

# ANALISA EFEKTIVITAS *HEAT EXCHANGER OIL COOLER* SEBELUM DAN SESUDAH MAINTENANCE

## *The Effectiveness of Heat Exchanger Oil Cooler Before and After Maintenance*

Aziz Masyhuri, Angky Puspawan\*, Agus Suandi

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu  
Jl. W.R. Supratman, Kandang Limun, Bengkulu, Indonesia, 38371

\*) E-mail : apuspawan@unib.ac.id

### ABSTRACT

*MUSI PLTA is one of the state-owned companies engaged in Hydroelectric Power Generation, MUSI PLTA is one of the largest power plants in Bengkulu Province, which is also a power plant in several provinces on the island of Sumatra. Air power plants consist of many interrelated components which then convert the potential energy of the air into mechanical energy which is then transformed into electrical energy. One of the most important components of this plant is the oil cooler. The oil cooler is a heat exchanger that functions to cool the oil that will be used as a thrust bearing on the generator. This oil cooler has a shell and tube type where two types of fluids flow separately with a two pass heat exchanger type. The effectiveness of the oil cooler unit 1 UL PLTA MUSI on conditions before and before treatment was obtained from the calculation of the effectiveness value. In the pre-maintenance condition, the effectiveness value was 9.947089947 %, while in the pre-maintenance condition the effectiveness value was 13.03 %.*

**Keywords:** Heat exchanger, oil cooler, effectiveness, maintenance

## 1. PENDAHULUAN

PLTA Musi merupakan salah satu pembangkit listrik tenaga air milik PT PLN Persero yang berlokasi di Desa Ujan Mas, Kabupaten Kepahiang, Povinsi Bengkulu. PLTA Musi memiliki 3 buah turbin dengan daya terpasang sebesar 70 MW setiap turbinnya, sehingga daya maksimum yang dihasilkan dari PLTA Musi sebesar 210 MW. PLTA Musi memanfaatkan bendungan "*Run of River*" dari Sungai Musi, dimana air Sungai Musi dibendung terlebih dahulu di *Intake Dam*. Setelah itu, air mengalir melalui pipa *penstock* hingga masuk ke dalam turbin.

*Oil cooler* merupakan alat yang digunakan sebagai pendingin oli yang akan didistribusikan ke *thrust bearing* pada generator. *Oil cooler* ini memiliki tipe *shell and tube* dimana dua jenis fluida yang mengalir secara terpisah dengan tipe *two pass heat exchanger*. *Heat exchanger* merupakan peralatan yang menerapkan prinsip perpindahan panas yang digunakan untuk mentransferkan kalor antar dua fluida atau lebih. Kebanyakan *heat exchanger*, fluidafluida kerjanya dipisah oleh permukaan diantara kedua fluida tersebut dan biasanya fluidanya tidak bercampur.

Melihat besarnya manfaat penggunaan reaktor listrik dan semakin tingginya tingkat kebutuhan akan faktor listrik. Tentunya menjadi tantangan bagi PT.PLN untuk meningkatkan kinerja dan produksinya dalam mencukupi kebutuhan listrik nasional. Dalam penerapannya tentunya pembangkit listrik tidak lepas dari permasalahan serta kerusakan, terutama pada bagian mesin pada pembangkit listrik. Banyak faktor yang menyebabkan kerusakan itu terjadi, padahal mesin merupakan poros utama dalam pembangkit itu sendiri. Dengan demikian PT.PLN juga memiliki tantangan untuk meminimalisir permasalahan tersebut, yaitu dengan melakukan kegiatan pengecekan dan pemeliharaan secara berkala.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sejarah Singkat PLTA Musi

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Musi merupakan pembangkit listrik dengan tipe *Run of River*. PLTA Musi memanfaatkan aliran air sungai Musi sebagai media penggerak turbin yang dialirkan menuju *power house*. *Power house* terletak di bawah tanah dengan kedalaman mencapai  $\pm 400$  meter, yang dapat di akses melalui terowongan sepanjang  $\pm 1300$  meter. Daya terpasang sebesar 3 x 70 MW (210 MW), mampu membangkitkan listrik sebesar 1,140 GWh/tahun dan merupakan PLTA besar pertama yang dibangun di provinsi Bengkulu.

Rekomendasi pembangunan berdasarkan hasil studi pendahuluan tentang pembangunan sumber-sumber tenaga air suatu daerah pada tahun 1965, sehingga pekerjaan lebih lanjut terhadap rencana pembangunannya dan studi hidro potensial pada tahun 1981-1983. Implementasi pelaksanaan pembangunan dikoordinasi oleh PT PLN (Persero) Pikitring Sumbangsel, Babel, Sumbar dan Riau dan perkembangannya di awali langsung oleh PT PLN (Persero) proyek PLTA Musi yang berkedudukan di Desa Ujan Mas Atas, Kecamatan Ujan Mas Kabupaten Kepahiang Provinsi Bengkulu. Gambar di bawah merupakan *access road* yang menunjukkan jalan nya air dari *intake dam* sampai *regulating dam*.

## 2.2 Penukar Kalor (*heat exchanger*)

Penukar kalor/panas (*heat exchanger*) adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan panas antara dua fluida atau lebih yang memiliki perbedaan temperatur. Temperatur panas fluida yang tinggi akan berpindah ke fluida yang bertemperatur rendah. Perpindahan panas tersebut dapat terjadi dengan cara kontak langsung maupun tidak langsung. Pada thrust bearing oil cooler di PLTA Musi, proses perpindahan panas terjadi secara tidak langsung yaitu menggunakan media perantara pipa-pipa tube. Fluida bertemperatur panas (minyak pelumas) akan didinginkan dengan cara dialirkan melalui sisi shell (menyelimuti sisi luar pipa-pipa *tube*) sedangkan fluida pendingin (air) dialirkan melalui sisi dalam pipa-pipa *tube*. Untuk meningkatkan efektivitas pertukaran energi, umumnya digunakan material pipa *tube* berbahan tembaga atau aluminium yang memiliki konduktivitas termal tinggi.

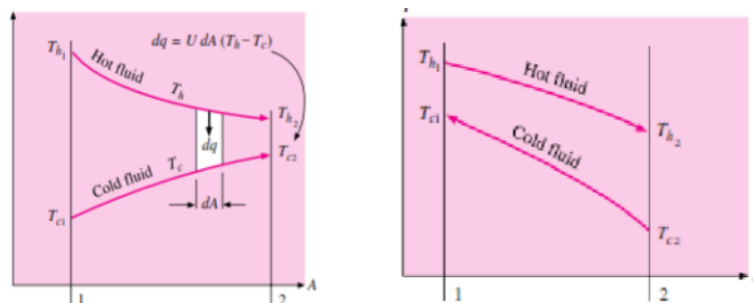
## 2.3 Shell and Tube Heat Exchanger

*Shell and tube heat exchanger* merupakan salah satu jenis penukar panas yang banyak digunakan dalam proses industri. Alat penukar panas ini terdiri dari sebuah tabung (*shell*) dimana didalamnya terdapat suatu berkas (*bundle*) pipa dengan diameter yang relatif kecil. *Heat exchanger* jenis ini biasa digunakan pada proses industri yang memiliki proses dengan jumlah fluida yang dipanaskan atau didinginkan dalam jumlah besar. Desain alat ini dapat memberikan luas area penampang atau area penukar panas yang besar dan memberikan nilai efisiensi perpindahan panas yang besar.

Dalam *shell and tube heat exchanger* terdapat beberapa jumlah tube dalam susunan paralel atau seri dimana salah satu fluida mengalir didalam tube, sedangkan fluida lainnya mengalir di luar tube. Untuk meningkatkan nilai efisiensi pertukaran panas, biasanya pada penukar panas shell and tube dipasang sekat (*baffle*). Ini bertujuan untuk membuat turbulensi aliran fluida dan menambah waktu tinggal fluida (*residence time*), namun pemasangan sekat akan memperbesar *pressure drop* operasi dan menyebabkan beban kerja pompa bertambah berat, sehingga laju alir fluida harus diatur sedemikian rupa.

## 2.4 Log Mean Temperature Difference (LMTD)

Fluida dapat mengalir baik dalam aliran paralel atau aliran silang, dan suhu profil untuk dua kasus ini ditunjukkan pada Gambar 1 bertujuan untuk menghitung perpindahan panas dalam pengaturan pipa ganda ini.



Gambar 1. Profil temperatur penukar kalor

Dimana :

$$q = U \cdot A \cdot \Delta T_{LMTD} \quad (2.1)$$

Dimana:

$U$  = koefisien total perpindahan panas ( $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ )

$A$  = luas permukaan perpindahan panas ( $m^2$ )

$\Delta T_{LMTD}$  = temperature perbedaan rata-rata yang melewati *heat exchanger* ( $^\circ C$ )

Rata-rata perbedaan suhu dapat di hitung dengan parameter sebagai berikut:

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(\Delta T_1) - (\Delta T_2)}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)} \quad (2.2)$$

Dimana:

$$\Delta T_1 = T_{h1} - T_{c2}$$

$$\Delta T_2 = T_{h2} - T_{c1}$$

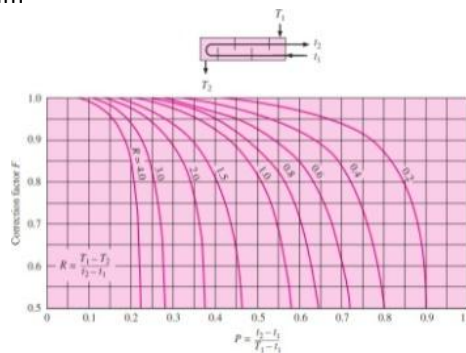
- $T_{h1}$  = Temperatur pada oli panas (°C)
- $T_{h2}$  = Temperatur pada oli dingin (°C)
- $T_{c1}$  = Temperatur pada air dingin (°C)
- $T_{c2}$  = Temperatur pada air panas (°C)

## 2.5 Efektifitas Heat Exchanger

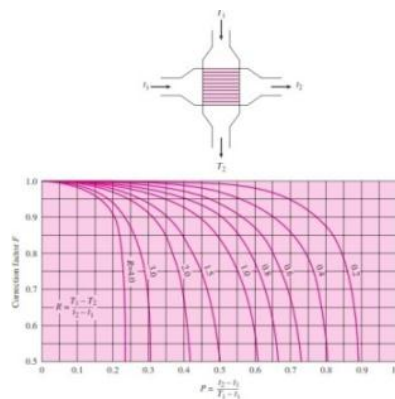
Efektifitas *Heat Exchanger* dapat di hitung dengan parameter berikut:

$$\varepsilon = \frac{Q_{aktual}}{Q_{max}} \times 100 \% \quad (2.3)$$

- $Q$  = Laju perpindahan panas aktual
- $Q_{max}$  = Laju perpindahan panas maksimum



**Gambar 2.** Faktor Koreksi penukar kalor dengan satu melewati empat atau lebih laluan shell melewati tabung. [2]



**Gambar 3.** Faktor koreksi penukar kalor untuk single-pass lintas aliran

## 2.6 Laju Perpindahan Panas Penukar Kalor

Laju perpindahan panas pada penukar kalor mempergunakan persamaan setelah didapatkan dalam metoda perhitungan *number of transfer unit* (NTU) [2].

$$Q = C_{min} (T_2 - T_1) \quad (2.6)$$

Dimana :

$$C_{min} = \dot{m} h .c_{ph} \quad (2.7)$$

Keterangan:

- $q$  = Laju perpindahan panas (Watt)
- $C_{min}$  =Kapasitas panas minimal (W/°C)
- $T_2$  =Temperatur keluar (°C)
- $T_1$  =Temperatur masuk (°C)

Dari persamaan di atas terlihat bahwa untuk mengetahui besarnya laju perpindahan panas pada suatu penukar kalor harus ditentukan terlebih dahulu besarnya koefisien perpindahan kalor menyeluruh (U), luas permukaan perpindahan kalor (A), beda suhu rata-rata dalam penukar kalor ( $\Delta T_{LMTD}$ ) serta factor koreksi [2].

### 3. METODOLOGI

#### 3.1 Spesifikasi oil cooler

*Oil cooler* merupakan alat yang digunakan sebagai pendingin oli yang akan didistribusikan ke *thrust bearing* pada generator, seperti terlihat pada Gambar 4 dan Tabel 1. *Oil cooler* ini memiliki tipe *shell and tube* dimana dua jenis fluida yan mengalir secara terpisah dengan tipe *two pass heat exchanger*. Dengan demikian, perpindahan panas yang terjadi pada oli secara konveksi. Cara kerja *oil cooler* adalah oli yang berada pada upper breacket yang berfungsi untuk mendinginkan upper bearing yang bekerja dengan gaya radial dan thrust bearing yang bekerja dengan gaya axial. Kemudian oli yang temperaturnya sudah naik di sirkulasikan ke *oil cooler*, di *oil cooler* oli didinginkan dengan media air yang berasal dari pompa CWP kemudian ke backwash strainer dan kemudian air tersebut disirkulasikan juga pada *oil cooler* oli dan air tidaklah bersentuhan langsung baik oli maupun air memiliki jalurnya masing-masing dan kemudian air tersebut dibuang. Oli yang sudah didinginkan kemudian dialirkan kembali ke *upper bracket* begitu pula siklus tersebut secara terus-menerus.



Gambar 4. Oil Cooler

Tabel 1. Spesifikasi Oil Cooler

Spesifikasi		
Exchange Heat Loss	310 kW	
	Shell Side	Tube Side
Fluid	Oil ( Shell Turbo T46 )	Water
Flow Quantity	2500 l/min	1000 l/min
Number of Passes	1	2
Design Press	0,49 Mpa	0,59 MPa
Panas Jenis	$1,375 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C}$	$4,180 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C}$

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Hasil

Tabel 2. Data pengukuran

Fluida	Debit l/min Q	Densitas (Kg/m <sup>3</sup> ) P	Panas Jenis Cp (J/(Kg <sup>0</sup> C))
Hot (Oli)	1700	640	2052,2
Cold (Air)	1011	997	4181,2

Data temperatur fluida panas (Hot) dan fluida dingin (Cold) di ambil secara manual dengan menggunakan alat Thermogun yang di tembakan ke pipa fluida panas (Hot) dan fluida dingin (Cold) pada *oil cooler* unit 1 PLTA MUSI.

##### 4.2 Hasil Pengukuran Sebelum Maintenance

Hasil pengukuran sebelum maintenance diambil pada tanggal 9 september 2021

Tabel 3. Data pengukuran tanggal 9 september 2021

NO	Waktu (jam)	Oil (Hot)		Water (Could)	
		Th <sub>in</sub>	Th <sub>out</sub>	T <sub>Cin</sub>	T <sub>Cout</sub>
1	6	37	36	23	27
2	7	37	36	23	27
3	8	37	36	23	27
4	9	37	36	23	27
5	10	38	36	23	27
6	11	37	36	23	27
7	12	37	36	23	27
8	13	38	36	23	27
9	14	38	35	23	27

##### 4.3 Hasil Pengukuran sesudah Maintenance

Hasil pengukuran setelah maintenance diambil pada tanggal 13 september 2021

Tabel 4. Data pengukuran tanggal 13 september 2021

NO	Waktu (jam)	Oil (Hot)		Water (Could)	
		Th <sub>in</sub>	Th <sub>out</sub>	T <sub>Cin</sub>	T <sub>Cout</sub>
1	6	36	34	23	27
2	7	36	34	23	27
3	8	36	34	23	27
4	9	36	34	23	27
5	10	35	34	23	27
6	11	35	34	23	27
7	12	35	34	23	27
8	13	36	34	23	27
9	14	36	34	23	27

##### 4.4 Hasil Perhitungan Sebelum Maintenance

Hasil perhitungan sebelum maintenance dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 5. Hasil Perhitungan Sebelum Maintenance

Cp,oli J/(Kg°C)	Cp,air J/(Kg°C)	Qair (watt)	Qoil (watt)	Qmax (watt)	ΔT <sub>LMTD</sub> °C	effektivitas %
2052.2	4181.2	280809.392	37206.4	520889.404	11.4345	7.14
2052.2	4181.2	280809.392	37206.4	520889.404	11.4345	7.14
2052.2	4181.2	280809.392	37206.4	520889.404	11.4345	7.14
2052.2	4181.2	280809.392	37206.4	520889.404	11.4345	7.14
2052.2	4181.2	280809.392	74412.8	558095.79	11.9722	13.33
2052.2	4181.2	280809.392	37206.4	520889.404	11.4345	7.14
2052.2	4181.2	280809.392	37206.4	520889.404	11.4345	7.14
2052.2	4181.2	280809.392	74412.8	558095.79	11.9722	13.33
2052.2	4181.2	280809.392	111619	558095.79	11.4927	20.00

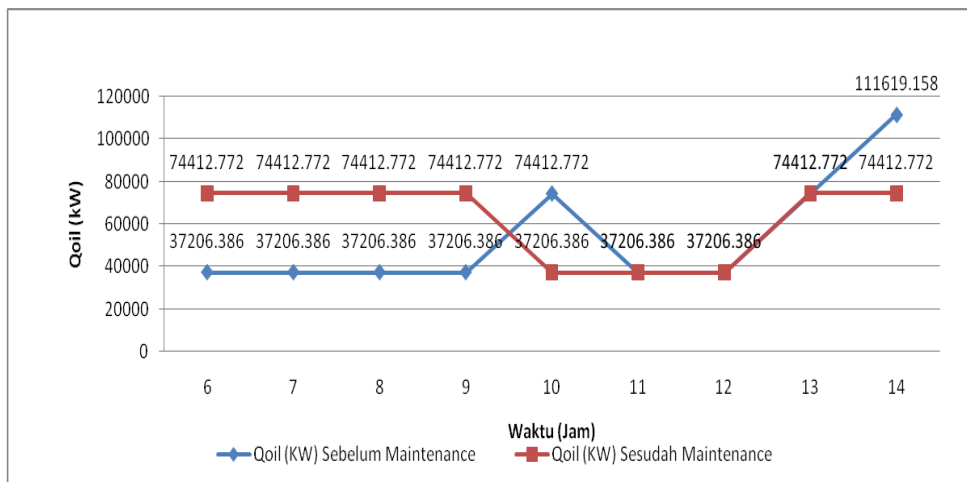
4.5 Hasil Perhitungan sesudah Maintenance

Hasil perhitungan sesudah maintenance dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 6. Hasil Perhitungan Sesudah Maintenance

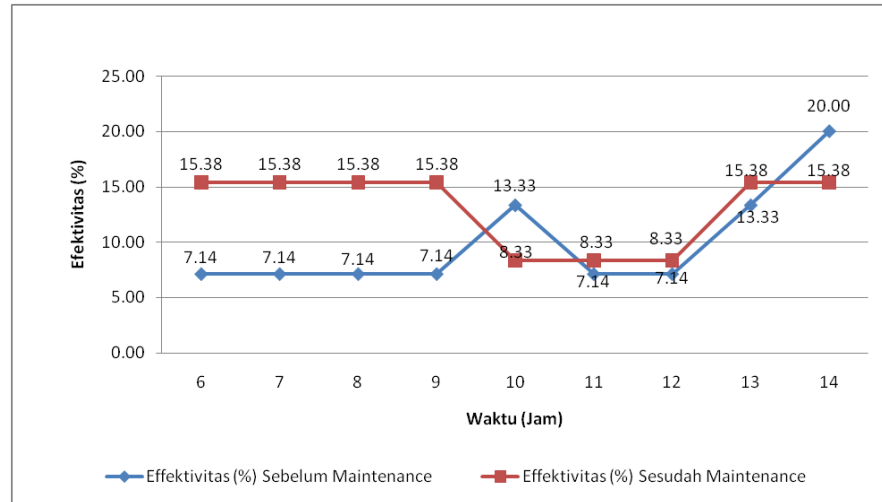
Cp,oli J/(Kg°C)	Cp,air J/(Kg°C)	Qair (watt)	Qoil (watt)	Qmax (watt)	ΔT <sub>LMTD</sub> °C	effektivitas %
2052.2	4181.2	280809.392	74412.8	483683.018	9.96658	15.38
2052.2	4181.2	280809.392	74412.8	483683.018	9.96658	15.38
2052.2	4181.2	280809.392	74412.8	483683.018	9.96658	15.38
2052.2	4181.2	280809.392	74412.8	483683.018	9.96658	15.38
2052.2	4181.2	280809.392	37206.4	446476.632	9.42052	8.33
2052.2	4181.2	280809.392	37206.4	446476.632	9.42052	8.33
2052.2	4181.2	280809.392	37206.4	446476.632	9.42052	8.33
2052.2	4181.2	280809.392	74412.8	483683.018	9.96658	15.38
2052.2	4181.2	280809.392	74412.8	483683.018	9.96658	15.38

4.6 Hubungan Waktu Operasi Laju Kalor Aktual Sebelum dan Sesudah Maintenance



Gambar 5. Hubungan Waktu Operasi Laju Kalor Aktual Sebelum dan Sesudah Maintenance

#### 4.7 Hubungan waktu Operasi Terhadap Efektivitas Heat Exchanger Sebelum dan Sesudah Maintenance



Gambar 6. Hubungan waktu Operasi Terhadap Efektivitas Heat Exchanger Sebelum dan Sesudah Maintenance

#### 4.8 Pembahasan

Pengamatan pada kerja praktek ini dilakukan terhadap *oil cooler* di unit 1. Data-data yang di Analisa merupakan data yang di peroleh dari operator dan data yang diambil langsung di lapangan. Yang mana pengamatan ini di lakukan di *Power House* UL PLTA MUSI. Prosedur pengamatan berupa studi literatur kemudian menentukan topik, lalu pengambilan data, kemudian data yang diambil lalu diolah untuk kemudian di analisa.

Setelah mendapatkan hasil pengujian dan hasil perhitungan pada kondisi sebelum dan sesudah *maintenance*. Selanjutnya adalah melakukan analisa data hasil perhitungan dengan persamaan LMTD dan Efektivitas *oil cooler*. Untuk kemudian data di dua kondisi tersebut untuk di sandingkan.

Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan nilai LMTD dan nilai efektivitas di masing-masing kondisi. Pada nilai LMTD menunjukan bahwa nilai rata-rata LMTD pada kondisi sebelum *maintenance* yaitu 11.56044395 °C sementara itu untuk nilai LMTD pada kondisi sesudah *maintenance* didapatkan nilai rata-rata yaitu 9.784558475 °C. Untuk nilai Efektivitas menunjukan bahwa nilai rata-rata pada kondisi sebelum *maintenance* yaitu 9.947089947 % dan untuk kondisi sesudah *maintenance* didapatkan nilai rata-rata efektivitas yaitu sebesar 13.03 %.

Kemudian data tersebut disandingkan untuk menentukan pada kondisi apa kinerja alat penukar panas (*heat exchanger*) *oil cooler* akan bekerja lebih efektif, pada kondisi sebelum *maintenance* kah atau kondisi sesudah *maintenance*. Dengan demikian dapat di simpulkan bahwa semakin tinggi nilai efektivitas maka semakin rendah nilai LMTD nya. Baik itu kondisi sesudah *maintenance* dan sebelum *maintenance*, tetapi peforma dari efektivitas kinerja dari *oil cooler* akan lebih efektif pada kondisi sesudah *maintenance*.

Di UL PLTA MUSI *oil cooler* dilakukan pemeliharaan secara rutin dalam jangka waktu satu bulan sekali, pemeliharaan ini berupa pembersihan secara menyeluruh pada tube di bagian dalam *oil cooler* dan kemudian dilakukan pula pemeliharaan pada bagian-bagian lain pada *oil cooler*.

### 5. KESIMPULAN

1. *Oil cooler* bekerja untuk mendinginkan oli yang melumasi *upper bearing* dan *thrust bearing*
2. Rata-rata nilai efektivitas *oil cooler* sebelum *maintenance* ialah 9,947089 % dan rata-rata nilai efektivitas sesudah *maintenance* ialah 13,03 %
3. Rata-rata nilai LMTD sebelum *maintenance* ialah 11,5604 °C dan setelah *maintenance* adalah 9,7846

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cengel, Y. A. (2015). *Heat Transfer A Practical Approach*.
- [2] Jack. P. Holman. *Heat Transfer, Tenth Edition, New York: Mc Graw - Hill*.2010
- [3] Bizzy, I., & Setiadi, R. (2013). Studi Perhitungan Alat Penukar Kalor Tipe *Shell Tube* Dengan Program *Heat Transfer Research Inch*. (HTRI).
- [4] Pane, A. H. (2014). *Alat Penukar Kalor (Heat Exchanger)*.