

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Metode Penelitian

Pada penelitian ini, metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian eksperimental nyata (*true experimental research*). Jenis penelitian ini dapat dipakai untuk menguji suatu perlakuan atau desain baru dengan membandingkan satu atau lebih kelompok pengujian dengan perlakuan dan tanpa perlakuan.

### 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Oktober 2011 sampai selesai di Laboratorium Mesin-Mesin Fluida, Fakultas Teknik, Jurusan Mesin, Universitas Brawijaya.

### 3.3 Variabel Penelitian

#### 1. Variabel bebas

Variabel bebas ialah variabel yang besarnya kita tentukan dan tidak dipengaruhi oleh variabel lain. Besar variabel bebas diubah-ubah untuk mendapat hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat sehingga tujuan penelitian dapat tercapai. Adapun variabel bebas dalam penelitian ini yaitu :

- ❖ Debit fluida air panas pada bagian pipa dalam divariasikan dari 400 lt/jam, 500 lt/jam, 600 lt/jam, 700 lt/jam, 800 lt/jam, dan 900 lt/jam atau interval kenaikan tiap 100 lt/jam.
- ❖ Jarak peletakan *static radial fan mixer* dengan memvariasi jarak (mm) yaitu 250; 500; 750.

#### 2. Variabel terkontrol

Variabel ini dijaga konstan dan terkontrol pada saat penelitian dilakukan, tetapi juga mempengaruhi variabel terikat yang terjadi. Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah

- ❖ Temperatur air panas masuk pada pipa dalam dari reservoir panas sebesar 65 °C, toleransi  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ .
- ❖ Temperatur air dingin masuk pada pipa bagian luar dari reservoir dingin sebesar 27 °C, toleransi  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ .
- ❖ Debit air dingin pada pipa luar *heat exchanger* konstan sebesar 900 liter/jam.

### 3. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tergantung dari variabel bebas dan besarnya dapat diketahui setelah penelitian dilakukan. Dengan adanya hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat akan menghasilkan perubahan nilai dari variabel terikat tersebut. Variabel terikat yang diamati dalam penelitian ini adalah:

- Laju perpindahan kalor
- Penurunan tekanan

### 3.4 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

- 1) *Water Pump* : Alat ini bertujuan untuk memompakan air menuju *double tube heat exchanger*. 2 buah pompa yang digunakan masing – masing untuk memompa air panas dan air dingin. Spesifikasi pompa air :

|               |               |
|---------------|---------------|
| Merk          | : Moswell     |
| Model         | : Aqua – 125  |
| Max. Capacity | : 42 lt/menit |
| Such head     | : 9 meter     |
| Disc head     | : 24 meter    |
| Total head    | : 33 meter    |
| Power         | : 125 watt    |
| V/Hz/PH       | : 220/50/1    |
| RPM           | : 2850        |
| Buatan        | : Indonesia   |

Adapun *water pump* seperti terlihat pada gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3.1 *Water Pump*

- 2) Debit meter yang berfungsi untuk mengukur jumlah debit fluida yang masuk ke dalam pipa *heat exchanger*. Dalam penelitian ini menggunakan 2 buah debit meter untuk mengukur debit air panas dan debit air dingin. Debit meter ditunjukkan pada gambar 3.2 dengan spesifikasi:

Qn :  $1.5 \text{ m}^3/\text{jam}$

Merk : Ning – No

Buatan : China



Gambar 3.2 Debit meter

- 3) Manometer, digunakan untuk mengukur perbedaan tekanan pada sisi masuk dan sisi keluar pipa dalam (*inner tube*) *heat exchanger* yang dipasang turbulator.

Spesifikasi alat :

Panjang pipa : 30 mm

Diameter pipa : 2,54 cm

Bahan : PVC

Di bawah ini (gambar 3.3) adalah manometer yang terpasang pada *heat exchanger*.



Gambar 3.3 Manometer

- 4) *Automatic Thermocontroller*, berfungsi untuk menjaga temperatur air panas agar tetap konstan pada temperature tertentu dengan cara mengatur kerja dari *magnetic contactor*. *Automatic Thermocontroller* ditunjukkan pada gambar 3.4 dengan spesifikasi sebagai berikut:

|                    |                                                   |
|--------------------|---------------------------------------------------|
| Merk               | : T & W electric heating & equipment Corp. China. |
| Type               | : IL – 70                                         |
| Range Temperature  | : 0°C – 400°C                                     |
| Voltage            | : 110 / 220 V                                     |
| Frequency          | : 50 / 60 Hz                                      |
| Accuracy           | : $\pm 1^{\circ}\text{C}$                         |
| Input thermocouple | : 1 Channel type K                                |



Gambar 3.4 Automatic Thermocontroller

- 5) *Thermocouple*, adalah sensor suhu yang banyak digunakan untuk mengubah perbedaan suhu dalam benda menjadi perubahan tegangan listrik (voltase), *thermocouple* (gambar 3.5) yang digunakan pada penelitian ini yaitu tipe K dan tipe LM35. Sensor tipe K diletakkan di reservoir air panas untuk mengetahui temperaturnya, sedangkan sensor LM35 dipasang pada pipa – pipa sisi masuk dan keluar *heat exchanger* untuk mengetahui temperatur air dingin dan panas yang dapat dilihat pada indikator *Display Digital* (gambar 3.6).



Gambar 3.5 *Thermocouple*



Gambar 3.6 *Display digital*

- 6) *Magnetic contactor*, berfungsi untuk memutuskan atau menyambung aliran listrik menuju heater, kinerja alat ini diatur oleh *automatic thermocontroller* yang terhubung dengan *thermocouple* tipe K. Gambar 3.7 di bawah ini adalah *magnetic contactor* yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 3.7 *Magnetic contactor*

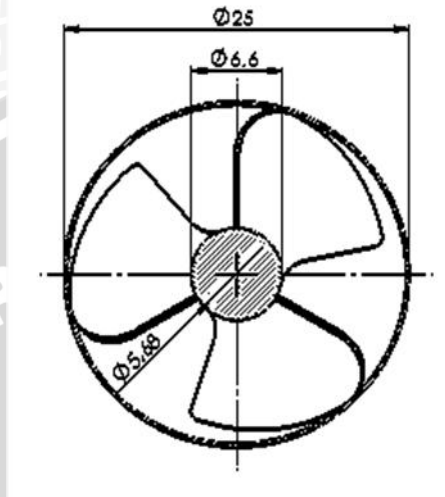
- 7) *Heater*, digunakan untuk mengkonversi energi listrik menjadi energi panas. Pada penelitian *heater* ini untuk memanaskan air pada reservoir air panas sampai temperatur uji yang ditentukan. Pada gambar 3.8 adalah *heater* yang terpasang pada *heat exchanger*.



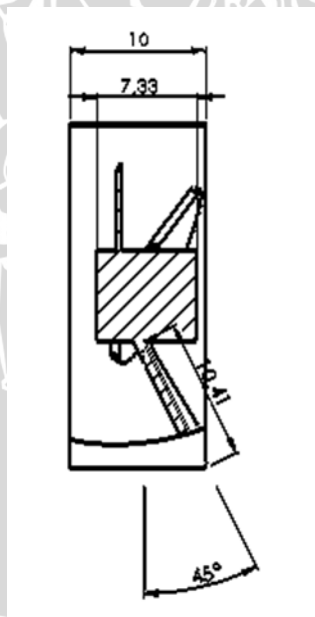
Gambar 3.8 *Heater*

- 8) *Sterfoam*, digunakan untuk mengisolasi pipa aliran panas dan pipa luar dari *heat exchanger*.

- 9) *Static radial fin mixer*, turbulator yang digunakan dalam penelitian dengan memvariasikan jarak peletakan pada pipa yaitu 250 mm, 500 mm, 750 mm. Gambar 3.9 dan 3.10 di bawah ini merupakan ilustrasi dari *static radial fin mixer*.



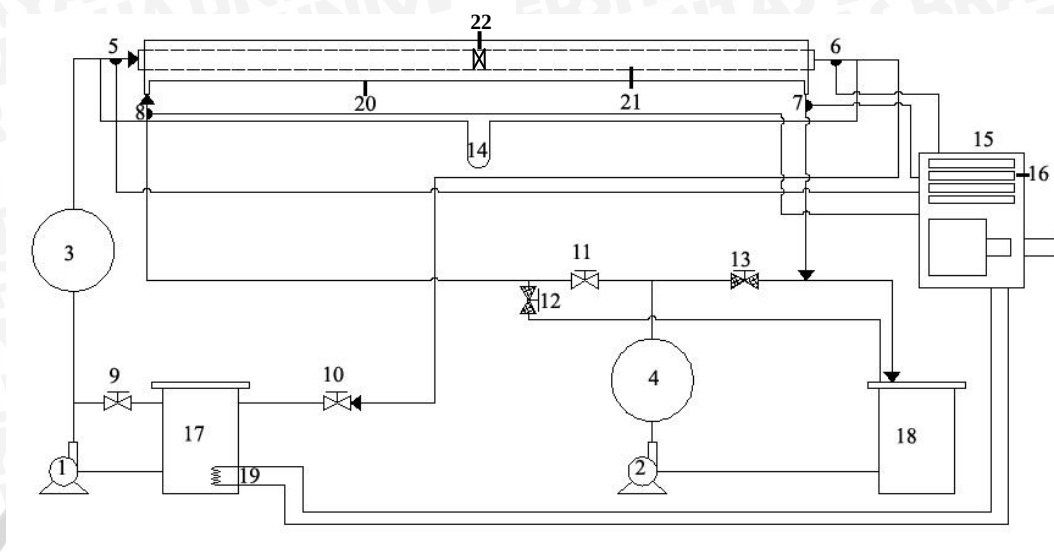
Gambar 3.9 *Static radial fin mixer* tampak depan



Gambar 3.10 *Static Radial fin mixer* tampak samping

### 3.5 Skema Alat Penelitian

Berikut adalah skema alat penelitian seperti yang terlihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 Skema instalasi peralatan penelitian

Keterangan gambar di atas :

- |                                       |                                    |
|---------------------------------------|------------------------------------|
| 1. Pompa air panas.                   | 13. Ball valve pengisi air dingin. |
| 2. Pompa air dingin.                  | 14. Manometer.                     |
| 3. Debit meter air panas.             | 15. Control Panel.                 |
| 4. Debit meter air dingin.            | 16. Display Digital.               |
| 5. LM35 untuk sisi masuk air panas.   | 17. Reservoir air panas.           |
| 6. LM35 untuk sisi keluar air panas.  | 18. Reservoir air dingin.          |
| 7. LM35 untuk sisi keluar air dingin. | 19. Heater.                        |
| 8. LM35 untuk sisi masuk air dingin.  | 20. Pipa fluida dingin.            |
| 9. Ball valve pengisi air panas.      | 21. Pipa fluida panas.             |
| 10. Ball valve pembuangan air panas.  | 22. Static Radial Fin Mixer        |
| 11. Ball valve pengisi air dingin.    |                                    |
| 12. Ball valve pembuangan air dingin. |                                    |

Peralatan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah *double tube heat exchanger* dengan spesifikasi :

1. Pipa dalam (*inner tube*) adalah pipa dari bahan tembaga paduan CEM ASTM B88 TYPE M dengan diameter dalam 25,4 mm, tebal 1 mm, dan panjang pipa (L) 1000 mm.

2. Pipa luar (*outer tube*) adalah pipa *Stainless Steel* SUS 304 dengan diameter dalam 76,2 mm, tebal pipa 2 mm dan panjang pipa (L) 1000 mm.

### 3.6 Prosedur penelitian

Persiapan meliputi :

1. Menyiapkan instalasi penelitian dengan berbagai variasi jarak peletakan *static radial fin mixer*.
2. Memanaskan air menggunakan *heater* sampai dengan temperature 65°C sebagai persiapan air panas dan atur debit meter.
3. Pengecekan kondisi alat ukur meliputi *manometer* dan sensor beserta alat pendukungnya.

Pelaksanaan percobaan :

1. Persiapkan semua instalasi penelitian pada alat penukar kalor yang tanpa *turbulator*.
2. Menghidupkan kedua pompa dan mengatur debit air dingin maupun panas sesuai dengan ketentuan.
3. Setelah keadaan mencapai kondisi *steady*, mengambil data temperatur masuk dan temperatur keluar air dingin maupun air panas untuk tiap – tiap variasi debit air panas.
4. Mengambil data perbedaan ketinggian permukaan air panas yang mengalir dalam *inner tube* berupa beda ketinggian air pada manometer untuk setiap variasi debit air panas.
5. Mengulangi langkah 1 sampai 4 dengan memasang berbagai variasi jarak peletakan *static radial fin mixer* yang telah ditentukan pada *inner tube*.
6. Data kemudian diolah serta dilakukan analisa mengenai pengaruh variasi jarak peletakan *static radial fin mixer* terhadap laju perpindahan kalor dan penurunan tekanan.
7. Menarik kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

### 3.7 Rancangan Penelitian

#### 3.7.1 Rencana Pengambilan data

Penelitian ini akan mengambil data variabel bebas yaitu temperatur air panas dan temperatur air dingin untuk setiap variabel debit air panas pada tiap-tiap variasi sudut sudu *static radial fin mixer*. Bentuk tabel dapat dilihat dibawah ini seperti tampak pada tabel 3.1; 3.2; 3.3; 3.4 :

Tabel 3.1 Rancangan data pengujian *double tube heat exchanger* tanpa pemasangan *static radial fin mixer*

| Debit air dingin<br>(lt/jam) | Suhu air dingin<br>(°C) |        | Debit air panas<br>(lt/jam) | Suhu air panas<br>(°C) |        | Perbedaan ketinggian air<br>(cmH <sub>2</sub> O) |
|------------------------------|-------------------------|--------|-----------------------------|------------------------|--------|--------------------------------------------------|
|                              | Masuk                   | Keluar |                             | Masuk                  | Keluar |                                                  |
| 900                          | 27                      |        | 400                         | 65                     |        |                                                  |
| 900                          | 27                      |        | 500                         | 65                     |        |                                                  |
| 900                          | 27                      |        | 600                         | 65                     |        |                                                  |
| 900                          | 27                      |        | 700                         | 65                     |        |                                                  |
| 900                          | 27                      |        | 800                         | 65                     |        |                                                  |
| 900                          | 27                      |        | 900                         | 65                     |        |                                                  |

Tabel 3.2 Rancangan data pengujian *double tube heat exchanger* dengan pemasangan *static radial fin mixer* pada jarak 250 mm.

| Debit air dingin<br>(lt/jam) | Suhu air dingin<br>(°C) |        | Debit air panas<br>(lt/jam) | Suhu air panas<br>(°C) |        | Perbedaan ketinggian air<br>(cmH <sub>2</sub> O) |
|------------------------------|-------------------------|--------|-----------------------------|------------------------|--------|--------------------------------------------------|
|                              | Masuk                   | Keluar |                             | Masuk                  | Keluar |                                                  |
| 900                          | 27                      |        | 400                         | 65                     |        |                                                  |
| 900                          | 27                      |        | 500                         | 65                     |        |                                                  |
| 900                          | 27                      |        | 600                         | 65                     |        |                                                  |
| 900                          | 27                      |        | 700                         | 65                     |        |                                                  |
| 900                          | 27                      |        | 800                         | 65                     |        |                                                  |
| 900                          | 27                      |        | 900                         | 65                     |        |                                                  |

Tabel 3.3 Rancangan data pengujian *double tube heat exchanger* dengan pemasangan *static radial fin mixer* pada jarak 500 mm.

| Debit air dingin (lt/jam) | Suhu air dingin (°C) |        | Debit air panas (lt/jam) | Suhu air panas (°C) |        | Perbedaan ketinggian air (cmH <sub>2</sub> O) |
|---------------------------|----------------------|--------|--------------------------|---------------------|--------|-----------------------------------------------|
|                           | Masuk                | Keluar |                          | Masuk               | Keluar |                                               |
| 900                       | 27                   |        | 400                      | 65                  |        |                                               |
| 900                       | 27                   |        | 500                      | 65                  |        |                                               |
| 900                       | 27                   |        | 600                      | 65                  |        |                                               |
| 900                       | 27                   |        | 700                      | 65                  |        |                                               |
| 900                       | 27                   |        | 800                      | 65                  |        |                                               |
| 900                       | 27                   |        | 900                      | 65                  |        |                                               |

Tabel 3.4 Rancangan data pengujian *double tube heat exchanger* dengan pemasangan *static radial fin mixer* pada jarak 750 mm.

| Debit air dingin (lt/jam) | Suhu air dingin (°C) |        | Debit air panas (lt/jam) | Suhu air panas (°C) |        | Perbedaan ketinggian air (cmH <sub>2</sub> O) |
|---------------------------|----------------------|--------|--------------------------|---------------------|--------|-----------------------------------------------|
|                           | Masuk                | Keluar |                          | Masuk               | Keluar |                                               |
| 900                       | 27                   |        | 400                      | 65                  |        |                                               |
| 900                       | 27                   |        | 500                      | 65                  |        |                                               |
| 900                       | 27                   |        | 600                      | 65                  |        |                                               |
| 900                       | 27                   |        | 700                      | 65                  |        |                                               |
| 900                       | 27                   |        | 800                      | 65                  |        |                                               |
| 900                       | 27                   |        | 900                      | 65                  |        |                                               |

### 3.7.2 Analisis Statistik

Untuk mengolah data yang telah diperoleh dipergunakan analisis varian dua arah. Dengan analisis varian dua arah akan diketahui ada tidaknya pengaruh dari variasi jarak peletakan *static radial fin mixer* (faktor A) dan pengaruh variasi debit (faktor B) serta pengaruh interaksi keduanya (faktor AB) terhadap laju perpindahan panas, dan *pressure drop* pada alat penukar kalor. Faktor A mempunyai level A1, A2,.....,Ar dan faktor B mempunyai level B1, B2,.....,Bc. Jika jumlah pengamatan tiap sel adalah t kali dari rancangan dua kategori A dan B serta masing-masing kategori terdiri atas r dan c level. Bila pengaruh interaksi antar faktor A pada level ke i dan faktor B pada level ke j dinyatakan dengan  $(\alpha\beta)_{ij}$ . Maka nilai setiap pengamatan ditulis dengan model matematika sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

dengan:

$Y_{ijk}$  : nilai setiap pengamatan

$\mu$  : nilai rata-rata dari seluruh pengamatan

$\alpha_i$  : pengaruh faktor jarak peletakan *static radial fin mixer* ke  $i$

$\beta_j$  : pengaruh faktor debit ke  $j$

$(\alpha\beta)_{ij}$  : pengaruh interaksi faktor jarak peletakan *static radial fin mixer* ke  $i$   
dan faktor debit ke  $j$

$\varepsilon_{ijk}$  : simpangan pengamatan

Yang akan kita uji dari pengamatan ini adalah:

1.  $\alpha$  : pengaruh (efek) dari faktor jarak peletakan *static radial fin mixer*
2.  $\beta$  : pengaruh (efek) dari faktor variasi debit
3.  $\alpha\beta$  : pengaruh interaksi dari faktor variasi diameter dan faktor debit

Adapun hipotesis yang dipergunakan adalah sebagai berikut:

- I.  $H_0^1 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_i$  (tidak ada pengaruh variasi jarak peletakan *static radial fin mixer* terhadap laju perpindahan panas pada alat penukar kalor)  
 $H_1^1$  : paling sedikit satu  $\alpha_i \neq 0$  (ada pengaruh variasi jarak peletakan *static radial fin mixer* terhadap laju perpindahan panas pada alat penukar kalor)
- II.  $H_0^2 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_j$  (tidak ada pengaruh variasi debit terhadap laju perpindahan panas pada alat penukar kalor)  
 $H_1^2$  : paling sedikit satu  $\beta_j \neq 0$  (ada pengaruh variasi debit terhadap laju perpindahan panas pada alat penukar kalor)
- III.  $H_0^3 : (\alpha\beta)_{11} = (\alpha\beta)_{12} = \dots = (\alpha\beta)_{ij}$  (tidak ada pengaruh variasi jarak peletakan *static radial fin mixer* dan variasi debit terhadap laju perpindahan panas pada alat penukar kalor)  
 $H_1^3$  : paling sedikit satu  $(\alpha\beta) \neq 0$  (ada pengaruh variasi jarak peletakan *static radial fin mixer* dan variasi debit terhadap laju perpindahan panas pada alat penukar kalor)

Tabel 3.5 Rancangan pengamatan model dua arah dengan pengulangan

| Debit    |                  | FAKTOR B                |                  |                  |                  | $\Sigma$         |                  |                  |
|----------|------------------|-------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|          |                  | Variasi Jarak Peletakan |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
|          |                  | B <sub>1</sub>          | B <sub>2</sub>   | B <sub>3</sub>   | B <sub>c</sub>   |                  |                  |                  |
| FAKTOR A | A <sub>1</sub>   | X <sub>111</sub>        | X <sub>121</sub> | X <sub>131</sub> | X <sub>1c1</sub> |                  |                  |                  |
|          |                  | X <sub>112</sub>        | X <sub>122</sub> | X <sub>132</sub> | X <sub>1c2</sub> |                  |                  |                  |
|          |                  | ...                     | ...              | ...              | ...              |                  |                  |                  |
|          |                  | X <sub>11t</sub>        | X <sub>12t</sub> | X <sub>13t</sub> | X <sub>1ct</sub> |                  |                  |                  |
|          | A <sub>i</sub>   |                         |                  |                  |                  | T <sub>1..</sub> |                  |                  |
|          |                  | X <sub>i11</sub>        | X <sub>i21</sub> | X <sub>i31</sub> | X <sub>ic1</sub> |                  |                  |                  |
|          |                  | X <sub>i12</sub>        | X <sub>i22</sub> | X <sub>i32</sub> | X <sub>ic2</sub> |                  |                  |                  |
|          |                  | ...                     | ...              | ...              | ...              |                  |                  |                  |
|          | A <sub>i</sub>   | X <sub>i1t</sub>        | X <sub>i2t</sub> | X <sub>i3t</sub> | X <sub>ict</sub> |                  |                  |                  |
|          |                  |                         |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
|          |                  | A <sub>r</sub>          | X <sub>r11</sub> | X <sub>r21</sub> | X <sub>r31</sub> |                  | X <sub>rc1</sub> | T <sub>i..</sub> |
|          |                  |                         | X <sub>r12</sub> | X <sub>r22</sub> | X <sub>r32</sub> |                  | X <sub>rc2</sub> |                  |
|          | ...              |                         | ...              | ...              | ...              |                  |                  |                  |
|          | X <sub>r1t</sub> |                         | X <sub>r2t</sub> | X <sub>r3t</sub> | X <sub>rct</sub> |                  |                  |                  |
|          |                  |                         |                  |                  |                  | T <sub>r..</sub> |                  |                  |
|          | $\Sigma$         | T <sub>.1.</sub>        | T <sub>.2.</sub> | T <sub>.3.</sub> | T <sub>.c.</sub> | T...             |                  |                  |

Sumber : Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT., 96, 2006

Dalam perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut ini:

1. Jumlah kuadrat total (JKT)

$$JKT = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^t X_{ijk}^2 - \frac{(T_{...})^2}{rct}$$

2. Jumlah kuadrat faktor A (JKA)

$$JKA = \frac{\sum_{i=1}^r T_{i..}^2}{ct} - \frac{(T_{...})^2}{rct}$$

3. Jumlah kuadrat faktor B (JKB)

$$JKB = \frac{\sum_{j=1}^c T_{.j.}^2}{rt} - \frac{(T_{...})^2}{rct}$$

4. Jumlah pengaruh interaksi faktor A dan faktor B (JKAB)

$$JKP = \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c T_{ij.}^2}{t} - \frac{(T_{...})^2}{rct} \rightarrow JKAB = JKP - JKA - JKB$$

5. Jumlah kuadrat galat (JKG)

$$JKG = JKT - JKP = JKT - JKA - JKB - JKAB$$

Apabila masing-masing suku dibagi dengan derajat bebasnya, akan diperoleh nilai varian dari masing-masing suku tersebut. Nilai ini sering disebut dengan kuadrat tengah yang disingkat KT. Nilai varian tersebut adalah:

1. Kuadrat tengah faktor A (KTA)

$$KTA = \frac{JKA}{(r-1)}$$

2. Kuadrat tengah faktor B (KTB)

$$KTB = \frac{JKB}{(c-1)}$$

3. Kuadrat tengah interaksi faktor A dan faktor B (KTAB)

$$KTAB = \frac{JKAB}{(r-1)(c-1)}$$

4. Kuadrat tengah galat (KTG)

$$KTG = \frac{JKG}{rc(t-1)}$$

Untuk menguji ketiga hipotesis diatas kita mencari harga  $F_{hitung}$  masing-masing sumber keragaman (faktor variasi diameter, faktor variasi debit dan interaksi faktor diameter dan variasi debit) kemudian hasilnya dibandingkan dengan  $F_{tabel}$  pada derajat bebas yang sesuai dengan nilai  $\alpha$  tertentu. Nilai  $F_{hitung}$  dari masing-masing sumber keragaman adalah sebagai berikut:

1.  $F_{hitung}$  dari faktor variasi diameter

$$F_1 = \frac{KTA}{KTG}$$

2.  $F_{hitung}$  dari faktor variasi debit

$$F_2 = \frac{KTB}{KTG}$$

3.  $F_{hitung}$  dari interaksi faktor variasi diameter dan variasi debit

$$F_3 = \frac{KTAB}{KTG}$$

Tabel 3.6. Rancangan Analisis Varian

| Sumber Varian | JK   | Db                                                | KT   | F <sub>hitung</sub> | F <sub>α</sub> |
|---------------|------|---------------------------------------------------|------|---------------------|----------------|
| Antar A       | JKA  | db <sub>1</sub> =r - 1                            | KTA  | F <sub>1</sub>      |                |
| Antar B       | JKB  | db <sub>2</sub> =c - 1                            | KTB  | F <sub>2</sub>      |                |
| Interaksi AB  | JKAB | db <sub>3</sub> =db <sub>1</sub> .db <sub>2</sub> | KTAB | F <sub>3</sub>      |                |
| Galat         | JKG  | db <sub>4</sub> =rc(t - 1)                        | KTG  |                     |                |
| Total         | JKT  | rct - 1                                           |      |                     |                |

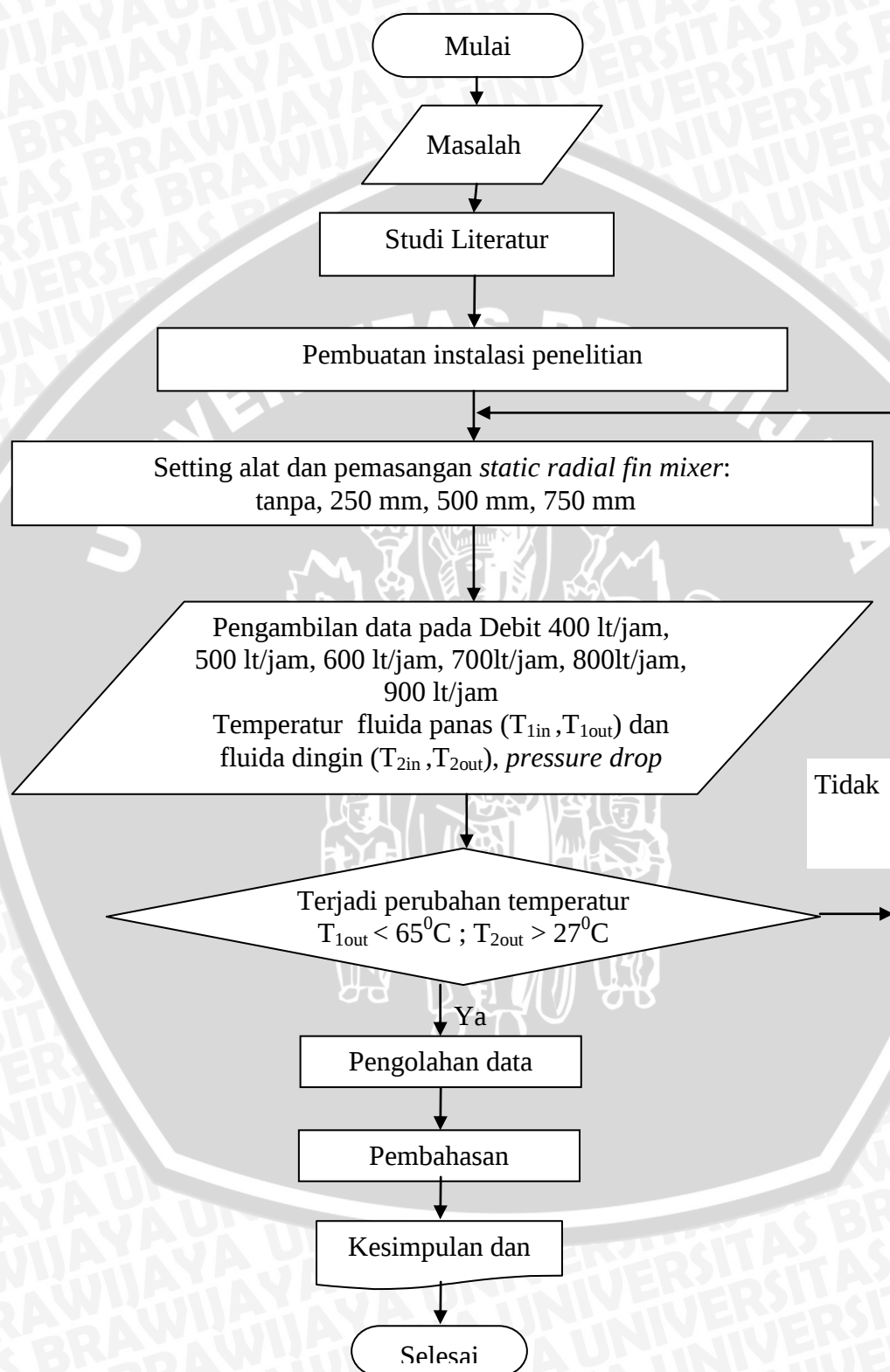
Sumber : Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT., 98, 2006

Kesimpulan yang diperoleh:

1. Bila  $FA_{hitung} > FA_{tabel}$ , maka  $H_0^1$  ditolak dan  $H_1^1$  diterima, ini menyatakan bahwa variasi diameter berpengaruh terhadap laju perpindahan panas dan *pressure drop* pada alat penukar kalor
2. Bila  $FB_{hitung} > FB_{tabel}$ , maka  $H_0^2$  ditolak dan  $H_1^2$  diterima, ini menyatakan bahwa variasi debit berpengaruh terhadap laju perpindahan panas dan *pressure drop* pada alat penukar kalor
3. Bila  $FAB_{hitung} > FAB_{tabel}$ , maka  $H_0^3$  ditolak dan  $H_1^3$  diterima, ini menyatakan bahwa variasi diameter dan variasi debit berpengaruh terhadap laju perpindahan panas dan *pressure drop* pada alat penukar kalor.

### 3.8 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

Berikut adalah diagram alir pelaksanaan penelitian seperti pada gambar 3.12.



Gambar 3.12 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian