

**Studi Eksperimen Variasi Temperatur Masuk Air Pendingin Terhadap Kinerja
Prototype Shell And Tube Aliran Berlawanan Arah**

Dwi Rendi Saputra Latuconsina¹⁾, Azmain Noor Hatuwe^{2*)}, Jeffrie J. Malakauseya³⁾
^{1,2,3)} Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ambon,

rendilatuconsina8@gmail.com, Noor.azmain@gmail.com, malakauseyajeff@gmail.com

Abstract

Advancements in technology and heat transfer systems necessitate heat exchangers that meet industrial requirements. Heat exchangers play a crucial role in heat transfer; the counter-flow type, in particular, is widely used due to its superior heat transfer capabilities. This study investigates the effect of varying the inlet temperature of the cold fluid on heat exchanger performance. The cold fluid inlet temperature ($T_{c,in}$) was varied specifically at 20.9°C, 23.3°C, 25.1°C, 28.2°C, 30.4°C, and 32.2°C as the independent variable, while total energy and the overall heat transfer coefficient served as the dependent variables. The results indicate that increasing the initial temperature of the cooling water entering the exchanger leads to a rise in the cooling water temperature and a decrease in the outlet temperature of the hot fluid; notably, the overall heat transfer coefficient (U) increased from 672.71 W/m²°C to 852.74 W/m²°C. Regarding total heat transfer energy, the total energy released was 9,414 J/s during the first test (initial temperature of 20.9°C) and 8,451.68 J/s during the fifth test (initial temperature of 30.4°C), representing a decrease of 962.68 J/s in released energy. Both the exchanger effectiveness and the NTU value tended to increase; the first test yielded effectiveness and NTU values of 0.46 and 2.25, respectively, while the final test resulted in values of 0.54 and 2.85. The increase in NTU was driven by the rise in the overall heat transfer coefficient (U), while the increase in effectiveness was influenced by the rise in the NTU value.

Keywords: Heat Exchanger, Flow Rate, Heat Transfer

Abstrak

Dalam perkembangan teknologi dan sistem perpindahan panas diperlukan suatu alat penukar kalor yang menunjang kebutuhan industri. Oleh karena itu *heat exchanger* sangat berperan penting dalam mentransfer panas, salah satu alat penukar panas yaitu *heat exchanger* yang banyak digunakan adalah tipe berlawanan arah yang dimana memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mentransfer panas.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh kinerja heat exchanger akibat variasi temperatur awal fluida dingin yang masuk ke dalam exchanger. Temperatur masuk fluida dingin ($T_{c,in}$) divariasikan dari 20,9°C, 23,3°C, 25,1°C, 28,2°C, 30,4°C, 32,2°C, sebagai variabel bebas, sedangkan variabel terikat adalah energi total, koefisien perpindahan panas menyeluruh. Dari hasil penelitian diperoleh penjelasan bahwa meningkatkan temperatur awal air pendingin yang masuk ke dalam exchanger akan berpengaruh pada peningkatan temperatur air pendingin dan penurunan temperatur fluida panas yang keluar dari exchanger, dimana Koefisien Perpindahan Panas menyeluruh (U) nilainya naik dari 672,71 W/m²°C menjadi 852,74 W/m²°C. Sedangkan terhadap energi total perpindahan panas, pada pengujian pertama (temperatur awal 20,9 °C) energi yang dapat dilepaskan sebesar 9414 J/s sedangkan pada pengujian ke lima (temperatur awal 30,4 °C) energi yang dapat dilepaskan sebesar 8451,68 J/s. Terjadi penurunan energi yang dapat dilepaskan sebesar 962,68 J/s. Nilai efektivitas exchanger dan besar nilai NTU yang dapat dihasilkan cenderung naik, pada pengujian pertama nilai efektivitas dan NTU yang dihasilkan sebesar 0,46 dan 2,25. Dan pada pengujian terakhir dihasilkan nilai efektivitas dan NTU sebesar 0,54 dan 2,85. Nilai NTU meningkat disebabkan nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh (U) meningkat. Sedangkan kenaikan nilai efektivitas dipengaruhi meningkatnya nilai NTU.

Kata kunci: Heat Exchanger, Laju Aliran, perpindahan Panas

PENDAHULUAN

Alat penukar kalor (*heat exchanger*) merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk mentransfer energi panas (*entalpi*) antara dua atau lebih fluida, antara permukaan padat dengan fluida, atau antara partikel padat dengan fluida, pada temperatur yang berbeda serta terjadi kontak termal. Lebih lanjut tentang alat penukar kalor ini mencakup berbagai jenis alat dengan prinsip kerja yang bergantung pada mekanisme perpindahan panas, seperti konduksi dan konveksi, serta konfigurasi fisik alat. Alat penukar panas sangat

penting baik dalam kehidupan sehari-hari seperti alat pendingin *water cooler* mesin diesel, kondensor atau sebagai alat pemanas mula minyak bumi pada proses destilasi.

Alat penukar kalor tipe *shell and tube*, jenis ini tersusun satu buah pipa yang di dalamnya terdapat sejumlah pipa kecil, di mana satu fluida melalui *tube* dan fluida lain di alirkan melalui ruang *shell*. Kelebihan dari alat penukar kalor jenis ini adalah kemampuannya dalam menukar kalor dengan jumlah yang lebih besar, desain yang relatif sederhana, serta mudah dalam perawatan dan pengoperasian, sehingga banyak diaplikasikan di dunia industri. Prototipe jenis alat kalor ini telah merancang dan dibuat oleh Farid (2025). Dimensi alat meliputi panjang *shell* 60 cm dengan diameter dalam 11,4 cm dan luar 11,6 cm, empat flans besi berdiameter dalam 11,5 cm, dan luar 19,7 cm serta dua dop pipa 4 inch dengan panjang masing-masing 6 cm yang memiliki diameter dalam 11,4 cm dan luar 11,5 cm. Selain itu, digunakan pipa tube aluminium berdiameter dalam 0,5 cm, luar 0,6 cm. Jumlah tube sebanyak 68 buah dengan panjang 60 cm serta plat besi sebagai baffle dan luas penampang (A) 0,76 m².

Prototipe exchanger ini belum dilakukan pengujian capaian kinerjanya bila diberikan nilai temperatur awal air pendingin yang berbeda (variasi). Sehingga perlu kiranya dilakukan pengujian agar dapat diketahui capaian kinerjanya.

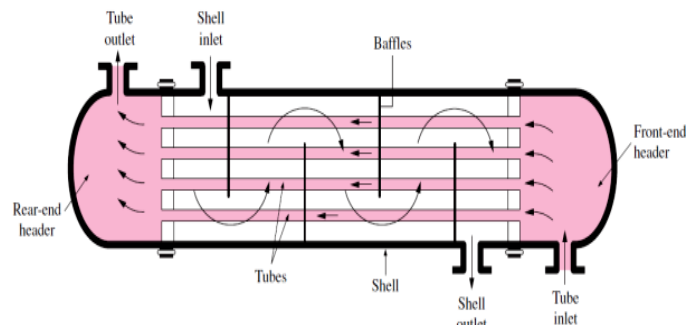
TINJAUAN PUSTAKA

Secara umum alat penukar kalor merupakan alat yang di buat untuk proses perpindahan panas suatu energi (kalor), menggunakan media fluida baik gas, panas, maupun dingin, dari suatu daerah ke daerah yang lain karena adanya perbedaan temperatur dan suhu. Maka dari itu di perlukan sebuah perancangan dari desain alat penukar kalor (*heat exchanger*) jenis *shell and tube*, dan memfabrikasi komponen-komponen thermal dan mekanikal menjadi sebuah alat penukar kalor. Selain itu agar perancangan dapat terarah dengan baik, maka ada beberapa hal yang harus di lakukan seperti perhitungan komponen utama *shell and tube* dan proses perancangan alat penukar kalor (*heat exchanger*).

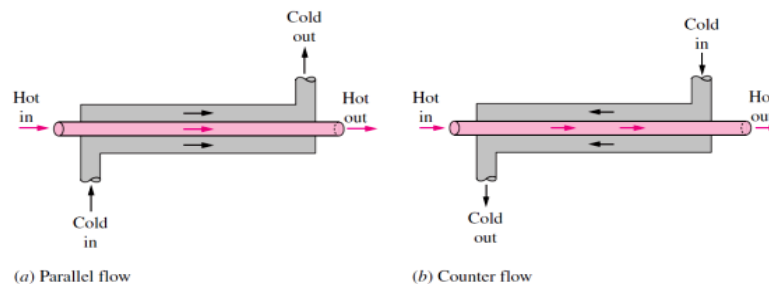
Menurut Dean A Barlet (1996) bahwa alat penukar kalor memiliki tujuan untuk mengontrol suatu sistem (temperatur) dengan menambahkan atau menghilangkan energi termal dari suatu fluida ke fluida lainnya. Walaupun ada banyak perbedaan ukuran, tingkat kesempurnaan, dan perbedaan jenis alat penukar kalor, semua alat penukar kalor menggunakan elemen-elemen konduksi termal yang pada umumnya berupa tabung “tube” atau plat untuk memisahkan dua fluida. Salah satu dari elemen tersebut, memindahkan energi kalor ke elemen yang lainnya. Pada peralatan alat penukar kalor, efisiensi atau efektivitas perpindahan panas di dalam sebuah alat penukar kalor (APK) didefinisikan sebagai perbandingan antara laju perpindahan panas yang aktual atau sebenarnya terjadi di dalam sebuah alat penukar kalor dalam laju perpindahan panas yang maksimum yang mungkin secara termodinamika berlangsung di dalam alat tersebut.

Menurut T. Kuppan (2000) suatu Heat exchanger terdiri dari elemen penukar kalor yang disebut sebagai inti atau matrix yang berisikan di dinding penukar kalor, dan elemen distribusi fluida seperti tangki, nozzle masukan, nozzle keluaran, pipa-pipa, dan lain-lain. Biasanya, tidak ada pergerakan pada bagian-bagian dalam Heat exchanger. Dinding permukaan Heat exchanger adalah bagian yang bersinggungan langsung dengan fluida yang mentransfer kalornya secara konduksi.

Menurut Khairil Anwar (2011, Penukar Kalor merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk menurunkan dan atau meningkatkan temperatur sebuah sistem dengan memanfaatkan suatu media pendingin atau pemanas sehingga kalor dapat berpindah dari temperatur yang tinggi ke temperatur yang lebih rendah. Ada beberapa jenis penukar kalor, seperti Shell and Tube, double pipe dan, Compact heat exchanger. Shell and Tube merupakan jenis penukar kalor yang terdiri dari sebuah tabung (Shell) yang di dalamnya tersusun berkas pipa (Tube). Pada jenis alat penukar kalor ini, fluida panas mengalir di dalam tube sedangkan fluida dingin mengalir di luar tube atau di dalam shell atau sebaliknya. Karena kedua aliran fluida melintasi penukar kalor hanya sekali, maka susunan ini disebut penukar kalor satu lintas (single-pass). Jika kedua fluida itu mengalir dalam arah yang sama, maka penukar kalor ini bertipe aliran searah (parallel flow). Jika kedua fluida itu mengalir dalam arah yang berlawanan, maka penukar kalor ini bertipe aliran berlawanan.



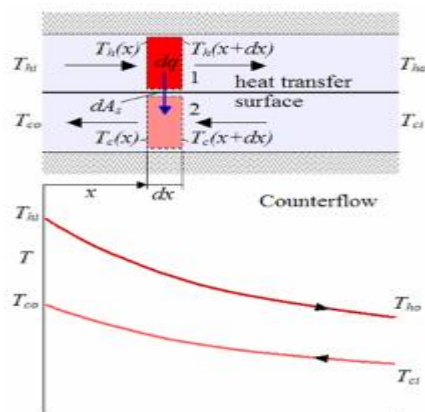
Gambar 1 Shell and Tube heat Exchanger



Gambar 2. Different flow regimes and associated temperature profiles in a double-pipe heat exchanger

Sumber: Yunus A. Cengel (2003)

Dua aliran fluida berbeda temperature dimasukkan ke dalam exchanger, kedua fluida tidak tercampur karena dipisahkan oleh dinding pipa. Fluida panas akan mengalami penurunan temperature hingga keluar dari exchanger, dan fluida dingin akan mengalami kenaikan temperature hingga keluar dari exchanger dapat dilihat karakteristiknya pada gambar grafik sebagai berikut:



Gambar 3. Profil suhu fluida panas dan fluida dingin sebagai fungsi dari jarak (posisi) yang mengakibatkan beda suhu lokal berubah dengan jarak

Sumber: Wayan (2016)

Gun Aprianto, dkk (2021), melakukan penelitian tentang Desain dan Rancang Bangun Alat Penukar Kalor (*Heat Exchanger*) Jenis *Shell and Tube*. Adapun kegiatan yang dilakukan antara lain melakukan perhitungan untuk komponen utama, membuat gambar kerja, pemilihan bahan untuk membuat alat uji, percobaan fungsi kerja alat dan pengambilan data untuk membandingkan hasil perhitungan terhadap hasil kerja alat. Kemudian alat ini dapat digunakan untuk praktikum mahasiswa di laboratorium Teknik Mesin Universitas Islam As-syafi'iyah. Alat penukar kalor ini menggunakan fluida oli pada sisi tubedan fluida air pada sisi shell, selain itu memiliki jumlah tube sebanyak 166 pcs dengan diameter 15,875 mm x 1 meter. Dengan diameter dalam shell sebesar 300 mm dengan

menggunakan one pass shell. Suhu yang digunakan untuk merancang alat penukar kalor sebesar 600C pada suhu panas masuk dan 350C pada suhu keluar. Pada pengujian alat penukar kalor ini menggunakan 5 variasi kecepatan pada sisi shell dan kecepatan pada sisi tubekonstan

Robiyanyusra, dkk (2021), meneliti tentang efektivitas laju perpindahan panas alat penukar kalor tipe double pipe. Hasil penelitiannya memberikan informasi bahwa nilai efektivitas pada alat penukar kalor dengan memvariasikan temperatur fluida panas yang masuk 40⁰C, 45⁰C, 50⁰C, 55⁰C, 60⁰C dan temperatur pendingin ±29⁰C. Diperoleh laju aliran volume fluida kalor sebesar 1,65 l/menit, dan laju aliran volume dingin sebesar 2,65 l/menit .

Rapi Nugraha, dkk (2021), meneliti tentang analisa perhitungan kerja alat penukar kalor berdasarkan data desain dan data aktual. Dari hasil penelitiannya memberikan informasi bahwa fluida panas (hot fluid) adalah uap panas (steam) dan fluida dingin (cold fluid) adalah campuran methanol, metil format, dan air sebagai fluida yang dipanaskan. Untuk menentukan besar kecilnya panas yang dipindahkan pada beda temperature ini tergantung pada harga variabel yang ditentukan, dimana pada suatu alat penukar kalor tersebut ini dapat diperkirakan besarnya melalui hasil perhitungan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa efektivitas Reboiler pada data aktual sekitar 83,31% sedangkan pada data desain hanya 21,5%. Untuk mendapatkan hasil maksimal, hendaknya melakukan koreksi kembali terhadap data desain atau specification sheet, dan ditemukan hasil perhitungan yang tidak ideal pada efektivitas performa Reboiler AB 464.

Yanto dan Erwin Pardede, (2023), meneliti tentang Analisa Laju Perpindahan Kalor Pada Alat Penukar Panas Kondensor Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) di. PT XYZ. Hasil penelitiannya memberikan informasi bahwa, pertukaran laju perpindahan panas pada heat echanger ialah aliran searah (co current) dan aliran berlawanan (counter flow). Dan perhitungan laju perpindahan panas menyeluruh dengan laju aliran fluida pendingin diketahui 587,1501 Kg/s sebesar 9707788,01 Kcal/s , 588,4101 Kg/s sebesar 9791147,36 Kcal/s dan Laju aliran 589,6701 Kg/s sebesar 10374809,06 Kcal/s. Semakin besar laju aliran fluida pendingin makan semakin besar pula laju perpindahan panas yang terjadi.

KAJIAN TEORITIS

Kinerja exchanger shell and tube dapat ditentukan nilainya melalui tahapan perhitungan parameter sebagai berikut:

- Total panas yang ditransfer pada alat penukar kalor dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut, Holman (1984):

$$Q = U \times A \times LMTD, \text{ w/m}^2.\text{°C}$$

Keterangan :

Q = laju perpindahan panas actual pada alat penukar kalor (w)

U = koefisien perpindahan panas menyeluruh (w/m².°C)

A = luas permukaan perpindahan panas (m²)

LMTD = Log mean Temperature Difference (°c)

- LMTD dapat ditentukan nilainya menggunakan persamaan sebagai berikut, Ali Hasim Pane (2014),

$$\Delta T_1 \left\{ \begin{array}{c} T_{h, in} \longrightarrow T_{h, out} \\ T_{c, out} \longleftarrow T_{c, in} \end{array} \right\} \Delta T_2$$

$$LMTD = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right)} = \frac{(T_{h, in} - T_{c, out}) - (T_{h, out} - T_{c, in})}{\ln \left(\frac{T_{h, in} - T_{c, out}}{T_{h, out} - T_{c, in}} \right)}$$

Keterangan:

T = temperatur

h, c = fluida panas, fluida dingin

- Jumlah satuan perpindahan panas (NTU) untuk exchanger dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut, Wayan (2016),

$$NTU = \frac{U, A}{C_{min}}$$

Laju kapasitas panas,

$$C_{min} = m.C_p$$

Keterangan:

m = massa fluida

C_p = panas jenis fluida

- Efektivitas dari exchanger berlawanan arah dapat ditentukan nilainya melalui persamaan sebagai berikut, Holnam (9184):

$$\epsilon = \frac{1 - \exp[-UA/C_{min}(1 - C_{min}/C_{maks})]}{1 - \left(\frac{C_{min}}{C_{maks}}\right) \exp[-UA/C_{min}(1 - C_{min}/C_{maks})]}$$

Keterangan:

C_{min}, C_{maks} = kapasitas panas fluida dingin, kapasitas panas fluida panas

METODOLOGI

Jenis penelitian ini dengan menggunakan metode studi eksperimen dilaboratorium, dengan kegiatan melakukan pengujian pada alat dengan memvariasi temperatur masuk air pendingin terhadap kinerja *prototype shell and tube* aliran berlawanan arah.

Variable penelitian berupa, variable bebas adalah variasi temperatur air masuk 20,9°C, 23,3°C, 25,1°C, 28,2°C, 30,4°C, 32,2°C, sedangkan variable terikat adalah energi total, koefisien panas menyeluruh (U), NTU dan Efektivitas.

PEMBAHASAN

Penelitian ini dimaksudkan untuk menguji kinerja *exchanger* type beffel menyilang arah aliran berlawanan arah seperti yang diketahui *exchanger* adalah alat penukar panas yang bekerja dengan cara memindahkan panas fluida ke fluida yang lebih dingin secara konduksi melalui dinding pipa. Pada perlakuan penelitian ini air dingin yang masuk ke dalam *exchanger* divariasikan temperaturnya, ketika proses perpindahan panas berlangsung di dalam *exchanger*. sensor yang terpasang pada sisi masuk dan keluar fluida dingin dan panas akan mencatat temperatur dan juga debit air yang masuk pada kedua jenis fluida di data. Selanjutnya data hasil perolehan penelitian digunakan untuk menghitung efektivitas *exchanger*. Penelitian diuraikan pada sub bahasan selanjutnya.

Pada *heat exchanger* ini, fluida panas dan dingin bergerak masuk secara berlawanan arah. Fluida dingin dan panas akan dialirkan secara bersamaan. Fluida Panas akan masuk dan mengalir kedalam *tube* sedangkan Fluida dingin masuk dan mengalir dan memenuhi dinding *shell*.

1. Alat Uji Heat Exchanger

Alat utama tempat berlangsungnya perpindahan panas antara dua fluida yang memiliki suhu berbeda. Pada konfigurasi *counter flow*, fluida panas dan dingin mengalir secara berlawanan arah sehingga perbedaan temperatur rata-rata menjadi lebih besar. Hal ini membuat proses perpindahan panas lebih efisien dibandingkan dengan aliran searah (*parallel flow*). Alat uji heat exchanger pada penelitian memiliki panjang 60 cm dengan bentuk diperlihatkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. Heat exchanger

2. DATA PENGUJIAN

- **Luas Permukaan Perpindahan Panas (A)**

$$A = 0,7684811 \text{ m}^2$$

- **Temperatur Panas Masuk ($T_{h_{in}}$)**

Pada pengujian 1-6, temperatur suhu fluida panas yang masuk adalah sama yaitu 92°C.

- **Kapasitas Panas Spesifik Pada Fluida panas (ch)**

Untuk kapasitas panas spesifik pada fluida panas (ch) adalah sama karena nilai temperatur pada air panas masuk adalah 92°C maka untuk menghitung panas spesifik fluida panas pada pengujian satu sampai dengan sebelas nilainya adalah 4208 J/kg°C.

- **Debit Air Keluar (m)**

Fluida Dingin = 0,075 L/s

Fluida Panas = 0,05 L/s

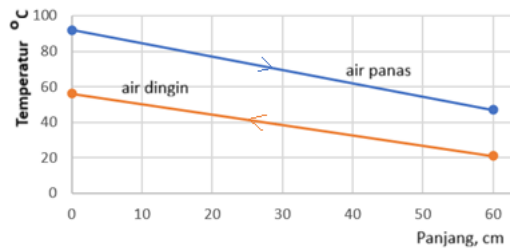
- **Temperatur air**

Pada pengujian temperatur pada exchanger menghasilkan data sebagaimana tertera pada tabel 1.

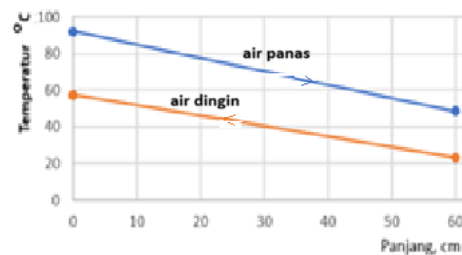
Tabel 1. Data hasil pengukuran temperatur air

Pengujian	Th,in (°C)	Th,out (°C)	Tc,in (°C)	Tc,out (°C)
1	92	47	20,9	56
2	92	48,5	23,3	57,3
3	92	49,4	25,1	58,5
4	92	50	28,2	61
5	92	51,6	30,4	62,5

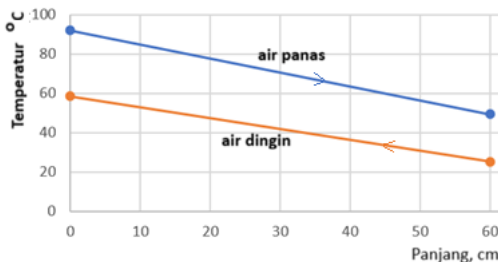
Data hasil pengukuran temperatur fluida panas dan fluida dingin yang masuk ke dalam exchanger, dan temperatur keluarnya pada tiap pengujian di tampilkan pada gambar sebagai berikut:



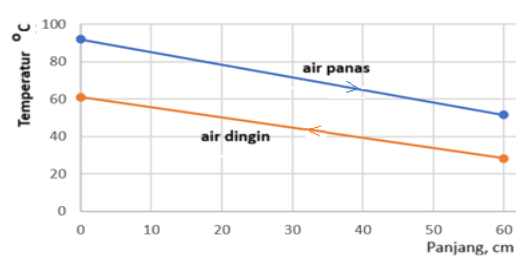
Gambar 1. Pengujian 5, Tc,in 20,9 °C



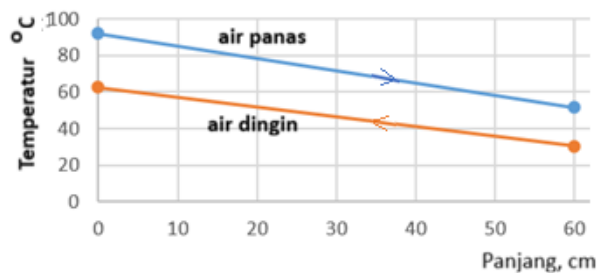
Gambar 2. Pengujian 6, Tc,in 23,3 °C



Gambar 3. Pengujian 7, Tc,in 25,1 °C



Gambar 4. Pengujian 8, Tc,in 28,2 °C



Gambar 5. Pengujian 9, Tc,in 30,4 °C

3. ANALISIS DATA

Data pengukuran temperatur pada tabel 1, selanjutnya digunakan untuk untuk menghitung variable kinerja exchanger melalui tahapan sebagai berikut:

- **Perhitungan Q, LMTD dan U**

Data temperatur hasil pengujian exchanger pada tabel 1, selanjutnya dipergunakan untuk menghitung kalor perpindahan panas (Q), LMTD dan koefisien perpindahan panas menyeluruh (U). Hasil perhitungannya di tampilkan pada tabel 2, sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil perhitungan Q, LMTD dan U

Pengujian	A (m ²)	Q (J/s)	LMTD	U (w/m ² .°C)
1	0,77	9414,00	18,17	672,71
2	0,77	9100,20	17,40	679,15
3	0,77	8911,92	16,39	706,23
4	0,77	8786,40	14,03	813,35
5	0,77	8451,68	12,87	852,74

• **Kapasitas Panas Fluida Maksimum (C_{maks}) dan Minimum (C_{min})**

$$C_{maks} = M_c \times Ch$$

Dimana

$$m_c = 0,075 \text{ kg/s}$$

$$Ch = 4184 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$$

$$C_{maks} = 0,05 \times 4184 = 313,8 \text{ J/s}^\circ\text{C}$$

$$C_{min} = m_h \times C_c$$

$$M_h = 0,05 \text{ kg/s}$$

$$C_c = 4184 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$$

$$C_{min} = 4184 \times 0,055 = 230,29 \text{ J/s}^\circ\text{C}$$

• **Nilai Efektivitas (ε) dan NTU**

Tabel 3. Data hasil perhitungan Efektifitas

A (m ²)	LMTD	U (w/m ² .°C)	Cmaks	Cmin	ε	NTU
0,77	18,17	672,71	313,8	230,29	0,46	2,25
0,77	17,40	679,15	313,8	230,29	0,46	2,27
0,77	16,39	706,23	313,8	230,29	0,48	2,36
0,77	14,03	813,35	313,8	230,29	0,52	2,72
0,77	12,87	852,74	313,8	230,29	0,54	2,85

Pengujian exchanger terhadap kinerjanya menurunkan temperatur air panas 92 °C dengan variasi air temperatur air pendingin sebesar 20,9 °C, 23,3 °C, 25,1 °C, 28,2 °C dan 30,4 °C, memberikan penjelasan bahwa bertambahnya temperatur awal air yang masuk meningkatkan temperatur keluar air panas dan air dingin. Grafik temperatur dari masing-masing pengujian menunjukkan grafik penurunan temperatur air panas dan grafik kenaikan temperatur air dingin memiliki kemiringan mendekati sama. Data pengukuran temperatur air panas masuk (Th,in), temperatur panas keluar (Th,out) dan temperatur air dingin masuk (Tc,in), temperatur air dingin keluar (Tc,out) pada pengujian 1 s.d 5 menghasilkan grafik temperatur pada gambar 5 s.d 9. Grafik ini memiliki kemiripan dengan gambar 3 (wayan, 2016), dimana kurva pada gambar-gambar tersebut memiliki kesamaan pada beda temperatur Th,in–Tc, out lebih besar dari Th,out–Tc, in.

Garis pada grafik temperatur dibuat garis lurus dikarenakan pada penelitian ini tidak mengukur temperatur secara khusus pada perbagian jarak tube, hanya mengukur tempetur air masuk dan air keluar pada air panas dan dingin. Pada garis grafik temperatur seharusnya melengkung seperti nampak pada gambar 3, dikarenakan hubungan antara suhu dan panjang pipa penukar panas tidak bersifat linear (lurus). Laju perpindahan panas yang terjadi dihitung menggunakan parameter LMTD (*Logarithmic Mean Temperature Difference*). Laju perpindahan panas ini bergantung pada perbedaan suhu lokal, yang nilainya berubah secara eksponensial sepanjang penukar kalor.

Temperatur awal air pendingin yang divariasikan berpengaruh terhadap perpindahan panas yang dapat dihasilkan. Pada pengujian pertama temperature awal 20,9 °C energi yang dapat dilepaskan sebesar 9414 J/s sedangkan pada pengujian ke lima tempetur awal 30,4 °C energi yang dapat dilepaskan sebesar 8451,68 J/s. Terjadi penurunan energi yang dapat dilepaskan sebesar 962,68 J/s. Penurunan kemampuan perpindahan panas ini disebabkan perbedaan temperatur antara fluida panas dan dingin. Seperti yang diketahui, semakin besar beda temperatur akan meningkatkan energi yang dapat ditransfer.

Nilai efektivitas exchanger dan besar nilai NTU yang dapat dihasilkan cenderung naik, pada pengujian pertama nilai efektivitas dan NTU yang dihasilkan sebesar 0,46 dan 2,25. Dan pada pungenjian terakhir dihasilkan nilai efektivitas dan NTU sebesar 0,54 dan 2,85. Nilai NTU meningkat disebabkan nilai

koefisien perpindahan panas menyeluruh (U) meningkat. Sedangkan kenaikan nilai efektivitas dipengaruhi meningkatnya nilai NTU.

Penutup

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa meningkatkan temperatur awal air pendingin yang masuk ke dalam exchanger akan berpengaruh pada:

1. Terjadi peningkatan temperatur air pendingin dan penurunan temperatur fluida panas yang keluar dari exchanger.
2. Koefisien Perpindahan Panas menyeluruh (U) nilainya naik dari 672,71 W/m²°C menjadi 852,74 W/m²°C.
3. Temperatur awal air pendingin yang divariasikan berpengaruh terhadap perpindahan panas yang dapat dihasilkan. Pada pengujian pertama temperature awal 20,9 °C energi total yang dapat dilepaskan sebesar 9414 J/s sedangkan pada pengujian ke lima tempertur awal 30,4 °C energi total yang dapat dilepaskan sebesar 8451,68 J/s. Terjadi penurunan energi yang dapat dilepaskan sebesar 962,68 J/s.
4. Nilai efektivitas exchanger dan besar nilai NTU yang dapat dihasilkan cenderung naik, pada pengujian pertama nilai efektivitas dan NTU yang dihasilkan sebesar 0,46 dan 2,25. Dan pada pengujian terakhir dihasilkan nilai efektivitas dan NTU sebesar 0,54 dan 2,85. Nilai NTU meningkat disebabkan nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh (U) meningkat. Sedangkan kenaikan nilai efektivitas dipengaruhi meningkatnya nilai NTU.

Saran

Heat exchanger ini perlu dilakukan penelitian lanjutan, berupa kemampuannya mendinginkan fluida panas jenis yang lain seperti oli mesin, atau kemampuan kinerjanya sebagai kondensor.

Referensi

- Barlet, D.A. (1996). *The Fundamentals of Heat Exchangers*, <http://wanderlodgegurus.com>
- B. Septian, A. Aziz, dan P.D. Rey. (2021). *Desain dan Fabrikasi Alat Penukar Kalor (Heat Exchanger) tipe shell and tube*, Metrik Serial Teknologi dan Sain (E) ISSN: 2774-2989, Volume: 2, Nomor: 1.
- Farid. (2025). *Analisis rancangan dan pembuatan prototipe shell and tube heat exchanger baffle menyilang aliran berlawanan arah (counter flow)*, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ambon.
- Holman, J P. (1984). *Perpindahan Kalor*, Terjemahan Ir. E Jasjfi, Msc, Jakarta, Erlangga.
- Kuppan, T. (2000). *Heat Exchanger Design Handbook*. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Pane A Hasim. (2014) *Modul Penyelesaian Soal Alat Penukar Kalor (Heat Exchanger) Edisi Percobaan*, Sumatra Utara: Medan.
- Rapi Nugraha, Reza Setiawan, Ratna Dewi Anjani. (2021). *Analisa Perhitungan Kerja Alat Penukar Kalor*, Jurnal Teknik Energi, Vol. 17 No. 3.
- Robiyanyusra, Usman A Gani Muhammad Taufiqurrahman. (2021), *Experimental Study of Single Helical V-Grooved Double Pipe Heat Exchanger*, Proceedings of the International Conference on Applied Science and Technology on Engineering Science 2025 (iCAST-ES 2025), Advances in Engineering Research 283.
- Yanto dan Erwin Pardede. (2023). *Analisa Laju Perpindahan Kalor Pada Alat Penukar Panas Kondensor Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) di PT XYZ*, JURNAL VOKASI TEKNIK (JuVoTek).
- Yunus A. Cangel. (2003). *Heat Transfer A Practical Approach, Second Edition*, McGraw-Hill New York
- Wayan Nata Septiadi. 2016. *Alat Penukar Kalor*, Modul Pratikum, Teknik Mesin Universitas Udayana