

RANCANG BANGUN *BAFFLE* BERSUDUT PADA *HEAT EXCHANGER SHELL AND TUBE*

Qolbiah Azkan Nada

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: qolbiahnada16050754087@mhs.unesa.ac.id

Dr. I Made Arsana, S.Pd., M.T.

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: madearsana@unesa.ac.id

Abstrak

Heat exchanger adalah suatu alat penukar panas paling umum digunakan yang berfungsi sebagai pemanas maupun pendingin. Untuk meningkatkan performa *heat exchanger shell and tube* diperlukan perancangan ulang, salah satunya dengan memberikan variasi kemiringan sudut *baffle* pada *heat exchanger shell and tube*. Tujuan dilakukan penelitian ini yaitu merancang *heat exchanger shell and tube* agar memiliki performa yang lebih maksimal. Objek penelitian ini adalah *heat exchanger* tipe *shell and tube* dengan kemiringan sudut *baffle* 30° jenis *baffle* yang digunakan *double segmental*. Proses pengujian alat dilakukan dengan pengambilan data, dilanjutkan dengan menganalisa kinerja alat melalui hasil dari perhitungan efektivitas. Hasil rancangan menghasilkan nilai efektivitas 25% pada sudut 30°.

Kata Kunci: *Heat Exchanger*, Efektivitas, Sudut *Baffle*, *Double Segmental Baffle*.

Abstract

Heat exchanger is a equipment the most commonly used functions as heater and cooler. To improve the performance of the heat exchanger shell and tube required a re-design, one with the variation of inclination angle of the baffle on the heat exchanger shell and tube. The purpose of this study is to design a heat exchanger shell and tube in order to have maximum performance. The object of this research is the heat exchanger shell and tube type with angle of the baffle 30° types of baffles used double segmental. The testing process is performed with data collection, followed by analyzing the performance of the tool through the results of the calculation of the effectiveness. The design produces the value of the effectiveness of 25% at an angle of 30°.

Keywords: *Heat Exchanger*, Effectiveness, Angle *Baffle*, *Double Segmental Baffle*.

PENDAHULUAN

Heat exchanger atau biasa disebut alat penukar panas merupakan alat yang digunakan untuk menukar energi panas pada fluida yang memiliki perbedaan temperatur. *Shell and tube* adalah salah satu tipe *heat exchanger* yang paling umum digunakan.

Menurut Kurniawan, Laili Bagus (2017) melakukan penelitian eksperimen dengan membandingkan efektivitas *heat exchanger shell and tube* dengan *helical baffle* dan *double segmental baffle*. Hasil penelitian tersebut didapatkan 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.

Penelitian yang dilakukan Bouhairie (2012) menyimpulkan kelebihan dan kelemahan dari *double segmental baffle* diantaranya, memiliki potensi *pressure drop* dan *heat transfer rate* yang lebih rendah dari *single segmental baffle*.

Dari permasalahan diatas diperlukan perncangan ulang pada *heat exchanger shell and tube* agar memiliki performa yang lebih maksimal. Penelitian ini hanya terfokus pada variasi sudut pada *double segmental baffle*.

Pada penelitian ini melakukan proses pengukuran suhu dan tekanan pada beberapa titik *shell and tube heat exchanger*, dilanjutkan perhitungan efektivitas perpindahan panas untuk mengetahui performa dari *shell and tube heat exchanger* dengan sudut.

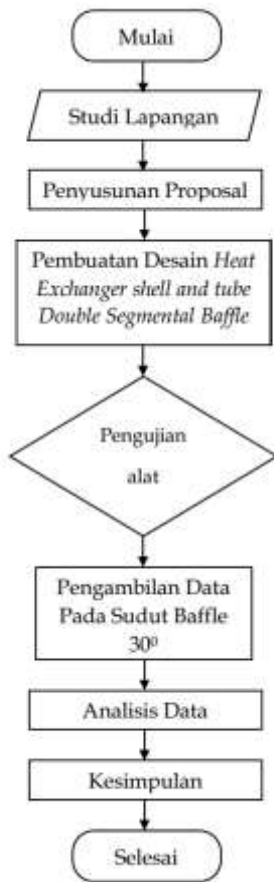
Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui performa dari rancangan *shell and tube heat exchanger* dengan varisi sudut. Sehingga dapat menambah wawasan untuk penelitian selanjutnya.

METODE

Jenis Rekayasa

Metode Rekayasa yang dignakan adalah perancangan dan pengembangan.

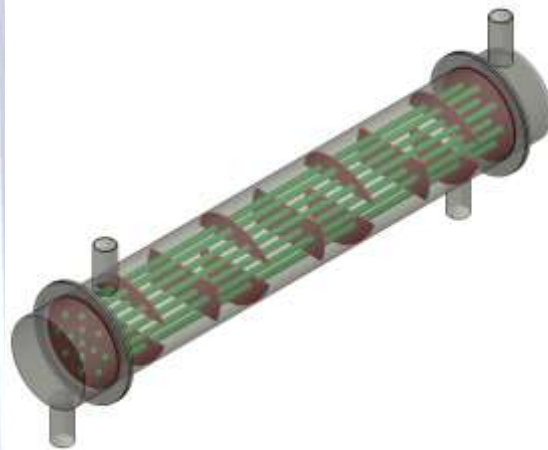
Rancangan Penelitian



Gambar 1. Diagram *Flowchart* Penelitian

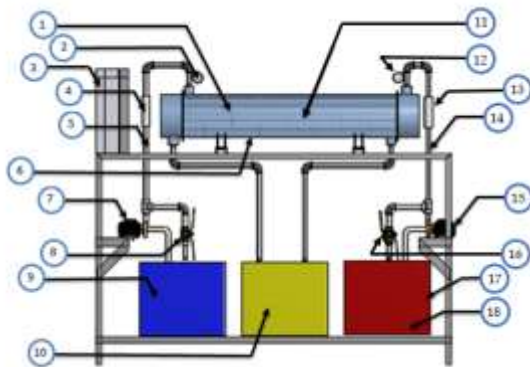
7. Pompa fluida dingin
8. *Valve*
9. Tandon fluida dingin masuk
10. Tendon fluida keluar
11. *Tube*
12. *Pressure Gauge*
13. *Flow meter* fluida panas
14. Pipa saluran fluida panas
15. Pompa fluida panas
16. *Valve*
17. Tendon fluida panas masuk
18. *Heater*

Rancang Bangun *Double Segmental Baffle* dengan Sudut



Gambar 3. Desain *Shell and Tube Heat Exchanger* dengan *Double Segmental Baffle*

Skema Alat Uji



Gambar 2. Skema Alat Uji

(Sumber: I.M. Arsana, D. R. Agista, A. Ansori, D. H. Sutjahjo, dan M. Effendy, 2019)

Keterangan:

1. *Baffle*
2. *Pressure Gauge*
3. Kotak instrumen
4. *Flow meter* fluida dingin
5. Pipa saluran fluida dingin
6. *Shell*



Gambar 4. Rancang Bangun *Double Segmental Baffle*: Sudut 30°

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesifikasi

Berikut merupakan spesifikasi Rancang Bangun *Shell and Tube Heat Exchanger* dengan Variasi Sudut.

- *Shell and tube heat exchanger prototype* yang dirancang dengan spesifikasi berikut:
 - Spesifikasi *shell* pada alat uji antara lain:

Tabel 1. Spesifikasi *Shell*

(Sumber: Shanas dan I. M. Arsana, 2020)

Klasifikasi Konstruksi	Dimensi
Jumlah <i>Shell</i> (Ns)	1 Buah
Diameter Luar (do,s)	0,17 Meter

Diameter Dalam (di,s)	0,164 Meter
Ketebalan	0,003 Meter
Panjang (Ls)	0,96 Meter
Material	<i>Stainless Steel</i> 304
Konduktivitas Thermal (k)	15.1W/m°C
Jumlah Laluan (n)	1 Laluan

- o Spesifikasi *tube* pada alat uji antara lain:

Tabel 2. Spesifikasi *Tube*

(Sumber: Shanas dan I. M. Arsana, 2020)

Klasifikasi Konstruksi	Dimensi
Jumlah <i>Tube</i> (Nt)	12
Diameter Luar (do,t)	0,127 Meter
Diameter Dalam (di,t)	0,0097 Meter
Ketebalan	0,015 Meter
Panjang (Lt)	0,96 Meter
<i>Tube Pitch</i> (Pt)	0,045 Meter
<i>Tube Clearance</i> (C')	0,029
Konduktivitas Thermal (k)	385 W/m°C
Material	Tembaga
Jumlah Laluan (n)	1 Laluan
Susunan	<i>Rotate Triangular</i> 60°

- o Spesifikasi *baffle* pada alat uji antara lain:

Tabel 3. Spesifikasi *Baffle*

Klasifikasi Konstruksi	Dimensi
Diameter Luar	0,164 Meter
Ketebalan	0,03 Meter
Material	Aluminium
<i>Angle</i>	15°, 30°, dan 45°
<i>Baffle Cut</i>	20%
Jarak Antar <i>Baffle</i>	0,001 Meter
Luas Permukaan	1110.000 MM ²

- Pompa fluida
Pompa fluida merupakan alat yang berfungsi sebagai media pensirkulasi fluida panas dan fluida dingin di dalam sistem *shell and tube heat exchanger*.

Tabel 4. Spesifikasi Pompa Fluida

Klasifikasi Konstruksi	Dimensi
Merk	SHIMIZU
Model	PS-116 BIT
Daya Listrik	125 Watt
Debit Air	29 lpm

- *Heating element*
Heating element merupakan alat pemanas yang berfungsi untuk memanaskan fluida yang ada di dalam tangki fluida panas, sehingga pada saat

disirkulasikan oleh pompa temperatur fluida panas akan sesuai dengan temperatur yang dikehendaki.

Tabel 5. Spesifikasi *Heating Element*

Klasifikasi Konstruksi	Dimensi
Model	D-016 ATN
Daya	1000 Watt
Power Supply	220 Volt

- *Thermocouple*
Thermocouple merupakan sensor temperatur yang digunakan untuk mendeteksi atau mengukur temperatur melalui dua jenis logam konduktor yang berbeda yang digabung pada ujungnya sehingga menimbulkan efek *thermoelectric*.

Tabel 6. Spesifikasi *Thermocouple*

Klasifikasi Konstruksi	Dimensi
Tipe	K
Merk	Fulks
Range	1°C s/d 200°C
Buatan	USA

- Pipa saluran fluida
Pipa saluran fluida merupakan alat untuk jalur aliran fluida dingin dan fluida panas atau sirkulasi fluida ke komponen – komponen lain.
- Tangki fluida
Tangki fluida merupakan alat yang berperan sebagai media penampung fluida panas dan fluida dingin, yang nantinya akan disirkulasikan oleh pompa.
- Katup
Katup berfungsi sebagai pengaman *by pass* sekaligus sebagai pengatur debit aliran fluida yang masuk ke *flow meter*.
- MCB
MCB merupakan alat yang digunakan untuk memutus dan menyampung aliran listrik, fungsinya sama dengan saklar.

Tabel 7. Spesifikasi MCB

Klasifikasi Konstruksi	Dimensi
Model	EZ9F34120
Merk	Schneider
Jenis	1 Phase 20 A

- *Thermocontrol*
Thermocontrol adalah suatu alat yang digunakan untuk mengontrol suatu mesin berdasarkan temperatur. Alat ini dapat digunakan untuk mematikan atau menghidupkan suatu mesin dengan cara mensetting terlebih dahulu.

Tabel 8. Spesifikasi *Thermocontrol*

Klasifikasi Konstruksi	Dimensi
Jenis	Automatic

	<i>thermocontrol type</i> TC4S-14R
Merk	Autonics
Range	Multi range
Supply Voltage	110 / 220 V AC 50/60 Hz
Supply Ampere	Max 5A
Sensor Input Type	Multi Sensor

- *Pressure Gauge*
Pressure gauge adalah alat yang digunakan untuk mengukur tekanan.

Tabel 9. Spesifikasi *Pressure Gauge*

Klasifikasi Konstruksi	Dimensi
Merk	Steins
Size	63 MM
Buatan	Japan
Akurasi	0,2 Kg/Cm ²
Range	0 – 6 Kg/C

- *Flow meter*
Flow meter adalah alat ukur untuk mengukur jumlah atau laju aliran dari suatu fluida yang mengalir dalam pipa atau sambungan terbuka.

Tabel 10. Spesifikasi *Flow Meter*

Klasifikasi Konstruksi	Dimensi
Model	Z-2002T
Range	0,5 – 5 GPM

- Fluida panas
Fluida panas yang digunakan adalah air (H₂O) yang dipanaskan menggunakan *heater* sehingga suhunya mencapai suhu yang diinginkan (berdasarkan variabel bebas yang telah ditentukan yaitu 80°C). Karakteristik dari fluida panas adalah pada suhu yang telah ditentukan tersebut adalah:

Tabel 11. Spesifikas Fluida Dingin

Klasifikasi Konstruksi	Dimensi
Densitas (ρ)	$9,7257 \cdot 10^{-4} \text{ Kg/M}^3$
Specific Heat (C_p)	4,1966 KJ/Kg.K
Viskositas (μ)	$356,2 \cdot 10^6 \text{ N.s/M}^2$
Prandtl	2,23
Konduktivitas panas (K)	669,2 W/m.K

- Fluida dingin
Fluida dingin yang digunakan adalah air (H₂O) yang suhunya adalah (30°C). Karakteristik dari fluida dingin adalah:

Tabel 12. Spesifikas Fluida Dingin

Klasifikasi Konstruksi	Dimensi
Densitas (ρ)	$9,97 \cdot 10^{-4} \text{ Kg/M}^3$
Specific Heat (C_p)	44,1786 KJ/Kg.K
Viskositas (μ)	$821 \cdot 10^6 \text{ N.s/M}^2$
Prandtl	5,58
Konduktivitas panas (K)	$616 \cdot 10^3 \text{ W/m.K}$

Pembahasan

Proses pengujian *heat exchanger shell and tube* dilakukan dengan memvariasikan sudut *baffle*. Sudut yang digunakan 30° jenis *baffle* yang digunakan adalah *double segmental baffle*. Berikut adalah data dari pengujian:

Tabel 13. Data Pengujian

Sudut (°)	Th _{in} (°C)	Tc _{in} (°C)	Th _{out} (°C)	TC _{out} (°C)
30	80	30	66,33	44,66

Setelah diperoleh hasil pengujian dapat dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai efektivitas perpindahan panas dan *pressure drop* pada *heat exchanger shell and tube* dengan variasi sudut *baffle*.

Efektivitas

Tahap perhitungan efektivitas menggunakan metode NTU yang dilakukan setiap variasi sudut dengan memperhatikan langkah-langkah sebagai berikut:

Laju perpindahan panas maksimal dinyatakan

$$q_{max} = C_{min} \times (T_{h,in} - T_{c,in}) \quad (1)$$

Berdasarkan hukum kekekalan energi (keseimbangan), maka laju perpindahan panas aktual

$$q_{in} = q_{out} \quad (2)$$

$$q_h = q_c \quad (3)$$

$$= \dot{m}_h \times C_h \times (T_{h,in} - T_{h,out}) \quad (4)$$

$$= \dot{m}_c \times C_c \times (T_{c,out} - T_{c,in}) \quad (5)$$

Tingkat kapasitas panas (C) dihitung sebagai

$$C_c = \dot{m}_c \times C_{p_c} \quad (6)$$

$$C_h = \dot{m}_c \times C_{p_c} \quad (7)$$

di mana nilai terkecil mempertimbangkan: C_{min}

$$C_{min} \Rightarrow \text{Jika kemudian } C_h < C_c \text{ } C_h = C_{min} \quad (8)$$

$$C_{min} \Rightarrow \text{Jika kemudian } C_c < C_h \text{ } C_c = C_{min} \quad (9)$$

Efektivitas penukar panas didefinisikan sebagai rasio antara laju perpindahan panas sebenarnya (aktual) terhadap laju perpindahan panas maksimum. Secara umum efektivitas dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{q_{aktual}}{q_{max}} \times 100 \% \quad (10)$$

Tabel 14. Hasil Perhitungan Efektivitas

Efektivitas <i>Heat Exchanger</i> (ϵ)		
Temperatur	Sudut <i>Baffle</i>	
	0°	30°
353 K	29, 51 %	25 %

PENUTUP**Simpulan**

- *Shell and tube heat exchanger* dengan *baffle* bersudut dapat berkerja sebagaimana fungsinya, semua sistem instrumentasi bekerja dengan baik.
- Terdapat pengaruh variasi sudut *baffle* terhadap efektivitas perpindahan panas *shell and tube heat exchanger*. Pada sudut *baffle* 30° mendapatkan nilai efektivitas 25%.

Saran

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

DAFTAR PUSTAKA

- Adhitiya dan Ichsani. 2013. Simulasi Performansi *Heat Exchanger Type Shell and Tube* dengan *Double Segmental Baffle* Terhadap *Helical Baffle*, Jurnal Teknik POMITS Vol. 2, No. 3, (2013).
- Andriansyah, Ahmad, dkk. 2016. Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kemiringan *Baffle* Pada Alat Penukar Kalor 202-C Terhadap Aliran Fluida dan Perpindahan Panas. Jurnal Austenit Volume 8, Nomor 2, (2016).
- Arsana, I Made, dkk. 2016. *Modelling of The Single Staggered Wire and Tube Heat Exchanger*. International Journal of Applied Engineering Research, Vol. 11, No. 8 (2016).
- Arsana, I Made, dkk. 2016. *Optimization of The Single Staggered Wire and Tube Heat Exchanger*. MATEC Web of Conferences 58, 01017 (2016). DOI: 10.1051/mateconf/2105801017.
- Arsana. I Made, Sari. Handini Novita, dan Nurjannah. Ika. 2019. *Heat Transfer II*. Surabaya: Unesa University Press.
- Bouhairie, Salem., 2012, *Selecting Baffles for Shell-and-Tube Heat Exchangers*, *American Institute of Chemical Engineering (AIChE)*, page: 27-33.
- I.M. Arsana, D. R. Agista, A. Ansori, D. H. Sutjahjo, dan M. Effendy. *The Effect of Nanofluid Volume Fraction to the Rate of Hate Transfer Convection Nanofluid Water-Al₂O₃ on Shell and Tube Heat Exchanger*, International Conferences on Science and Technology, (2019). DOI: 10.1088/1742-6596/1569/3/032048.
- Incropera, Frank. 2002. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. 7th Edition. New York: John Wiley & Sons, Inc
- Jayachandriah and Kumar. 2015. *Design of helical Baffle In Shell and Tube Heat Exchanger and Comparing With Segmental Baffle Using kern Method*. *International Journal of Emerging Technology in Computer Science & Electronics (IJETCSE)*. Volume 13, Issue 2. (2015).
- Joshua, Folaranmi. 2009. *Design and Contruction of a Concentric Tube Heat Exchanger*. Jurnal of Departement of Mechanical Engineering, Federal University of Technology, Vol.13, No.2, Hlm. 128-133
- Joshua, Folaranmi. 2009. *Design and Contruction of a Concentric Tube Heat Exchanger*. Jurnal of Departement of Mechanical Engineering, Federal University of Technology, Vol.13, No.2, Hlm. 128-133
- Kumar dan Jhinge. 2014, *Effect of Segmental Baffles at Different Orientation on the Performances of Single Pass Shell and Tube Heat Exchanger*, *International Journal of Advances in Engineering & Technology*, Nov.. ©IJAET
- Kuppan, T. 2000. *Heat Exchanger Design Handbook*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Kurniawan, Laili Bagus. 2017. Studi Perbandingan Efektivitas *Heat Exchanger Tipe Shell And Tube* dengan *Helical Baffle* Dan *Double Segmental Baffle*. Jurnal. Teknik Mesin Konversi Energi Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.
- Maurya R S, Singh S. Investigasi Numerik Aliran Isotermal di Sekitar. Pelat Pelapis di Penukar Panas Shell dan Tube. Jurnal Teknik Termal 2017; 3 (5): 1442-1452. <https://doi.org/10.18186/journal-of-thermal-engineering.338901>.
- Mazubert A, Fletcher DF, Poux M, Aubin J. Hidrodinamika dan pencampuran dalam reaktor aliran osilasi kontinu - Bagian I: Pengaruh geometri *baffle*. Chem. Eng. Proses: Intensifikasi Proses 2016; 108: 78-92. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2016.07.015>
- Pamuji, Lulus. 2017. Pengaruh Jarak *Baffle* Terhadap Efektivitas *Heat Exchanger Tipe Shell and Tube* dengan *Double Segmental Baffle*. Jurnal. Teknik

Mesin Konversi Energi Fakultas Teknik
Universitas Negeri Surabaya.

- Prasanthi. 2016, *Design and Thermal Analysis of Segmental Baffle and Helical Baffle in Shell and Tube Heat Exchanger using Kern Method*, *International Journal of Advances in Engineering Research and Science (IJAERS)*, Vol-3, Issue-11, (2016)
- Putra, Alfian Rizqi Laksana. 2017. Perencanaan Sistem Instrumentasi pada Rancang Bangun *Heat Exchanger Type Shell and Tube*. Jurnal. Teknik Mesin Konversi Energi Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.
- Shanas dan I. M. Arsana, *Experimental Study of Inclination angle Effect On Heat Transfer Effectiveness of The Shell and Tube Heat Exchanger Using Helical Baffle*, *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments*, Vol. 43, No. 3, pp.332-338, (2020). ISSN: 1024-1752 , 2020.
- Shinde, S., and Pancha, M.H., *Comparative Thermal Performance Analysis Of Segmental Baffle Heat Exchanger with Continuous Helical Baffle Heat Exchanger using Kern method*, *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, vol.2.
- Shinde, S.K., Pancha, M.H., and Pavithran, S., 2012, *Improved Performance Of Helixchanger Over Segmental Baffle Heat Exchanger Using Kern's Method*, *International Journal of Advances in Engineering & Technology*, Nov.. ©IJAET
- Sugiyono. 2016. Metode Penelitian Kualitatif, Kuantitatif, dan R&D. Jakarta: Alfabeta.
- Tim Penyusun Buku Pedoman Penulisan Skripsi. 2014. *Pedoman Penulisan Skripsi*. Surabaya : UNESA.