

Analisis Sudut Penyekat Pada Mesin Penukar Kalor Tipe *Shell and Tube*

Rijal Arif Muhaimin¹⁾, Rany Puspita Dewi²⁾, Ikhwan Taufik³⁾, Sigit Iswahyudi⁴⁾

¹⁻⁴⁾ Universitas Tidar, Kota Magelang

rijalam20@gmail.com

Abstrak

Heat exchanger adalah mesin penukar panas yang berfungsi untuk mengubah suhu dan fasa suatu fluida, baik dari panas ke dingin maupun sebaliknya. Mesin ini banyak digunakan di industri pengolahan minyak dan gas, pembangkit listrik, serta industri kimia. Untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi, dilakukan penelitian dengan mendesain sudut *baffle* sebesar 180°, 200°, dan 220°. Penelitian ini menggunakan simulasi perangkat lunak *Ansys Workbench R2* dan perhitungan matematis. Luas permukaan *heat exchanger* terbesar ditemukan pada variasi sudut 220° dengan luas 8,17 m². Nilai LMTD tertinggi dicapai pada sudut 180° dengan suhu 74,4°C, yang juga menghasilkan distribusi perpindahan panas dan efisiensi optimal sebesar 83,845%, berkat tingkat turbulen 6026,6 yang menjaga aliran fluida tetap stabil. Penurunan tekanan tertinggi terjadi pada sudut 180°, dengan nilai tekanan masuk minyak 120 Pa dan air 0,915 Pa. Besar perpindahan panas tercatat sebesar 7615,840 W/m²°C. Dengan demikian, semakin kecil sudut *baffle*, semakin besar perpindahan kalor yang terjadi.

Kata Kunci: CFD, efisiensi, *heat exchanger*, LMTD, pressure.

Abstract

A *heat exchanger* is a heat exchange machine whose function is to change the temperature and phase of a fluid, from hot to cold or vice versa. This machine is widely used in the oil and gas processing industry, power plants, and the chemical industry. To improve performance and efficiency, research was carried out by designing baffle angles of 180°, 200° and 220°. This research uses *Ansys Workbench R2* software simulation and mathematical calculations. The largest *heat exchanger* surface area is found at an angle variation of 220° with an area of 8.17 m². The highest LMTD value is achieved at an angle of 180° with a temperature of 74.4°C, which also produces heat transfer distribution and optimal efficiency of 83.845%, thanks to the turbulent level of 6026.6 which keeps the fluid flow stable. The highest pressure drop occurs at an angle of 180°, with an oil inlet pressure value of 120 Pa and water of 0.915 Pa. The amount of heat transfer was recorded at 7615,840 W/m²°C. Thus, the smaller the baffle angle, the greater the heat transfer that occurs.

Keywords: CFD, efficiency, *heat exchanger*, LMTD, pressure.

Pendahuluan

Heat exchanger merupakan suatu mesin penukar panas atau kalor yang memiliki fungsi guna mengubah *temperature* dan fasa suatu jenis fluida. Proses tersebut dapat terjadi karena pemanfaatan proses perpindahan kalor atau panas dari fluida yang bersuhu tinggi menuju fluida yang bersuhu rendah ataupun dari fluida bersuhu rendah menuju fluida yang bersuhu tinggi. Alat penukar kalor ini digunakan dalam dunia industri seperti industri pengolahan minyak, industri gas, industri kertas, industri kayu lapis, industri

pembangkit listrik, industri makanan dan industri lainnya yang proses produksinya menggunakan *boiler* (Prisyazhniuk, 2009). Secara umum ada dua tipe penukar panas yaitu tipe kontak langsung dan tipe tidak kontak langsung. Sedangkan untuk jenis jenis *heat exchanger* seperti *double pipe heat exchanger*, *plate and frame heat exchanger*, *spiral heat exchanger*, *shell and tube heat exchanger*, *U tube type*. Untuk aliran arah fluida terbagi menjadi tiga tipe yaitu tipe aliran berlawanan arah, tipe aliran sejajar, aliran silang (Khairuddin, 2018). Penelitian terhadap kinerja penukar kalor dengan arah aliran searah dengan *double pipe exchanger* menyatakan bahwa alat penukar kalor ini belum maksimal dalam prosesnya dikarenakan adanya faktor pengotor (*fouling*) sehingga perpindahan panas yang terjadi tidak terjadi sepenuhnya (Yaqin et al., 2022). Efisiensi nyata dari *plate and frame heat exchanger* sebesar 91,74% dan *fouling factor* sebesar $7,93 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$, dari data tersebut *fouling factor* yang lebih besar menyebabkan peningkatan resistensi terhadap perpindahan panas dan aliran fluida sehingga menyebabkan penurunan fluida yang disebabkan endapan-endapan yang berada pada permukaan *heat exchanger* (Hendri, 2023). Pentingnya keseimbangan energi dalam *heat exchanger* menuntut bahwa jumlah kalor yang dikeluarkan oleh fluida bersuhu tinggi harus sama dengan jumlah kalor yang diserap oleh fluida bersuhu rendah (Chan et al., 2022). Umumnya, aliran fluida dalam *shell and tube heat exchanger* adalah searah (*parallel flow*) atau berlawanan (*counter flow*). Untuk membuat aliran fluida dalam *shell and tube heat exchanger* menjadi *cross flow* biasanya ditambahkan penyekat atau *baffle* (Muzaki & Anggara, 2022). Adapun penelitian lain bertujuan untuk mengevaluasi unjuk kerja *heat exchanger* jenis *shell and tube*, melibatkan parameter seperti *Log Mean Temperature Difference*, *temperature* kalorik, luas daerah aliran, kecepatan aliran massa, bilangan *Reynold*, faktor perpindahan panas, bilangan *Prandtl*, koefisien perpindahan panas, *temperature* dinding *tube*, rasio *viskositas*, koefisien perpindahan panas terkoreksi, *clean overall heat transfer coefficient*, *overall heat transfer coefficient design*, serta faktor pengotoran dan *pressure drop* (Sebayang, 2020). Dari penelitian yang telah banyak dilakukan dapat disimpulkan bahwa masih terdapat kekurangan antara lain aliran fluida yang kurang *turbulance*, terdapat *fouling* atau pengotor residu yang menempel pada dinding permukaan sehingga peneliti akan melakukan penelitian dengan mesin *heat exchanger* dengan tipe *shell and tube* dengan 3 variasi desain yang telah dimodifikasi sedemikian rupa dengan standar yang telah ada. Menggunakan jenis aliran berlawanan arah

(*counter flow*) aliran fluida dengan memodifikasi sudut *baffle* agar aliran fluida lebih *turbulence* dengan memperhatikan faktor lain sehingga perpindahan panas yang terjadi bisa maksimal.

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka rumusan masalah dari penelitian ini yaitu mengetahui bagaimana arah fluida, *temperature*, *pressure drop* dan efisiensi yang dihasilkan dari 3 variasi *baffle*. Batasan masalah yang menjadi fokus penelitian ini diharapkan penulis sebagai berikut: Desain *baffle* meliputi 3 variasi *baffle*. Variabel penelitian menggunakan 3 jenis variasi desain yaitu desain *baffle* model ke-1 yaitu membentuk setengah lingkaran yang memiliki sudut 180° sebanyak 4 *baffle* yang dipasang berlawanan dengan jarak masing-masing 400 mm. Desain *baffle* model ke-2 yaitu membentuk setengah lingkaran yang memiliki sudut 200° sebanyak 4 *baffle* yang dipasang berlawanan dengan jarak masing- masing 400 mm. Desain *baffle* model ke-3 yaitu membentuk setengah lingkaran yang memiliki sudut 220° sebanyak 4 *baffle* yang dipasang berlawanan dengan jarak masing masing 400 mm. Gambar desain menggunakan *solidworks 2023*. Simulasi *Computational Fluid Dynamics (CFD) Fluent* menggunakan *Ansys Workbench 2023 R2*. Analisis Kinerja *heat exchanger* meliputi arah *fluida*, *pressure drop*, perubahan *Temperature* dan *heat transfer* yang terjadi secara konveksi. Perancangan menggunakan material berjenis *stainless steel 304* dan tembaga C-1100. Spesifikasi dimensi *inlet* 800 mm, *outlet* 800 mm, panjang 1440 mm, dan lebar 520 mm. Laju alir massa fluida air 0,06 kg/s dan laju alir massa fluida *oil* 0,02 kg/s. *Temperature* suhu fluida air masuk 363K dan *temperature* suhu fluida *oil* 289K.

Tujuan yang dicapai dalam penelitian ini yaitu Mampu mengetahui pengaruh 3 variasi sudut *baffle* terhadap arah fluida yang dihasilkan. Mampu mengetahui pengaruh 3 variasi sudut *baffle* terhadap nilai *temperature* yang dihasilkan. Mampu mengetahui pengaruh 3 variasi sudut *baffle* terhadap nilai *pressure drop* yang dihasilkan. Mampu mengetahui pengaruh 3 variasi sudut *baffle* terhadap nilai *heat transfer* yang dihasilkan. Mampu mengetahui pengaruh 3 variasi sudut *baffle* terhadap efisiensi dari desain penyekat (*baffle*) terhadap kinerja dari mesin *heat exchanger*.

Manfaat penelitian dapat diperoleh dari penelitian desain dari kinerja mesin *heat exchanger* ini adalah mampu membuat desain mesin *heat exchanger* dengan tipe *shell and tube* yang memiliki efisiensi yang lebih besar dan mengurangi tingkat *fouling* atau pengotoran pada permukaan dinding *tube*. Memiliki keluaran *temperature* dari fluida *oil*

di suhu 30°C – 50°C. Sebagai referensi dan acuan mengenai simulasi desain baffle di dunia industri dengan tingkat efisiensi yang tinggi dan minim faktor pengotor (*fouling factor*) atau endapan endapan residu yang menghambat proses perpindahan kalor.

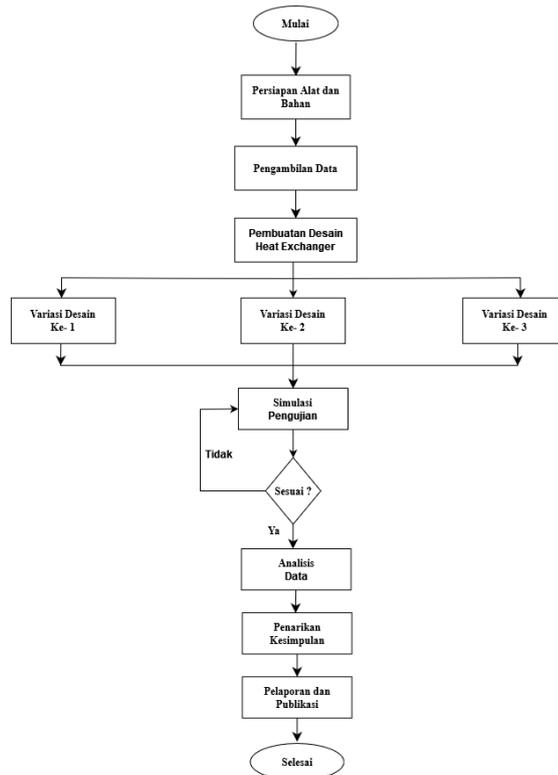
Metode

Penelitian ini dilakukan bulan April 2024 hingga Juni 2024. Penelitian ini dikerjakan di laboratorium komputer program studi Teknik Mesin S1 Fakultas Teknik Universitas Tidar. Hasil uji analisis variasi *baffle* mesin *heat exchanger* ini digunakan untuk membandingkan dengan korelasi-korelasi peneliti sebelumnya dan sebagai rujukan hasil penelitian yang dapat digunakan untuk kemajuan di bidang industri. Untuk Spesifikasi komputer yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi komputer

Spesifikasi	Keterangan
<i>Manufacture</i>	Acer Nitro An515-52
<i>Processor</i>	Intel Core i5-8300H
<i>Operating System</i>	Windows 10 64-bit
<i>Graphic</i>	Nvidia GeForce GTX 1050 6 GB
<i>Storage</i>	8 GB RAM

Untuk mendukung penelitian ini menggunakan aplikasi perangkat lunak *solidworks 2023* dan proses simulasi menggunakan perangkat lunak *ansys workbench R2 2023*, Untuk spesifikasi dari desain yang dibuat dapat dilihat pada halaman 3 pada jurnal ini. Metode ini mengumpulkan data terhadap benda kerja yang akan dijadikan bahan penelitian. Pengumpulan data dapat dilakukan dengan mengamati, mengukur, menggambar dalam dua dimensi maupun tiga dimensi untuk menentukan posisi desain yang tepat dan karakteristik fluida maupun karakteristik material yang sedang dilakukan penelitian. Proses ini untuk memahami, membandingkan, dan menyimpulkan hasil akhir simulasi untuk mengetahui dari beberapa variasi desain yang memiliki hasil yang terbaik sehingga meningkatkan efisiensi kerja dari mesin *heat exchanger* dengan digambarkan melalui grafik, tabel ataupun hasil simulasi yang telah dilakukan. Melaksanakan suatu penelitian, pastilah memiliki suatu prosedur yang dilakukan secara runtut. Prosedur penelitian memiliki langkah-langkah atau urutan-urutan yang harus dilalui atau dikerjakan dalam suatu penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Prosedur Penelitian

Pada fase simulasi, langkah pertama adalah mensimulasikan desain menggunakan metode CFD. *Ansys workbench R2 2023* digunakan sebagai perangkat lunak untuk menjalankan simulasi ini. Proses simulasi dibagi menjadi tiga langkah berurutan, yakni persiapan *Pre-Processing* meliputi geometri, proses *meshing* dan mendefinisikan kondisi batas (*boundary condition*), tahap *processing* merupakan parameter terpenting seperti *models, materials, cell zone conditions, boundary condition, mesh interfaces, dynamic mesh, reference values, solutions methods, solution controls, solution initialization, calculation activities, dan run calculation*, Tahap *Post Processing* adalah tahap untuk menampilkan hasil kita dapat menampilkan distribusi kecepatan (*velocity*), distribusi tekanan turun (*pressure drop*), distribusi energi kinetik, beda *temperature*, perpindahan panas (*heat transfer*) serta distribusi aliran massa (*massflow*), pola hasil yang lebih detail (*contours*), pola aliran di dalam mesih *heat exchanger (panthlines)*. Dengan spesifikasi dari fluida *inlet* dan *outlet* dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Spesifikasi fluida air

NO	Spesifikasi Fluida (air)	Besaran Nilai
1	<i>Density</i>	998,2 kg/m ³
2	<i>Viscosity</i>	0,001 kg/s.m

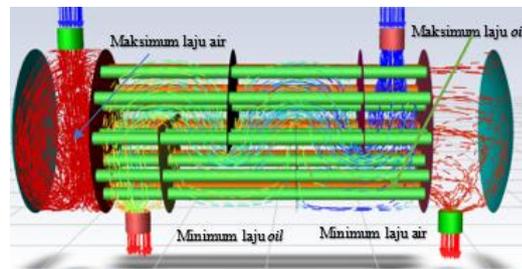
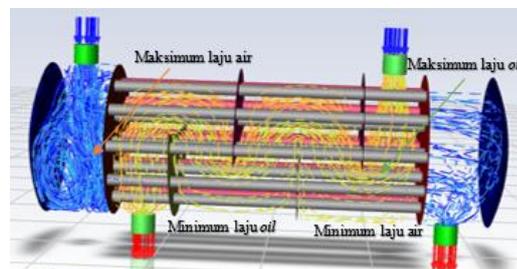
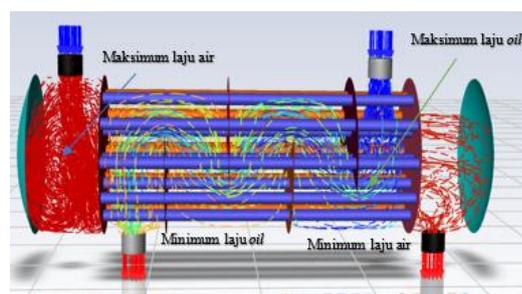
3	<i>Spesific Heat</i>	4182 j/(kg. °K)
4	<i>Thermal Conductivity</i>	0,6 w/mk
5	<i>Mdot</i> (Laju alir massa)	0,06 kg/s
6	<i>Temperature Masuk (T1)</i>	363°K
7	<i>Turbulance Insensity (I)</i>	5%.

Tabel 3. Spesifikasi fluida *oil*

NO	Spesifikasi Fluida (<i>Oil</i>)	Besaran Nilai
1	<i>Density</i>	850 kg/m ³
2	<i>Vicosity</i>	Linear dengan suhu kg/s.m
3	<i>Spesific Heat</i>	2000 j/(kg. °K)
4	<i>Thermal Conductivity</i>	0,145 w/m°K
5	<i>Mdot</i> (Laju alir massa)	0,02 kg/s
6	<i>Temperature Masuk (T1)</i>	289K
7	<i>Turbulance Insensity (I)</i>	5%.

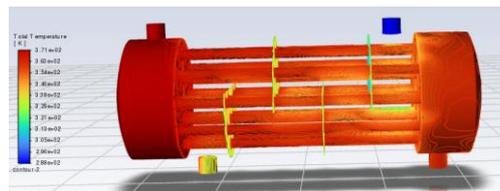
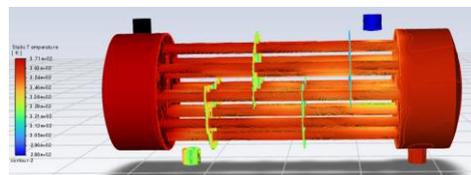
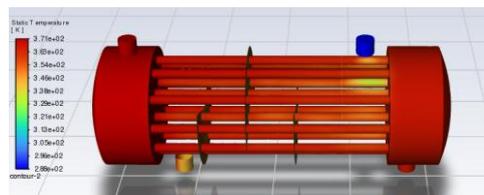
Hasil dan Pembahasan

a. Arah fluida *inlet* dan fluida *outlet* pada mesin *heat exchanger* tipe *shell and tube*

Gambar 2. Distribusi aliran sudut *baffle* 180°Gambar 3. Distribusi aliran sudut *baffle* 200°Gambar 4. Distribusi aliran sudut *baffle* 220°

Tabel 4. Data hasil pengujian distribusi aliran

No	Variasi <i>baffle</i>	Keterangan
1	180°	Pada konfigurasi ini <i>baffle</i> membentuk sudut 180° yang menghasilkan aliran fluida yang cenderung kurang terarah sehingga distribusi panas hampir merata karena fluida mengalir melalui hambatan sehingga waktu kontak antara fluida dan dinding tabung optimal, hal ini mengakibatkan perpindahan panas terjadi secara maksimal pada area tertentu.
2	200°	Dengan sudut <i>baffle</i> 200°, aliran fluida mulai terarah meningkatkan kecepatan fluida dengan dinding tabung. Distribusi panas menjadi sedikit lambat karena aliran yang lebih teratur dan adanya pengurangan turbulen. Efisiensi perpindahan panas meningkat karena fluida memiliki lebih banyak kesempatan untuk mentransfer energi panasnya ke dinding tabung.
3	220°	Sudut <i>baffle</i> 220°, menciptakan aliran fluida yang sangat terarah dan menurunkan turbulen secara signifikan. Pola aliran ini memastikan fluida terus menerus berinteraksi dengan dinding tabung, mengurangi waktu kontak dan menurunkan distribusi panas secara substansial. Hal ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh (Muzaki & Anggara, 2022) Untuk membuat aliran fluida dalam <i>shell and tube heat exchanger</i> menjadi <i>cross flow</i> biasanya ditambahkan penyekat atau <i>baffle</i> agar aliran menjadi turbulen.

b. Distribusi *temperature* fluidaGambar 5. Distribusi aliran panas *baffle* 180°Gambar 6. Distribusi aliran panas *baffle* 200°Gambar 7. Distribusi aliran panas *baffle* 220°

Tabel 5. Data hasil pengujian distribusi panas

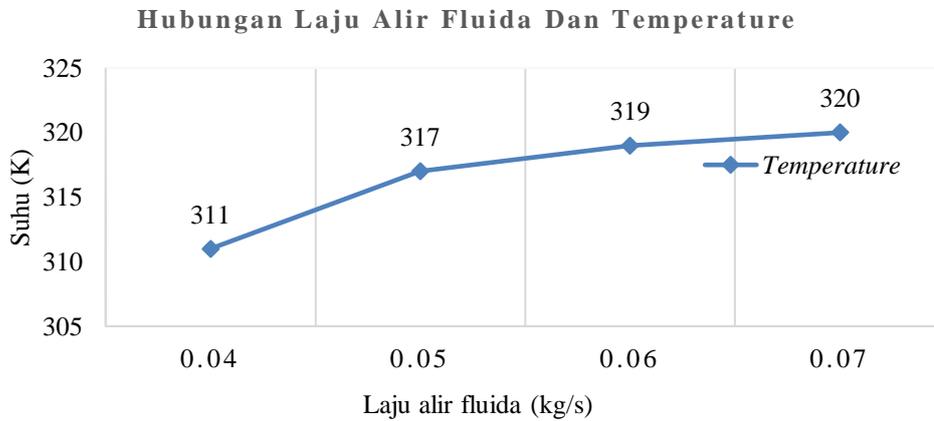
No	Variasi <i>baffle</i>	Keterangan
1	180°	Efisiensi perpindahan panas meningkat karena fluida memiliki lebih banyak kesempatan untuk mentransfer energi panasnya ke dinding tabung.
2	200°	Terjadi penurunan koefisien panas karena laju aliran fluida lebih cepat sehingga perpindahan panas yang terjadi semakin lambat.
3	220°	Terjadi penurunan perpindahan panas karena turbulen yang terjadi tidak sebesar variasi lain. Fenomena perpindahan panas ini merupakan cara untuk melepaskan dan menerima panas dalam suatu proses, yang pada akhirnya menyebabkan perubahan suhu yang signifikan. Laju perpindahan kalor dalam <i>heat exchanger</i> dipengaruhi oleh selisih <i>temperature</i> antara fluida panas dan fluida dingin. Semakin besar selisih <i>temperature</i> , semakin besar laju perpindahan kalor. (Wicaksono et al., 2018).

c. Distribusi tekanan

Gambar 8. Grafik hubungan sudut *baffle* dengan tekanan

Pada sudut 180° *Pressure inlet* memiliki nilai tinggi sekitar 120 Pa dikarenakan fluida yang didorong oleh pompa menabrak sudut dari *baffle* sehingga fluida harus melawan *pressure* dengan nilai tersebut. Pada 200° *Pressure inlet* mengalami penurunan dengan nilai 109 Pa sehingga terjadi juga penurunan nilai turbuensi karena air berhasil melawati sudut *baffle*, Pada 220° *Pressure inlet* menurun dengan nilai 82 Pa karena air melewati celah sudut *baffle* sehingga kurang terjadi perpindahan panas. Penurunan tekanan pada penukar panas merupakan pertimbangan yang penting karena akan mempengaruhi kinerja dari mesin itu sendiri dan pompa maupun kipas (Handika, 2020).

d. laju alir fluida

Gambar 9. Grafik hubungan sudut laju alir fluida dengan *temperature*Tabel 6. Data hasil pengujian *mass flow rate*

No	Variasi <i>baffle</i>	Keterangan
1	180°	Hasilnya tidak sama dengan nol tetapi dianggap nol.
2	200°	Hasilnya tidak sama dengan nol tetapi dianggap nol.
3	220°	Hasilnya tidak sama dengan nol tetapi dianggap nol. Hal ini berkaitan dengan pentingnya keseimbangan energi dalam <i>heat exchanger</i> menuntut bahwa jumlah kalor yang dikeluarkan oleh fluida bersuhu tinggi harus sama dengan jumlah kalor yang diserap oleh fluida bersuhu rendah dan laju aliran fluida mempengaruhi laju perpindahan panas. (Chan et al., 2022).

e. Nilai residual

Tabel 7. Data hasil pengujian *residual*

No	Variasi <i>baffle</i>	Keterangan
1	180°	Lebih susah untuk konvergen karena banyak terjadi turbulen memerlukan waktu yang lebih lama.
2	200°	Untuk konvergen sedikit lebih mudah dapat dilihat pada grafik karena fluida tidak banyak menabrak sudut <i>baffle</i> .
3	220°	Mudah mencapai konvergen karena nilai turbulen kecil dibanding variasi lain. Turbulen aliran ini akan meningkatkan koefisien perpindahan panas sehingga laju perpindahan panas juga akan meningkat. (Handika, 2020).

f. Log Mean Temperature Different (LMTD)

1. Sudut *baffle* 180°

$$\Delta T = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)} \quad (1)$$

$$\text{Hitung } \Delta T_1 = T_{hi} - T_{co} = 98^\circ\text{C} - 46^\circ\text{C} = 52^\circ\text{C}$$

$$\text{Hitung } \Delta T_2 = T_{ho} - T_{ci} = 59^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C} = 44^\circ\text{C}$$

$$\text{Hitung } \Delta T_1 - \Delta T_2 = 52^\circ\text{C} - 44^\circ\text{C} = 8^\circ\text{C}$$

Kemudian hitung nilai $\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}$:

$$\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} = \ln \frac{52}{44} \approx \ln(0,1670)$$

$$\text{LMTD} = \frac{8^\circ\text{C}}{0,1670} = 47,90^\circ\text{C}$$

2. Sudut *baffle* 200°

$$\text{Hitung } \Delta T_1 = T_{hi} - T_{co} = 98^\circ\text{C} - 45^\circ\text{C} = 53^\circ\text{C}$$

$$\text{Hitung } \Delta T_2 = T_{ho} - T_{ci} = 45^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C} = 30^\circ\text{C}$$

$$\text{Hitung } \Delta T_1 - \Delta T_2 = 53^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C} = 23^\circ\text{C}$$

Kemudian hitung nilai $\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}$:

$$\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} = \ln \frac{53}{30} \approx \ln(1,766)$$

$$\text{LMTD} = \frac{23^\circ\text{C}}{1,766} = 40,4^\circ\text{C}$$

3. Hitung $\Delta T_1 = T_{hi} - T_{co} = 98^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 78^\circ\text{C}$

$$\text{Hitung } \Delta T_2 = T_{ho} - T_{ci} = 92^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C} = 77^\circ\text{C}$$

$$\text{Hitung } \Delta T_1 - \Delta T_2 = 78^\circ\text{C} - 77^\circ\text{C} = 1^\circ\text{C}$$

Kemudian hitung nilai $\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}$:

$$\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} = \ln \frac{78}{77} \approx \ln(0,129)$$

$$\text{LMTD} = \frac{1^\circ\text{C}}{0,129} = 7,7^\circ\text{C}$$

g. *Pressure Drop*

sisi *tube*

$$\Delta P_t = \frac{f \cdot G t^2 \cdot L \cdot n}{2 \cdot g \cdot d_i \cdot t \cdot p \cdot \phi} \quad (2)$$

$$\text{Nilai } F_{tube} = (1,56 \cdot \ln(\text{Re}, t) - 3,30)^{-2}$$

$$F_{tube} = (1,56 \cdot \ln(15387,44) - (3,30)^{-2} = 14,94861$$

$$\Delta P_t = \frac{14,94861 \cdot (50,42 - 3,30)^2}{2,981 \frac{m}{s^2} \cdot 0,02 m \cdot 850 kg/m^3} = 1,550604 Pa$$

Sisi Shell

$$\Delta P_t = \frac{f \cdot G t^2 \cdot \left\{ \left(\frac{L}{b} - 1 \right) + 1 \right\} \cdot D_s}{2 \cdot p \cdot D_e \cdot \phi^{0,14}} \quad (3)$$

$$\text{Nilai } F_{shell} = \exp \{0,575 - 0,19 \ln(Re)\}$$

$$F_{shell} = \exp \{0,575 - 0,19 \ln(6026,6)\} = 1,090074$$

$$\Delta P_s = \frac{1,09007 \cdot 50,42^2 \cdot \left\{ \left(\frac{1000}{6,100} - 1 \right) + 1 \right\} \cdot 0,200}{2,998,2 \cdot 50,42 \cdot 1^{0,14}} = 160,03843 Pa$$

h. Efisiensi

1. Variasi 180°

$$\varepsilon = \frac{Q_{act}}{Q_{maks}} \times 100\% \quad (4)$$

$$\varepsilon = \frac{1028,7 \text{ watt}}{12,269} \times 100\%$$

$$\varepsilon = 83,845 \%$$

$$NTU = \frac{1703,46 \cdot 4,57}{1028,7} = 7,56762 \text{ W/m}^2\text{C}.$$

2. Variasi 200°

$$\varepsilon = \frac{Q_{act}}{Q_{maks}} \times 100\%$$

$$\varepsilon = \frac{1781,5 \text{ watt}}{22,51} \times 100\%$$

$$\varepsilon = 79,14 \%$$

$$NTU = \frac{1703,46 \cdot 4,57}{208} = 7,4269 \text{ W/m}^2\text{C}.$$

3. Variasi 220°

$$\varepsilon = \frac{Q_{act}}{Q_{maks}} \times 100\%$$

$$\varepsilon = \frac{9635,3 \text{ watt}}{152,94} \times 100\%$$

$$\varepsilon = 63 \%$$

$$NTU = \frac{1703,46 \cdot 4,57}{1236} = 6,2983 \text{ W/m}^2\text{C}.$$

Simpulan dan Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan yaitu: Semakin kecil sudut *baffle* semakin besar juga nilai turbulen, sebesar 6026,6 pada sudut 180° sehingga fluida tidak terlalu cepat atau terlalu lambat disalah satu permukaan *heat exchanger*. Semakin besar perbedaan *temperature* semakin kecil juga sudut *baffle*. *Log Mean Temperature Different* (LMTD) terbesar pada variasi 180° dengan suhu 47,9°C dan LMTD terkecil pada variasi 220° dengan suhu 7,7°C. Semakin besar nilai *pa drop* maka semakin besar juga tekanan yang harus dilawan pompa untuk mendorong fluida berarti semakin kecil juga sudut *baffle* semakin besar juga tekanan yang dihasilkan. *Pressure drop inlet water* terkecil pada variasi 180° sebesar 0,91530 *Pa* dan variasi *inlet oil* terbesar juga pada variasi ini dengan nilai 120,179 *Pa*. Tetapi ada perbedaan yang tidak signifikan antara perhitungan aplikasi dan perhitungan manual. Semakin besar laju perpindahan panas yang terjadi semakin lambat juga laju aliran massa. Perpindahan panas atau *heat transfer* tertinggi pada variasi 180° dengan perbedaan suhu hingga 352,7 K. Semakin besar laju perpindahan panas semakin besar efisiensi yang dihasilkan. Efisiensi masing masing variasi 180° yaitu 83,845% , variasi 200° yaitu 79,14% dan variasi 220° yaitu 63%. Untuk saran dari penelitian ini bertujuan sebagai koreksi peneliti dalam melakukan penelitian terbaru baik dari memodifikasi bentuk *baffle*, susunan *baffle* atau pun dari material dari mesin penukar kalor ini.

Daftar Pustaka

- Ahmad, R. D., Ivananda, D., Santoso, R., & Wulan, D. R. (2023). Analisis Nilai Transfer Panas Dalam *Heat Exchanger Type 1-1 Shell And Tube* Aliran *Counter Current* Menggunakan *Computational Fluid Dynamics*. 9(9), 130–136.
- Caroline, C., & Rosid, I. A. (2022). Pengukuran Efisiensi Perpindahan Panas Pada *Heat Exchanger Shell And Tube* Dengan Metode *Log Mean Temperature Difference* (LMTD). *Conference Senatik Stt Adisutjipto Yogyakarta*, 7, 279–285.
- Chan, Y., Asbanu, H., Program, D., Teknik, S., Fakultas, M., Persada, U. D., & Listrik, P. (2022). Studi Analisis Tipe *Heat Exchanger* Terhadap Kinerja. *Xii*(2), 1–9.
- Fraksi. (2019). Tabel Urutan Fraksi Minyak Bumi Berdasarkan Kenaikan Titik Didihnya.
- Handika, E. (2020). Pengaruh Jumlah *Baffle* Terhadap Kinerja Alat Penukar Kalor Tipe *Shell And Tube E-Mail Corresponding* Author : Irwin@Unsri.Ac.Id Pengaruh Jumlah *Baffle* Terhadap Kinerja Alat Penukar Kalor. 20(2), 19–26.
- Hendri Rantau. (2023). Optimalisasi Kinerja Perpindahan Panas Alat *Plate Heat Exchanger* Pada Proses Pemurnian *Glycerin Water*. *Jurnal Pengelolaan Perkebunan*

(Jpp), 4(2), 19–25.

- Istiqomah, I. N., Ma'rifatul, M., & Amalia, B. (2022). Proses Pengolahan Minyak Mentah Di Unit Kilang Ppsdm Migas Cepu. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Sistem Industri (1) (Jtmsi (1))*, 1(1), 1–6.
- Khairuddin, H. (2018). Tugas Akhir – Tf 145565: Rancang Bangun *Heat Exchanger Tipe Shell And Tube*. In *Department Of Instrumentation Engineering Faculty Of Vocation Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Marawijaya, G. (2019). *Protoype Heat Exchanger Tipe Shell And Tube Ditinjau Dari Variasi Jarak Baffle Dan Laju Alir Massa Udara Panas Protoype Heat Exchanger Tipe Shell And Tube In Terms Of*. 10(01), 18–23.
- Muzaki, A. R., & Anggara, F. (2022). Simulasi Kontur Distribusi Suhu Dan Kecepatan Fluida Pada *Heat Exchanger Tipe Shell And Tube* Aliran Dua Stage Sistem *Counter Flow* Dengan *Computational Fluid Dynamics* (CFD). *Sintek Jurnal: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 16(1), 6.
- Prisyazhniuk, V. A. (2009). *Physico-Chemical Principles Of Preventing Salts Crystallization On Heat-Exchange Surfaces. Applied Thermal Engineering*, 29(14–15), 3182–3188.
- Putri, K., Allifia, R., Dia, E., Sari, P., Pratiwi, D., & Ningsih, E. (2022). Pengaruh Laju Alir Fluida Panas Dan Fluida Dingin Terhadap Besarnya Transfer Panas Pada Alat *Heat Exchanger*. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan X*, 5–11.
- Rotor, J. (2011). Sumarji, *Jurnal Rotor* , Volume 4 Nomor1, Januari 2011 1. 4, 1–8.
- Sebayang, M. (2020). Evaluasi Kinerja *Heat Exchanger* Dengan Metode *Fouling* Faktor Di Laboratorium Satuan Operasi. *Evaluasi Kinerja Heat Exchanger Dengan Metode Fouling Faktor Di Laboratorium Satuan Operasi Ptki Medan*, 11–15.