

ANALISIS EFEKTIVITAS PLATE HEAT EXCHANGER PADA GAS TURBIN

¹Muhamad Affris Freza Frananda, ²Ulpen Hiermy, ³Mochammad Zoehry,
⁴Widodo, ⁵Syafrizal

¹Praktisi Industri, ^{2,3} Sekolah Tinggi Teknologi Bina Tunggal,

^{4,5} Politeknik Enjineri Indorama

Email: ulpenhiermy@gmail.com

ABSTRAK

Alat penukar panas atau *Heat Exchanger* (HE) merupakan suatu alat yang digunakan untuk memindahkan panas dari sistem ke sistem lain tanpa perpindahan massa dan bisa berfungsi sebagai pemanas maupun sebagai pendingin. *Plate Heat Exchanger* (PHE) merupakan salah satu jenis *Heat Exchanger* (HE). Plate heat exchanger (PHE) adalah salah satu komponen penting dalam sistem gas turbin yang berfungsi untuk memindahkan panas dari gas turbin ke air pendingin dan merupakan salah satu komponen utama dalam sistem pelumasan turbin gas. Permasalahan yang timbul adalah Mengetahui apakah nilai efektivitas pada *plate heat exchanger gas turbine* masih dalam keadaan normal atau sudah mengalami penurunan performa? dengan tujuan mengetahui dan menghitung nilai efektivitas pada plat heat exchanger (PHE) pada gas turbin. Metode yang digunakan pada perhitungan ini yaitu METODE-NTU. Pada METODE-NTU (Number Of Transfer Unit) ini efektivitas *Plate Heat Exchanger* (PHE) dapat diperoleh dengan perpindahan kalor nyata (aktual) dibagi dengan perpindahan kalor maksimum yang mungkin (spesifikasi). Data yang dibutuhkan pada perhitungan ini yaitu *temperature inlet* dan *outlet water*, *temperature inlet* dan *outlet oil*, *flow rate water* dan *flow rate oil* . Dari hasil perhitungan percobaan pertama didapatkan panas (q) aktual dengan nilai 57 Kw dan panas (q) maksimum dengan nilai 96 Kw sehingga efektivitas *Plate Heat Exchanger* (PHE) adalah 59 % , pada hasil perhitungan percobaan ketujuh didapatkan panas (q) aktual 44 Kw dan panas (q) maksimum dengan nilai 96 Kw sehingga efektivitas *Plate Heat Exchanger* (PHE) adalah 45 %. Dari hasil perhitungan percobaan pertama sampai ketujuh dapat diketahui *Plate HeatExchanger* mengalami penuruna performa.

Kata Kunci: *Heat Exchanger* , *Plate Heat Exchanger Turbin Gas*, dan *Metode NTU*

ABSTRACT

Heat Exchanger (HE) is a device used to transfer heat from one system to another without mass transfer and can function as a heater or a cooler. Plate Heat Exchanger (PHE) is a type of Heat Exchanger (HE). Plate heat exchanger (PHE) is one of the important components in the gas turbine system that functions to transfer heat from the gas turbine to the cooling water and is one of the main components in the gas turbine lubrication system. The problem that arises is to determine whether the effectiveness value of the plate heat exchanger gas turbine is still in a normal state or has experienced a decrease in performance? with the aim of knowing and calculating the effectiveness value of the plate heat exchanger (PHE) on the gas turbine. The method used in this calculation is the NTU-METHOD (Number of Transfer Units). In the NTU-METHOD, the effectiveness of the Plate Heat Exchanger (PHE) can be obtained by dividing the actual heat transfer by the maximum possible heat transfer (specification). The data required for this calculation are the inlet and outlet water temperatures, inlet and outlet oil temperatures, water flow rate, and oil flow rate. From the calculation results of the first experiment, the actual heat (q) is 57 kW and the maximum heat (q) is 96 kW, so the effectiveness of the Plate Heat Exchanger (PHE) is 59%. In the seventh experiment, the actual heat (q) is 44 kW and the maximum heat (q) is 96 kW, so the effectiveness of the Plate Heat Exchanger (PHE) is 45%.

From the calculation results of the first to the seventh experiment, it can be seen that the Plate Heat Exchanger has experienced a decrease in performance.

Kata Kunci: *Heat Exchanger , Plate Heat Exchanger Turbin Gas, dan Metode NTU*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Plate Heat Exchanger merupakan suatu alat yang berfungsi sebagai alat penukar panas yang menggunakan plat logam untuk mentransfer panas antara dua fluida tersebut. Pada sistem pelumasan gas turbin komponen peralatan ini sangat penting dalam menjaga kestabilan unit pembangkit listrik. Adapun fluida yang di dinginkan pada sistem ini adalah minyak pelumas gas turbin dan fluida sebagai pendinginnya adalah air.

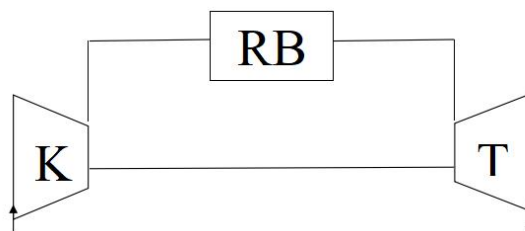
Temperatur minyak pelumas yang stabil sangat diperlukan untuk memberikan pelumasan yang optimal bagi gas turbin sebagai mesin penggerak utama. Kondisi plat dari sistem pendingin tersebut sangat berpengaruh bagi temperatur minyak pelumas. Oleh karena itu apabila temperatur minyak pelumas tersebut telah melebihi batas normal maka akan mempengaruhi kualitas minyak pelumas itu sendiri khususnya pada kekentalan dari minyak pelumas itu sendiri yang dapat menyebabkan keausan dan bagian lainnya yang membutuhkan pelumasan. Maka ketika sebelum terjadi temperatur minyak pelumas itu tinggi kita dapat menghitung nilai efektivitas *plate heat exchanger* tersebut masih batas normal atau belum. Apabila nilai efektivitas *plate heat exchanger* tersebut telah melebihi batas normal maka akan merusak sistem dan peralatan lainnya, oleh karena itu penulis menyadari pentingnya untuk melakukan perhitungan efektivitas dan menetapkan rekomendasi perbaikan, apabila nilai efektivitas *plate heat exchanger* di bawah standar (tidak normal).

Tujuan Penelitian adalah mengetahui dan menghitung nilai efektivitas pada plat heat exchanger (PHE) pada gas turbin. Permasalahan adalah mengetahui apakah nilai efektivitas pada *plate heat exchanger gas turbine* masih dalam keadaan normal atau sudah mengalami penurunan performa?

1.2. Turbin gas

Turbin gas adalah mesin penggerak mula yang mengubah energi potensial menjadi energi kinetis, dan selanjutnya energi kinetis diubah menjadi energi mekanis dalam bentuk putaran poros turbin. Turbin gas dapat digolongkan kedalam mesin-pembakaran–dalam dengan siklus terbuka atau tertutup, karena pembakaran terjadi langsung dengan udara yang dimasukkan sebagai fluida kerja untuk menggerakkan sudu turbin, atau sebagai mesin-pembakaran-luar, karena pembakaran tidak terjadi langsung dengan fluida kerja dalam turbin tersebut.

Secara sederhana disajikan proses turbin gas seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1 dimasna komponen utamanya terdiri dari turbin,kompresor,ruang bakar.



Gambar 1. Instalasi turbin gas

Keterangan gambar :

Kompresi (K) : Digunakan untuk menghisap serta juga mengkompresikan udara untuk proses pembakaran. Kompresor digerakkan oleh poros yang dihubungkan langsung dengan turbin.

Ruang bakar (RB) : Dimana bahan bakar dan udara bertekanan tinggi dari kompresor dibakar, sehingga temperatur gas pembakaran naik pada tekanan konstan.

Turbin (T) : Gas hasil pembakaran bertekanan tinggi akan berekspansi dalam turbin dimana kalor yang terkandung dalam gas pembakaran terlebih dahulu diubah menjadi energi kinetis dalam pipa pancar atau nosel dan kemudian menggerakkan sudu-sudu turbin serta memutar poros yang dihubungkan dengan kompressor.

Komponen turbin gas

Turbin gas tersusun atas komponen-komponen utama seperti *air inlet section, compressor section, combustion section, turbine section* dan *exhaust section*. Sedangkan komponen pendukung turbin gas adalah *starting equipment, lube oil system, cooling system*, dan beberapa komponen pendukung lainnya.

Komponen penunjang turbin gas

Adapun beberapa komponen penunjang dalam sistem turbin gas seperti *Starting Equipment, Coupling dan Accessory Gear, Fuel System, Lube Oil System, Cooling System*.

Sistem Pelumasan Turbin Gas

Sistem pelumasan turbin gas merupakan suatu sistem yang mengatur pelumasan komponen-komponen yang bergerak dalam turbin serta peralatan pendukung lainnya, serta menyediakan oli untuk digunakan sebagai penggerak aktuator pada *variable geometry control system*. Sistem ini mengatur agar fungsi pelumasan secara kontinu pada turbin gas agar dapat berjalan dengan maksimal.

1.3 Plate Heat Exchanger (PHE)

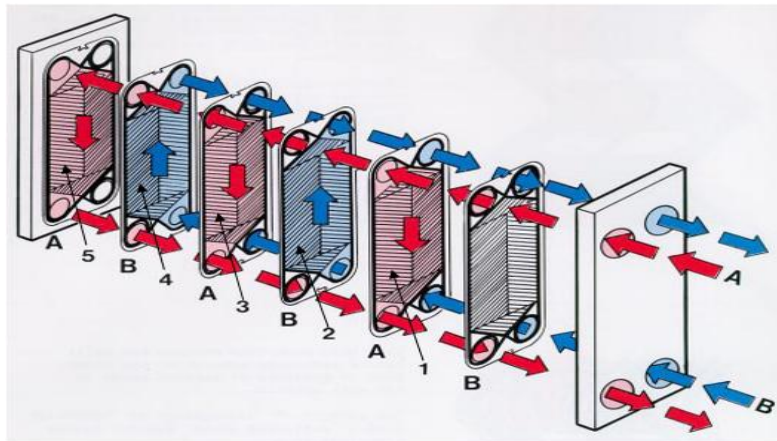
Plate heat exchanger (PHE) adalah satu jenis alat penukar panas yang menggunakan plate untuk memindahkan panas antara dua fluida.



Gambar 2. Plate Heat Exchanger(Sumber : Manual book Alfa laval *plate heat exchanger*)

Untuk menghindari bercampurnya fluida panas dan fluida dingin maka diantara pelat tersebut dipasang suatu gasket (penyekat). Gasket diapit diantara pelat dan menyegel pelat disekeliling tepi pelat tersebut.

Pada prinsipnya Susunan aliran fluida di dalam *plate heat exchanger* berdasarkan prinsip aliran berlawanan arah (*counter flow*) seperti terlihat pada gambar 2.6.



Gambar 3. Prinsip aliran fluida di dalam *plate heat exchanger* (Sumber : Manual book Alfa laval *plate heat exchanger*)

Metode yang digunakan pada perhitungan ini yaitu METODE-NTU. Pada METODE-NTU (Number Of Transfer Unit) ini efektivitas *Plate Heat Exchanger* (PHE) dapat diperoleh dengan perpindahan kalor nyata (aktual) dibagi dengan perpindahan kalor maksimum yang mungkin (spesifikasi). Data yang dibutuhkan pada perhitungan ini yaitu *temperature inlet* dan *outlet water*, *temperature inlet* dan *outlet oil*, *flow rate water* dan *flow rate oil*

Efektifitas penukar panas didefinisikan sebagai berikut [Holman, jp. 498] :

$$\text{Efektivitas : } \epsilon = \frac{\text{Perpindahan Panas Actual}}{\text{Perpindahan Panas maksimum yang mungkin}} \dots\dots\dots(1)$$

2. METODE PENELITIAN

2.1 Desain Penelitian

1. Identifikasi masalah: Mengetahui apakah nilai efektivitas pada plate heat exchanger gas turbine masih dalam keadaan normal atau sudah mengalami penurunan performa?
2. Tujuan penelitian: Mengetahui dan menghitung nilai efektivitas pada plate heat exchanger (PHE) pada gas turbin.
3. Variabel penelitian:
 - Variabel independen: Suhu gas masuk, suhu air pendingin, laju aliran gas, laju aliran air pendingin.
 - Variabel dependen: Efektivitas plate heat exchanger (PHE).
4. Hipotesis: Efektivitas plate heat exchanger (PHE) pada gas turbin dapat dipengaruhi oleh suhu gas masuk, suhu air pendingin, laju aliran gas, dan laju aliran air pendingin.

2.2. Prosedur Penelitian

1. Pengumpulan data:
 - a. Mengumpulkan data operasional gas turbin, seperti suhu gas masuk, suhu air pendingin, laju aliran gas, dan laju aliran air pendingin.
 - b. Mengumpulkan data spesifikasi plate heat exchanger (PHE), seperti jenis, ukuran, dan material.
2. Pengujian:
 - a. Melakukan pengujian pada plate heat exchanger (PHE) dengan variasi suhu gas masuk, suhu air pendingin, laju aliran gas, dan laju aliran air pendingin.

- b. Mengukur suhu gas keluar, suhu air pendingin keluar, dan laju aliran gas dan air pendingin.
 3. Akuisisi data:
 - a. Mengumpulkan data hasil pengujian, seperti suhu gas keluar, suhu air pendingin keluar, dan laju aliran gas dan air pendingin.
 - b. Mengolah data hasil pengujian untuk mendapatkan nilai efektivitas plate heat exchanger (PHE).

2.3 Pengujian dan Proses Akuisisi Data

1. Pengujian:
 - a. Melakukan pengujian pada plate heat exchanger (PHE) dengan variasi suhu gas masuk, suhu air pendingin, laju aliran gas, dan laju aliran air pendingin.
 - b. Mengukur suhu gas keluar, suhu air pendingin keluar, dan laju aliran gas dan air pendingin.
2. Akuisisi data:
 - a. Mengumpulkan data hasil pengujian, seperti suhu gas keluar, suhu air pendingin keluar, dan laju aliran gas dan air pendingin.
 - b. Mengolah data hasil pengujian untuk mendapatkan nilai efektivitas plate heat exchanger (PHE).
3. Analisis data:
 - a. Menganalisis data hasil pengujian untuk mengetahui pengaruh suhu gas masuk, suhu air pendingin, laju aliran gas, dan laju aliran air pendingin terhadap efektivitas plate heat exchanger (PHE).
 - b. Membuat grafik dan tabel untuk memvisualisasikan hasil analisis data.

2.4. Waktu dan Tempat Penelitian

- a. Waktu penelitian: 3 bulan
- b. Tempat Penelitian : Pembangkit Tenaga Listrik Muara Tawar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada alat pendingin minyak pelumas jenis plat fluida yang didinginkan adalah minyak pelumas dan media pendinginnya adalah air tawar, maka hasil dari penelitian dilapangan diperoleh data data sebagai berikut :

Tabel 1 Temperatur air tawar dan minyak pelumas dalam keadaan aktual

NO	Waktu Pengambilan Sampel	Air Tawar		Minyak Pelumas	
		Temp Masuk (°C)	Temp Keluar (°C)	Temp Masuk (°C)	Temp Keluar (°C)
1.	07.00 Wib	30	33	45	30
2.	09.00 Wib	31	35	53	39
3.	11.00 Wib	31	35	52	38
4.	13.00 Wib	33	36	53	38
5.	15.00 Wib	31	35	50	34
6.	17.00 Wib	40	44	57	42

7.	19.00 Wib	31	35	49	34
----	-----------	----	----	----	----

3.1. Data Perhitungan

DATA MAKSIMUM

A. Menentukan h_i (air)

$$Re_x = \frac{994,9 \text{ kg/m}^3 \times 5,7 \text{ m/s} \times 0,0005 \text{ m}}{0,000768766 \text{ kg/m.s}}$$

$$Re_x = 3688$$

$$Pr = 5,14$$

$$Nux = 0,332 \cdot Pr^{1/3} \cdot Re^{1/2}$$

Rumus ini digunakan untuk fluida yang mempunyai angka prandtl antara 0,6-50.

$$Nu_x = 0,332 \times 5,14^{1/3} \times 3688^{1/2}$$

$$Nu_x = 0,332 \times 1,725789039 \times 60,7289058$$

$$Nu_x = 34,79535296$$

$$h_x = \frac{34,79535296 \times 0,612 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{0,0005 \text{ m}}$$

$$h_x = 42589,51202 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$h = 2 \times 42589,51202 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$h = 85179,02405 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

B. Menentukan h_o (pelumas)

$$Re_x = \frac{5,06 \text{ m/s} \times 0,0005 \text{ m}}{0,000123 \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re_x = 20$$

$$Pr = 1505$$

$$Nu_x = \frac{0,3387 Re_x^{1/2} Pr^{1/3}}{\left[1 + \left(\frac{0,0468}{Pr} \right)^{2/3} \right]^{1/4}}$$

Rumus ini digunakan untuk fluida yang mempunyai angka prandtl yang tinggi

$$Nu_x = \frac{0,3387 \times 20^{1/2} \times 1505^{1/3}}{\left[1 + \left(\frac{0,0468}{1505} \right)^{2/3} \right]^{1/4}}$$

$$Nu_x = \frac{0,3387 \times 4,472135955 \times 11,45984737}{\left[1 + \left(\frac{0,0468}{1505} \right)^{2/3} \right]^{1/4}}$$

$$Nu_x = 17,3582835$$

$$h_x = \frac{17,3582835 \times 0,141 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{0,0005 \text{ m}}$$

$$h_x = 4895,035947 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$h = 2 \times 4895,035947 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$= 9790,071894 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$U = \frac{1}{1/85179,02405 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} + 0,0005 \text{ m} / 15 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} + 1/9790,071894 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$U = 6792,665691 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned}
 A &= 1,1\text{m} \times 0,56\text{m} \\
 A &= 0,616 \text{ m}^2 \\
 \Delta T &= 55^\circ\text{C} - 32^\circ\text{C} \\
 \Delta T &= 23^\circ\text{C} \\
 q &= 6792,665691 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \times 0,616 \text{ m}^2 \times 23^\circ\text{C} \\
 q &= 96238,48751 \text{ Watt} \\
 P_{(kW)} &= P_{(W)} / 1000 \\
 P_{(kW)} &= 96238,48751 \text{ Watt} / 1000 \\
 P_{(kW)} &= 96,24 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

DATA AKTUAL

Untuk Percobaan 1

A. Menentukan h_i (air)

$$Re_x = \frac{995,2 \text{ kg/m}^3 \times 5,2 \text{ m/s} \times 0,0005 \text{ m}}{0,000803 \text{ kg/m.s}}$$

$$Re_x = 3222$$

$$Pr = 5,41$$

$$Nux = 0,332 \cdot Pr^{1/3} \cdot Re^{1/2}$$

Rumus ini digunakan untuk fluida yang mempunyai angka prandtl antara 0,6-50.

$$Nu_x = 0,332 \times 5,41^{1/3} \times 3222^{1/2}$$

$$Nu_x = 0,332 \times 1,755492945 \times 56,76266379$$

$$Nu_x = 33,08262332$$

$$h_x = \frac{33,08262332 \times 0,619 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}}{0,0005 \text{ m}}$$

$$h_c = 40956,28767 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$h = 2 \times 40956,28767 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$h = 81912,57534 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

B. Menentukan h_o (pelumas)

$$Re_x = \frac{4,8 \text{ m/s} \times 0,0005 \text{ m}}{0,000200975 \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re_x = 11$$

$$Pr = 2415$$

$$Nu_x = \frac{0,3387 Re_x^{1/2} Pr^{1/3}}{\left[1 + \left(\frac{0,0468}{Pr} \right)^{2/3} \right]^{1/4}}$$

Rumus ini digunakan untuk fluida yang mempunyai angka prandtl yang tinggi

$$Nu_x = \frac{0,3387 \times 11^{1/2} \times 2415^{1/3}}{\left[1 + \left(\frac{0,0468}{2415} \right)^{2/3} \right]^{1/4}}$$

$$Nu_x = \frac{0,3387 \times 3,31662479 \times 13,41649413}{\left[1 + \left(\frac{0,0468}{2415} \right)^{2/3} \right]^{1/4}}$$

$$Nu_x = 15,07124679$$

$$h_x = \frac{15,07124679 \times 0,143 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}}{0,0005 \text{ m}}$$

$$h_x = 4310,376582 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned}
 h &= 2 \times 4310,376582 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \\
 &= 8620,753164 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \\
 U &= \frac{1}{1/81912,57534 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} + 0,0005\text{m}/15\text{W/m} \cdot ^\circ\text{C} + 1/8620,753164 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \\
 U &= 6190,39361 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \\
 A &= 1,1\text{m} \times 0,56\text{m} \\
 &= 0,616 \text{ m}^2 \\
 \Delta T &= 45 ^\circ\text{C} - 30 ^\circ\text{C} \\
 &= 15 ^\circ\text{C} \\
 q &= 6190,39361 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \times 0,616 \text{ m}^2 \times 15 ^\circ\text{C} \\
 &= 57199,23696 \text{ Watt} \\
 P_{(kW)} &= P_{(W)} / 1000 \\
 &= 57199,23696 \text{ Watt} / 1000 \\
 P_{kW)} &= 57,20 \text{ kW} \\
 \epsilon &= \frac{57,20 \text{ kW}}{96,23 \text{ kW}} \quad 100 \% \\
 \epsilon &= 59,44 \%
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama maka didapat hasil perhitungan seperti pada tabel 2 berikut :

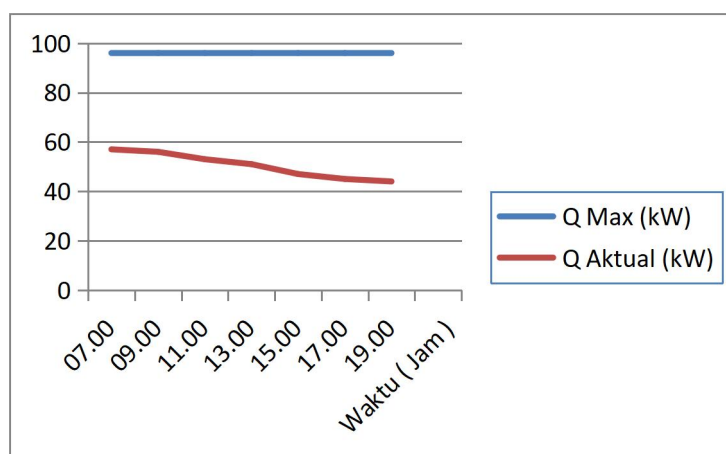
Tabel 2. Efektivitas *plate heat exchanger*

No	Waktu(Jam)	Q Aktual(kW)	Q Maksimum(kW)	Efektifitas
1	07.00 Wib	57,20	96,23	59,44 %
2	09.00 Wib	56,15	96,23	58,35 %
3	11.00 Wib	53,45	96,23	55,54 %
4	13.00 Wib	51,15	96,23	53,15 %
5	15.00 Wib	47,35	96,23	49,21 %
6	17.00 Wib	44,64	96,23	46,39 %
7	19.00 Wib	44,25	96,23	45,98 %

3.2. Pembahasan

Dari tabel 2 didapat data maksimum dengan perpindahan panas menyeluruh sebesar 96,23 kW, dari pengambilan data aktual pertama didapat data aktual dengan perpindahan panas menyeluruh sebesar 57,20 kW sehingga untuk efektivitas percobaan pertama adalah 59,44 % , untuk pengambilan data aktual kedua diambil data pada dua jam berikutnya didapat data aktual dengan perpindahan panas menyeluruh sebesar 56,15 kW sehingga untuk efektivitas percobaan kedua adalah 58,35 % , untuk pengambilan data aktual ketiga diambil data pada dua jam berikutnya didapat data aktual dengan perpindahan panas menyeluruh sebesar 53,45 kW sehingga untuk efektivitas percobaan ketiga adalah 55,54% , untuk pengambilan data aktual keempat diambil data pada dua jam berikutnya didapat data aktual dengan perpindahan panas menyeluruh sebesar 51,15 kW sehingga untuk efektivitas percobaan keempat adalah 53,15% , untuk pengambilan data aktual kelima diambil data pada dua jam berikutnya didapat data aktual dengan perpindahan panas menyeluruh sebesar 47,35

kW sehingga untuk efektivitas percobaan kelima adalah 49,21% , untuk pengambilan data aktual keenam diambil data pada dua jam berikutnya didapat data aktual dengan perpindahan panas menyeluruh sebesar 44,64 kW sehingga untuk efektivitas percobaan keenam adalah 46,39% , dan untuk pengambilan data aktual ketujuh diambil data pada dua jam berikutnya didapat data aktual dengan perpindahan panas menyeluruh sebesar 44,25 kW sehingga untuk efektivitas percobaan ketujuh adalah 45,98% . Dari hasil pembahasan ini didapat penurunan efektivitas plate heat exchanger yang ditunjukkan pada Gambar 1 dibawah ini :



Gambar 4. Grafik Efektivitas *Plate Heat Exchanger* (PHE).

Pada grafik efektivitas *plate heat exchanger* diatas menunjukkan performa *plate heat exchanger* mengalami penurunan performa, dikarenakan beberapa faktor yang telah ditunjukkan pada diagram *fishbone* (Tulang Ikan). Dan yang terjadi pada aktual dilapangan adalah pertama karena adanya kebocoran pada saat beroperasi sehingga mengganggu laju alir fluida yang menyebabkan tidak stabil, dan kedua karena adanya *Fouling Factor* (Faktor Pengotoran) ini terjadi pada *Plate Heat Exchanger* (PHE) gas turbin yang menyebabkan menurunnya performa efektivitas *Plate Heat Exchanger* (PHE).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Dari hasil pengambilan data dilapangan dan hasil perhitungan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan penelitian terjadi penurunan performa efektivitas pada *Plate Heat Exchanger* (PHE).
2. Menurunnya performa *plate heat exchanger* dapat diketahui dengan metode diagram *fishbone* dan yang terjadi pada aktual dilapangan adalah terjadinya karena adanya kebocoran pada saat beroperasi sehingga mengganggu laju alir fluida yang menyebabkan tidak stabil, dan yang kedua karena adanya *Fouling Factor* (Faktor Pengotoran) ini terjadi pada *Plate Heat Exchanger* (PHE) gas turbin yang menyebabkan menurunnya performa efektivitas *Plate Heat Exchanger* (PHE).

4.2. Saran

Sebaiknya pada *plate heat exchanger* (PHE) perlu dilakukan perawatan yang berkala agar plat yang sebagai komponen utamanya tidak mengalami cepat rusak, sehingga proses perpindahan panas di dalamnya berlangsung dengan baik dan dapat bekerja maksimal.

5. DAFTAR NOTASI

ρ = Massa Jenis (kg/m^3)

V^∞	= Kecepatan Aliran Bebas (m/s)
x	= Tebal(m)
ν	= Viskositas Kinematik(m^2/s)
μ	= Viskositas Dinamik($\text{kg}/\text{m}\cdot\text{s}$)
k	= Konduktivitas($\text{W}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}$)
C_p	= Kalor Spesifik($\text{kJ}/\text{kg}\cdot^\circ\text{C}$)
N_{ux}	= Angka Nusselt
h_i	= Koefisien Perpindahan Kalor Rata-rata Air ($\text{W}/^\circ\text{C}$)
h_o	= Koefisien Perpindahan Kalor Rata-rata Pelumas ($\text{W}/^\circ\text{C}$)
h	= Koefisien Panas Konveksi
Δx	= Tebal (m)
A	= Luas (m^2)
P	= Panjang (m)
L	= Lebar (m)
ΔT	= Perbedaan Temperatur ($^\circ\text{C}$)
T_h	= Fluida yang didinginkan/minyak Pelumas ($^\circ\text{C}$)
T_c	= Fluida pendingin/air ($^\circ\text{C}$)
q	= Panas Actua/ Panas Maksimum (kW)
Pr	= Bilangan Prandtl
Nu_x	= Bilangan Nusselt
U	= Koefisien Perpindahan Kalor M enyeluruh ($\text{W}/\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$)
A	= Luas(m^2)
ϵ	= Efektivitas

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J.P HOLMAN. Perpindahan Kalor. Edisi keenam Penerbit ERLANGGA. Jakarta 1991.
- [2] Yunus A. Cengel, Michael A. Boles. Thermodynamics An Engineering Approach, Sixth Edition In SI Units, New York. McGraw-Hill.2007.p 518.
- [3] Hiermy Ulpen. Evaluasi Kinerja Alat HRSG pada Sistem Turbin di Instalasi Pembangkit Tenaga Gas-Uap Tesis. Jakarta. Pascasarjana Universitas Pancasila. 2011.
- [4] Affris Freza Frananda, Muhamad. Laporan Kerja Praktek Sistem Pelumasan Turbin Gas, Sekolah Tinggi Teknik Bina Tunggal (STT-BT), Bekasi 2013
- [5] Kreith. Frank & Z. Black William. Basic Heat Exchanger Transfer. New York. Harper & Row. Publisher. 1980.
- [6] Harjo. Ngatimin. Studi Eksperimental Penerapan Dua Sistem Pendingin pada Mesin Diesel Penggerak Generator. 2010.
- [7] Potter. Merle C & Wiggert. David C. Mechanics of Fluids. USA Brooks/Cole. 2002.
- [8] Soekardi, Chandrasa. Prediki Kaarakteristik. Termal Sebuah Penukar Kalor Dampak. Pemilihan Faktor Pengotoran Konstan. Jakarta. Jurnal POROS. Volume 4. 2001.
- [9] Soekard, Chandrasa. Implikasi Perancangan Sebuah Penukar Kalor dengan Factor Pengotoran dan Fungsi Waktu terhadap Kinerja pada Kondisi Operasi Beban Termal Konstan. Jakarta. Jurnal POROS. Volume 5. 2002.
- [10] Yulianto, Sulis. Analisis Perancangan Alat Pendingim Jenis Shell and Tube dengan Cleaning Interval yang bervariasi. Tesis. Jakarta. Magister Teknik. Universitas Pancasila. 2010.
- [11] Sumarjo, Jojo. Analisis Economizer pada Heat Recovery Steam Generation (HRSG) di Turbin Gas dengan Daya Keluaran 32 MW, Tesis. Jakarta. Magister Teknik. Universitas Pancasila. 2010
- [12] Hiermy Ulpen. Evaluasi Kinerja Alat HRSG pada Sistem Turbin di Instalasi Pembangkit Tenaga Gas-Uap. Tesis. Jakarta. Magister Teknik Universitas Pancasila. 2011.
- [13] Affris Freza Frananda, Muhamad. Laporan Kerja Praktek Sistem Pelumasan Turbin Gas, Bekasi. Sekolah Tinggi Teknik Bina Tunggal.2013.
- [14] Wikipedia. Turbin Gas. http://id.wikipedia.org/wiki/Turbin_gas. Diakses 02 Januari 2015 : 21.00 WIB.

- [15] Wikipedia.BilanganReynold. http://id.wikipedia.org/wiki/Bilangan_Reynolds. Diakses 07 Januari 2015 : 21.30 WIB.
- [16] Wikipedia. Prandtl Number. http://en.wikipedia.org/wiki/Prandtl_number. Diakses 09 Januari 2015 : 22.00 WIB.
- [17] Wikipedia.BilanganNusselt. http://id.wikipedia.org/wiki/Bilangan_Nusselt. Diakses 17 Januari 2015 : 20.00 WIB.