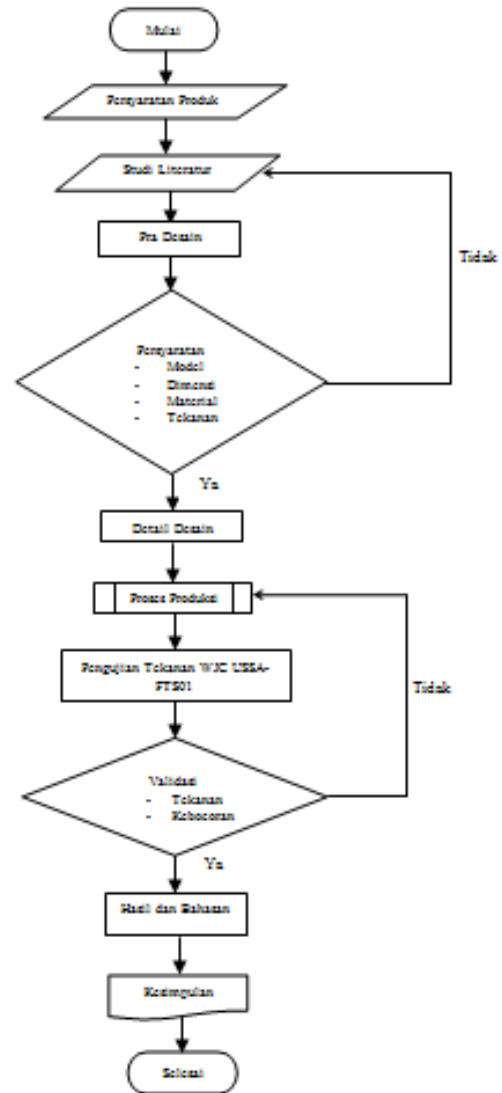
Sebagai bahan referensi penelitian untuk penyerap panas yang dihasilkan mesin melalui jalur air pendingin yang disirkulasikan .

B. Perencanaan dan Pembuatan

Perencanaan serta persiapan yang kemudian masuk pada tahapan pembuatan tabung WJC.

C. Pengujian dan Analisis

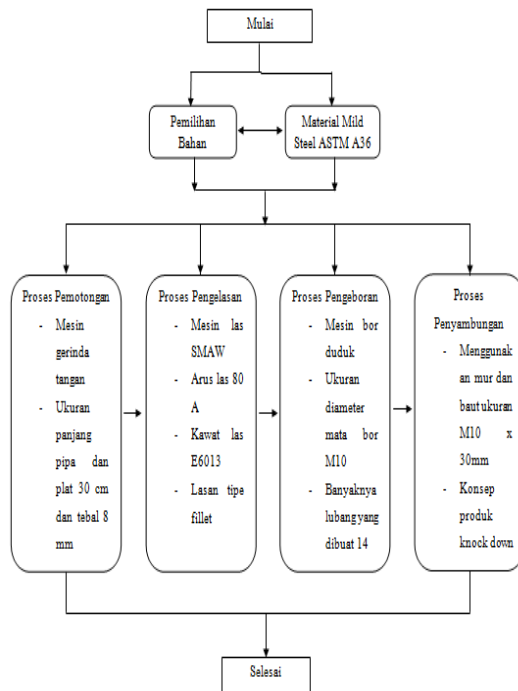
Pengujian dengan memberikan tekanan pada tabung WJC menggunakan kompresor agar dapat mengetahui ketahanan kebocoran.



Gambar 1. Diagram alir penelitian (flow chart)

Proses Produksi Pembuatan WJC

Proses produksi atau pengerjaan pada rancang bangun WJC USSA-FTS01 dijelaskan pada Gambar 2.1 :



Gambar 2. Diagram alir proses produksi

Bahan yang digunakan dalam pembuatan rangka ini adalah besi Hollow AISI 1015 dengan ukuran 50 x 25 x 1.4 mm.

Dengan Komposisi kimia :

- Karbon max = 0,13 - 0.18 %
- Iron, Fe = 99.13 – 99.57 %
- Sulfur, S = ≤ 0.050 %
- Posfor max = ≤ 0.040 %
- Belerang max = 0,01 – 0,06 %

Komposisi mekanik

- Tegangan luluh = 325 Mpa
- Tegangan tarik = 385 Mpa
- Elongation = 21 %

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Teknis WJC USSA-FTS01

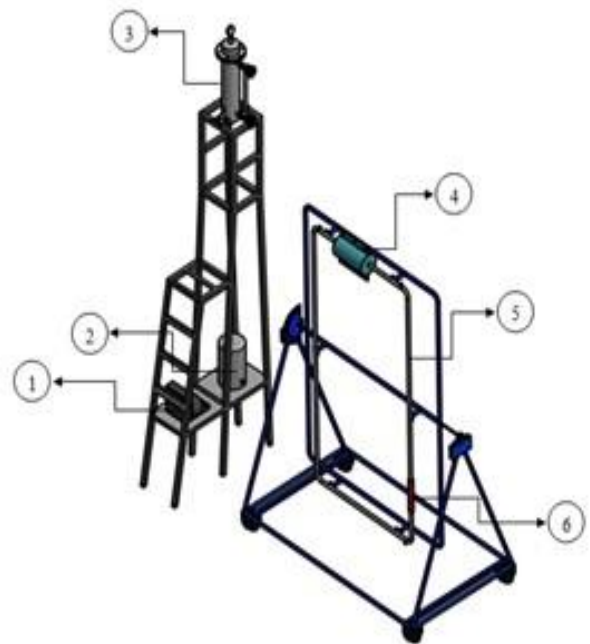
USSA-FTS01 adalah fasilitas untuk mempelajari fenomena dari sirkulasi alam pada sistem tertutup menggunakan air sebagai fluida kerja. Pada sistem sirkulasi alam sumber panas

dan sumber dingin berasal dari alam atau tanpa bantuan listrik, namun untuk alat Untai Simulasi Sirkulasi Alam USSA-FTS01 ini sumber panas dan sumber dingin berasal dari *water jacket* dan *band heater* untuk menganalogikan sebagai sumber energi yang berasal dari alam.

WJC berfungsi sebagai sumber pendingin untuk mendinginkan air dan menyerap panas yang mengalir di dalam pipa untai.

Gambar 3.1 menjelaskan alat USSA-FTS01 sebagai berikut :

didapat dari beban yang diterima rangka, yaitu 120 kg, 130 kg, 140 kg ,150 dan 169kg.



Gambar 3. Alat USSA-FTS01

Keterangan :

1. Pompa
2. Refrigerator
3. Expansion Tank
4. Water Jacket Cooler
5. Pipa Untai
6. Band Heater

Tabel 3.1 adalah penjelasan data-data teknis dalam proses pembuatan WJC USSA-FTS01

berdasarkan referensi yang di dapat sebagai berikut :

No	Uraian	Spesifikasi
1.	Material WJC USSA-FTS01	<i>Mild Steel</i> ASTM A36
2.	Tegangan Tarik Bahan	$4 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ (400 - 550 MPa)
3.	Tegangan Geser Bahan	$7,93 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ (793 MPa)
4.	Diameter Dalam	0,1344 m
5.	Diameter Luar	0,1413 m
6.	Diameter Rata – rata	0,1378 m
7.	Jari – Jari Dalam Silinder	0,0672 m
8.	Jari jari rata – rata	0,0689 m
9.	Panjang Bejana	0,3 m
10.	Volume	0,004 m ³
11.	Tekanan Perencanaan	2 bar (0,2 MPa)
12.	Corrosion Allowance	$1 \times 10^{-3} \text{ m}$
13.	Joint Efficiency	0,75
14.	Jenis Bejana	Horizontal
15.	Sambungan Baut	M10 x 30mm
16.	Material Baut	Baja grade 8,8
17.	Sambungan Las	Tipe <i>Fillet</i>
18.	Kawat Las	E6013
19.	Faktor Keamanan	6

Hasil Analisa Tabung Bejana Tekan WJC USSA-FTS01

Bejana tekan yang dimaksud adalah suatu tabung tertutup berbentuk silinder yang digunakan sebagai penampung air dan diberi tekanan dengan udara. Bejana tekan mempunyai dua saluran, lubang masuk air dan lubang keluar air.

Dari hasil analisa perhitungan yang telah dibuat untuk tabung bejana tekan WJC USSA-FTS01 diperoleh hasil :

1. Kapasitas bejana dapat menampung air sebanyak $4 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ atau sebanding dengan 4 liter.
2. Tebal dinding bejana tidak boleh lebih tipis untuk dapat menerima tekanan internal, maka diperoleh $1,46 \times 10^3 \text{ m}$ dengan data tebal material aktual sebesar $0,008 \text{ m}$.
3. Tekanan kerja maksimum pada bejana tidak boleh lebih besar dari tegangan tarik material, maka diperoleh $4,4 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ dengan tegangan tarik bahan $4 \times 10^8 \text{ N/m}^2$.
4. Tegangan longitudinal yang terjadi $8,7 \times 10^5 \text{ N/m}^2$.
5. Tegangan tengensial yang terjadi $1,7 \times 10^5 \text{ N/m}^2$.
6. Tegangan hidrostatis yang terjadi $2,6 \times 10^5 \text{ N/m}^2$.
7. Tegangan longitudinal akibat tekanan hidrostatis yang terjadi $1,1 \times 10^6 \text{ N/m}^2$.
8. Tegangan tangensial akibat tekanan hidrostatis yang terjadi $2,2 \times 10^6 \text{ N/m}^2$.

Dari hasil analisa perhitungan yang telah dibuat untuk sambungan las menggunakan elektroda E 6013 diperoleh tegangan pengelasan $5,3 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ dengan tegangan tarik elektroda sebesar $414 \times 10^6 \text{ N/m}^2$.

Dari hasil analisa perhitungan yang telah dibuat untuk sambungan baut menggunakan material baja grade 8,8 ukuran M10 x 30mm maka diperoleh hasil tegangan baut $8,4 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ dengan tegangan tarik bahan baut $8 \times 10^8 \text{ N/m}^2$.

Hasil Pengujian Tekanan Tabung Bejana Tekan WJC USSA-FTS01

Pengujian dilakukan dengan memberikan tekanan udara menggunakan kompresor, diberikan variable tekanan yang berbeda-beda saat waktu pengujian. Pengujian dilakukan selama satu menit per masing-masing tekanan dan dilakukan pengambilan data.

Tekanan perencanaan dan saat operasi pada tabung yaitu sebesar 0,5 bar hingga mencapai 5 bar. Tekanan dinaikkan secara perlahan jika tidak ada kebocoran dan deformasi tekanan dinaikkan. Pada Tabel 3.2 menjelaskan data hasil pengujian dibawah ini :

Tabel 3.2 Data Hasil Pengujian

Tekanan (bar)	Waktu (menit)	Pengamatan Visual Pada Pressure Gauge
0,5	1	Tetap 0,5
1	1	Tetap 1
1,5	1	Tetap 1,5
2	1	Tetap 2
2,5	1	Tetap 2,5
3	1	Tetap 3
3,5	1	Tetap 3,5
4	1	Penurunan sebesar 0,5 bar menjadi 3,5 bar
4,5	1	Penurunan sebesar 1 bar menjadi 3,5
5	1	Penurunan sebesar 0,5 menjadi 4,5

Dari data hasil pengujian WJC dengan penahanan waktu 1 menit menggunakan kompresor. Nilai tekanan yang ada pada pressure gauge mengalami penurunan tekanan, grafik pengujian WJC dengan penahanan waktu 1 menit dijelaskan pada Gambar 4.7 :



Gambar 4. Grafik pengujian WJC dengan penahanan waktu 1 menit

Gambar 3.2 menjelaskan bahwa tekanan yang dimasukkan ke dalam WJC menggunakan

kompresor dalam penahanan waktu 1 menit mengalami penurunan ketika berada di titik 4 bar dan pada titik tekanan 5 bar mengalami penurunan di titik 4,5 bar. Penurunan tekanan yang terjadi akibat kebocoran dibagian flang dan lubang pada baut hal tersebut dapat terjadi karena pada proses manufaktur tidak menggunakan mesin CNC yang mengakibatkan struktur produk tidak sempurna

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat diambil beberapa kesimpulan dari hasil yang diperoleh sebagai berikut :

- A. WJC USSA-FTS01 dengan berprinsip seperti tabung bejana tekan digunakan pada alat eksperimen untai simulasi sirkulasi alam dengan menyerap panas yang disalurkan melalui pipa untai. Material yang digunakan adalah ASTM A36, diameter 0,127 m, panjang 0,3 m, tekanan pada saat operasional 2 bar, volume 0,004 m³, ketebalan dinding hasil analisa $1,46 \times 10^3 N/m^2$, tegangan kerja maksimal $P_{maks\ dinding} = 4,4 \times 10^7 N/m^2$, tegangan tarik bahan dinding $\sigma_t\ bahan = 4 \times 10^8 N/m^2$, sehingga desain perancangan aman.
- B. Sambungan las dengan tipe *fillet* dan menggunakan elektroda E6013 ukuran 2,6 mm, tegangan tarik pengelasan hasil analisa $5,3 \times 10^3 N/m^2$, tegangan tarik izin $414 \times 10^6 N/m^2$, sambungan las aman.
- C. Sambungan baut menggunakan material baut grade 8,8 ukuran M10 x 30mm, tegangan tarik baut hasil analisa $8,4 \times 10^7 N/m^2$, tegangan tarik izin baut $8 \times 10^8 N/m^2$.

DAFTAR PUSTAKA

Ardian, Kiki. Analisa Laju Aliran Sirkulasi Alam Di Bagian Pipa Water-Jacket Cooler Berdasarkan Perubahan Laju Aliran Pendinginan Refrigerasi Pada Fasilitas USSA-FTS01
 Gumilar, Arie. Sistem air pendingin. Jakarta: STE. 2011
 JA, Sukma. Baja Karbon. Universitas Dipenogoro. Semarang. 2012

- Andi. Tegangan-yield. Universitas Brawijaya. 2011
- Hisham, Suryana. Tegangan-regangan. Jakarta. 2019.
- Anggya, Fardianti. Perancangan bejana tekan. Bandung: ITB. 2001
- Hen Di. Bejana tekan. Jakarta. 2015
- Wahyanto, Dwi. Unjuk Kerja Alat Pengisi Pelumas Cair Untuk Transmisi Dan Differensial Pada Kendaraan Bermotor Roda Empat. Universitas Ibn Khaldun. Bogor. 2016.
- Sinta. Bejana Tekan (Pressure Vessel). Universitas Udayana Bali. 2005
- Welty, James R., Charles E. Wiks, Robert E. Wilson, Gregory Rorrer, Dasar-Sari, S. P., & Santoso, P. (2012). Analisis Tegangan Statik pada Rangka Sepeda Motor Jenis Matic Menggunakan Software CATIA P3 V5R14. *Skripsi Program Studi Teknik Mesin.*