

**PENGARUH BAFFLE CUT TERHADAP EFEKTIVITAS PENUKAR PANAS
SHELL AND TUBE JENIS TRIPLE - SEGMENTAL BAFFLE**

Muhammad Rizal Fahmi

S1 Teknik Mesin Konversi Energi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
E-mail: muhammadfahmi16050754079@mhs.unesa.ac.id

I Made Arsana

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.
E-mail: madearsana@unesa.ac.id.

Abstrak

Baffle adalah penyekat di dalam shell and tube yang berfungsi untuk memperluas kontak fluida agar perpindahan panas pada kedua fluida semakin meningkat. Dari penelitian sebelumnya belum didapat baffle cut yang terbaik terhadap perpindahan panas, diperlukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh variasi baffle cut 20%,30%, dan 40% Triple-Segmental Baffle. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi baffle cut jenis orientation double-segmental baffle terhadap efektivitas pada penukar panas shell and tube. Objek penelitian ini adalah shell and tube heat exchanger dan Triple-Segmental Baffle dengan variasi baffle cut 20%,30%, dan 40%. Pengambilan data ini menggunakan alat flowmeter, pressure gauge, dan thermocontrol. Data Hasil penelitian dianalisis secara deskriptif dan dihitung secara teoritis dimasukkan dalam tabel dan grafik. Hasil penelitian menunjukkan nilai efektivitas pada variasi potongan baffle 20% mencapai 44%, saat baffle cut 30% mendapatkan nilai efektivitas 32%, dan saat baffle cut 40% nilai efektivitas menjadi 18%. dikarenakan adanya peningkatan gesekan antara fluida dengan permukaan baffle yang terjadi karena fluida mengalir lebih lama dan banyak menyerap panas pada tube, sehingga nilai efektivitas paling terbaik terdapat pada variasi baffle cut 20% dengan nilai efektivitas perpindahan panas sebesar 44%.

Kata kunci : Heat exchanger, shell and tube, efektivitas, Triple-segmental baffle, baffle cut.

Abstract

Baffle is a insulator in the shell and tube that serves to expand fluid contact so that heat transfer in both fluids increases. From previous studies that have not obtained an terbaik baffle cut against heat transfer, more research is needed on the effect of baffle cut variation of 20%,30%, and 40% Triple-Segmental Baffle. The goal of the study was to determine the effect of variation in baffle cut type double-segmental baffle orientation on effectiveness on shell and tube heat exchangers. The objects of the study are shell and tube heat exchanger and Triple-Segmental Baffle with variations of baffle cut 20%,30%, and 40%. This data capture uses flowmeter, pressure gauge, and thermocontrol tools. Data Research results are analyzed descriptively and calculated theoretically included in tables and graphs. The results showed the effectiveness value of the variation in baffle cuts 20% reached 44%, when the baffle cut 30% got an effectiveness value of 32%, and when the baffle cut 40% effectiveness value to 18%. Due to the increase in friction between the fluid and the baffle surface that occurs because the fluid flows longer and absorbs a lot of heat on the tube, so the most terbaik effectiveness value is in the baffle cut variation of 20% with a heat transfer effectiveness value of 44%..

Keywords: Heat exchanger, shell and tube, effectiveness, Triple-segmental baffle, baffle cut

PENDAHULUAN

Heat Exchanger adalah peralatan yang digunakan untuk pertukaran energi dalam bentuk panas antara sirkulasi cairan yang memiliki suhu berbeda yang dapat terjadi melalui kontak langsung maupun kontak tidak langsung (Arsana, dkk. 2016) , Baffle adalah sebuah lempeng sirkular yang dipotong sebagian tergantung nilai baffle cut yang terpasang pada sepanjang aliran dalam shell berfungsi

untuk memaksimalkan perpindahan panas yang terjadi antar fluida, (Akbar, F. R., & Arsana, I. M. (2020).

Penerapan heat exchanger sangat luas antara lain industri makanan, minuman, maupun industri proses yang lain (Pramesti & Arsana, 2020), lebih tepatnya peralatan yang paling banyak digunakan adalah untuk proses pendinginan, pemanasan, kondensasi, pendidihan atau penguapan. (Arsana, & Wahyuono, R. A. (2020).

Terdapat berbagai jenis heat exchanger, antara lain shell and tube, double pipe, plate fin, adiabatic wheel, dan sebagainya (Soegijarto & Arsana, 2021).

Tujuan dari penggunaan baffle adalah untuk mendapatkan aliran silang di atas tabung di sisi cangkang, mengarahkan cairan dengan cara zigzag melintasi bundel tabung, mendukung bundel tabung dan mengurangi getaran tabung (Rozi, F., & Arsana, M. (2021).

Salah satu komponen penting dalam heat exchanger yaitu baffle (Khalfatirius, A.D., & Arsana, M. (2022).. Baffle adalah penyekat di dalam shell and tube yang berfungsi untuk memperluas kontak fluida agar perpindahan panas pada kedua fluida semakin meningkat. Baffle juga berfungsi sebagai penyangga tube agar tidak melengkung karena getaran aliran fluida. (Nada & Arsana, 2019).

Oleh karena itu, dampak keseluruhan baffle adalah peningkatan laju perpindahan panas, sementara itu menyebabkan penurunan tekanan lebih lanjut di sisi shell dari penukar panas. (Anggoro, F., & Arsana, M. (2022).

Menurut (Arsana & Altway, A., 2016) menjelaskan pengaplikasian terhadap heat exchanger dilakukan untuk memperoleh suatu analisa masalah seperti: laju perpindahan panas, friction factor, arah aliran fluida kerja, penggunaan material penukar panas, efektifitas perpindahan kalor, jenis penukar panas yang tujuannya untuk mendapatkan rancang bangun penukar panas yang terbaik.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yaitu cara untuk mencari 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 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%.

- **Variabel Terikat**

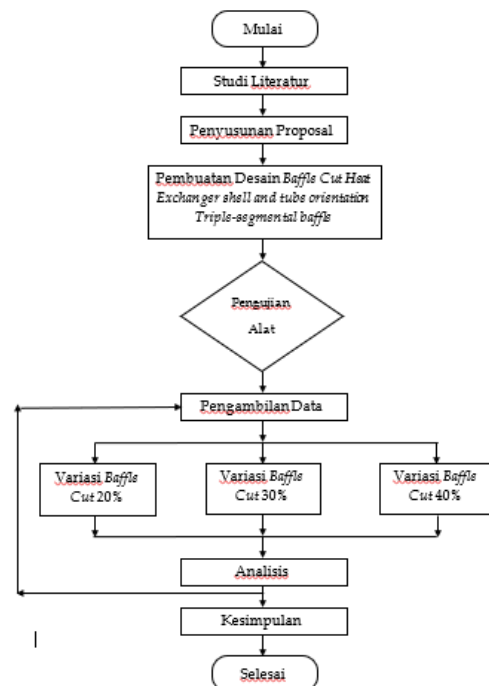
Merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat adanya variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel terikatnya yaitu nilai efektivitas, dan pressure drop pada shell and tube heat exchangeranol.

- **Variabel Kontrol**

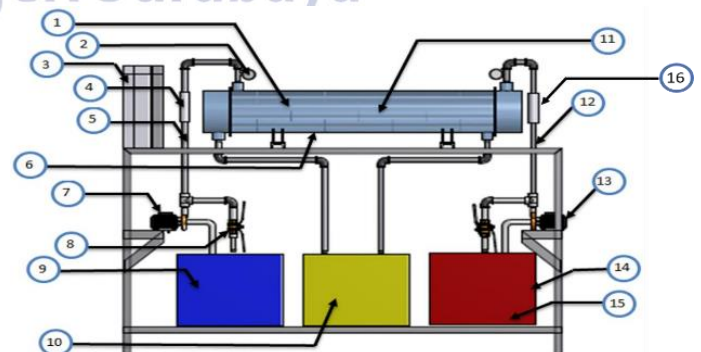
Variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga pengaruh variabel terhadap dependen tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti. Variabel kontrol dalam penelitian ini yaitu :

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

Rancangan Penelitian



Gambar 1. Rancangan Penelitian
Skema Alat Uji

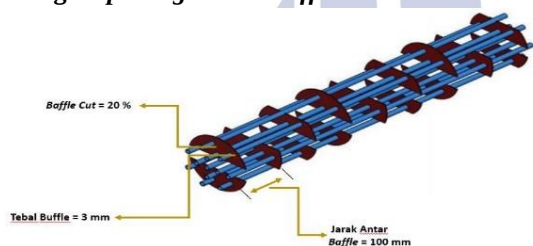


Gambar 2. Skema Alat Uji

Keterangan:

1. Baffle
2. Pressure Gauge
3. Kotak instrumen
4. Flow meter dingin
5. Pipa saluran fluida dingin
6. Shell
7. Pompa fluida dingin
8. Valve
9. Tandon fluida dingin masuk
10. Tendon fluida keluar
11. Tube
12. Pipa saluran fluida panas
13. Pompa fluida panas
14. Tendon fluida panas masuk
15. Heater
16. Flow meter panas

Rancang Triple Segmental Baffle



Gambar 3. Desain Triple-segmental baffle



Gambar 4. Rancang Triple Segmental Baffle Cut

Bahan Untuk Penelitian

- Fluida panas
Fluida panas yang digunakan adalah air (H₂O) yang dipanaskan menggunakan heater sehingga temperaturnya mencapai temperature yang diinginkan (berdasarkan variabel bebas yang telah ditentukan yaitu 80oC). Karakteristik dari fluida panas adalah pada temperature yang telah ditentukan tersebut adalah:
Air pada temperature 80°C
Densitas (ρ) = 9,7257.10-4 kg/m³

Specific Heat (C_p) = 4,1966 kJ/kg.K
Viskositas (μ) = 356,2.106 N.s/m²
Prandtl = 2.23
Konduktivitas panas (K) = 669,2 W/m.K

- Fluida dingin
Fluida dingin yang digunakan adalah air (H₂O) yang temperaturnya adalah (30°C). Karakteristik dari fluida dingin adalah:
Air pada temperature 30°C
Densitas (ρ) = 9,97.10-4 kg/m³
Specific Heat (C_p) = 4,1786 kJ/kg.K
Viskositas (μ) = 821.106 N.s/m²
Prandtl = 5,58
Konduktivitas panas (K) = 616.103 W/m.K

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesifikasi

Berikut di bawah ini Spesifikasi Rancang Bangun *Shell and Tube Heat Exchanger* dengan Variasi Cut

Tabel 1. Spesifikasi Rancang Bangun Triple Segmental Baffle

No.	Komponen	Klasifikasi Konstruksi	Dimensi
1	Fluida	Aliran	Cowater 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
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 Penelitian

Adapun peralatan yang digunakan untuk melakukan eksperimen *Shell and tube heat exchanger* prototype yang dirancang dengan spesifikasi berikut:

- 1) Spesifikasi shell pada alat uji antara lain:
 - Jumlah shell = 1 buah
 - Jumlah laluan shel = 1 buah
 - Diameter luar shell (do,s) = 0.17 m
 - Diameter dalam shell (di,s) = 0.164 m
 - Panjang shell (Ls) = 0.955 m
 - Ketebalan shell = 0.003 m
 - Konduktivitas thermal (k) = 15.1 W/m°C
 - Material shell = SS 304
- 2) Spesifikasi tube pada alat uji antara lain:

Jumlah tube (Nt)	= 12 buah
Jumlah laluan tube (n)	= 1 buah
Diameter luar tube (do,t)	= 0.0127 m
Diameter dalam tube (di,t)	= 0.0097 m
Panjang tube (Lt)	= 0.966 m
Tube pitch (Pt)	= 0.045 m
Tube clearance (C')	= 0.029 m
Ketebalan tube	= 0.0015 m
Susunan tube	= 60° triangle
Konduktivitas thermal (k)	= 385 W/m°C
Material	= Tembaga (Cu)

Tahap Pengolahan Data

Pengolahan data yang akan dilakukan setelah diperoleh data sesuai dari tabel pengujian shell and tube heat exchanger untuk mendapatkan efektivitas yang paling tertinggi, langkah pertama yaitu menghitung laju perpindahan panas actual/heat balance pada sisi tube dan sisi shell dengan persamaan sebagai berikut: Laju perpindahan panas pada sisi tube

$$Q_h = m_h \cdot C_{p,h} \cdot (T_{h,i} - T_{h,o})$$

Laju perpindahan panas pada sisi shell

$$Q_c = m_c \cdot C_{p,c} \cdot (T_{c,i} - T_{c,o})$$

Selanjutnya, nilai efektivitas shell and tube heat exchanger dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$\epsilon = \frac{Q_{aktual}}{Q_{max}} \times 100\%$$

Dikarenakan nilai Qmax (laju perpindahan kalor maksimal yang mungkin terjadi pada shell and tube heat exchanger) belum didapatkan, maka perlu dihitung terlebih dahulu dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_{max} = C_{min} \times (T_{h,in} - T_{c,in})$$

Lalu untuk mengetahui perubahan tekanan yang terjadi dapat di lihat dengan pressure gauge dan dapat di hitung terlebih dahulu dengan persamaan sebagai berikut :

$$\Delta P_s = P_{in} - P_{out}$$

Hasil Penelitian

Bab ini menjelaskan tentang hasil pengambilan data pengaruh variasi potongan baffle yaitu 20%, 30%, dan 40% terhadap laju perpindahan panas dan efektivitas shell and tube heat exchanger,

Tabel 2. Pengaruh Baffle cut terhadap proses heat exchanger shell and tube tipe tiga segmental

Baffle cut (%)	Qh (m ³ /s)	Qc (m ³ /s)	Thin (°C)	Tcin (°C)	Thout (°C)	TCout (°C)	P inlet (Pa)	P outlet (Pa)
20	0,00006	0,0001	80	30	64	41	19613,3	17995,32
30	0,00006	0,0001	80	30	69	37,5	19613,3	16616,37
40	0,00006	0,0001	80	30	73	34	19613,3	12755,3

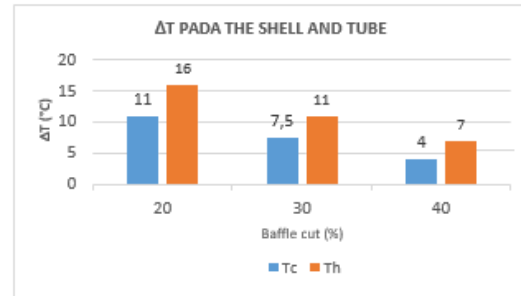
Nilai temperatur fluida dingin keluar (TCout) tertinggi yaitu 41°C dari pengambilan data untuk variasi potongan baffle 20 %, sedangkan nilai temperatur fluida dingin keluar (TCout) terendah yaitu 34°C dengan variasi potongan baffle 40%, Pengambilan data tersebut sama-sama menggunakan debit fluida dingin masuk (di sisi shell)

sebesar 0,0001 m³/s dan temperatur fluida dingin masuk (Tcin) sebesar 30°C.

Pembahasan

Di bawah ini data hasil Pengaruh potongan baffle Terhadap Efektivitas Heat Exchanger Tipe Shell and Tube dengan Triple Segmental Baffle dalam grafik sebagai berikut:

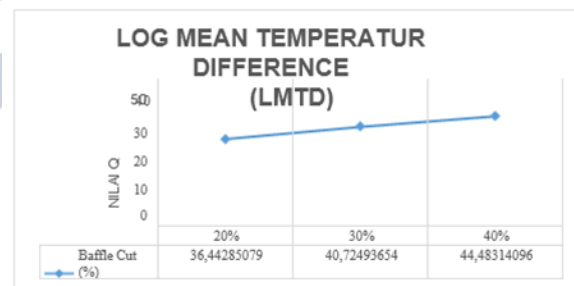
Gambar 5. Grafik Pengaruh Baffle cut Terhadap Selisih Temperatur Fluida Masuk dan Fluida Keluar (ΔT).



Terlihat bahwa selisih temperatur fluida dingin masuk dan fluida dingin keluar (ΔTc) paling tinggi pada baffle cut 20%. Sedangkan, selisih yang paling rendah yaitu pada baffle cut 40%. Pada keadaan baffle cut 20% (ΔTc) menunjukkan angka tertinggi, yaitu 11 °C mengalami penurunan nilai (ΔTc) pada baffle cut 30% sebesar 7.5°C. kemudian pada baffle cut 40% terlihat bahwa (ΔTc) semakin menurun menjadi 4°C.

Dari gambar 4.1 dapat disimpulkan bahwa variasi baffle cut terhadap temperatur (ΔT) fluida masuk dan fluida keluar menunjukkan semakin kecilnya baffle cut akan memperbesar nilai ΔTh dan nilai ΔTc. Hal ini karena laju aliran fluida yang mengalir pada shell lebih lama pada baffle cut yang lebih kecil, sehingga lebih banyak menyerap panas tube yang di aliri fluida panas.

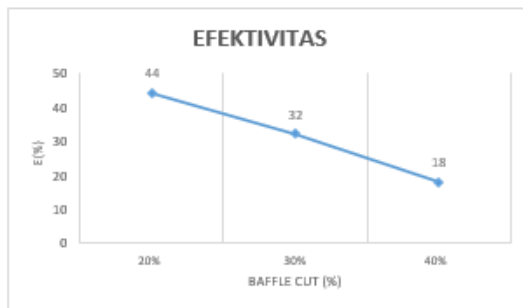
Gambar 6 Grafik Pengaruh Variasi Baffle cut terhadap Laju Perpindahan Panas (q) dengan Metode LMTD



Pada keadaan baffle cut 20% laju perpindahan panas bernilai 36,44285079 Watt. Saat baffle cut 30% laju perpindahan panas meningkat menjadi 40,72493654 Watt. Nilai laju perpindahan panas juga meningkat pada baffle cut 40% sebesar 44,48314096 Watt.

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa laju perpindahan panas dengan metode LMTD akan

meningkat seiring besarnya baffle cut. Hal ini dikarenakan laju perpindahan panas dipengaruhi oleh nilai koefisien perpindahan panas konveksi dan konduksi pada shell maupun tube.



Gambar 6. Pengaruh variasi Baffle Cut terhadap efektivitas

Pada saat baffle cut 20% efektivitas shell and tube heat exchanger mencapai 44%, saat baffle cut 30% nilai efektivitas menurun menjadi 32%, dan saat baffle cut 40% nilai efektivitas menurun lagi menjadi 18%. Nilai efektivitas shell and tube heat exchanger akan menurun seiring dengan meningkatnya baffle cut.

Hal tersebut di karenakan semakin kecil potongan yang bekerja pada heat exchanger mengakibatkan peningkatan gesekan antara fluida dengan permukaan baffle yang terjadi mengakibatkan fluida mengalir lebih lama yang menimbulkan penyerapan panas pada tube lebih lama, sehingga perpindahan panas paling optimal yaitu pada variasi potongan baffle cut 20%.

PENUTUP

Hasil penelitian dapat ditarik beberapa kesimpulan, sebagai berikut:

Simpulan

- Terdapat pengaruh variasi potongan baffle terhadap efektivitas perpindahan panas shell and tube heat exchanger. Pada potongan baffle 20% efektivitas shell and tube heat exchanger mencapai 44%, saat baffle cut 30% mendapatkan nilai efektivitas 32%, dan saat baffle cut 40% nilai efektivitas menjadi 18%.
- Nilai efektivitas paling terbaik terdapat pada variasi baffle cut 20% dengan nilai efektivitas perpindahan panas sebesar 44%.

Saran

- Perlu ditambahkan variasi dan nilai variabel yang mampu mengterbaikkan 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 terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adhitiya, A., & Ichani, D. (2013). Simulasi Performansi Heat Exchanger Type Shell And Tube Dengan Double Segmental Baffle Terhadap Helical Baffle. 2(3).
- [2] 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>.
- [3] 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>.
- [4] 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>
- [5] 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>.
- [6] Anggoro, F., & Arsana, M. (2022). RANCANG BANGUN FIN TIPE HELICAL PADA PENUKAR PANAS DOUBLE PIPE. Jurnal Teknik Mesin, 10(01), 35–40.
- [7] Ariwibowo, T. H. (2017). EXPERIMENTAL STUDY OF SHELL-AND-TUBE HEAT EXCHANGER ON VARIOUS TYPE AND SPACE OF BAFFLE . HEAT EXCHANGER DENGAN VARIASI JENIS BAFFLE.
- [8] 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.
- [9] Arsana, I. M., Budhikarjono, K., & Altway, A. (2016). Optimization of the single staggered wire and tube heat exchanger. In MATEC Web of Conferences (Vol. 58, p. 01017). EDP Sciences. DOI: 10.1051/mateconf/20165801017.
- [10] 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.
- [11] Bizzy, I., & Setiadi, R. (2013). Studi Perhitungan Alat Penukar Kalor Tipe Shell and Tube Dengan Program Heat Transfer Research Inc. (Htri). *Jurnal Rekayasa Mesin Universitas Sriwijaya*, 13(1), 67–76.
- [12] Incropera, Frank. 2002. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. 7th Edition. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- [13] Joemer, C. S., Thomas, S., Rakesh, D., & Nidheesh, P. (2015). Optimization of Shell & Tube Heat Exchanger by Baffle Inclination & Baffle Cut. 4(12), 69–73.
- [14] Kiswanto, Yudha Dwi (2018). Optimisasi Pada Desain Ulang Shell and Tube Heat Exchanger Menggunakan Helical Baffle Di Pt . Pjb Up Paiton.
- [15] Khalfatirius, A. D., & Arsana, M. (2022). SIMULASI NUMERIK PENGARUH PITCH HELICAL FIN TERHADAP PRESSURE DROP PADA DOUBLE PIPE HEAT EXCHANGER. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(01), 55-60.
- [16] kumar, N., & kumar Jhinge, D. P. (2014). Effect of Segmental Baffles at Different Orientation on the Performances of Single Pass Shell and Tube Heat Exchanger. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 15(9), 423–428. <https://doi.org/10.14445/22315381/ijett-v15p281>
- [17] Kuppan, T. 2000. *Heat Exchanger Design Handbook*. New York: Marcel Dekker Inc.
- [18] Mesin, J. T., Teknik, F., & Jember, U. (2013). Efektivitas Heat Exchanger Tipe Shell and Tube.
- [19] Musilim, A. A., A. Nwagwo, and O. K. U. (2017). Effect of Baffle Cut Sizes on Temperature and Pressure Drop at Various Mass Flow Rate in a Shell and Tube Heat Exchanger. *Journal Homepage: Http://Www. Ijmra. Us*, 6(1), 1–10.
- [20] Nada, Q., & Arsana, M. (2021). Rancang Bangun Baffle Bersudut pada Heat Exchanger Shell and Tube. *Jurnal Teknik Mesin*, 9(01), 159-164.
- [21] Pamuji, L., & Arsana, I. (2016). Pengaruh Jarak Baffle terhadap Efektifitas Heat Exchanger Tipe Shell and Tube dengan Double Segmental Baffle
- [22] 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.
- [23] Rozi, F., & Arsana, M. (2021). PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP EFEKTIVITAS PERPINDAHAN PANAS MENGGUNAKAN NANOFLUIDA CuO–AIR PADA SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER. *Jurnal Teknik Mesin*, 9(02), 81-88.
- [24] Satvirpal, E., & Grewal, S. (2018). Study the Effect of Single Segmental Baffle cut on Overall Heat Transfer Coefficient in Shell and Tube Heat Exchanger. 3(6), 1–7.
- [25] Shelke, K. S., & Bhaiswar, N. N. (2017). Experimental Investigation of Tubular Heat Exchangers to Enhance Performance Characteristics. 2(7), 8–13.
- [26] 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.
- [27] 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>.