

ANALISA KINERJA ALAT PENUKAR KALOR JENIS *SHELL AND TUBE* PADA PENDINGIN *OIL RETURN BEARING*

Jainal Arifin¹, Gusti Rusydi Furqon² dan Syahrillah³

ABSTRACT

PT.PLN (persero) is the agency state owned enterprises that moves in the field of electricity, starting from the generation of electrical energy, transmission and distribution to customers and to serve public facilities like street lighting that is in south kalimantan and central kalimantan. The power plant steam power (PLTU) asam-asam coal fired power which is located in the village asam-asam kecamatan jorong district land sea south kalimantan, is a unit pt pln (persero) plant using steam power to the production of the power.

Method and the observation directly towards an object subjects in the this is bearing turbine unit no1 in 4 asam-asam coal-fired power station and observing a merchandise heat engine. Data collection, and continued is by with record and recorded all media as the object of research. Data needed among others in and out water temperature in a merchandise and oil heat engine return bearing, temperature in and out in a cooling oil, specifications, a cooling data bearing no turbine 1 and other data which support the research.

The results of research conducted on a system cooling bearing turbine who works less maximum attributed to several factors of them is factor of staining on a money heat engine and resulting in the rate of flow of water passes tube obstructed then temperature cooling bearing turbine between 70 °C until 75°C that should have 50°C until 60°C which the coefficients displacement heat 47,1 BTU/hr temperatures from oil obtained of specific heat 156.7862 lb / hr and the force stringed in journal bearing of 0,0887 n, efficiency 34,62 % compared at the time commissioning of 55,05% of the average score this is decreasing efficiency.

Keywords: Heat Exchanger, Temperature, Oil Return Bearing

PENDAHULUAN

PT. PLN (Persero) adalah badan usaha milik Negara yang bergerak dalam bidang kelistrikan, mulai dari pembangkitan energi listrik, transmisi, dan distribusi

^{1,2,3} Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari Banjarmasin, Banjarmasin, Indonesia.

*Corresponding author:

Jainalarifin804@gmail.com

ke pelanggan maupun untuk melayani fasilitas umum (Markoni, 2015). Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Asam-Asam yang terletak di Desa Asam-Asam Kecamatan Jorong Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan, merupakan Unit Pembangkit PT PLN (Persero) yang menggunakan tenaga uap untuk produksi listriknya.

PLTU Asam-Asam memiliki 4 unit pembangkit dengan kapasitas masing-masing unit 65 MW. Siklus pembangkit Listrik Tenaga uap memiliki beberapa komponen seperti boiler, turbin, kondensor, dan pompa. Kondensor merupakan salah satu komponen utama pada sistem PLTU yang apabila mengalami masalah maka akan mengakibatkan menurunnya efisiensi pembangkit, hal itu tentu tidak diinginkan karena PLTU yang selalu beroperasi setiap hari secara terus menerus. Menurunnya efisiensi turbin disebabkan karena turbin tidak bekerja secara maksimal.

Salah satu faktor yang menyebabkan turbin tidak bekerja secara maksimal adalah temperature *bearing* turbin terlalu panas. Panasnya temperatur bering disebabkan menurunnya kinerja alat penukar kalor yang ada pada sistem pendingin. Sistem pendingin *bearing* turbin pada PLTU asam-asam menggunakan alat penukar kalor jenis *shell and tube* yang mana dalam prinsip kerjanya fluida air di aliri di sisi *shell* dan fluida oil di aliri di sisi *tube*, yang mana nantinya fluida oli di gunakan untuk mendinginkan *bearing* turbin.

Berdasarkan data pengamatan dilapangan, temperatur pendingin bering turbin sekarang ini berkisar antara 70°C sampai 75°C (data harian PLTU Asam-asam) padahal yang seharusnya hanya berdasarkan antara rentang 50°C sampai 60°C (Manual Buku PLTU Asam-Asam) ini berdasarkan standar operasional untuk beban maksimal 65 MW. Terjadinya kenaikan temperatur pendingin *bearing* turbin yang sudah melampaui batas maksimal tentu akan menyebabkan kerusakan kerusakan lain pada bering turbin salah satunya adalah terjadinya kebocoran pada bering yang diakibatkan cepatnya aus material *bearing*. Kenaikan temperatur pendingin *bearing* diatas batas maksimal dipengaruhi oleh buruknya kinerja alat penukar kalor yang ada pada sistem pendingin *bearing*. Buruknya kinerja alat penukar kalor dipengaruhi

oleh beberapa faktor diantaranya pengotoran pada dinding *shell*, pompa air tidak bekerja maksimal dan terjadinya kebocoran pada bagian sisi *shell* (Yopi Handoyo dan Ahsan, 2012). Untuk mengetahui apa yang menyebabkan meningkatnya temperatur pendingin bering maka perlu dilakukan kajian lebih mendalam terhadap kinerja alat penukar kalor pada sistem pendingin oli turbin.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana kinerja alat penukar kalor pada sistem pendinginan *bearing* turbin yang mengakibatkan temperatur pendingin bekerja diatas batas normal operasional
2. Apakah tingginya temperatur pendingin *bearing* turbin dipengaruhi oleh pengotoran pada dinding *shell*, dan pompa air tidak maksimal bekerja.

Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka yang menjadi tujuan utama dalam penelitian ini adalah:

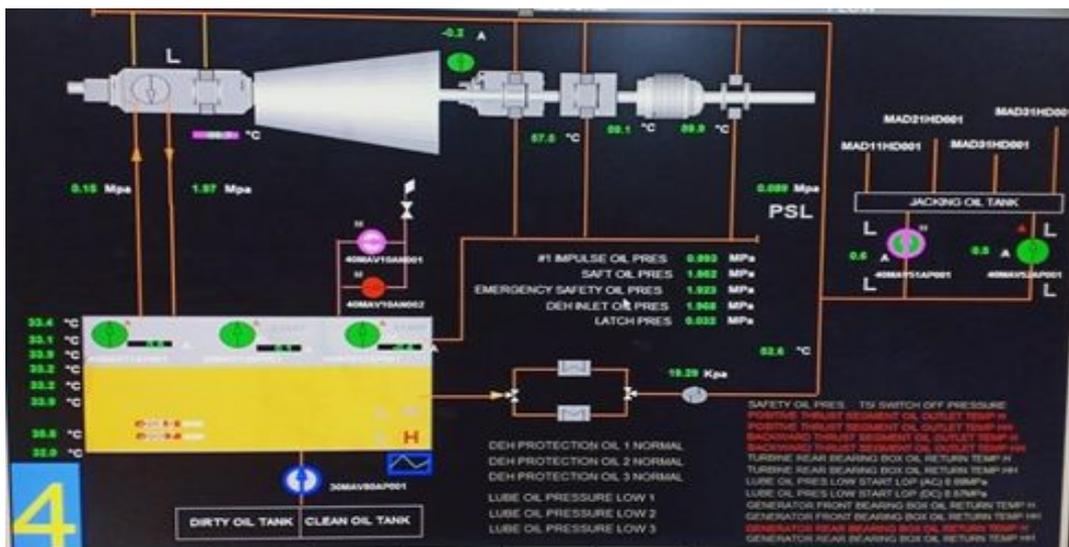
1. Menganalisa bagaimana kinerja alat penukar kalor pada sistem pendinginan *bearing* turbin yang mengakibatkan temperatur pendingin bekerja diatas batas normal operasional.
2. Menganalisa apakah tingginya temperatur pendingin *bearing* turbin dipengaruhi oleh pengotoran pada dinding *shell*, dan pompa air tidak maksimal bekerja.

TINJAUAN PUSTAKA

Sistem Pelumasan *Bearing* Turbin Pada PLTU Asam Asam Unit 4

Siklus pelumasan utama pada PLTU Asam Asam Unit 4 adalah siklus pelumasan tertutup bertekanan yang berarti pelumas yang sama digunakan secara

berulang dan bersirkulasi dengan tekanan pompa. Oli pelumas yang berada pada *Main Oil Tank* (MOT) dialirkan menuju *bearing bearing* turbin menggunakan *Main Oil Pump* (MOP). Sebelum menuju ke *bearing* turbin maka oli pelumas tersebut melawati *Turbin Oil Cooler* (TOC) guna nya untuk melakukan pertukaran panas antara media air pendingin dengan oli pelumas, harapan nya suhu oli pelumas yang masuk *bearing* turbin lebih rendah lagi. Selanjutnya oli pelumas dilakukan filtrasi melalui oil *filtered* untuk menangkap zat pencemar yang terbawa didalam oli pelumas, oli pelumas yang diharapkan sudah tidak ada lagi zat zat pencemar di dalam nya kemudian dialirkan menuju ke *bearing* turbin. Setelah melakukan tugasnya, oli pelumas akan kembali ke tangki penampungan utama (*Main Oil Tank*). Disamping sebagai pelumas, oli pelumas pada sistem ini juga berfungsi sebagai pendingin *bearing* (minyak menyerap panas dari bantalan dan membawa kependingin minyak). Tangki pelumas harus cukup besar sehingga aliran minyak yang melaluinya dapat mengalir dengan lambat, ini dimaksudkan agar minyak tidak berbusa. Selain itu juga untuk memudahkan kotoran dan air mengendap ke dasar tangki. Dasar tangki dibuat miring agar endapan air dan kotoran dapat berkumpul disatu lokasi untuk selanjutnya mudah untuk didrain



Gambar 1 Siklus Pelumasan Utama PLTU Asam Asam Unit 4

Sistem Pendingin Turbin Oil Cooler PLTU Asam Asam Unit 4

Turbin *oil cooler* adalah salah satu alat penukar kalor yang terdapat di PLTU Asam Asam. Fungsinya adalah mendinginkan oli pelumas yang bersirkulasi pada sistem pelumasan turbin, untuk oli pelumas hendaknya dijaga dalam batasan aman operasi, hal ini berkaitan dengan kekentalan atau *viskositas* dari oli pelumas tersebut. Seperti diketahui bahwa temperatur dapat mempengaruhi kekentalan fluida kerja (oli). Semakin tinggi temperatur maka semakin rendah kekentalannya, begitu juga sebaliknya semakin rendah temperatur akan membuat kekentalannya semakin rendah, dengan adanya batasan tersebut, maka sangat penting untuk menjaga performa *Turbine oil cooler* agar tidak sampai menjadi pembatas dalam beroperasinya unit pembangkit, dari uraian diatas maka diperlukan sistem pendingin oli (*oil cooler*) yang baik agar temperaturnya dapat mempertahankan tingkat viskositas yang aman bagi *bearing* pada unit Turbin Generator dan sistem proteksi lainnya. Selain itu dapat pula terjadi *carburizing* pada oli sehingga menimbulkan partikel karbon pada pelumas yang menyebabkan gesekan dengan *bearing*.

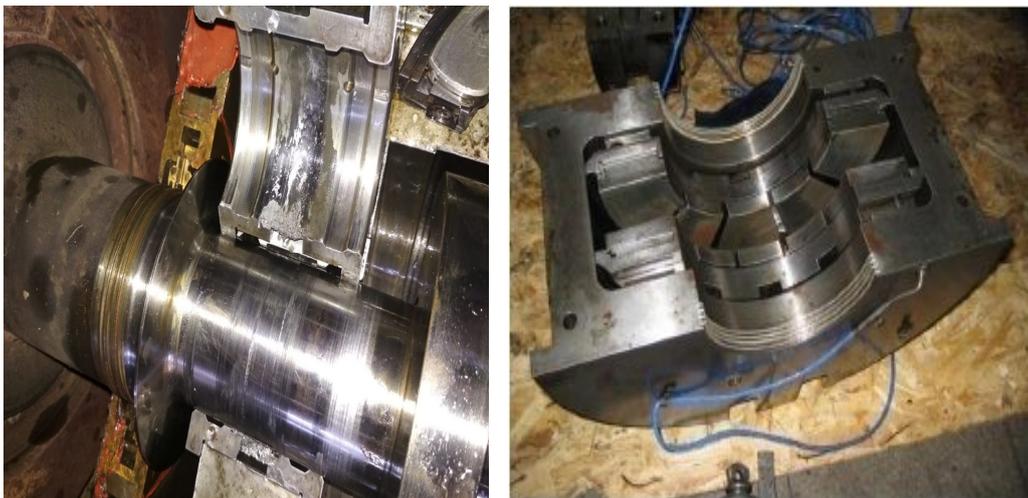
METODE

Metode penelitian ini meliputi ttudi literatur studi kepustakaan, kajian-kajian dari teori-teori, buku-buku dan tulisan-tulisan yang terkait dengan alat penukar panas dan *Oil Return Bearing*. menggunakan metode observasi yaitu dengan melakukan pengamatan secara langsung terhadap objek yang diteliti pertama ialah *bearing* turbin No 1 pada Unit 4 PLTU Asam - Asam, yang kedua mengamati alat penukar panas, kemudian dilanjutkan ke pengumpulan data, yang dilakukan adalah dengan mendata dan mencatat seluruh media yang menjadi objek penelitian mengukur diameter *shell*, *tube*, panjang *shell*, diameter *tube*, tekanan air masuk, mengukur temperatur air, selanjutnya menganalisa bagaimana kinerja alat penukar panas pada sistem pendinginan *bearing* turbin yang mengakibatkan temperatur pendingin bekerja diatas batas normal operasional, dan menganalisa apakah

tingginya temperatur pendingin *bearing* turbin dipengaruhi oleh pengotoran pada dinding *shell*, dan pompa air tidak maksimal bekerja.

Pengumpulan Dan Pengambilan Data

Pada penelitian ini dilakukan terlebih dahulu mencari data yang berkaitan dengan perhitungan yang akan dilakukan seperti mengukur pada bagian *Shell* dan bagian *Tube* kemudian mengukur data temperatur air masuk dan keluar, selanjutnya mengukur kecepatan aliran air dan *oil* yang berada pada alat penukar panas yang akan dihitung, data yang akan dicari seperti pada Tabel 1.



Gambar 3.1 Kerusakan pada bagian *Bearing* turbin uap akibat gesekan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Pada Sisi Tube

Data penelitian pada sisi tube merupakan spesifikasi sisi tube alat penukar kalor yang diambil dengan menggunakan alat ukur jangka sorong dan melihat dari manual *book drawing*. Data spesifikasi sisi tube ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Data dan Spesifikasi Turbin Oil Cooler Sisi *Shell* dan *Tube*

Parameter yang Diamati	Hasil Pengamatan
OD (Diameter Luar Tube)	20,76 mm
ID (Diameter Dalam Tube)	16,76 mm
L (Panjang Tube)	1917
Pt (Jarak antara Tube)	25,18 mm
Nt (Jumlah Tube)	384 buah
Tebal Tube	0,89 mm
C (Daerah bebas antara Tube)	8,42 mm
N (Aliran Pass Tube)	6/3 pass
Surface Area	60 m ²
Kapasitas air pendingin	90 m ³
Bahan	Tembaga
ID (Diameter Dalam Tube)	910 mm
B (Jarak Baffle)	121,33 mm
Fluida yang digunakan	Oil shell turbo T32
API 60 F	31
Viscosity @ 40 °C	32 cSt (1 cSt = 1 mm ² /s)
Diameter poros (DP)	560.72 mm
Clearance Design ©	0.438 mm
Tinggi Journal <i>Bearing</i> (L)	63.64 mm
Tekanan pada Journal <i>Bearing</i>	0.0881 N/mm ²
Putaran Poros (n)	3000 RPM

Data Pada Sisi Shell

Data penelitian pada sisi shell merupakan spesifikasi sisi shell alat penukar kalor yang diambil dengan menggunakan alat ukur jangka sorong dan melihat manual book drawing, serta data oil shell turbo T32 yang diambil dari properties shell turbo. Adapun data spesifikasi sisi shell yaitu pada Tabel 3.

Tabel 2. Data Spesifikasi Turbin Oil Coler Sisi Tube

Parameter yang Diamati	Hasil Pengamatan
OD (Diameter Luar Tube)	20,76 mm
ID (Diameter Dalam Tube)	16,76 mm
L (Panjang Tube)	1917
Pt (Jarak antara Tube)	25,18 mm
Nt (Jumlah Tube)	384 buah
Tebal Tube	0,89 mm
C (Daerah bebas antara Tube)	8,42 mm
N (Aliran Pass Tube)	6/3 pass
Surface Area	60 m ²
Kapasitas air pendingin	90 m ³
Bahan	Tembaga
Fluida yang digunakan	Air sungai

Tabel 3. Data dan Spesifikasi Turbin Oil Cooler Sisi Shell

Parameter yang diamati	Hasil Pengamatan
ID (Diameter Dalam Tube)	910 mm
B (Jarak baffle)	121,33 mm
Fluida yang digunakan	Oil shell Turbo T32
API 60 F	31
viscosity @ 40 °C	32 cSt (1 cSt = 1 mm ² /s)
viscosity @ 100 °C	5,7 cSt (1 cSt = 1 mm ² /s)

Neraca panas dan LMTD

$$Tr = \frac{(t_1 + t_2)}{2} = Tr = \frac{(95 + 104)}{2} = 97,7 \text{ } ^\circ F \implies (97,9 - 32) \times (5/9) = 36,6 \text{ } ^\circ C$$

Dari table A-9 J.P Holman sifat-sifat air (zat cair jenuh, Lampiran 3) secara interpolasi didapat :

$$\rho_{\text{air}} = 993,437 \text{ kg/m}^3 \times 0,06243 = 62,02027 \text{ lb/ft}^3$$

$$C_{P_{\text{air}}} = 4,174 \text{ KJ/kg}^{\circ}\text{C} : 4,1869 = 0,9969 \text{ Btu/ lb}^{\circ}\text{F}$$

➤ Menentukan laju aliran massa air yang melewati tube, W_{air} (lb/hr)

$$W_{\text{air}} = \text{Kapasitas air} \times \rho_{\text{air}}$$

$$W_{\text{air}} = 3178,26 \text{ ft}^3/\text{hr} \times 62,02027 \text{ lb/ft}^3 = 197.116543 \text{ lb/hr}$$

➤ Panas yang diserap oleh air Q_a (Btu/hr)

$$Q_{\text{air}} = W_{\text{air}} \times C_{P_{\text{air}}} \times (t_2 - t_1)$$

$$Q_{\text{air}} = 197,116543 \text{ lb/hr} \times 0,9969 \text{ Btu/ lb}^{\circ}\text{F} \times (104^{\circ}\text{F} - 95^{\circ}\text{F})$$

$$Q_{\text{air}} = 1.0611296 \text{ Btu/hr}$$

➤ Sisi Shell

$$T_r = \frac{(T_1 + T_2)}{2} = T_r = \frac{(140 + 125,6)}{2} = 132,8^{\circ}\text{F}$$

Diketahui bahwa $^{\circ}\text{API}$ oli adalah 31, dengan menggunakan *grafik specific heats of hydrocarbon liquids* (lampiran 4) yaitu grafik hubungan antara temperatur dengan $^{\circ}\text{API}$ dari oli maka dapat diperoleh panas spesifik dari oli, C_p oli (Btu/lb $^{\circ}\text{F}$) adalah 0,47Btu/lb $^{\circ}\text{F}$.

$$W_{\text{oli}} \times C_{P_{\text{oli}}} \times (T_1 - T_2) = 1.0611296 \text{ Btu/hr}$$

$$W_{\text{oil}} = \frac{1.0611296 \text{ Btu/hr}}{0,47 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}^{\circ}\text{F}} \times (140^{\circ}\text{F} - 125,6^{\circ}\text{F})} = 156.7862 \text{ lb / hr}$$

LMTD untuk aliran yang berlawanan arah (*counter flow*)

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(140 - 104)(125,6 - 95)}{\ln \frac{(140 - 104)}{(125,6 - 95)}} = 34,88^{\circ}\text{F}$$

➤ Luas daerah Tube

$$a_t = \frac{384 \times 1,086}{144 \times 2} = 1,45 \text{ ft}^2$$

➤ Kecepatan aliran massa pada Tube

$$G_t = \frac{197.116,543 \text{ lb / hr}}{1,45 \text{ ft}^2} = 135.942,45 \text{ lb / ft}^2 \cdot \text{hr}$$

$$V = \frac{G_t}{(3600) \cdot p}$$

$$V = \frac{135.942,45 \text{ lb / ft}^2 \cdot \text{hr}}{(3600) \cdot 62,02027 \text{ lb / ft}^3} = 0,61 \text{ fps}$$

➤ Bilangan Renold pada tube

$$Re_t = \frac{0,055 \text{ ft} \times 135.942,45 \text{ lb / ft}^2 \cdot \text{hr}}{3,872 \text{ lb / ft} \cdot \text{hr}} = 1,931$$

➤ Koefisien perpindahan panas pada tube

$$h_{io} = 375,4 \text{ Btu / hr} \cdot \text{ft}^2 \times \frac{0,660 \text{ in}}{0,817 \text{ in}} = 303,26 \text{ Btu / hr} \cdot \text{ft}^2$$

$$h_o = 303,26 \text{ Btu / hr} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ F$$

$$h_o = \frac{1}{\frac{1}{47,1 \text{ Btu/hr} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ F} - 0,005 \text{ Btu/hr} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ F - \frac{1}{303,26 \text{ Btu / hr} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ F}}$$

$$h_o = 77,3 \text{ Btu/hr} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ F$$

➤ Perhitungan menentukan koefisien Perpindahan panas Keseluruhan

$$U_c = \frac{303,26 \text{ Btu / hr} \cdot ^\circ F \times 77,3 \text{ Btu / hr} \cdot ^\circ F}{303,26 \text{ Btu / hr} \cdot ^\circ F + 77,3 \text{ Btu / hr} \cdot ^\circ F}$$

$$U_c = 61,68 \text{ Btu / hr} \cdot ^\circ F$$

➤ Koefisien Perpindahan Panas

$$U_D = \frac{1.061.129,6 \text{ Btu / hr}}{645,84 \text{ ft}^2 \times 34,88 \text{ }^\circ\text{F}} = 47,1 \text{ Btu / hr.}^\circ\text{F}$$

➤ Perhitungan *Pressure Drop* pada *Tube*

$$\Delta P_t = \frac{0,0005 \times (135.942,45)^2 \times 6,29 \times 2}{(5,22 \times 10^{10}) \times 0,055 \times 1 \times 1} = 0,045 \text{ psi}$$

➤ Besarnya Gaya pada *Bearing* :

$$F = \frac{0,0881}{63,64 \times 561,6} = 2,47 \text{ kN}$$

➤ Besar Koefisien Gesek pada *Journal Bearing*

$$\mu = \frac{33}{10^8} \left[\frac{0,48 \times 3000}{0,0881} \right] \left[\frac{0,56}{0,348} \right] + 0,002 = 0,0887 \text{ N}$$

➤ Panas dihasilkan

$$A = 20.d.l = 20 \times 561,6 \times 63,64 = 714.804,48 \text{ mm}^2 = 0,715 \text{ m}^2$$

$$H_D = 1232 \times 0,715 (82,4 - 65,75) = 14.666,65 \text{ Watt} \times 3,412 = 50.042,61 \text{ Btu/h}$$

KESIMPULAN

1. Kinerja alat penukar kalor pada system pendinginan *bearing* turbin yang bekerja kurang maksimal disebabkan beberapa faktor diantaranya adalah aliran air pendingin $0,61 \text{ fps}$ yang ada pada alat penukar kalor. Kurang maksimalnya disebabkan pengotoran pada dinding *tube* sehingga laju aliran air yang melewati dinding *tube* terhambat dan mengakibatkan panas meningkat, kemudian meningkatnya temperatur pendingin *bearing* turbin antara 70°C sampai 75°C yang seharusnya 50°C sampai 60°C yang mana koefisien perpindahan panas $47,1 \text{ Btu / hr.}^\circ\text{F}$, hubungan antara temperatur dengan $^\circ\text{API}$ dari oli maka dapat

diperoleh panas spesifik dari oli 156.7862 *lb/hr* dan gaya gesek pada journal bearing sebesar 0,0887 N.

2. Hasil analisa dan pengamatan yang dilakukan tingginya temperatur pendingin bearing turbin 70°C sampai 75°C, salah satu faktor yang berpengaruh pada pendinginan bearing turbin ialah Alat penukar kalor, dimana alat tersebut untuk mendinginkan oil yang berada pada bearing turbin agar nantinya tidak terjadi keausan pada bearing tersebut, dengan nilai Efisiensi tertinggi yaitu 34,62% temperatur masuk oli sebesar 62°C dan temperatur keluar oli sebesar 53°C. Atau dengan kata lain telah terjadi penurunan temperatur sebesar 9°C. Apabila dibandingkan dengan efisiensi pada saat komisioning sebesar 55,05%, tentu nilai rata-rata efisiensi saat ini sudah menurun. Rendahnya tingkat efisiensi ini disebabkan karena sudah sekitar 3 tahun untuk TOC Unit #4 belum pernah dilakukan *Cleaning* dikarenakan terjadi nya defisit pasokan beban pembangkit terhadap sistem pemangkit listrik tenaga uap dikalimantan.

DAFTAR PUSTAKA

- Jhon E, Edwards. 2008. *Design and Rating Shell and Tube Heat Exchanger*, Teesside UK.
- Markoni. 2015. Analisa Kepuasan Pelanggan PT PLN (Persero) Terhadap Proses Pemasangan Listrik Prabayar, Jurnal Manajemen dan Bisnis, Vol 13. No 4
- Putu Wijaya Sunu, 2008. Analisa Perbandingan Pemasangan Sirip pada Pipa Bergetar Terhadap Perpindahan Panas, Jurnal Cakram Vol. 2 No 1
- Sugiyanto, 2014. Analisa Alat Penukar Kalor Tipe Shell and Tube dan Aplikasi Perhitungan Microsoft Visual Basic 6.0 Jurnal Gunadarma Vol 3. No. 1
- Yopi Handoyo dan Ahsan, 2012, Analisa Kinerja Alat Penukar Kalor Jenis Shell and Tube Pendingin Aliran Air pada PLTA Jatiluhur, Jurnal Energi dan Manufaktur Vol 5. No, 1