

RANCANG BANGUN CUT OFF BAFFLE JENIS TRIPLE SEGMENTAL BAFFLE PADA SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER

Bayu Adhi Hartanto

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: bayuhartanto16050754005@mhs.unesa.ac.id

I Made Arsana

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: imadearsana@unesa.ac.id

Abstrak

Banyak penelitian yang dilakukan untuk meningkatkan efisiensi *heat exchanger* tipe *shell and tube* agar proses produksi dapat berjalan secara maksimal, komponen penting *shell and tube* yang paling dominan berpengaruh terhadap nilai efektivitas adalah komponen *baffle*. Menggunakan metode eksperimen dengan variasi *baffle cut* 20%, 30%, dan 40% pada jenis *shell and tube* tipe *triple segmental*, proses pengambilan data dimulai dari inputan fluida air dingin pada *shell* (T_{cin}) suhu 30°C dengan debit air 6 lpm dan inputan fluida air panas pada *tube* ($Thout$) suhu 80°C dengan debit 4 lpm, kedua fluida tersebut masuk pada tabung *shell* sehingga terjadi proses pertukaran panas, selanjutnya pengambilan data temperature fluida dingin keluar (T_{cout}), fluida panas keluar ($Thout$), dan tekanan air panas masuk (P_{in}) dan keluar (P_{out}). Nilai temperature dan tekanan tersebut sebagai data awal untuk menghitung nilai efektivitas dan *pressure drop*.

Kata Kunci: Rancang Bangun, *Baffle Cut*, *Shell and Tube*, Perpindahan Panas, Variasi Sudut, *Pressure Drop*.

Abstract

Many studies have been conducted to improve the efficiency of *shell and tube* type heat exchangers so that the production process can run optimally, the important component of the *shell and tube* that most dominantly affects the effectiveness value is the *baffle* component. Using the experimental method with *baffle cut* variations of 20%, 30%, and 40% in the *triple segmental* type *shell and tube*, the data collection process starts from the input of cold water fluid in the *shell* (T_{cin}) temperature of 30 ° C with a water discharge of 6 lpm and hot water fluid input in the *tube* ($Thout$) temperature of 80 ° C with a discharge of 4 lpm, the two fluids enter the *shell tube* so that the heat exchange process occurs, then taking data on the temperature of the dingin fluid out (T_{cout}), hot fluid out ($Thout$), and hot water pressure in (P_{in}) and out (P_{out}). The temperature and pressure values are the initial data for calculating the effectiveness and pressure drop values.

Keywords: Design, *Baffle Cut*, *Shell and Tube*, Heat Exchanger, Angle Variatoin, *Pressure Drop*.

PENDAHULUAN

Seiring perkembangan zaman dan meningkatnya inovasi energi, banyak penelitian dilakukan untuk membuat suatu peralatan yang dapat membantu manusia dalam meningkatkan suatu teknologi. Meningkatkan suatu energi salah satunya dengan cara meningkatkan efisiensi dan inovasi. Banyak peralatan yang digunakan dalam meningkatkan efisiensi agar proses dalam produksi dapat di gunakan secara maksimal, salah satunya adalah *Heat Exchanger*.

Heat Exchanger adalah peralatan yang digunakan untuk pertukaran energi dalam bentuk panas antara sirkulasi fluida dengan suhu berbeda yang dapat terjadi melalui kontak langsung maupun kontak tidak langsung (Arsana, Budhikardjono, Susianto, & Altway, 2016).

Heat Exchanger adalah alat yang digunakan untuk mentransfer energi termal dari satu media ke media lainnya. Medianya mungkin dua atau lebih fluida,

permukaan padat dan fluida, atau partikulat padat dan fluida, dan mereka harus berada pada suhu dan kontak termal yang berbeda. *Heat Exchanger* adalah salah satu peralatan yang paling banyak digunakan dalam industri proses untuk pendinginan, pemanasan, kondensasi, pendidihan atau penguapan. (Arsana, dkk, 2019).

Shell And Tube merupakan jenis *heat exchanger* yang pada umumnya lebih banyak digunakan. *Shell and tube* terdiri dari sejumlah *tube* yang terpasang didalam *shell* yang berbentuk silindris. Terdapat dua fluida yang mengalir, dimana satu fluida mengalir di dalam *tube*, dan yang lainnya mengalir diluar *tube*. (Sudrajat, 2017).

Umumnya *Heat exchanger* tipe *Shell and Tube* dibangun dari tabung dan *baffle* yang terkandung dalam cangkang silinder. Tujuan penggunaan *baffle* adalah mendapatkan aliran silang di dalam tabung di sisi cangkang, mengarahkan fluida dengan cara zigzag melintasi bundel tabung dan mengurangi getaran. Oleh karena itu, dampak keseluruhan *baffle* di *Heat exchanger*

tipe *Shell and Tube* adalah peningkatan laju perpindahan panas serta menyebabkan penurunan tekanan di sisi shell dari penukar panas (Sudrajat, 2017).

Dalam penelitian (Ali, 2019) Jenis baffle yang digunakan dalam *Heat exchanger* tipe *Shell and Tube* hingga saat ini adalah segmental konvensional. Jenis baffle ini dibuat dari disk dengan area potong yang disebut baffle cut, *Baffle cut* memiliki beberapa jenis diantaranya *traditional baffle cut*, *concave baffle cut*, dan *convex baffle cut*. *traditional baffle cut* menghasilkan tekanan lebih rendah, sedangkan *concave baffle cut* menghasilkan tekanan yang lebih besar.

Dalam penelitian (Kiswanto, 2018) Perpindahan panas dan penurunan tekanan aliran di dalam shell sangat dipengaruhi oleh *baffle cut*. *Baffle cut* bervariasi antara 20% 3 sampai 49% dengan yang paling umum adalah 20% sampai 25%, dan *baffle cut* yang optimal umumnya 20%, karena memberikan perpindahan panas tertinggi dengan penurunan tekanan terendah.

Penelitian Sebelumnya mengembangkan enam kasing dengan enam variasi baffle cut. Setelah membandingkan semua hasil enam kasus, Peneliti menemukan bahwa 25% baffle cut adalah pemotongan optimal untuk baffle segmental tunggal, ini memberikan kombinasi terbaik dari kecepatan sisi shell dan aliran B dan menghasilkan turbulensi yang cukup untuk koefisien perpindahan panas yang lebih baik. (Satvirpal & Grewal, 2018)

Penelitian Sebelumnya menyebutkan bahwa untuk baffle cut 12,5% menghasilkan efektivitas tertinggi sebesar 13,27% pada detik ke-150, baffle cut 30% menghasilkan efektivitas tertinggi sebesar 11,85% pada detik ke-150, baffle cut 50% menghasilkan efektivitas tertinggi sebesar 10,48% pada detik ke-150. (Mesin, Teknik, & Jember, 2013)

Penelitian sebelumnya melakukan penelitian dengan memvariasikan bentuk baffle, nilai baffle cut dengan 20-25% untuk laju aliran massa 28kg / detik, penurunan tekanan dan komponen suhu diperoleh dalam setiap kasus. Penukar panas dengan kombinasi segmental dan baling-baling memiliki penurunan tekanan yang sangat kurang jika dibandingkan dengan segmental baffle. (Journal et al., 2016)

Penelitian Sebelumnya, simulasi numerik penukar panas tubular dilakukan untuk mempelajari efek baffle dan orientasi yang berbeda. Simulasi dilakukan untuk menghitung koefisien perpindahan panas pada kecepatan fluida yang berbeda. Disimpulkan bahwa penggunaan baffle memiliki dampak yang signifikan terhadap penukar panas tubular. (Shelke & Bhaiswar, 2017)

Penelitian Sebelumnya, studi perbandingan efektivitas heat exchanger tipe shell and tube dengan helical baffle dan double segmental baffle. Studi dilakukan untuk analisis data dan statistic deskriptif. Nilai efektivitas helical baffle 34,89% , sedangkan double segmental baffle 29,51%. Nilai pressure drop helical baffle sebesar

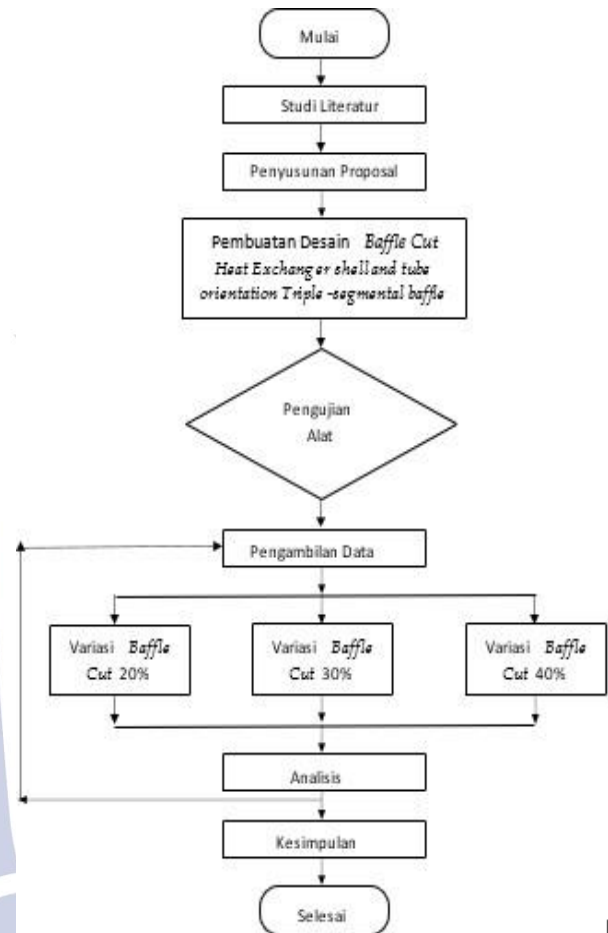
7.356,7 Pa, sedangkan double segmental baffle sebesar 14.478,9 Pa. (Laili, 2017)

Penelitian saat ini terfokus pada variasi *Baffle cut* pada *Orientation* desain *baffle* sehingga penulis mengambil topik “Pengaruh *Baffle Cut* Terhadap

Efektivitas Penukar Panas *Shell and Tube* Jenis *Orientation Segmental-Baffle*”.

METODE

• Flowchart Penelitian



Gambar 1. Diagram Flowchart Penelitian

• Jenis Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yaitu cara untuk menemukan suatu hubungan sebab akibat antara beberapa faktor yang saling berpengaruh. Eksperimen dalam penelitian ini dilaksanakan di laboratorium perpindahan panas dalam kondisi dan peralatan yang disesuaikan guna memperoleh data tentang pengaruh variasi *Baffle Cut* 20%, 30%, 40% terhadap efektivitas panas pada *shell and tube heat exchanger*.

• Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah suatu nilai dari orang, obyek ataupun kegiatan dalam variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian diambil kesimpulannya. Variabel dalam penelitian eksperimen ini terdiri dari tiga macam yaitu: variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Penelitian ini terdiri dari beberapa variabel yaitu;

Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel terikat. Dalam penelitian ini variabel bebasnya yaitu variasi *baffle cut* sebesar 20%, 30%, dan 40%. Penentuan ini berdasarkan pertimbangan variasi orientasi *baffle cut* yang dapat berpengaruh pada *shell and tube heat exchanger*

Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat adanya variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel terikatnya yaitu nilai efektivitas, dan *pressure drop* pada *shell and tube heat exchanger*

Variabel Kontrol

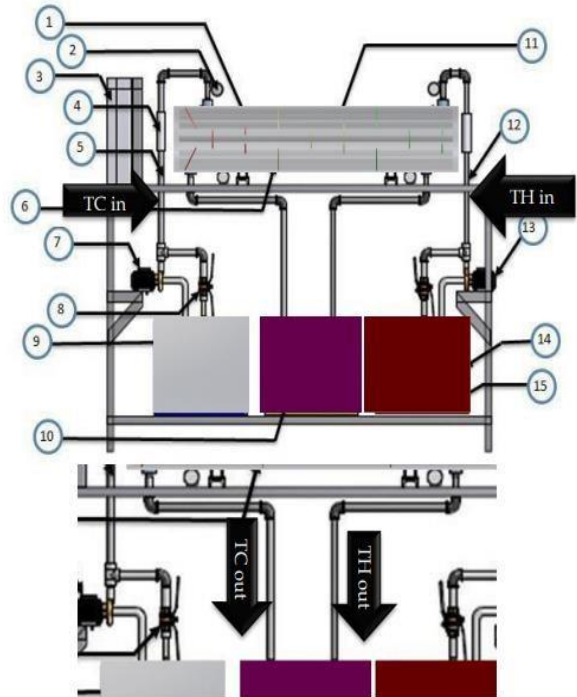
- Temperatur yang ditentukan pada temperatur fluida dingin adalah T_{cin} , yaitu sebesar 30°C sesuai dengan suhu ruangan.
- Kemiringan *baffle cut* menggunakan sudut adalah 30° .
- Temperatur yang ditentukan pada temperatur fluida panas adalah T_{cin} , yaitu sebesar 80°C .
- Mengatur regulator flowmeter dengan debit aliran fluida dingin 6 lpm.
- Mengatur regulator flowmeter dengan debit aliran fluida panas 4 lpm.

• Spesifikasi Baffle

Tabel 1. Spesifikasi *Baffle*

No.	Komponen	Klasifikasi Konstruksi	Dimensi
1	Fluida	Aliran	Counter flow
		Tipe perpindahan panas	Kontak tidak langsung
		Laluan fluida	Satu fase
		Fluida di sisi Shell	Air
		Fluida di sisi Tube	Air
		Temperatur fluida dingin inlet di sisi Shell	30
		Temperatur fluida panas inlet di sisi Tube	80
2	Shell	Diameter luar Shell	170 mm
		Diameter dalam Shell	164 mm
		Panjang Shell	960 mm
		Material Shell	Stainless steel
		Jumlah laluan sisi Shell	1 laluan
3	Tube	Jumlah Tube	12
		Diameter luar Tube	0.5 in
		Ketebalan Tube	0.8 mm
		Panjang Tube	966 mm
		Material Tube	Tembaga
		Jumlah laluan Tube	1 laluan
		Susunan Tube	Rotate Triangular 60°
		Tube pitch	45 mm
4	Baffle	Jarak Baffle	100 mm
		Material Baffle	Aluminium
		Ketebalan Baffle	3 mm
		Cut	20%, 30%, dan 40%

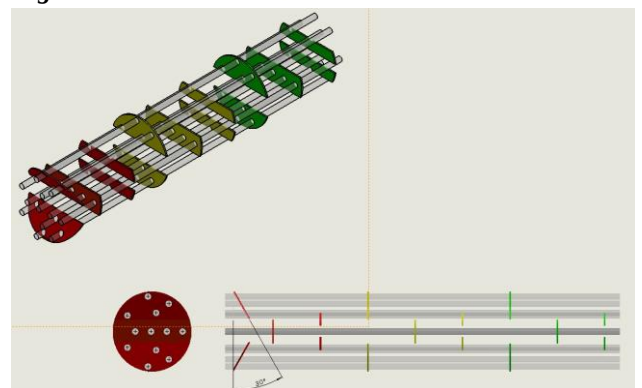
• Peralatan Eksperimen dan Instrumen Penelitian



Gambar 2. Skema Alat Uji

No	Keterangan	No	Keterangan
1.	<i>Baffle</i>	9.	Tandon Fluida Dingin Masuk
2.	<i>Pressure Gauge</i>	10.	Tandon Fluida Keluar
3.	Kotak Instrumen	11.	<i>Tube</i>
4.	<i>Flow Meter</i>	12.	Pipa Saluran Fluida Panas
5.	Pipa Saluran Fluida Dingin	13.	Pompa Fluida Panas
6.	<i>Shell</i>	14.	Tandon Fluida Panas Masuk
7.	Pompa Fluida Dingin	15.	<i>Heater</i>
8.	<i>Valve</i>		

• Rancang Bangun Cut Off Baffle Jenis Triple Segmental



Gambar 3 Desain Shell and Tube Heat Exchanger

• Teknik Analisa Data

Analisis pada penelitian ini dilakukan dengan pengambilan data dari instrument yang terdapat pada objek penelitian, dihitung secara teoritis dan disajikan dalam bentuk tabel serta grafik sehingga hasil dari penelitian mudah dipahami. Eksperimen ini dilakukan untuk memberikan informasi serta mengilmiahkan berbagai fenomena yang terjadi pada objek eksperimen ketika dilakukan penelitian tentang pengaruh variasi *baffle cut* terhadap keefektivitasan pada *shell and tube heat exchanger*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

• Hasil Penelitian

Tabel di bawah ini merupakan hasil eksperimen pengaruh variasi persentase *baffle cut* terhadap proses heat exchanger *shell and tube tipe triple segmental* dengan beberapa parameter yang tertulis sebagai berikut.

Tabel 2. Pengaruh *Baffle Cut* Terhadap Proses Heat Exchanger *Shell and Tube Tipe Triple Segmental*

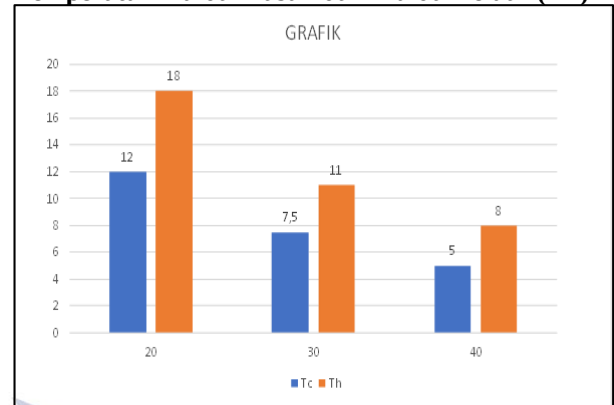
<i>Baffle cut (%)</i>	<i>Qh (m³/s)</i>	<i>Qc (m³/s)</i>	<i>Thin (°C)</i>	<i>Tcin (°C)</i>	<i>Thout (°C)</i>	<i>TCout (°C)</i>	<i>Pinlet (Pa)</i>	<i>Poutlet (Pa)</i>
20	0,00006	0,0001	80	30	62	42	19613,3	16636,37
30	0,00006	0,0001	80	30	69	37,5	19613,3	17790,66
40	0,00006	0,0001	80	30	72	35	19613,3	18490,66

Tabel 2 merupakan hasil pengambilan rata rata dari beberapakali eksperimen, data yang diambil yaitu temperatur panas keluar (*Thout*), temperatur dingin keluar (*Tcout*), tekanan masuk (*Pinlet*) dan tekanan keluar (*Poutlet*). Selanjutnya mencari nilai karakteristik fluida pada setiap variasi persentase *baffle cut*, nilai karakteristik ini.

didapat dari tabel *thermophysical* pada buku perpindahan panas. Nilai ini sebagai data awal untuk mendapatkan nilai efektivitas dan *pressure drop* dengan beberapa persamaan yang telah di hitung dan dilampirkan.

• Analisa dan Pembahasan

Pengaruh Variasi *Baffle Cut* Terhadap Selisih Temperatur Fluida Masuk dan Fluida Keluar (ΔT)



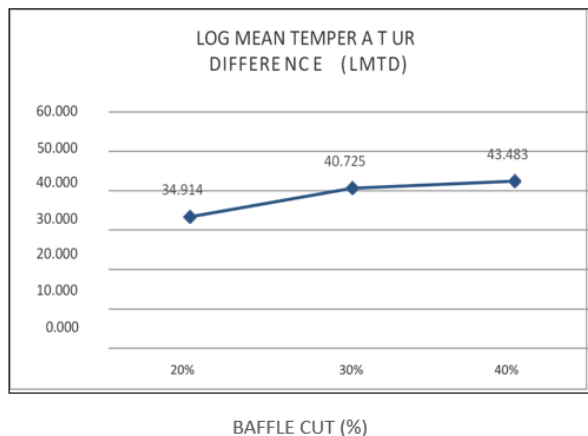
Gambar 4. Grafik Pengaruh *Baffle cut* Terhadap Selisih Temperatur Fluida Masuk dan Fluida Keluar (ΔT). Hasil Perolehan Torsi

Gambar diatas menunjukkan bahwa pengaruh variasi *baffle cut* terhadap suhu (ΔT) mengalami penurunan seiring meningkatnya persentase *baffle cut* (%) baik pada fluida panas yang mengalir di *tube* maupun fluida dingin yang mengalir di dalam *shell*. Pada *baffle cut* 20% (ΔTh) yang terjadi pada *tube* adalah 18°C. Pada *baffle cut* 30% nilai (ΔTh) menurun yaitu 11°C, dan nilai (ΔTh) menurun lagi pada *baffle cut* 40% sebesar 8°C.

Terlihat bahwa selisih temperatur fluida dingin masuk dan fluida dingin keluar (ΔTc) yang paling tinggi pada *baffle cut* 20% dan selisih yang paling rendah yaitu pada *baffle cut* 40%. Pada keadaan *baffle cut* 20% (ΔTc) menunjukkan angka tertinggi yaitu 12°C dan mengalami penurunan nilai (ΔTc) pada *baffle cut* 30% sebesar 7,5°C. kemudian pada *baffle cut* 40% terlihat bahwa (ΔTc) semakin menurun menjadi 5°C.

Dari gambar 4. bahwa pengaruh variasi *baffle cut* terhadap temperatur (ΔT) fluida masuk dan fluida keluar menunjukan semakin kecilnya persentase *baffle cut* akan memperbesar nilai ΔTh maupun ΔTc . Hal ini karena laju aliran fluida dingin pada persentase *baffle cut* 20% yang mengalir pada *shell* lebih rendah yaitu 0,0993 kg/s, sehingga waktu untuk proses pertukaran panas lebih banyak. Penjelasan ini sesuai dengan pernyataan oleh Rozi, F., & Arsana, M. (2021), yang menyatakan semakin tingginya temperatur, maka akan cepat menyerap panas dari fluida panas pada *tube* yang memiliki temperatur lebih tinggi ke fluida dingin yang memiliki temperatur lebih rendah.

Pengaruh Variasi Baffle Cut Terhadap Nilai Log Mean Temperature Difference (LMTD)



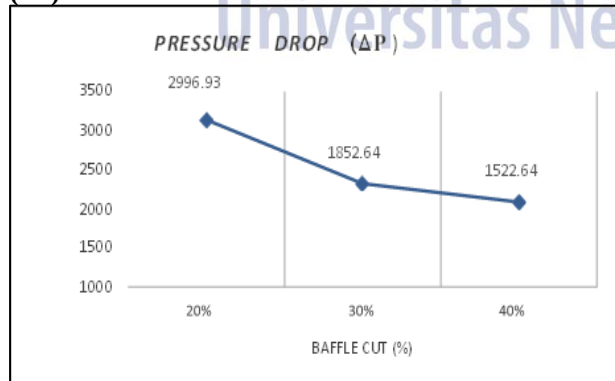
Gambar 4 Grafik Pengaruh Variasi Baffle cut terhadap Laju Perpindahan Panas (q) Metode LMTD

Gambar 4 menunjukkan pengaruh variasi baffle cut terhadap nilai LMTD yang menunjukkan kondisi variasi baffle cut 20% memiliki nilai LMTD sebesar 34,914 °K, kondisi variasi baffle cut 30% meningkat menjadi 40,725 °K, kemudian meningkat lagi pada variasi baffle cut 40% 43,483 °K. Hal ini dikarenakan laju perpindahan panas dipengaruhi oleh nilai koefisien perpindahan panas konveksi dan konduksi pada shell atau tube (Nada, Q., & Arsana, 2021).

Pengaruh variasi baffle cut memberikan dampak terhadap luas aliran fluida (cross flow) yang melintasi permukaan luar tube sehingga berpengaruh pada koefisien perpindahan panas. Koefisien perpindahan panas konveksi yang terjadi pada shell lebih kecil daripada tube, hal ini menjadikan nilai perpindahan panas yang diserap fluida dingin besar, sehingga mengakibatkan nilai perpindahan panas juga besar.

Berbeda dengan penjelasan yang menyatakan bahwa nilai LMTD yang rendah kemungkinan besar pelepasan panas (*heat losses*) pada tube semakin kecil yang terbuang, artinya penyerapan panas oleh sistem *shell and tube* lebih baik (Nada, Q., & Arsana, 2021).

Pengaruh Variasi baffle Terhadap Pressure Drop (ΔP)



Gambar 5 Grafik Pengaruh Variasi sudut baffle terhadap Pressure Drop (ΔP)

Pada gambar 6 terlihat bahwa pengaruh variasi baffle cut terhadap ΔP mengalami penurunan seiring bertambahnya variasi baffle cut, Pada kondisi baffle cut 20% memiliki nilai pressure drop tertinggi sebesar 2996.93 Pa, Pada kondisi baffle cut 30%, nilai pressure drop menurun yaitu 1852.64 Pa. Nilai pressure drop menurun lagi pada baffle cut 40% sebesar 1522.64 Pa. Hal tersebut sesuai dengan analisis Zhang semakin kecil sudut baffle semakin merugikan, yang artinya nilai pressure drop di sisi shell semakin tinggi.

Penurunan pressure drop pada heat exchanger shell and tube disebabkan oleh jenis aliran yang mengalir pada shell, menurut analisis Mustaza, (2015), menjelaskan Semakin besar nilai bilangan Reynolds peningkatan makan pressure drop semakin besar pula, pada kondisi aliran fluida pada variasi baffle cut 20% bilangan reynold lebih besar sehingga nilai pressure drop lebih besar, menurut penjelasan (Nada, Q., & Arsana, 2021), jika nilai pressure drop lebih tinggi hal itu karena laju aliran fluida lebih kecil, sehingga aliran lebih lambat yang menyebabkan nilai pressure meningkat.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian pengaruh variasi persentase baffle cut terhadap nilai efektivitas dan pressure drop shell and tube heat exchanger, maka dapat diambil beberapa simpulan sebagai berikut:

- Terdapat pengaruh variasi baffle cut terhadap nilai efektivitas perpindahan panas, pada variasi baffle cut 20% nilai efektivitas mencapai 18%, baffle cut 30% menghasilkan nilai efektivitas 11%, dan variasi baffle cut 40% nilai efektivitas menjadi 8%. Nilai efektivitas shell and tube heat exchanger meningkat seiring dengan menurunnya variasi persentase baffle cut, hal ini dikarenakan gesekan antara fluida dengan permukaan baffle yang terjadi lebih besar dengan laju aliran fluida mengalir lebih rendah dengan bilangan reynold lebih besar sehingga fluida dingin pada shell lebih banyak banyak menyerap panas.
- Efektivitas paling optimal adalah variasi baffle cut 20% dengan nilai efektivitas 18%.
- Terdapat pengaruh variasi baffle cut terhadap nilai pressure drop, pada variasi baffle cut 20% menghasilkan nilai pressure drop tertinggi sebesar 2996.93 Pa, pada kondisi baffle cut 30% nilai pressure drop menurun yaitu 1852.64 Pa, nilai pressure drop menurun lagi pada baffle cut 40% sebesar 1522.64 Pa. nilai pressure drop mengalami penurunan seiring bertambahnya variasi persentase baffle cut, hal ini disebabkan semakin besar persentase baffle cut maka semakin kecil gesekan fluida dengan baffle.
- Nilai pressure drop paling optimal terdapat pada baffle cut 40% sebesar 1522.64 Pa.

Saran

- Perlu ditambahkan variasi dan nilai variabel yang mampu mengoptimalkan hasil penelitian terkait pengaruh dari triple segmental baffle terhadap efektivitas perpindahan panas.
- Penggunaan variasi potongan baffle dapat digunakan dalam bidang industri, khususnya industri yang memanfaatkan perpindahan panas agar mendapatkan hasil yang lebih optimal.
- Perlu ada pengembangan penelitian mengenai sudut baffle cut triple segmental.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, F. R., & Arsana, I. M. (2020). Effect of wire pitch on capacity of single staggered wire and tube heat exchanger using computational fluid dynamic simulation. *International Journal of Engineering, Transactions B: Applications*, 33(8), 1637–1642.
<https://doi.org/10.5829/ije.2020.33.08b.22>
- Anggoro, F., & Arsana, M. (2022). RANCANG BANGUN FIN TIPE HELICAL PADA PENUKAR PANAS DOUBLE PIPE. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(01), 35-40
- Arsana, I. Made, Budhikardjono, K., Susianto, & Altway, A. (2016). Modelling of the single staggered wire and tube heat exchanger. *International Journal of Applied Engineering Research*, 11(8), 5591– 5599
- Pramesti, S. T., & Arsana, I. M. (2020). Experimental Study of Baffle Angle Effect On Heat Transfer Effectiveness Of The Shell And Tube Heat Exchanger Using Helical Baffle. *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments*, 43(3), 332-338
- Soegijarto, R. A., & Arsana, M. (2021). Pengaruh Variasi Temperatur Fluida Masuk Terhadap Efektivitas Heat Exchanger Shell And Tube Dengan Menggunakan Nanofluida TiO₂. *Jurnal Teknik Mesin*, 9(02), 131-136
- Sudrajat, J. (2017). Analisis Kinerja Heat Exchanger Shell & Tube Pada Sistem Cog Booster Di Integrated Steel Mill Krakatau. *Jurnal Teknik Mesin*, 6(3), 174.
<https://doi.org/10.22441/jtm.v6i3.1967>
- Adhitiya, A., & Ichsan, D. (2013). Simulasi Performansi Heat Exchanger. Type Shell And Tube Dengan Double Segmental Baffle Terhadap Helical Baffle. 2(3)
- Ahmed, A., Ferdous, I. U., & Saha, S. (2017). Comparison of performance of shell-and-tube heat exchangers with conventional segmental baffles and continuous helical baffle. *AIP Conference Proceedings*, 1851.
<https://doi.org/10.1063/1.4984695>
- Ali, M. H. (2019). Experimental investigation of the effect of baffle cut shape on shell side pressure drop in shell and tube heat exchanger. *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments*, 42(2) 101–105.
- <https://doi.org/10.26480/jmerd.02.2019.101.105>
- Akpabio, E., Oboh, I., & Aluyor, E. O. (2009). The effect of baffles in shell and tube heat exchangers. *Advanced Materials Research*, 62–64 694–699.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.62-64.694>
- Arsana, I. Made, Budhikardjono, K., Susianto, & Altway, A. (2016). Modelling of the single staggered wire and tube heat exchanger. *International Journal of Applied Engineering Research*, 11(8), 5591– 5599
- Arsana, I. M., Putra, Y. R. R., Sari, H. N., Nurjannah, I., & Wahyuono, R. A. (2020). Optimized Hydraulic Diameter and Operating Condition of Tube Heat Exchanger for Food Industry – A Numerical Study. *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments*, 43(6), 329–338