



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Desain Penelitian

Desain penelitian adalah rancangan yang menggambarkan alur dan arah pelaksanaan penelitian di lapangan. Di dalam desain penelitian terdapat langkah-langkah atau tahap-tahap yang menunjukkan suatu urutan kerja. Penelitian dilakukan untuk mengetahui kondisi *heat exchanger* yang beroperasi sehingga dapat disikapi keberadaannya.

Tahap pertama adalah mencari data operasi *heat exchanger*, lalu tahap selanjutnya merupakan proses perhitungan data yang kemudian hasilnya dibandingkan dengan standar operasi atau kinerja *heat exchanger* yang telah ditetapkan oleh Pertamina (persero) atau sesuai dengan standar TEMA. Pada tahap terakhir dilakukan pengambilan keputusan sesuai dengan hasil perhitungan data sehingga dapat menindaklanjuti kondisi *heat exchanger* menurut kinerjanya.

B. Instrumen Penelitian

Sesuai dengan teknik pengumpulan data yang dilakukan, yaitu studi dokumentasi, wawancara, observasi non-partisipatif (yaitu pengamatan secara langsung tanpa ikut berperan dalam melaksanakan proses perlakuan yang dilakukan operator *heat exchanger* dan para karyawan pemelihara kilang ke *heat exchanger* 24-E-102), dan studi pustaka, maka instrumen yang digunakan berupa

pedoman wawancara yang dibuat oleh penulis, kemudian dikonsultasikan kepada pembimbing sebelum digunakan untuk pelaksanaan penelitian. Dikarenakan studi dokumentasi yang dilakukan dalam penelitian ini dimaksudkan untuk mendapatkan *print-out* data proses mesin *heat exchanger* yang berasal dari ruang kontrol yang hanya bisa dimasuki oleh para operator mesin-mesin kilang, maka dengan teknik wawancara ini selain untuk mendapatkan bimbingan dari operator *heat exchanger*, wawancara juga dimaksudkan untuk mendapatkan data *heat exchanger* jika penulis tidak mendapatkan *print-out* data *heat exchanger* dari ruang kontrol.

C. Teknik Pengumpulan Data

Secara umum teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah

Tabel 3.1. Teknik Pengumpulan Data

No	Sasaran	Cara
1.	Data temperatur masuk dan keluar dari fluida, baik fluida pemanas ataupun fluida yang dipanaskan	Studi dokumentasi dan wawancara
2	Hasil perhitungan data	Studi pustaka
3	Perlakuan atau penanganan <i>heat exchanger</i>	Observasi

D. Pengolahan Data

Sebuah *heat exchanger* dikatakan masih layak beroperasi jika efisiensi kinerjanya mengalami penurunan maksimum sebesar 10% atau nilai paling kecil dari efisiensi kinerja *heat exchanger* itu adalah 90%. Untuk mengetahui seberapa jauh kinerja suatu *heat exchanger* maka diperlukan data-data operasi di lapangan. Selain itu diperlukan juga data-data desainnya dan data kinerja awal untuk dibandingkan dengan kinerjanya setelah perhitungan.

1. Data yang Diperlukan

Untuk menganalisis kinerja penukar panas diperlukan data-data berikut: Pada fluida: Temperatur masuk (T_i), temperatur keluar (T_o), massa jenis (ρ), kalor jenis (c_p), konduktifitas termal (k), laju aliran massa (m). Pada *heat exchanger*: jenis *heat exchanger*, susunan pipa, konduktifitas dinding pipa (k), diameter dalam pipa (D_i), diameter luar pipa (D_o), jarak horizontal antar pipa (S_H), jarak vertikal antar pipa (S_V), panjang pipa (L), viskositas dinamik (μ).

2. Bilangan yang Digunakan

Dalam analisis perpindahan panas dikenal berbagai macam parameter tidak berdimensi yang digunakan untuk menentukan koefisien perpindahan panas konveksi. Parameter-parameter tersebut adalah:

a. Bilangan Prandtl

Bilangan prandtl adalah bilangan parameter yang menunjukkan harga perbandingan antara momentum molekular dengan difusivitas termal bahan.

$$Pr = \frac{C_p \mu}{k}$$

(J.P. Holman, 1998: xvii)

b. Bilangan Reynold

Bilangan Reynold adalah bilangan yang menyatakan perbandingan antara gaya inersia dengan gaya viskos fluida. Bilangan ini digunakan untuk menentukan jenis aliran fluida, apakah aliran fluida yang terjadi adalah laminar atau turbulen.

$$Re = \frac{\rho u D}{\mu}; \text{ atau } Re = \frac{4m}{\pi D \mu}$$

Keterangan:

u = kecepatan ($\frac{m}{s}$).

m = laju massa ($m = \rho u A$)

(J.P. Holman, 1998: xvii, 195)

Aliran laminar jika bilangan Reynold-nya lebih kecil dari 2300, dan disebut aliran turbulen jika bilangan Reynold-nya lebih dari 2300. Pada *heat exchanger* aliran dibuat se-turbulen mungkin agar koefisien perpindahan panasnya besar.

c. Bilangan Nusselt

Bilangan Nusselt menyatakan perbandingan antara perpindahan panas secara konveksi dengan perpindahan panas secara konduksi pada lapisan fluida setebal L.

$$Nu = \frac{hD}{k}$$

(J.P. Holman, 1998:277)

Diantara ketiga bilangan tersebut di atas diperoleh hubungan yang dinyatakan dalam berbagai persamaan empiris tertentu. Masing-masing persamaan itu digunakan untuk mencari harga koefisien perpindahan panas konveksi suatu kasus. Persamaan-persamaan tersebut adalah:

1) Persamaan Dittus-Boelter

Persamaannya adalah

$$Nu = 0,023 Re^{\frac{4}{5}} Pr^n$$

(J.P. Holman, 1998:283)

Persamaan tersebut berlaku dengan ketentuan:

- $0,6 \leq Pr \leq 100$
- $Re \geq 10.000$
- $L/D \geq 60$
- $n = 0,3$ untuk kasus pemanasan
- $n = 0,4$ untuk kasus pendinginan

2) Persamaan Zukauskas

Persamaannya adalah:

$$Nu = C(Re_{\max})^n Pr^{0,36} \left(\frac{Pr_{\infty}}{Pr_s} \right)^{0,25}$$

(J.P. Holman, 1998:277)

Keterangan:

C dan n = konstanta

Re_{max} = bilangan reynold pada kecepatan maksimum

Pr_{∞} = bilangan prandtl saat fluida yang diinginkan masuk

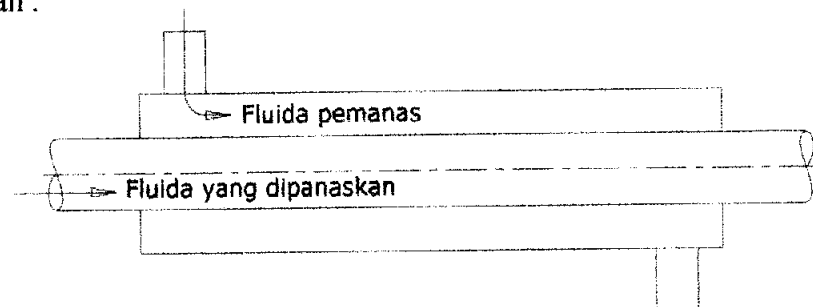
Pr_c = bilangan prandtl diukur pada temperatur fluida pendingin

Persamaan tersebut berlaku dengan kondisi:

- $N \geq 20$
- $0,7 < Pr < 500$
- $10 < Re_{max} < 10^6$

3. Menghitung Koefisien Perpindahan Panas Total

Koefisien perpindahan panas secara keseluruhan dapat diketahui melalui persamaan :



Gambar 3.1. Silinder bolong yang terkena konveksi
(Perpindahan Kalor, 1998: 33)

$$UA = \frac{1}{\frac{1}{A_o h_o} + \frac{R''_{f,o}}{A_o} + \frac{\ln\left(\frac{D_o}{D_i}\right)}{2\pi k L} + \frac{R''_{f,i}}{A_i} + \frac{1}{A_i h_i}}$$

(J.P. Holman, 1998:33)

Keterangan:

h_i = koefisien perpindahan panas konveksi dalam pipa

h_o = koefisien perpindahan panas konveksi luar pipa

$R''_{f,o}$ = tahanan pengotoran (*fouling resistant*) di luar pipa

$R''_{f,i}$ = tahanan pengotoran (*fouling resistant*) di dalam pipa

k = konduktifitas termal dinding pipa

D_o = diameter luar pipa

D_i = diameter dalam pipa

4. Menghitung Laju Panas Maksimum yang Dapat Dipindahkan

Dengan mengetahui laju kalor massa fluida proses yang masuk ke penukar panas (m), kalor spesifik fluida (c_p) dan perbedaan temperatur fluida (ΔT) masuk dan fluida keluar *nozzle* pada desain, maka dapat dihitung besar kalor maksimum yang dapat dipindahkan (Q_{max}).

$$Q = UA\Delta T$$

(J.P. Holman, 1998:103)

5. Menghitung Log Mean Temperature Differences (LMTD)

Saat beroperasi *heat exchanger* menunjukkan bahwa beda temperatur antara fluida panas dan fluida dingin pada saat masuk dan keluar tidaklah sama, maka dari itu perlu menentukan beda suhu rata-rata log untuk menghitung perpindahan panas dalam susunan pipa *heat exchanger*. Besarnya harga LMTD dapat diperoleh dengan persamaan:

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln\left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}\right)}$$

(J.P. Holman, 1998:491)

Keterangan:

$$\Delta T_2 = T_{h,o} - T_{c,i}$$

$$\Delta T_1 = T_{h,i} - T_{c,o}$$

6. Menghitung Kinerja *Heat Exchanger*

Persamaan yang digunakannya adalah

$$Q = UA\Delta T_{LMTD}$$

(J.P. Holman, 1998:490)

Harga Q yang diperoleh dari hasil perhitungan (Q_{hitung}) kemudian dibandingkan dengan Q_{desain} .

$$Kinerja = \frac{Q_{hitung}}{Q_{desain}} \times 100\%$$

7. Menghitung Efektifitas *Heat Exchanger*

Efektifitas dari *heat exchanger* dapat diperoleh melalui persamaan:

$$\varepsilon = \frac{C_c(T_{c,o} - T_{c,i})}{C_{\min}(T_{h,i} - T_{c,i})}$$

atau

$$\varepsilon = \frac{C_h(T_{h,i} - T_{h,o})}{C_{\min}(T_{h,i} - T_{c,i})}$$

(J.P. Holman, 1998:499)

Keterangan:

$$C_h = m_h \cdot C_p \cdot h$$

$$C_c = m_c \cdot C_p \cdot c$$

C_{\min} = harga terkecil yang diambil antara C_h atau C_p

$T_{c,o}$ = Temperatur keluar fluida pendingin

$T_{c,i}$ = Temperatur masuk fluida pendingin

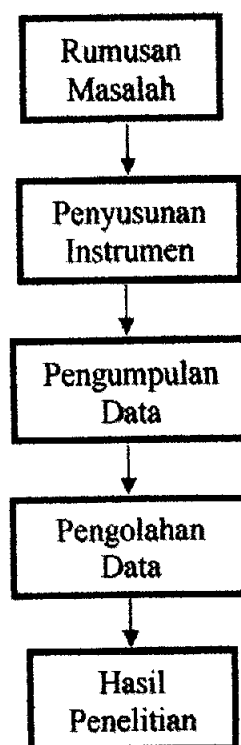
$T_{h,i}$ = Temperatur masuk fluida yang didinginkan

$T_{h,o}$ = Temperatur fluida yang didinginkan

E. Prosedur Penelitian

Prosedur atau alur kegiatan dalam penelitian ini dapat dilihat dari gambar

berikut:



Gambar 3.2. Alur Penelitian