

Analisa Perpindahan Kalor Pada Heat Exchanger Tipe Shell and Tube Dengan Variasi Baffle pada kapal Ikan Jala Sutera ayu 90 GT

Urip Prayogi

Universitas Muhammadiyah Surabaya

Email: yogi@hangtuah.ac.id

Abstrak - Alat penukar panas atau *heat exchanger* berfungsi untuk mengubah temperatur suatu jenis fluida. Proses tersebut terjadi dengan memanfaatkan proses perpindahan kalor dari fluida bersuhu tinggi menuju fluida bersuhu rendah. Untuk membuat perpindahan panas lebih baik dan untuk menyangga tube yang ada di dalam *shell*, maka sering dipasang *baffle*, penspasian dalam *baffle* juga menyebabkan laju perpindahan panas dan penurunan tekanan. Perpindahan panas yang lebih baik sangat diharapkan dalam suatu *heat exchanger*. Penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *baffle* terhadap penurunan tekanan. *Double segmental baffle*, memberikan *cross flow heat transfer* yang lebih rendah untuk spacing yg sama, total *baffle cut* yang sama, dan *flow rate* yang sama dibandingkan dengan *single segmental baffle*. Akan tetapi, *pressure drop*nya sekitar sepertiga sampai setengah dari *pressure drop* *single segmental baffle* dalam *heat exchanger*. Oleh karena itu dilakukan analisa *heat exchanger* untuk mengetahui koefisien perpindahan kalor, dengan cara memvariasi *baffle* dengan standarisasi oleh *Tubular Exchanger Manufacturers Association* (TEMA) menggunakan *single segmental* dan *double segmental*, dengan variasi jarak (8cm dan 12cm) *baffle* dengan diameter *shell* 24,32 cm pada *heat exchanger*. Analisis dilakukan dengan menggunakan metode CFD untuk mencari perpindahan kalor. Hasil dari analisa perhitungan dan desain untuk kecepatan aliran *inlet* sebesar 1,98 m/s dengan *outlet* sebesar 2,65 m/s yang menghasilkan *pressure drop* jumlah *baffle* 8 bernilai 3573,3 pa, maka dari itu temperatur dari aliran *inlet* dan *outlet* fluida dingin bernilai 42°C dan 46,154°C.

Kata kunci: Koefisien perpindahan kalor, *heat exchanger*, variasi *baffle*, *shell and tube*.

I. PENDAHULUAN

Kapal ikan merupakan kapal yang dipergunakan untuk melakukan penangkapan ikan, mendukung operasi penangkapan ikan, pembudidayaan ikan, pengangkutan ikan, pengolahan ikan, pelatihan perikanan, dan penelitian atau eksplorasi perikanan (Amiruddin, 2017).

Perkembangan pada mesin yang digunakan untuk mendistribusikan panas yang dipindahkan dari mesin menuju udara sangat bervariasi sesuai dengan bentuk dan kebutuhan. *Heat exchanger* merupakan bagian terpenting dimana menjadi bagian pendingin mesin. (2).

Maka penelitian ini penulis akan menganalisa pengaruh jumlah *baffle* untuk antara 8 dan 12 dengan diameter *shell* 24,32 cm, yang menggunakan acuan dari TEMA dengan jarak *baffle* tidak boleh lebih dari 1:5 dari diameter *shell* menggunakan *single segmental baffle* dan *double segmental baffle* dilihat bagaimana pengaruh kenaikan kecepatan aliran terhadap koefisien *heat exchanger* (Bayram, 2017). Selain itu dilakukan perhitungan desain kalor, meliputi: dimensi, material, konstruksi, maupun pemilihan dan pengujian untuk menghasilkan pemanasan yang optimum (Prayogi, 2012). Pada penelitian ini penulis ingin menganalisa *heat exchanger tipe*

shell and tube, cross-flow, dengan menggunakan dua variasi jumlah dan jarak laluan. (3).

II. METODE PENELITIAN

Berdasarkan latar belakang, dalam diperlukan tahapan dan data-data terkait untuk menunjang pengerjaan penelitian ini, antara lain :

- Pengumpulan data

Pada pengumpulan data diperlukan data pada *Heat Exchanger* yang akan digunakan, yaitu spesifikasi *Heat exchanger*. Pada penelitian ini digunakan Kapal Ikan Jala Sutera 90GT yang dimiliki oleh PT Karya Utama Sejahtera dengan dimensi :

Alat : Heat Exchanger

Kode : HE-201 Jenis : Shell and Tube Heat Exchanger

Diameter luar *shell* : 24,32 cm

Diameter dalam *shell* : 23,32 cm

Panjang *shell* : 121,92 cm

Diameter luar *tube* : 2,54 cm

Diameter dalam *tube* : 2,34 cm

Baffle : 5

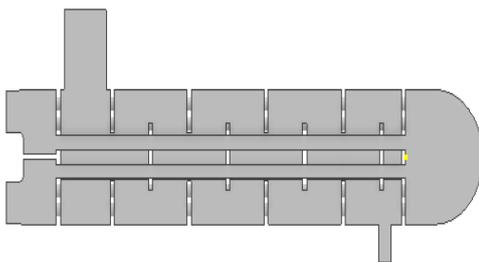
Jumlah Tube : 21 tube

Panjang Tube : 84,48

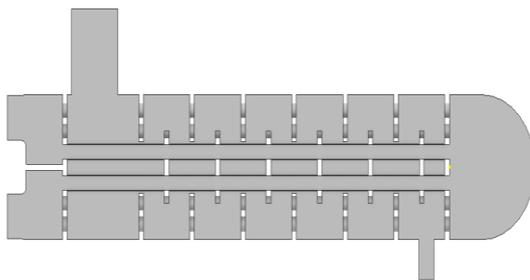
Bahan Konstruksi : Stainless Steels AISI 316

Jumlah : 1 buah

- Data Pendukung
Data pendukung yang digunakan pada penelitian ini adalah beberapa jurnal yang terkait pada penelitian ini. Pada pengerjaan digunakan data dari sumber katalog *heat exchanger* dan data mesin kapal, selain itu juga menggunakan sumber data jurnal pendukung lainnya. (4).
- Penentuan Skenario
Pada skenario ditentukan dalam dua kondisi yaitu kondisi menggunakan jumlah *baffle* 8 dan *Baffle 12*. Pada kondisi *baffle 8*, digunakan metode LMTD (*Log Mean Temperature Difference*). Sedangkan untuk simulasi digunakan metode CFD (*Computational Fluid Dinamic*) dengan bantuan *software ANSYS*. Pada *software ANSYS*, terdapat parameter yang digunakan dengan memasukkan input data berupa *Represor, Solver, Postprosesor* dan distribusi waktu yang telah ditentukan. Pada pemodelan *software ANSYS* juga berdasarkan data *heat exchanger*.



Gambar 1. Heat exchanger 8 baffle 2D



Gambar 2. Heat exchanger 12 baffle 2D

Gambar 1 dan 2 menunjukkan pembuatan penggambaran *heat exchanger*. Jumlah *baffle* pada *heat exchanger* terdiri dari 8 *baffle* dan 12 *baffle* yang kemudian akan diteruskan ke proses *meshing*.

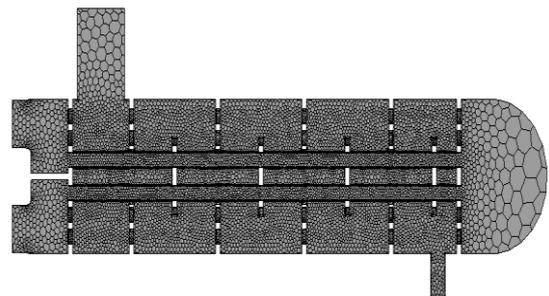
tidak terjadi aliran yang secara acak pada setiap *baffle* yang membuat penurunan kalor lebih banyak. Sedangkan, pada kondisi menggunakan *baffle 12* terjadi aliran acak pada setiap *baffle* yang membuat penurunan kalor kurang efektif.

- Perhitungan dan Simulasi
Setelah ditentukan skenario yang digunakan, maka dilakukan perhitungan dan analisa simulasi. Untuk perhitungan

Pada penelitian ini diasumsikan perpindahan kalor lebih efektif.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

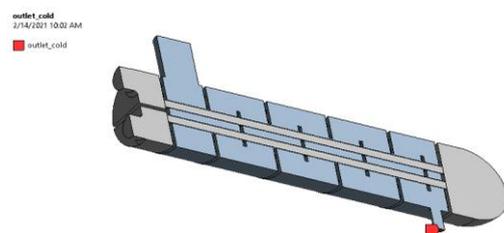
Pada tahap ini, langkah awal pengerjaan adalah penggambaran 2D untuk mode *heat exchanger*.



Gambar 3. Hasil *meshing* tampak simetri

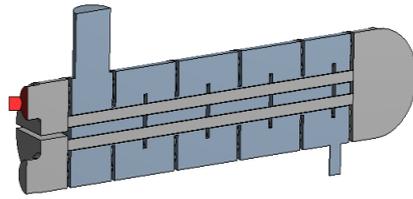
Gambar 3 adalah hasil dari *meshing* yang akan digunakan untuk kerapatan aliran dengan tujuan agar pembuatan jalur aliran tidak terjadi eror *domain* pada proses *grid* pembuatan aliran yang akan dilakukan pembuatan desain 3D.

Setelah tidak terjadi eror pada proses *meshing*, kemudian ditentukan pembuatan geometry pada gambar berikut



Gambar 4. Lokasi *outlet*

inlet_hot
23/10/2021 10:01 AM
inlet_hot



Gambar 5. Lokasi inlet

Pada gambar 4 dan 5 adalah hasil dari *meshing* yang akan digunakan untuk menentukan aliran inlet dan outlet pada *heat exchanger*.

Tabel 1 Katalog temperatur *heat exchanger tipe shell and tube*

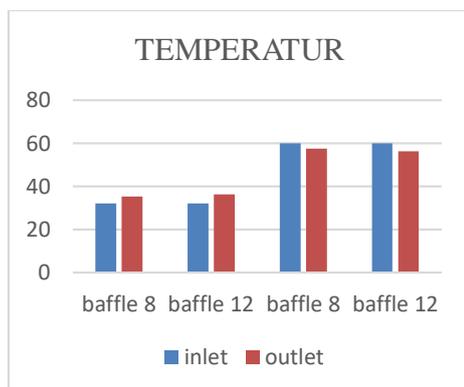
Pada tabel 1 adalah temperatur yang telah ditentukan untuk setiap *heat exchanger*, yaitu temperatur yang masuk dan keluar.

A. PERHITUNGAN

Dari data temperatur yang telah disebutkan pada tabel di atas, maka dapat ditentukan temperatur yang keluar dan masuk yaitu perhitungan LMTD untuk menentukan rata-rata suhu yaitu:

$$\Delta T_{tm} = LMTD = \frac{(Th_i - tc_o) - (Th_o - tc_i)}{\ln\left(\frac{Th_i - tc_o}{Th_o - tc_i}\right)}$$

Dalam kondisi distribusi suhu *heat exchanger* seperti diperlihatkan dalam grafik berikut pada setiap *baffle*. Suhu yang ditentukan dalam satuan celsius.



Grafik 1 Distribusi temperature pada inlet dan outlet

Dari grafik sampai grafik didapatkan nilai T tertinggi terletak pada *baffle 8* dan *12*, dengan nilai

total 60°C. Maka nilai tersebut dimasukkan ke persamaan (1)

$$\Delta T_{tm} = LMTD = \frac{(Th_i - tc_o) - (Th_o - tc_i)}{\ln\left(\frac{Th_i - tc_o}{Th_o - tc_i}\right)}$$

$\Delta T_{tm} = LMTD$ = beda temperatur rata-rata [°C]

Th_i = temperatur masuk fluida panas [60 °C]

Th_o = temperatur keluar fluida panas [47,9 °C]

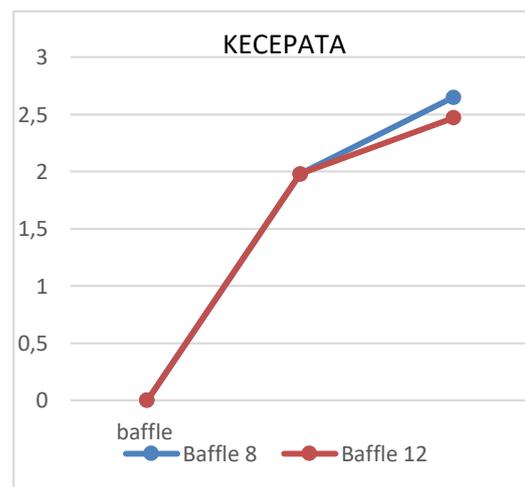
tc_i = temperatur masuk fluida dingin [32°C]

tc_o = temperatur keluar fluida dingin [43,3 °C]

$$\Delta T_{tm} = LMTD = \frac{(Th_i - tc_o) - (Th_o - tc_i)}{\ln\left(\frac{Th_i - tc_o}{Th_o - tc_i}\right)}$$

$$\Delta T_{tm} = LMTD = \frac{(60 - 43,3) - (47,9 - 32)}{\ln\left(\frac{60 - 43,3}{47,9 - 32}\right)}$$

No	Debit Tube (Ltr/mnt)	Debit Shell (Ltr/mnt)	Th,in (°C)	Tc,in (°C)	Th,out (°C)	Tc,out (°C)
SA-1021	15	9	60	32	51	44,7
SA-1022	15	12	60	32	48,8	43,7
SA-1023	15	15	60	32	47,9	43,3
SA-1024	15	18	60	32	46,9	42,4
SA-1025	15	22	60	32	45,96	41,6



$$= \frac{16,7 - 15,9}{\ln\left(\frac{16,7}{15,9}\right)} = 16,4^{\circ}C$$

Tabel 2 Tabel temperature pada *inlet* dan *outlet*

T (C)		In	Out
Shell	Baffle 8	32	35.182
	Baffle 12	32	36.175
Tube	Baffle 8	60	57.555
	Baffle 12	60	56.133
Mass flow rate		2.45825 kg/s	

Setelah didapatkan hasil dari perhitungan LMTD, langkah yang sama dilakukan perhitungan kecepatan aliran sehingga didapatkan dalam grafik.

Grafik 2. Grafik kecepatan laju aliran

Pada gambar grafik 2 dijelaskan bahwa nilai kecepatan maksimal fluida tertinggi untuk variasi laju aliran massa *inlet* 2,45 kg/s berada pada variasi *baffle* jumlah 12 sebesar 2.47 m/s, lebih besar dibandingkan dengan variasi *baffle* 8 dengan nilai kecepatan maksimal fluida dingin tertinggi untuk variasi laju aliran massa *inlet* 2,45 kg/s sebesar 2,65 m/s, dengan menggunakan perhitungan,

$$V = \frac{Q}{A} \quad (\text{Holman, 2010})$$

Dimana :

Q = Debit Aliran Fluida

Pressure drop (Pa)		
Shell	Baffle 8	3573.3
	Baffle 12	3854.8

$$= 15 \text{ liter/menit} = 0,25 \text{ liter/detik} = 2,5 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik} (\text{m}^3/\text{s})$$

V = Kecepatan Aliran (m/s)

A = Luas penampang *tube*

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{3,14 \times (0,2432)^2}{4} = 5,06 \times 10^{-4}$$

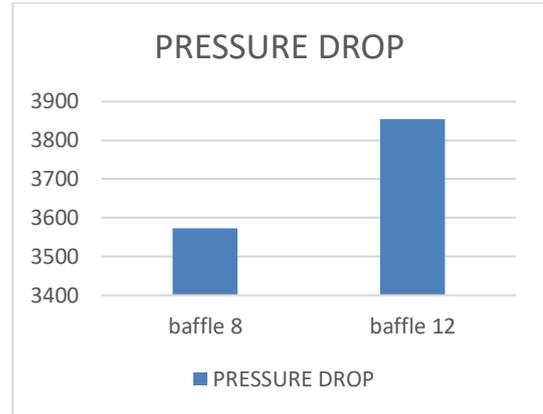
$$V = \frac{2,5 \times 10^{-4}}{5,06 \times 10^{-4}} = 1,98 \text{ m/s}$$

Pada tabel berikut menunjukkan hasil kecepatan aliran berikut yaitu,

Tabel 4. 2 Tabel kecepatan aliran fluida

Kecepatan (m/s)		In	Out
Shell and Tube	Baffle 8	1,98	2.65
	Baffle 12	1.98	2.47

Setelah didapatkan hasil dari perhitungan kecepatan aliran *inlet* dan *outlet*, langkah yang sama dilakukan perhitungan *pressure drop* sehingga didapatkan dalam grafik.



Grafik 3. *pressure drop*

Pada grafik diatas bahwa nilai *pressure drop* pada baffle 8 maksimal fluida tertinggi untuk variasi laju aliran massa *inlet* 2,45 kg/s berada pada variasi *baffle* jumlah 8 bernilai 3573,3pa dan untuk jumlah variasi *baffle* 12 bernilai 3854,8pa

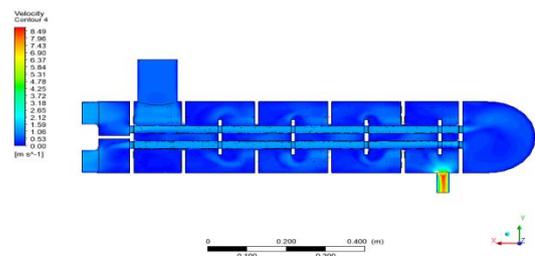
Pada tabel berikut menunjukkan hasil *pressure drop* berikut yaitu,

Tabel 3 Tabel *pressure drop* pada *shell heat exchanger*

IV. SIMULASI

Pada proses simulasi digunakan pemodelan menggunakan *software ANSYS*. Data yang digunakan pada

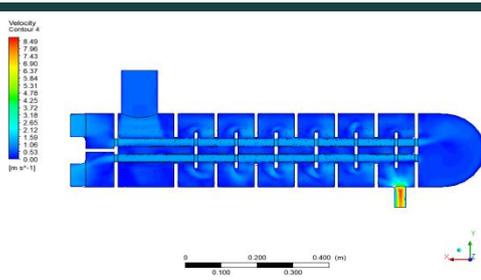
simulasi sama seperti pada langkah perhitungan. Pemodelan dibuat Seperti ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 6. Kontur kecepatan Baffle 8

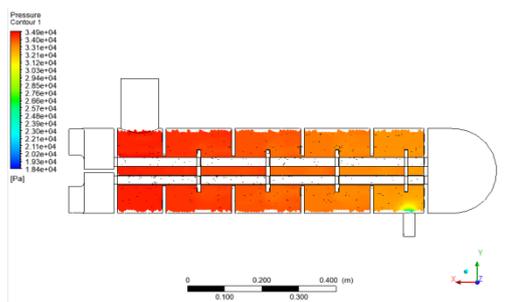
Berdasarkan gambar simulasi kontur kecepatan aliran pada jumlah *baffle* 8 diatas menunjukkan hasil kecepatan dari *inlet* fluida dingin sebesar 1,98 m/s menunjukkan kontur warna biru tua yang mendominasi suhu bawah minimal.

Ditinjau dari kontur warna yang ditampilkan pada bagian *outlet* fluida dingin terlihat kontur warna biru muda sehingga kontur kecepatan aliran fluida dingin yang dihasilkan sebesar 2,65 m/s.



Gambar 7. Kontur kecepatan Baffle 12

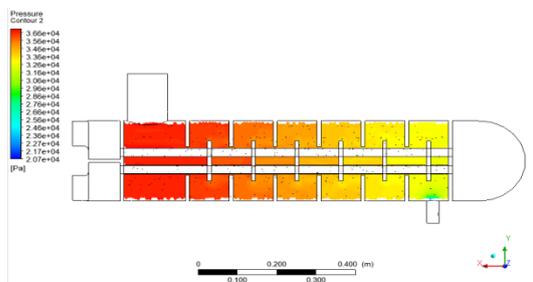
Berdasarkan gambar simulasi kontur kecepatan aliran pada jumlah baffle 12 diatas menunjukkan hasil kecepatan dari inlet fluida dingin sebesar 1,98 m/s menunjukkan kontur warna biru tua yang mendominasi suhu bawah minimal. Jumlah baffle yang lebih banyak juga didominasi dengan warna biru muda pada desain baffle yang dapat menyebabkan kecepatan aliran menjadi acak yang menandakan distribusi kecepatan rata rata terhambat akibat jumlah baffle sehingga kecepatan menjadi menurun 2.47 m/s.



Gambar 8. Kontur pressure pada shell baffle 8

Berdasarkan visualisasi data hasil simulasi distribusi terhadap jarak baffle saat pressure drop inlet fluida dingin berada pada nilai 3854,8 pa yang menunjukkan kontur warna merah sebagai indikator suhu atas maksimal.

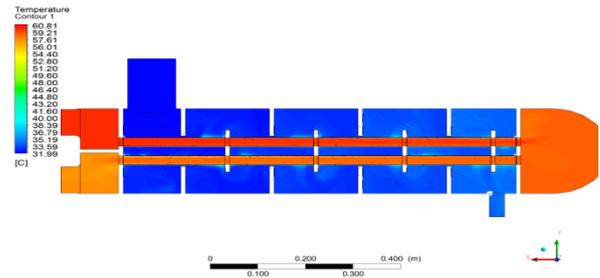
Warna merah mendominasi laju aliran inlet sampai aliran outlet, sehingga nilai pressure drop outlet fluida dingin bernilai 3478,2 pa.



Gambar 8. Kontur pressure pada shell baffle 12

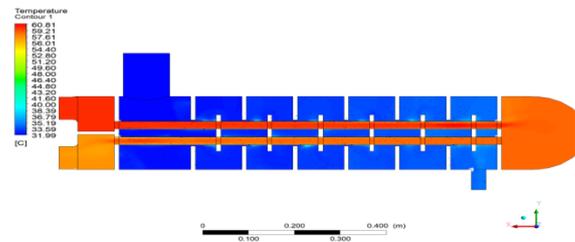
Berdasarkan visualisasi data hasil simulasi pressure drop distribusiterhadap jarak baffle saat laju aliran inlet fluida dingin berada pada nilai 3573,3pa yang menunjuk kankontur warna merah sebagai indikator suhu atas maksimal.

Pada aliran outlet fluida dingin warna merah tidak mendominasi laju aliran inlet sampai aliran outlet melainkan di dominasi warna kuning sehingga bernilai 3235,4 pa.



Gambar 8. Plot kontur temperature pada symmetry baffle 8

Berdasarkan data diatas distribusi temperatur terhadap jarak baffle saat inlet laju aliran massa fluida dingin berada pada nilai 2.45 kg/s menunjukkan kontur warna biru sebagai indikator suhu bawah minimal sebesar 32⁰ C, dan untuk outlet bernilai 35,1⁰C. Pada distribusi aliran inlet massa fluida panas bernilai 2.45 kg/s menunjukkan kontur berwarna merah yang menunjukkan suhu atas maksimal yang bernilai 60⁰C dan untuk outlet bernilai 57,5⁰C.



Gambar 8. Plot kontur temperature pada symmetry baffle 12

Berdasarkan data diatas distribusi temperatur terhadap jarak baffle saat inlet laju aliran massa fluida dingin berada pada nilai 2.45 kg/s menunjukkan kontur warna biru muda mendominasi dibandingkan variasi aliran inlet fluida dingin pada variasi jumlah 8 baffle. sebagai indikator suhu bawah minimal sebesar 32⁰ C, dan untuk outlet bernilai 36,1⁰C. Pada distribusi aliran inlet massa fluida panas bernilai 2.45 kg/s menunjukkan kontur berwarna merah yang menunjukkan suhu atas maksimal yang bernilai 60⁰C dan untuk outlet bernilai 56,1⁰.

V. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi diatas, dapat dirangkum beberapa point sebagai berikut:

1. Variasi jumlah baffle menggunakan jumlah 8, dan 12
2. Berdasarkan kontur kecepatan, dapat terlihat bahwa distribusi kecepatan lebih acak terjadi pada *baffle* dengan jumlah 12 bernilai 2,47 m/s, hal ini karena banyaknya hambatan yang diakibatkan oleh *baffle* sehingga membuat pola aliran terganggu mengingat jarak antar *baffle* yang semakin kecil namun *mass flow rate* yang cukup besar. Sedangkan pola aliran lebih stabil pada jumlah *baffle* 8 yang bernilai 2,65 m/s karena aliran tidak begitu terhambat akibat jumlah *baffle* tidak banyak.
3. Dari kontur tekanan dan table *pressure drop*, pada *baffle* 8 bernilai 3573,3pa dan *baffle* 12 bernilai 2854,8pa, dapat disimpulkan bahwa semakin banyak jumlah baffle yang digunakan maka semakin tinggi *pressure drop* (perbedaan tekanan) pada dinding *shell heat exchanger* ketika fluida masuk dan ketika keluar.
4. Semakin besarnya *pressure drop* yang dihasilkan maka akan semakin besar pula *heat transfer* yang terjadi. Hal tersebut dapat dilihat dari distribusi *temperature* dan table *temperature* *baffle* 8 sebesar 57,55°C, bagian outlet hot *outlet* terendah sebesar 35,182°C,. semakin banyak jumlah baffle maka akan semakin turun *temperature* fluida, dan pada bagian outlet hot semakin banyak jumlah baffle maka akan semakin naik *temperature* fluida yang keluar.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- 1) Amiruddin, W. (2017). Analisa Teknis Dan Ekonomis Modifikasi Desain Lambung Kapal Ikan Tradisional 30 Gt Tipe Batang. *jurnal teknik perkapalan*, 5, 602-611.
- 2) Bayram, H. (2017, august 7). Numerical Investigation of the Effect of Variable.
- 3) Holman. (2010). *Useful Conversion Factors. Heat Transfer* .
- 4) Prayogi, U. (2012). Rancang Bangun Ketel pemulih Kalor limbah penyulingan minyak.