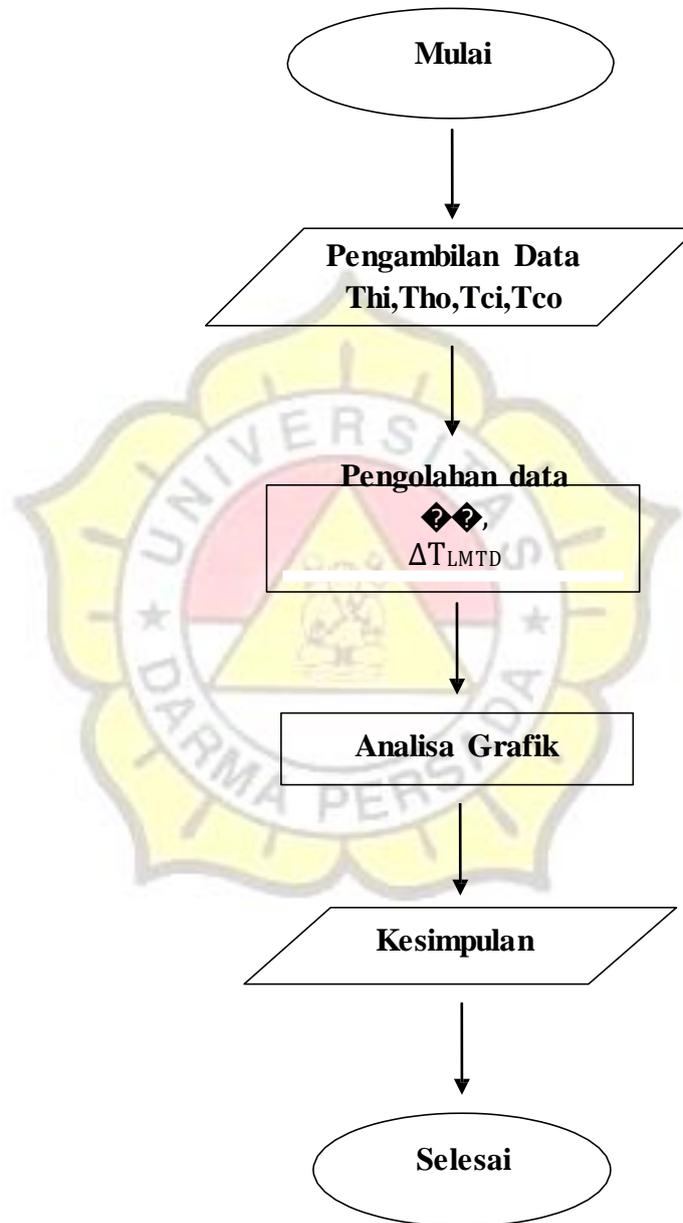


# BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian (*flow chat*)



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

### 3.2 Penjelasan Diagram Alir Penelitian

1. Mulai : Pada tahapan ini peneliti dapat mulai melakukan pengujian pada alat

*Heat Exchanger* yang peneliti buat tahapan percobaan berikut:

- a. Pastikan tidak ada kebocoran pada instalasi percobaan.
- b. Nyalakan *Heat Exchanger* pada panel listrik untuk proses pemanasan air dalam bejana panas hingga temperature air dalam bejana panas mencapai 50°C.
- c. Hidupkan pompa air pada panel listrik.
- d. Atur aliran air menggunakan katup masuk dan katup keluar sesuai dengan variable aliran.
- e. Atur aliran air menggunakan katup untuk mengatur laju air antara *single pipe* dan *double pipe*.
- f. Pengujian dapat dimulai setelah proses pemanasan air sudah panas sempurna atau tempratur air dalam bejana panas sudah mencapai 50°C.
- g. Amati tempratur fluida panas dan fluida dingin kemudian dicatat.

2. Pengambilan data : Pada tahap ini peneliti mengambil data dari hasil pengujian alat *Heat Exchanger* . Data – data yang diambil yaitu data :  $T_{hi}, T_{ho}, T_{ci}, T_{co}$ .

3. Pengolahan data : Setelah mendapatkan data yang diperlukan, peneliti mengolah data tersebut untuk mencari  $Q$ ,  $T_{hi}$  (untuk air panas),  $T_{ho}$  (untuk air dingin),  $E$  (efektifitas penukar kalor).

4. Analisa grafik : Setelah didapat hasil perhitungan dari, Thi, Tho,E, peneliti membuat grafik untuk memperjelas hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti.
5. Kesimpulan : Setelah melakukan penelitian dan mendapatkan hasil yang diinginkan. Peneliti menyimpulkan bahwa alat *Heat Exchanger* yang peneliti buat berfungsi dengan baik dan dapat digunakan sebagai alat praktikum perpindahan panas.
6. Selesai

### 3.3 Fluida yang digunakan dalam penelitian

Dalam penelitian bahan yang digunakan adalah fluida air baik untuk fluida panas maupun fluida dingin. Spesifikasi dari fluida yang digunakan adalah :

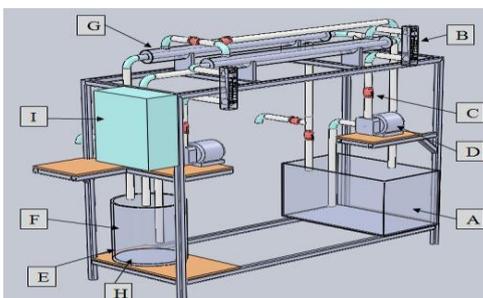
#### 3.3.1 Fluida Dingin

Fluida dingin yang mengalir dalam pipa adalah air yang diambil langsung dari bejana tempat air dingin

#### 3.3.2 Fluida Panas (*heater*)

Fluida panas yang digunakan adalah heater untuk memanaskan air yang berada di dalam bejana

### 3.4 Alat yang digunakan dalam penelitian

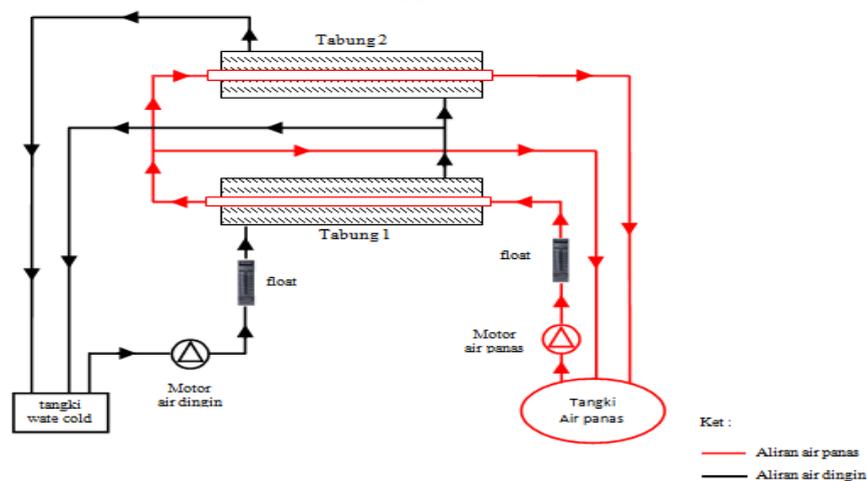


**Gambar 3.2** Alat heat exchanger

Keterangan :

- |    |               |    |                   |
|----|---------------|----|-------------------|
| A. | Bejana dingin | F. | Heater            |
| B. | Flow meter    | G. | Shell and Tube    |
| C. | Kran katup    | H. | Thermostat        |
| D. | Pompa air     | I. | Panel kelistrikan |
| E. | Bejana panas  |    |                   |

### 3.5 Skema Penelitian



Gambar 3.3 Skema Penelitian

#### a. Aliran Fluida Panas

Untuk fluida panas, air dari bejana di panaskan sampai suhu  $50^{\circ}\text{C}$  Kemudian mengalir ke pipa *Heat Exchanger* dimana dapat diatur menjadi *single pipe* dan *double pipe*.

#### b. Aliran fluida Dingin

Pipa yang digunakan untuk meneruskan aliran fluida dingin dari bejana air ke *Heat Exchanger* menggunakan pipa stainless dengan diameter 1 inch. Untuk

aliran fluida dingin yang berada di *Heat Exchanger* menggunakan pipa stainless dengan diameter 3 inch.

### **3.6 Bahan yang digunakan dalam pembuatan *heat exchanger***

Baja stainless merupakan baja paduan yang mengandung minimal 10,5% Cr. Sedikit baja stainless mengandung lebih dari 30% Cr atau kurang dari 50% Fe. Karakteristik khusus baja stainless adalah pembentukan lapisan film kromium oksida ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ). Lapisan ini berkarakter kuat, tidak mudah pecah dan tidak terlihat secara kasat mata. Lapisan kromium oksida dapat membentuk kembali jika lapisan rusak dengan kehadiran oksigen. Pemilihan baja stainless didasarkan dengan sifat-sifat materialnya antara lain ketahanan korosi, fabrikasi, mekanik, dan biaya produk. Penambahan unsur-unsur tertentu kedalam baja stainless dilakukan dengan tujuan sebagai berikut :

- a. Penambahan Molibdenum (Mo) bertujuan untuk memperbaiki ketahanan korosi pada lubang (*pitting*) dan korosi celah.
- b. Unsur karbon rendah dan penambahan unsur penstabil karbida (titanium atau niobium) bertujuan menekan korosi batas butir pada material yang mengalami proses sensitasi.
- c. Penambahan kromium (Cr) bertujuan meningkatkan ketahanan korosi dengan membentuk lapisan oksida ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) dan ketahanan terhadap oksidasi temperatur tinggi.
- d. Penambahan nikel (Ni) bertujuan untuk meningkatkan ketahanan korosi dalam media pengkorosi netral atau lemah. Nikel juga meningkatkan keuletan dan

mampu bentuk logam. Penambahan nikel meningkatkan ketahanan korosi tegangan.

- e. Penambahan unsur molybdenum (Mo) untuk meningkatkan ketahanan korosi pitting di lingkungan klorida.
- f. Unsur aluminium (Al) meningkatkan pembentukan lapisan oksida pada temperature tinggi.

Salah satu jenis baja stainless austenitic adalah AISI 304. Baja austenitic ini mempunyai struktur kubus satuan bidang (*face center cubic*) dan merupakan baja dengan ketahanan korosi tinggi. Komposisi unsur – unsur pemuat yang terkandung dalam AISI 304 akan menentukan sifat mekanik dan ketahanan korosi. Baja AISI 304 mempunyai kadar karbon sangat rendah 0,08 % wt. Kadar kromium berkisar 18-20 % wt dan nikel 8-10,5 % wt yang terlihat pada Tabel 1. Kadar kromium cukup tinggi membentuk lapisan  $Cr_2O_3$  yang protektif untuk meningkatkan ketahanan korosi. Komposisi karbon rendah untuk meminimalisasi sensitasi akibat proses pengelasan.

**Tabel 3.1 Komposisi kimia baja Stainless AISI 304**

Unsur	%wt
C	0,08
Mn	2
P	0,45
S	0,03
Si	0,75
Cr	18-20
Ni	8-10,5
Mo	0
Ni	0,10
Cu	0
Fe	Balance

Komposisi kandungan unsure dalam baja AISI 304 tersebut diperoleh sifat mekanik material yang ditunjukkan pada Tabel 3.2.

**Tabel 3.2 Sifat mekanik baja stainless AISI 304**

Poison	Tensile	Yield	Elong	Hard	Mod	Density
0,27-0,30	515	205	40	88	193	8

Keterangan :

Poison : Rasio Poison

Hard : Kekerasan (HVN)

Tensile : Tensile strength (MPa)

Mod : Modulus elastisitas(GPa)

Yield : Yield Strength (MPa)

Density : berat jenis ( $\text{Kg/m}^3$ )

Elong : Elongation %

### 3.7 Bahan Material yang digunakan dalam Pembuatan *Heat Exchanger*

#### 3.7.1 Pipa Stainless 1 inch & 3 inch

Pipa stainless digunakan untuk mengalir aliran fluida panas dan fluida dingin.



**Gambar 3.4 Pipa stainless steel 304 1 dan 3 inch**

#### 3.7.2 Elbow 1 inch

Elbow digunakan untuk merubah arah pipa yang sesuai dengan konsep gambar atau desain yang diinginkan.



**Gambar 3.5 Elbow stainless 304 1 inch**

### **3.7.3 Tee 1 inch**

Tee digunakan untuk membagi arah pipa ke tujuan yang di inginkan atau sesuai dengan fungsi dari laju aliran fluida.



**Gambar 3.6 Tee stainless 304 1 Inch**

### **3.7.4 Ball Valve 1 inch**

Ball valve digunakan untuk mengatur laju aliran fluida agar sesuai dengan yang di inginkan.



**Gambar 3.7 Ball valve (kran katup) stainless 316 1 inch**

### **3.7.5 Union (Water Mur) 1 inch**

Union (*water mur*) digunakan untuk mempermudah menyatukan atau melepas benda satu dengan benda yang lainnya.



**Gambar 3.8 Union (water mur) stainless 304 1 inch**

### 3.7.6 Sock Drat Dalam 1 inch

Shock drat digunakan untuk menyatukan atau menyambung pipa tanpa adanya proses pengelasan.



**Gambar 3.9 Sock drat dalam stainless 304 1 inch**

### 3.7.7 Pipa Drat luar 1 inch

Pipa drat luar digunakan untuk menyatukan atau menyambung pipa tanpa adanya proses pengelasan.



**Gambar 3.10 Pipa drat luar stainless 304 1 inch**

## 3.8 Alat Yang di gunakan dalam pembuatan *Heat Exchanger*

### 3.8.1 Mesin Las TIG (*argon*)

Tungsten Iners Gas (Las TIG) adalah proses pengelasan dimana busur nyala listrik ditimbulkan oleh elektroda tungsten (elektroda tak terumpan) dengan benda kerja logam. Daerah pengelasan dilindungi oleh gas lindung (gas tidak aktif) agar tidak berkontaminasi dengan udara luar. Kawat las dapat ditambahkan atau tidak tergantung dari bentuk sambungan dan ketebalan benda kerja yang akan dilas. Perangkat yang dipakai dalam pengelasan tungsten adalah:



**Gambar 3.11 Mesin Las TIG (*argon*)**

### **3.8.1.1 Tabung gas Lindung**

Tabung gas Lindung adalah tabung tempat penyimpanan gas lindung seperti argon dan helium yang digunakan di dalam mengelas gas tungsten.



**Gambar 3.12 Tabung Gas Lindung**

### **3.8.1.2 Regulator gas Lindung**

Regulator gas lindung adalah pengatur tekanan gas yang akan digunakan di dalam pengelasan gas tungsten. Pada regulator inibiasanya ditunjukkan tekanan kerja dan tekanan gas di dalam tabung.



**Gambar 3.13 Regulator Gas Lindung**

### 3.8.1.3 Flow Meter Gas

Flow meter gas dipakai untuk menunjukkan besarnya aliran gas lindung yang dipakai di dalam pengelasan gas tungsten.



**Gambar 3.14 Flow Meter Gas**

### 3.8.1.4 Selang gas dan perlengkapan pengikatnya

Selang gas berfungsi sebagai penghubung gas dari tabung menuju pembakar las. Sedangkan perangkat pengikat berfungsi mengikat selang dari tabung menuju mesin las dan dari mesin las menuju pembakar las.



**Gambar 3.15 Selang Gas**

### 3.8.1.5 Kabel Elektroda

Berfungsi menghantarkan arus dari mesin las menuju stang las, begitu juga aliran gas dari mesin las menuju stang las. *Kabel masa* berfungsi untuk penghantar arus ke benda kerja.



**Gambar 3.16 Kabel Elektroda**

### 3.8.1.6 Stang Las (*welding torch*)

Berfungsi untuk menyatukan sistem las yang berupa penyalaan busur dan perlindungan gas lindung selamadilakukan proses pengelasan.



**Gambar 3.17 Stang Las (*welding torch*)**

### 3.8.1.7 Elektroda Tungsten

Berfungsi sebagai pembangkit busur nyala selama dilakukan pengelasan. Elektroda ini tidak berfungsi sebagai bahan tambah.



**Gambar 3.18 Elektroda Tungsten**

### 3.8.1.8 Kawat Las

Berfungsi sebagai bahan tambah. Tambahkan kawat las jika bahan dasar yang dipanasi dengan busur tungsten sudah mendekati cair.



**Gambar 3.19 Kawat Las**

### **3.8.2 Mesin Gerinda Tangan**

Mesin gerinda tangan berfungsi untuk meratakan bagian-bagian pipa atau benda kerja yang tidak rata.



**Gambar 3.20 Mesin Gerinda Tangan**

### **3.8.3 Mesin Cutting (gerinda potong)**

Mesin cutting (gerinda potong) berfungsi untuk memotong pipa atau benda kerja yang sesuai dengan ukuran yang di inginkan.



**Gambar 3.21 Mesin Cutting**

### **3.8.4 Mesin Bor Tangan**

Mesin bor tangan digunakan untuk melubangi bagian-bagian yang mudah dalam proses pengeboran.



**Gambar 3.22 Mesin Bor Tangan**

### 3.8.5 Mesin Bor Vertikal

Mesin bor vertikal adalah suatu jenis mesin dengan gerak memutar alat untuk pemakanan adalah mata bor hanya pada sumbu mesin tersebut.



**Gambar 3.23 Mesin Bor Vertikal**

## 3.9 Instrumentasi

Instrumentasi ditujukan untuk mengukur parameter-parameter yang diperlukan seperti temperatur, tekanan air, berikut ini merupakan instrumentasi yang dipakai selama penelitian ini.

### 3.9.1 Termokopel

Digunakan untuk mengetahui temperatur ruang pengering, temperatur lingkungan, temperatur bola basah dan temperatur bola kering. Termokopel adalah sensor temperatur yang dapat mengubah panas pada benda yang diukur temperaturnya menjadi perubahan tegangan listrik. Jenis termokopel yang digunakan adalah termokopel tipe K dengan diameter 1,6 mm (Chromel dan Alumel). Termokopel jenis ini mampu mengukur temperatur dari  $-200^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $1300^{\circ}\text{C}$ . Termometer yang digunakan merk Lutron TM-903 A yang terdiri dari 4 channel analog input. Termometer yang digunakan merk Lutron TM-903 A yang terdiri dari 4 channel analog input.



**Gambar 3.24 Termometer data logger**

### **3.9.2 Flow Meter**

Pengukuran debit aliran fluida dingin menggunakan alat ukur *flow meter* , yang ditempatkan pada bagian pipa atas *Heat Exchanger* .



**Gambar 3.25 Flow Meter**

### **3.10 Tempat Pengujian dan Pengambilan Data**

Pengujian dilakukan di laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Dharma Persada. Pengujian dilakukan untuk aliran lawan arah (*counter flow*). Dan pengambilan data dilakukan secara serentak dengan waktu 2 menit dalam satu kali pengambilan data selama 45 menit. Data-data yang diambil adalah temperatur masuk fluida panas ( $T_{hi}$ ), temperatur masuk fluida dingin ( $T_{ci}$ ), temperatur keluar fluida panas ( $T_{ho}$ ), temperatur keluar fluida dingin ( $T_{co}$ ).

### **3.10.1 Prosedur Pengujian *single pipe***

Untuk memperoleh hasil yang maksimal dalam melakukan penelitian alat penukar panas *Heat Exchanger single pipe* aliran lawan arah (*counter flow*), maka dilakukan beberapa tahapan penelitian, yaitu sebagai berikut:

1. Pastikan tidak ada kebocoran pada instalasi percobaan.
2. Nyalakan *Heat Exchanger* untuk proses pemanasan air dalam bejana panas hingga temperature air dalam bejana panas mencapai suhu yang di inginkan.
3. Hidupkan pompa air.
4. Atur aliran air menggunakan katup masuk dan katup keluar sesuai dengan variable aliran dengan mengamati skala *flowmeter*.
5. Atur aliran air menggunakan katup untuk mengatur laju air *single pipe*
6. Pengujian dapat dimulai setelah proses pemanasan air sudah panas sempurna atau tempratur air dalam bejana panas sudah mencapai yang di inginkan
7. Amati tempratur fluida panas dan fluida dingin kemudian dicatat.

### **3.10.2 Prosedur Pengujian *double pipe***

Untuk memperoleh hasil yang maksimal dalam melakukan penelitian alat penukar panas *Heat Exchanger* aliran lawan arah (*conter flow*), maka dilakukan beberapa tahapan penelitian, yaitu sebagai berikut:

1. Pastikan tidak ada kebocoran pada instalasi percobaan.
2. Nyalakan *Heat Exchanger* untuk proses pemanasan air dalam bejana panas hingga temperature air dalam bejana panas mencapai yang di inginkan.
3. Hidupkan pompa air.

4. Atur aliran air menggunakan katup masuk dan katup keluar sesuai dengan variable aliran dengan mengamati skala *flowmeter*.
5. Atur aliran air menggunakan katup untuk mengatur laju air *double pipe*.
6. Pengujian dapat dimulai setelah proses pemanasan air sudah panas sempurna atau tempratur air dalam bejana panas sudah mencapai yang di inginkan.
7. Amati tempratur fluida panas dan fluida dingin kemudian dicatat.

