

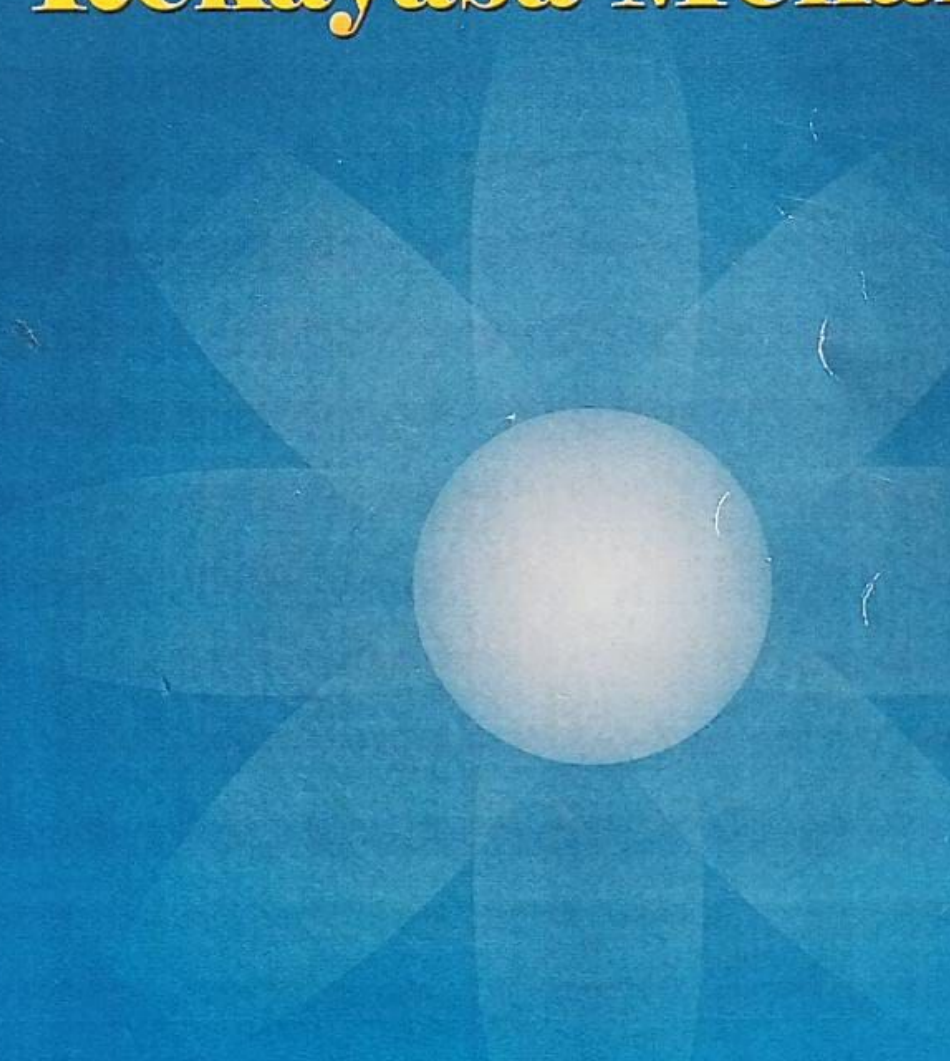


Vol. 1 | No. 1 | April 2017

ISSN No. 2597-4254

Jurnal Ilmiah Teknik Mesin

Rekayasa Mekanik



Di Publikasikan oleh:
Teknik Mesin UNIB





ISSN No. 2597 – 4254

Vol. I No. 1, Tahun I, April 2017

Jurnal Rekayasa Mekanika mempublikasikan karya tulis di bidang sains – Teknologi, Murni Disiplin dan Antar Disiplin, berupa penelitian dasar, perancangan dan studi pengembangan teknologi. Jurnal ini terbit berkala setiap enam bulan (April dan Oktober)

Penanggung Jawab
Dr.Eng Dedi Suryadi, S.T., M.T.

Penyunting Ahli (Mitra Bestari)
Helmizar, S.T., M.T., Ph.D. (Universitas Bengkulu)
Dr.Eng. Hendra, S.T., M.T. (Universitas Bengkulu)
Dr. Gesang Nugroho, S.T., M.T. (Universitas Gadjah Mada)
Dr.Eng. Nurkholis Hamidi (Universitas Brawijaya)
Prof. Dr.Eng. Gunawarman (Universitas Andalas)

Redaktur
Yovan Witanto, S.T., M.T.

Redaktur Pelaksana
Agus Nuramal, S.T., M.T.

Editor
Nurul Iman Supardi, S.T. M.P.
Ahmad Fauzan, S.T., M.T.
Angky Puspawan, S.T., M.Eng.
Hendri Van Hoten, S.T., M.T.
Agus Suandi, S.T., M.Eng.

Penerbit
Fakultas Teknik – Universitas Bengkulu

Sekretariat Redaksi
Gedung Dekanan Fakultas Teknik Program, Studi Teknik Mesin – Universitas
Bengkulu
Jalan Raya WR Supratman, Kandang Limun, Bengkulu 38123, Telp. (0736) 21170,
344067, Fax (0736) 22105
E-mail: mesin@unib.ac.id

DAFTAR ISI

- ***ESTIMATION STUDY EFFECTIVENESS OF HEAT EXCHANGER AND DESIGN OF HEAT EXCHANGER AS REFERENCE FOR MAINTENANCE WORK (CASE STUDY IN THE MUSI HYDROPOWER OF UJAN MAS, KEPAHANG REGENCY, BENGKULU PROVINCE)*** 1
Oleh : Angky Puspawan[1], Yovan Witanto[2], Haryanto Abdi[3], Dinda Alamsyah[4], [1][2][3]Teknik Mesin Universitas Bengkulu, [4]PT. PLN Sektor Pembangkitan PLTA Musi-Ujan Mas
- ***ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR CHASSIS SEPEDA MOTOR Y TIPE DELTABOX DENGAN MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK ELEMEN HINGGA*** 9
Oleh : Ahmad Fauzan Suryono[1], Ramjani Andatu[2], Rudianto[3], [1][2]Teknik Mesin Universitas Bengkulu, [3]Akademi Teknologi Industri Padang
- ***ANALISA BEBAN STATIK MECHANICAL SEAL PADA POMPA SENTRIPUGAL 504G04 SECTION TANK FARM DENGAN MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK METODE ELEMEN HINGGA*** 15
Oleh : Gatra Putra Nusantara[1], Nopprian Ersan[2], Nurul Iman Supardi[3], Helmizar[4], [1]PT. Ecogreen Oleochemical-Batam, [2][3][4]Teknik Mesin Universitas Bengkulu
- ***KUALITAS KEKASARAN PERMUKAAN MATERIAL BENDA KERJA AISI 4340 DAN AISI 4140 DENGAN PROSES BUBUT MENGGUNAKAN PAHAT POTONGAN HSS*** 23
Oleh : Hendra[1], M. Choirul A[2], Zuliantoni[3], Anizar Indriani[4], Hermadewita[5], [1][2][3]Teknik Mesin Universitas Bengkulu, [4][5]Teknik Elektro Universitas Bengkulu
- ***PENGARUH WAKTU AUSTENITISASI TERHADAP SIFAT MEKANIK BAJA AISI 4340*** 33
Oleh : A. Sofwan F. Alqap[1], Wika Ratnasari[2], [1][2]Teknik Mesin Universitas Bengkulu
- ***ANALISIS PROSES PEMESINAN PADA PEMBUATAN DIFFUSER DAN IMPELLER*** 43
Oleh : Zuliantoni[1], [1]Teknik Mesin Universitas Bengkulu
- ***FORMAT PENULISAN JURNAL*** 55

**ESTIMATION STUDY EFFECTIVENESS OF HEAT EXCHANGER AND
DESIGN OF HEAT EXCHANGER AS REFERENCE FOR MAINTENANCE
WORK (CASE STUDY IN THE MUSI HYDROPOWER OF UJAN MAS,
KEPAHIANG REGENCY, BENGKULU PROVINCE)**

Angky Puspawan[1], Yovan Witanto[2], Haryanto Abdi[3], Dinda Alamsyah[4]
[1][2]Dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Bengkulu
[3]Alumni Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Bengkulu
[4]PT. PLN Sektor Pembangkitan PLTA Musi-Ujan Mas

Jalan W.R. Supratman, Kandang Limun, Bengkulu 38371
angkypuspawan@yahoo.com, yovanmail@ymail.com, haryantoabdi@gmail.com,

ABSTRACT

In the world of industrial, heat exchanger is needed as a coolant. This is because the tool or machine that does work very much can lead to heat too long will lead to over-heat the engine coolant if not given machine or heat exchanger. The purpose of this study was to quantify the effectiveness of heat exchanger and utilize software as a tool maintenance on the heat exchanger

This research method is made by taking data on hydropower heat exchanger of Ujan Mas, Kepahiang Regency, is to find values to the temperature of cold fluid and hot fluid both output and input. It also required that the data flow and pressure in the heat exchanger. data obtained is processed to obtain the value of the heat exchanger effectiveness. The data also will be processed or simulated by software make use of the final results will be used as a reference for maintenance work on the heat exchanger.

From the calculation of the heat exchanger effectiveness values obtained under ideal conditions, is 55.15%. While the actual conditions obtained for unit 1 by 32.74%, unit 2 by 24.58% and unit 3 at 32.70%. While the results of the software if the log LE = 34.7 assumptions taken as optimum operational limits and the heat exchanger when the lower 10% there of (3.123) is taken as the limit for decision making by improving care system. The lower LE value of Log LE = 3.123 advised to be taken maintenance for the heat exchanger

Keywords: *heat exchanger, effectiveness, maintenance*

1. PENDAHULUAN

Banyak di dunia industri yang menggunakan penukar panas (*heat exchanger*) sebagai pendingin suatu mesin misal seperti generator. Pendingin ini sangatlah penting untuk digunakan agar alat atau mesin yang digunakan tidak mengalami *overheat*. Dengan fungsi penukar panas sebagai kontrol sistem atau substansi dengan menambahkan atau menghilangkan energi termal sangatlah baik sebagai alat pendingin suatu kerja mesin[2].

Dalam aplikasi *heat exchanger* biasa menggunakan dua fluida. Desain

dari suatu *heat exchanger* banyak tipe dan jenisnya. Sesuai dengan kebutuhan suatu perusahaan. Beberapa cara yang data dilakukan dalam mendesain *heat exchanger* salah satunya yaitu dengan menggunakan perangkat lunak. Perangkat lunak digunakan untuk mempermudah menemukan desain yang ideal. Selain itu perangkat lunak juga bisa digunakan sebagai alat bantu *maintenance*. Ini dikarenakan kinerja *heat exchanger* dapat menurun jika digunakan dalam waktu yang lama. Oleh karena itu perlu adanya *maintenance*.

Desain dari *heat exchanger* perlu diperhatikan baik dari segi performa kerja, dimensi dan nilai ekonomis serta nilai efektifitas dari *heat exchanger* tersebut. Nilai efektifitas dapat dipengaruhi dari keluaran temperatur pada *heat exchanger*. Kinerja *heat exchanger* sangat dipengaruhi oleh efektifitas dari *heat exchanger* tersebut. Semakin kecil nilai efektifitasnya semakin kecil pula kinerja yang dilakukan oleh *heat exchanger*[1].

2. Dasar Teori

2.1 Pengertian Heat Exchanger[6]

Penukar panas (*heat exchanger*) merupakan alat yang digunakan untuk menukarkan panas antara dua fluida pada temperatur atau temperatur yang berbeda serta menjaga agar kedua fluida itu tidak tercampur.

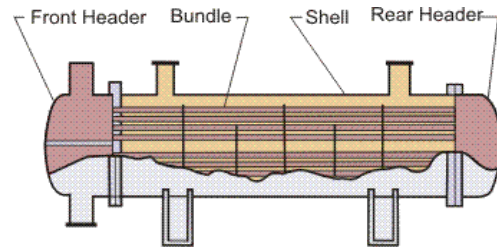
2.2 Alat Penukar Kalor Shell and Tube

Shell and tube adalah salah satu jenis alat penukar kalor yang menurut konstruksinya dicirikan oleh adanya sekumpulan *tube* (*tube bundles*) yang dipasangkan di dalam *shell* berbentuk silinder dimana dua jenis fluida yang saling bertukar kalor yang mengalir secara terpisah, yaitu melalui sisi *tube* dan sisi *shell*[3,5,6].

Secara umum, konstruksi alat penukar kalor jenis *shell and tube* dapat dibedakan menjadi 4 bagian utama yaitu^[1,2,3,4] :

1. Bagian depan yang tetap atau *Front Stationary Head*.

2. *Shell* atau badan alat penukar panas.
3. Bagian ujung belakang atau *Rear head*.
4. Berkas *tube* atau *tubes bundle*.



Gambar 2.1 Alat Penukar Panas Shell dan Tube

2.3 Perpindahan Panas[4]

Perpindahan panas adalah ilmu yang mempelajari perpindahan energi karena adanya perbedaan temperatur antara benda atau material. Ilmu perpindahan panas tidak hanya menerangkan bagaimana cara energi panas dapat berpindah dari satu benda ke benda lain, tapi dapat memprediksi laju perpindahan pada kondisi-kondisi tertentu

Perpindahan panas dibedakan 3 yaitu :

- a. Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan panas secara konduksi merupakan perpindahan panas melalui media penghantar tanpa disertai partikel zatnya. Laju perpindahan panas konduksi dihitung dengan rumus :

$$q = -KA \frac{\partial T}{\partial x} \dots\dots\dots(2.1)$$

- b. Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas secara konveksi merupakan perpindahan panas yang media panasnya relatif berpindah, biasanya terjadi antara permukaan padat dengan fluida seperti cairan dan gas. Laju

perpindahan panas konveksi dihitung dengan rumus:

$$q = h \cdot A \cdot (T_w - T_\infty) \dots \dots \dots (2.2)$$

c. Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas secara radiasi berlangsung karena adanya pancaran tanpa medium. Laju perpindahan panas secara radiasi dapat dihitung dengan rumus :

$$q_r = \sigma A T^4$$

2.4 METODE ϵ -NTU^[1,2,4]

Dalam metode ϵ -NTU, laju perpindahan panas dari fluida panas ke fluida dingin dinyatakan sebagai :

$$q = \epsilon C_{min} (T_{h,i} - T_{c,i}) = \epsilon C_{min} \Delta T_{max} \dots (2.3)$$

Keterangan :

q = Perpindahan kalor (W)

ϵ = Efektivitas penukar panas (%)

C_{min} = Koefisien perpindahan panas (kW^0C)

$T_{h,i}$ = Temperatur fluida panas yang masuk (0C)

$T_{c,i}$ = Temperatur fluida dingin yang masuk (0C)

ΔT_{max} = Beda temperatur rata-rata yang tepat untuk digunakan dalam penukar kalor (0C)

Dimana ϵ adalah efektivitas penukar panas, disebut dalam literatur sebagai efisiensi termal. C_{min} adalah minimal dari C_h dan C_c ; $\Delta T_{max} = (T_{h,i} - T_{c,i})$ adalah perbedaan *temperature inlet fluida* (ITD).

a. Efektivitas *Heat Exchanger* (ϵ)

Efektivitas ϵ adalah ukuran kinerja termal dari penukar panas. Didefinisikan

untuk penukar panas yang diberikan dari setiap pengaturan aliran sebagai rasio tingkat perpindahan panas aktual dari fluida panas ke fluida dingin ke transfer panas maksimal yang mungkin Q_{max} :

$$\epsilon = \frac{q}{q_{max}} \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan :

q : Perpindahan kalor yang nyata

q_{max} : perpindahan kalor maksimum yang mungkin

Pertimbangkan penukar panas berlawanan memiliki luas permukaan terbatas. Keseimbangan energi secara keseluruhan untuk dua aliran fluida :

$$q = C_h (T_{h,i} - T_{h,o}) = C_c (T_{c,o} - T_{c,i}) \dots (2.5)$$

Berdasarkan persamaan ini, untuk $C_h < C_c$, $(T_{h,i} - T_{h,o}) > (T_{c,o} - T_{c,i})$. Penurunan temperatur pada sisi fluida panas sehingga akan lebih tinggi, dan lebih panjang aliran tak terbatas temperatur fluida panas akan mendekati temperatur inlet fluida dingin, sehingga $T_{h,o} = T_{c,i}$. Jadi untuk penukar *counterflow* wilayah tak terbatas dengan $C_h < C_c$, kita mendapatkan Q_{max} sebagai :

$$q_{max} = C_h (T_{h,i} - T_{c,i}) = C_h \Delta T_{max} \dots (2.6)$$

Dengan cara yang sama, untuk $C_h = C_c$,

$$q_{max} = C_h (T_{h,i} - T_{c,i}) = C_c (T_{h,i} - T_{c,i}) = C \Delta T_{max} \dots (2.7)$$

Berdasarkan Persamaan diatas, untuk $C_h > C_c$, $(T_{c,o} - T_{c,i}) > (T_{h,i} - T_{h,o})$. oleh sebab itu, $T_{c,o}$ akan mendekati $T_{h,i}$ selama panjang tak terbatas, dan karena itu

$$q_{max} = C_c(T_{h,i} - T_{c,i}) = C_c \Delta T_{max}$$

...(2.8)

Atau, lebih umum, berdasarkan Persamaan. (2.10) sampai (2.12),

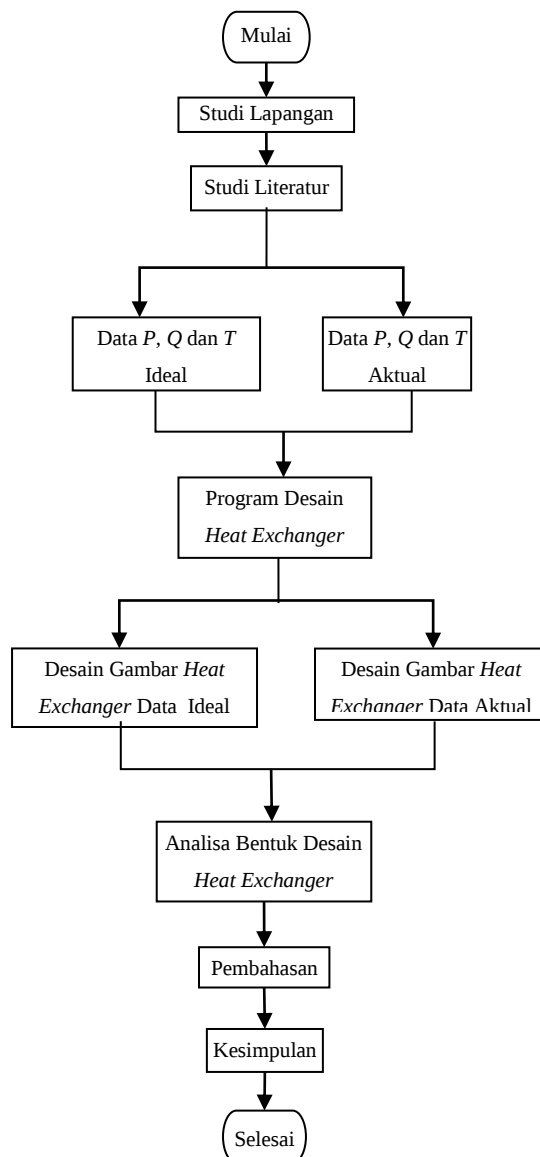
$$q_{max} = C_{min}(T_{h,i} - T_{c,i}) = C_{min} \Delta T_{max}$$

Dimana :

$$C_{min} = \begin{cases} C_c & \text{untuk } C_c < C_h \\ C_h & \text{untuk } C_h < C_c \end{cases}$$

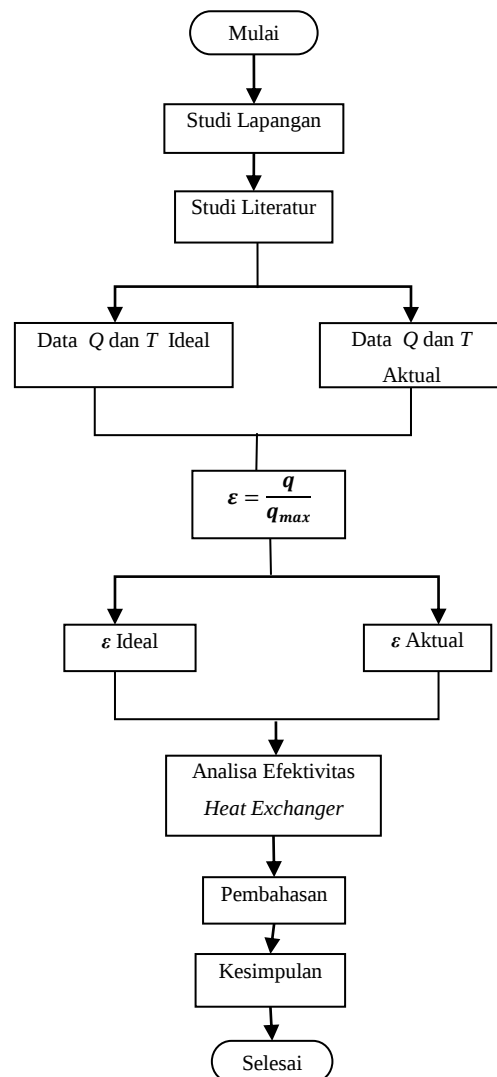
3. METODOLOGI PENELITIAN

a. Skema penelitian desain *heat exchanger* dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian

Skema penelitian perhitungan efektivitas *heat exchanger* dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut :



Gambar 3.3 Diagram Alir Perhitungan

3.1 Bahan Penelitian

Bahan penelitian yaitu *heat exchanger* yang PLTA Musi Kepahiang. *Heat exchanger* menggunakan dua fluida berbeda yaitu oli dan air. Data spesifikasi *heat exchanger* PLTA Musi pada tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1 Spesifikasi *Heat Exchanger*

<i>Specification</i>		
<i>Exchange Heat Loss</i>	310 kW	
	<i>Shell Side</i>	<i>Tube Side</i>
<i>Fluid</i>	IS8 – VG45	Water
<i>Flow Quantity</i>	2500 L/min	1000 L/min
<i>Number of Passses</i>	1	1
<i>Design Press</i>	0.45 MPa	0.59 MPa
<i>Temperature (in/out)</i>	60/40 ⁰ C	24/36 ⁰ C

Bentuk *heat exchanger* pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 *Heat Exchanger* PLTA Musi

3.2 Persiapan Pengujian

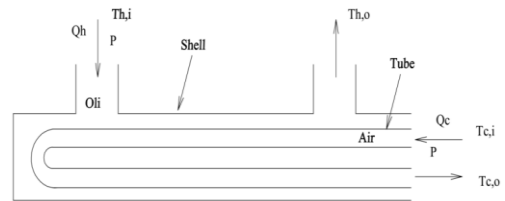
Pertama harus dilakukan yaitu adalah mengambil data dari *heat exchanger*. Adapun data yang harus diambil dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Matriks Data

	<i>Cold Side</i>	<i>Hot Side</i>	
<i>Fluid</i>	Water	Oil	
<i>Total Flowrate</i>	√	√	l/m
Water	√		l/m
Oil		√	l/m
<i>Temperature (In/Out)</i>	√	√	°C
<i>Inlet Pressure</i>	√	√	MPa

Data yang diperoleh dimasukan kedalam program *TASC 3.41* sebagai bahan pembanding desain *heat exchanger* ideal dan aktual dilapangan.

3.3 Teknik Pengumpulan Data



Gambar 3.9 Diagram Titik Pengukuran

Keterangan :

$T_{c,in}$ = Temperatur air masuk ke *Heat Exchanger* (⁰C)

$T_{c,out}$ = Temperatur air keluar dari *Heat Exchanger* (⁰C)

Q_h = Debit (*quantity flow*) air (L/s)

$T_{h,in}$ = Temperatur oli masuk ke *Heat Exchanger* (⁰C)

$T_{h,out}$ = Temperatur oli dari ke *Heat Exchanger* (⁰C)

Q_h = Debit (*quality flow*) oli (L/s)

P = Tekanan (bar)

4. PEMBAHASAN

4.1 Pengambilan Data

Pada pengambilan data temperatur alat yang digunakan yaitu termometer infra merah. Pengambilan data dilakukan dengan memancarkan termometer infra merah kearah pipa penyalur fluida ke *heat exchanger*, hanya fluida dingin masukkan yang sudah menggunakan alat ukur komputerisasi. Jadi data yang didapat adalah data temperatur dinding pipa. Maka untuk mendapatkan data

temperatur fluida perlu dilakukan perhitungan dengan menggunakan faktor perpindahan panas konduksi dan perpindahan panas konveksi. Untuk menentukan temperatur fluida dalam pipa maka dapat dicari dengan cara sebagai berikut:

Untuk temperatur fluida panas *input*:

$$q = hA(T_w - T_\infty)$$

$$h = \frac{q}{A(T_w - T_\infty)}$$

$$h = \frac{1454380 \text{ W}}{(1.77 \text{ m}^2)(42 - 28)^{\circ}\text{C}}$$

$$h = \frac{1454380 \text{ W}}{(1.77 \text{ m}^2)(14)^{\circ}\text{C}}$$

$$h = \frac{1454380 \text{ W}}{24.78 \text{ m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$$

$$h = 58691.69 \text{ W/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$$

maka temperatur fluida dalam pipa dapat kita ketahui :

$$q = \frac{T_A - T_B}{\frac{1}{hA_1} + \frac{\ln(r_1/r_2)}{2\pi kL}}$$

$$1454380 = \frac{T_A - 42}{9.626 \times 10^{-6} + 0.024}$$

$$1454380 = \frac{T_A - 42}{9.65 \times 10^{-6}}$$

$$T_A - 42 = 14034767 \times 10^{-6}$$

$$T_A = 14.03 + 42$$

$$T_A = 56.024^{\circ}\text{C}$$

4.2 Hasil

Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan efektivitas *heat exchanger*. Hal ini dilakukan dapat melihat kinerja dari *heat exchanger* yang ada. Sedangkan hasil dari perangkat lunak TASC 3.41 di dapat hasil desain *heat exchanger* sedangkan nilai efektifitasnya dihitung manual. Dari data didapat ada beberapa

data yang harus dikonversikan terlebih dahulu satuannya, ini dikarenakan menyesuaikan dengan satuan yang digunakan dalam perangkat lunak. Adapun satuan yang dirubah yaitu satuan debit yang semula *L/menit* menjadi *kg/h* dan satuan tekanan yang semula *MPa* menjadi satuan *bar*.

4.2.1 Perhitungan Efektifitas *Heat Exchanger*

a. Perhitungan untuk *heat exchanger* data ideal :

$$T_{c,in} = 22^{\circ}\text{C}$$

$$T_{c,out} = 35^{\circ}\text{C}$$

$$T_{h,in} = 60^{\circ}\text{C}$$

$$T_{h,out} = 40^{\circ}\text{C}$$

$$Q_c = 1000 \text{ L/menit} = 16.67 \text{ l/s}$$

$$= 0.01667 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_h = 2500 \text{ L/menit} = 41.67 \text{ l/s}$$

$$= 0.04167 \text{ m}^3/\text{s}$$

Perhitungan data Penukar Panas

Mencari $\dot{m}$ menggunakan rumus :

$$\rho = \frac{\dot{m}}{Q}$$

$$\text{Temperatur rata-rata air } \frac{(T_{c,in} + T_{c,out})^{\circ}\text{C}}{2} =$$

$$\frac{(35+22)^{\circ}\text{C}}{2} = 28.5^{\circ}\text{C}$$

Untuk ρ_{air} pada temperatur 28.5°C didapat dari tabel properties pada lampiran air :

Jadi ρ_{air} pada temperatur 28.5°C adalah 996.3 kg/m^3

$$\rho = \frac{\dot{m}}{Q}$$

$$\dot{m} = \rho \cdot Q$$

$$\dot{m} = 996.3 \text{ kg/m}^3 \times 0.01667 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\dot{m} = 16.6083 \text{ kg/s}$$

$$\text{Jadi } \dot{m} = 16.6083 \text{ kg/s}$$

Temperatur rata-rata oli

$$\frac{(T_{h,in}+T_{h,out})^0C}{2} = \frac{(60+40)^0C}{2} = 50^0C.$$

Untuk ρ_{oli} pada temperatur 39.9^0C didapat dari tabel properties oli pada lampiran (*Tabel A-13 Engine Oil (unused)*) :

Jadi ρ_{oli} pada temperatur 50^0C adalah 869.95 kg/m^3

$$\rho = \frac{\dot{m}}{Q}$$

$$\dot{m} = \rho \cdot Q$$

$$\dot{m} = 869.95 \text{ kg/m}^3 \times 0.04167 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\dot{m} = 36.2508 \text{ kg/s}$$

$$\text{Jadi } \dot{m} = 36.2508 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_c = 16.6083 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_h = 36.2508 \text{ kg/s}$$

$$C_c = \dot{m}_c c_{p_c}$$

$$C_h = \dot{m}_h c_{p_h}$$

C_p untuk air dan oli dapat dicari pada tabel properties air pada lampiran dengan menggunakan interpolasi.

Untuk Air

Temperatur rata-rata air

$$\frac{(T_{c,out}+T_{c,in})^0C}{2} = \frac{(35+22)^0C}{2} = 28.5^0C$$

Untuk $C_{p_{air}}$ pada temperatur 28.5^0C didapat dari tabel properties air (*Tabel A-9 properties of saturated water*) :

Jadi $C_{p_{air}}$ pada temperatur 28.5^0C adalah 4.1786 kJ/kg^0C

Untuk oli

$$\text{Temperatur rata-rata oli } \frac{(T_{h,in}+T_{h,out})^0C}{2} =$$

$$\frac{(60+40)^0C}{2} = 50^0C$$

Untuk ρ_{oli} pada temperatur 50^0C didapat dari tabel properties oli (*Tabel A-13*

Engine Oil (unused)). Jadi $C_{p_{oli}}$ pada temperatur 50^0C adalah 2.006 kJ/kg^0C

$$C_{p_c} = 4.1786 \text{ kJ/kg}^0C$$

$$C_{p_h} = 2.006 \text{ kJ/kg}^0C$$

$$C_c = \dot{m}_c c_{p_c}$$

$$= 16.6083 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 4.1786 \text{ kJ/kg}^0C$$

$$= 69.4044 \text{ kW/}^0C$$

$$C_h = \dot{m}_h c_{p_h}$$

$$= 36.2508 \text{ kg/s} \times 2.006 \text{ kJ/kg}^0C$$

$$= 72.7191 \text{ kW/}^0C$$

$$C_c < C_h$$

$$\text{Jadi } C_{min} = C_c = 69.3994 \text{ kW/}^0C$$

$$q_{max} = C_{min}(T_{h,in} - T_{c,in})$$

$$= 69.4044 \text{ kW/}^0C (60 - 22)^0C$$

$$= 69.4044 \text{ kW/}^0C (31)^0C$$

$$= 2637.177 \text{ kW}$$

$$q_c = C_c(T_{c,out} - T_{c,in})$$

$$= 69.4044 \text{ kW/}^0C (35-22)^0C$$

$$= 69.4044 \text{ kW/}^0C (13)^0C$$

$$= 902.258 \text{ kW}$$

$$q_h = C_h(T_{h,in} - T_{h,out})$$

$$= 72.7191 \text{ kW/}^0C (60-40)^0C$$

$$= 72.7191 \text{ kW/}^0C \times (20)^0C$$

$$= 1454.382 \text{ kW}$$

q yang diambil adalah nilai q diantara nilai q_c dan nilai q_h yang paling dominan atau yang paling besar.

Jadi efektifitas fluida dinginnya adalah :

$$\epsilon_c = \frac{q_c}{q_{max}} \times 100\%$$

$$\epsilon_c = \frac{902.258 \text{ kW}}{2637.177 \text{ kW}} \times 100\%$$

$$\epsilon_c = \underline{\underline{34.21 \%}}$$

serta efektifitas fluida panasnya adalah :

$$\epsilon_h = \frac{q_h}{q_{max}} \times 100\%$$

$$\epsilon_h = \frac{1454.382 \text{ kW}}{2637.177 \text{ kW}} \times 100\%$$

$$\varepsilon_h = 55.14 \%$$

q yang diambil adalah nilai q diantara nilai q_c dan nilai q_h yang paling dominan atau yang paling besar. Jadi efektifitas fluida dinginnya adalah :

$$\varepsilon_c = \frac{q_c}{q_{max}} \times 100\%$$

$$\varepsilon_c = \frac{364.0330 \text{ kW}}{1603.4000 \text{ kW}} \times 100\%$$

$$\varepsilon_c = 22.47 \%$$

serta efektifitas fluida panasnya adalah :

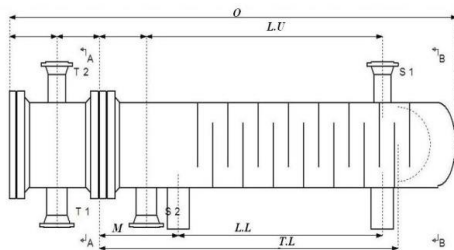
$$\varepsilon_h = \frac{q_h}{q_{max}} \times 100\%$$

$$\varepsilon_h = \frac{524.871 \text{ kW}}{1603.4000 \text{ kW}} \times 100\%$$

$$\varepsilon_h = 32.74 \%$$

4.3 Hasil Perangkat Lunak Sebagai Alat Bantu Maintenance

Hasil perangkat lunak untuk membantu keputusan *maintenance*, simulasi perbedaan temperatur oli keluar dan temperatur oli masuk dilakukan hasil yang diperoleh dari perangkat lunak dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Desain Heat Exchanger Hasil dari Perangkat Lunak

5. KESIMPULAN

1. Perubahan panjang efektif daerah kerja sistem *heat exchanger* meningkat sejalan dengan

peningkatan beda antara temperatur fluida masuk dan fluida keluar.

2. Kecepatan aliran fluida berbanding terbalik dengan laju pengeluaran panas/kalor.
3. Desain *heat exchanger* hasil simulasi perangkat lunak dapat dijadikan acuan untuk pengerjaan perawatan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cengel, Yunus A,. 2003. *Heat Transfer A Practical Approach*, Ed. 2, New York: The McGraw-Hill Companies.
- [2] Cengel, Yunus A,. 2008. *Introduction to Thermodynamic and Heat Transfer*, Ed. 2, USA : The McGraw-Hill Companies.
- [3] Frass. Arthur P. 1988. *Heat Exchanger Desain*, Second edition, USA.
- [4] Holman, J.P. 1933. *Perpindahan Kalor*, Ed. 6, Jakarta: Erlangga.
- [5] Handoyo, Eka Dewi Anggraini. 2000. *Pengaruh Kecepatan Aliran Terhadap Efektivitas Shell-and-Tube Heat Exchanger*, Universitas Kristen Petra.
- [6] K. Shah, Ramesh dan P. Sekulic, Dusan. 2003. *Fundamental of Heat Exchanger Desain*. USA. John Wiley & Sons. INC.