

# ANALISIS EFEKTIVITAS ALAT PENUKAR KALOR AIR PREHEATER B TIPE ROTARY SEBELUM DAN SESUDAH OVERHAUL DI PLTU UNIT 2 PANGKALAN SUSU 2X200 MW OMU PT INDONESIA POWER

Oleh:

Rasta Purba <sup>1)</sup>

Kristian Tarigan <sup>2)</sup>

Supardiman Silaban <sup>3)</sup>

Wiltzard Iman Erns Sihite <sup>4)</sup>

Universitas Darma Agung, Medan <sup>1,2,3,4)</sup>

E-mail :

[rastapurba.uda@gmail.com](mailto:rastapurba.uda@gmail.com) <sup>1)</sup>

[kristiantarigan50@gmail.com](mailto:kristiantarigan50@gmail.com) <sup>2)</sup>

[mrwiltzards@gmail.com](mailto:mrwiltzards@gmail.com) <sup>3)</sup>

[dimanlhaban@gmail.com](mailto:dimanlhaban@gmail.com) <sup>4)</sup>

## ABSTRACT

*Air preheater B Type Ljungstrom is the type of Air preheater used in B in PLTU Unit 2 Pangkalan Susu 2X200 MW OMU Indonesia Power, air preheater is used to heat the combustion air used in the boiler by utilizing flue gas/exhaust gas from the boiler as a heater. Air preheater is also used to reduce the temperature of combustion exhaust gases so as not to cause environmental pollution. Air preheater B at PLTU Unit 2 Pangkalan Susu 2X200 MW OMU Indonesia Power is used continuously for a long period of time, it will affect the effectiveness of the air preheater even though maintenance has been carried out. Efforts are made to keep the effectiveness of the air preheater high, then overhaul is carried out. and activities carried out during overhaul are replacement of radial seals. From the operational data that can be studied regarding the implementation of overhaul activities on the effectiveness value of the air preheater with a load variation of 159 MW and a load of 200 MW. The overhaul activities carried out affect the effectiveness of the air preheater. From the analysis results obtained, it can be seen that the effectiveness value of air preheater B at PLTU Unit 2 Pangkalan Susu 2X200 MW OMU Indonesia Power at a load of 159 MW before the overhaul activity was carried out was 0.8631 and after the overhaul was carried out 0.8847, and at a load of 200 MW the value was 0.8847. the effectiveness before the overhaul was implemented was 0.865 and after the overhaul was implemented it was 0.915. After the overhaul was carried out, there was an increase in the effectiveness of the water preheater B in B at PLTU Unit 2 Pangkalan Susu 2X200 MW OMU Indonesia Power.*

**Keywords :** *Air Preheater, Efektivitas, Overhaul*

## ABSTRAK

Air preheater B Tipe Ljungstrom adalah jenis Air preheater yang digunakan di B di PLTU Unit 2 Pangkalan Susu 2X200 MW OMU Indonesia Power, air preheater digunakan untuk memanaskan udara pembakaran yang digunakan di dalam boiler dengan memanfaatkan flue gas/gas buang dari boiler sebagai pemanas. Air preheater juga dimanfaatkan untuk menurunkan temperatur gas buang pembakaran agar tidak menyebabkan pencemaran lingkungan. Air preheater B di PLTU Unit 2 Pangkalan Susu 2X200 MW OMU Indonesia Power digunakan secara terus menerus dalam jangka waktu panjang akan mempengaruhi nilai efektivitas dari air preheater meskipun sudah dilaksanakan pemeliharaan. Upaya yang dilakukan agar nilai efektivitas air preheater tetap tinggi maka dilaksanakan overhaul. dan kegiatan yang dilaksanakan pada saat overhaul adalah penggantian radial seal. Dari data operasional yang dapat dikaji mengenai pelaksanaan kegiatan overhaul terhadap nilai

efektivitas dari air preheater dengan variasi beban 159 MW dan beban 200 MW. Kegiatan overhaul yang dilaksanakan tersebut mempengaruhi nilai efektivitas air preheater. Dari hasil analisa yang didapatkan dapat terlihat bahwa nilai efektivitas dari air preheater B di PLTU Unit 2 Pangkalan Susu 2X200 MW OMU Indonesia Power pada beban 159 MW sebelum di laksanakan kegiatan overhaul sebesar 0.8631 dan setelah di laksanakan overhaul sebesar 0.8847, dan pada beban 200 MW nilai efektivitas sebelum di laksanakan overhaul adalah sebesar 0.865 dan setelah di laksanakan overhaul sebesar 0.915. Setelah di laksanakan overhaul terjadi peningkatan nilai efektivitas air preheater B di B di PLTU Unit 2 Pangkalan Susu 2X200 MW OMU Indonesia Power.

**Kata Kunci : Air Preheater, Efektivitas, Overhaul**

## 1. PENDAHULUAN

Meningkatnya kebutuhan listrik di era modern menuntut produksi listrik yang handal. Oleh sebab itu maka digunakanlah alat-alat pembangkitan dengan efisiensi yang tinggi dalam proses produksi listrik. Dalam sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) digunakan *boiler* untuk merubah fase air menjadi fase uap yang nantinya uap yang dihasilkan akan digunakan untuk memutar turbin. *Boiler* PLTU Unit 2 Pangkalan Susu 2X200 MW OMU Indonesia Power menggunakan bahan bakar batubara dan juga bahan bakar minyak diesel / *high speed diesel* (HSD) untuk start-up awal mulai menjalankan PLTU sebagai sumber kalor yang berguna untuk memanaskan air di dalam *boiler*.

*Boiler* PLTU Unit 2 Pangkalan Susu 2X200 MW OMU Indonesia Power modern berkapasitas besar, PLTU Unit 2 Pangkalan Susu 2X200 MW OMU Indonesia Power ini juga menggunakan *air preheater* yang merupakan komponen

tambahan yang penting dari sistem *boiler* yang difungsikan untuk meningkatkan efisiensi dari *power plant* ataupun efisiensi dari *boiler* tersebut. Selain *air preheater*, ada juga komponen lain yang digunakan untuk meningkatkan efisiensi dari *power plant* yaitu *fan*. PLTU Unit 2 Pangkalan Susu 2X200 MW OMU Indonesia Power menggunakan *air preheater type* *ljungstrom type rotary regenerative trisector*.

Fungsi utama *air preheater* untuk memanaskan udara yang digunakan dalam pembakaran di dalam boiler dengan memanfaatkan panas dari *flue gas* (gas hasil pembakaran di dalam boiler). Jika udara yang masuk untuk pembakaran tidak memiliki panas yang sesuai maka akan mengakibatkan konsumsi bahan bakar akan lebih banyak agar mencapai pembakaran sempurna didalam *furnace* dan ini akan meningkatkan biaya pengeluaran dan mengurangi efisiensi dari *power plant* tersebut. Begitu juga dengan Fan, fan digunakan untuk meningkatkan efisiensi pembangkit,

dikarenakan fan dapat memaksimalkan penghematan bahan bakar dan membantu proses pembakaran agar mencapai pembakaran sempurna. Karena tanpa adanya fan, akan sulit untuk mendapatkan efisiensi thermal pada *boiler*. Pemasok udara di PLTU Unit 2 Pangkalan Susu 2X200 MW OMU Indonesia Power diperoleh dari dua sumber, yaitu *forced draft fan* atau FD-Fan yang berfungsi menyuplai udara sekunder dan *primary air fan* atau PA-Fan yang menghasilkan udara primer. Hasil keluaran udara dari kedua fan ini sebelum masuk kedalam *furnace* dari *force draft fan* akan melewati *air preheater* terlebih dahulu untuk dinaikkan temperatur udaranya sehingga tercapai temperatur yang diinginkan sebelum masuk ke dalam *furnace* begitu juga udara dari *primary air fan* yang udaranya terbagi atas 2 bentuk, udara panas (*hot primary air*), dimana udara ini melewati *air preheater* untuk dinaikkan temperature nya kemudian akan masuk ke dalam *pulverizer* dan udara dingin (*Cold Primary air*) yang dihasilkan juga oleh *primary air fan* dan akan langsung menuju ke *pulverizer* tanpa melewati *air preheater*, udara ini digunakan sebagai pengontrol dan pencegah temperatur didalam *pulverizer* mengalami kelebihan temperatur.

Penggunaan *air preheater* B di PLTU Unit 2 Pangkalan Susu 2X200 MW OMU Indonesia Power dipakai secara kontinyu

selama bertahun-tahun, karena digunakan secara kontinyu hal ini pasti mempengaruhi efektivitas dari *air preheater* tersebut meskipun sudah dilakukan pemeliharaan rutin.

Alasan penulis memilih pokok bahasan tersebut yaitu untuk mengetahui pengaruh dari *air preheater* didalam sistem PLTU, serta untuk mengetahui efektivitas *air preheater* B di PLTU Unit 2 Pangkalan Susu 2X200 MW OMU Indonesia Power dengan kondisi sebelum dan sesudah *overhaul* dengan variasi tiga beban yaitu beban 159 MW dan 200 MW, dan juga untuk mengetahui apakah aktivitas *overhaul* yang dilakukan berjalan dengan sukses. *Overhaul* yang dilakukan pada air preheater B di PLTU Unit 2 Pangkalan Susu 2X200 MW OMU Indonesia Power yaitu *overhaul simple inspection* yang dilaksanakan pada bulan maret 2022. Kegiatan *overhaul* yang dilakukan yaitu penggantian radial seal sisi horizontal air preheater.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### *Air Preheater*

Pemanas awal udara (*Air Preheater*) atau hanya disebut pemanas udara adalah sebuah alat penukar kalor yang digunakan untuk memanaskan udara agar terjadi pembakaran yang optimal pada boiler. Air preheater memanfaatkan gas buang (*flue*

gas) hasil pembakaran pada boiler sebagai sumber panasnya sebelum dibuang ke atmosfer agar gas buang yang keluar dari chimney memiliki temperatur yang lebih rendah dan tidak membawa dampak buruk ke lingkungan setelah dibuang ke atmosfer (M.M. El-Wakil, 2017).

### **Tipe Air Preheater**

Terdapat dua tipe pemanas awal udara yang umum digunakan di industri-industri yaitu pemanas awal udara rekuperasi (*recuperative*) dan pemanas awal udara regeneratif (*regenerative*).

### **Pemanas Awal Udara Rekuperasi**

Pada pemanas awal udara rekuperasi (*recuperative*) terjadi perpindahan kalor antara gas buang (*flue gas*) dengan udara yang melintasi permukaan penukar kalor. Pemanas awal udara rekuperasi ini biasanya berbentuk tabung (*tubular*), walaupun ada juga yang berbentuk pelat. Pemanas awal udara rekuperasi yang umum digunakan adalah pemanas awal udara berbentuk tabung.

Pemanas awal udara berbentuk tabung ini biasanya merupakan alat penukar kalor tipe shell and tube dengan jenis aliran yang lawan arah (*counter flow*) dimana gas panas mengalir di dalam tabung dan udara mengalir di luarnya. Pada pemanas awal udara berbentuk tabung ini terdapat juga sebuah hopper

yang berfungsi untuk mengumpulkan jelaga dan debu yang mengendap pada permukaan dalam tabung. Antara udara dan gas buang tidak boleh ada kebocoran. Jika kebocoran meningkat maka efisiensi pemanas akan berkurang (M.M. El-Wakil, 2017).

Pemanas awal udara berbentuk tabung (*tubular*) ini juga terdiri atas beberapa macam rancangan yang disesuaikan dengan ruang dan denah pembangkit uap dan talang-talanganya. Pemanas awal udara ini ada yang mempunyai satu lintasan atau lebih untuk udara dan gas buang (*flue gas*) dengan aliran searah atau lawan arah, vertikal atau horizontal (M.M. El-Wakil, 2017).

### **Pemanas Awal Udara Regeneratif**

Pemanas awal udara regeneratif (*regenerative*) merupakan tipe yang paling banyak digunakan pada unit pembangkit listrik. Terdapat dua jenis pemanas awal udara regeneratif yaitu pemanas awal udara *regeneratif plate rotating* (RAPH) dan pemanas awal udara *regeneratif plate stasioner*.

#### *Regenerative Air Preheater* (RAPH)

*Regenerative air preheater* (RAPH) terdiri dari elemen pelat putar pusat yang dipasang di dalam selubung yang dibagi menjadi beberapa sektor. Ada tiga desain dasar untuk elemen pelat berputar yaitu bi-

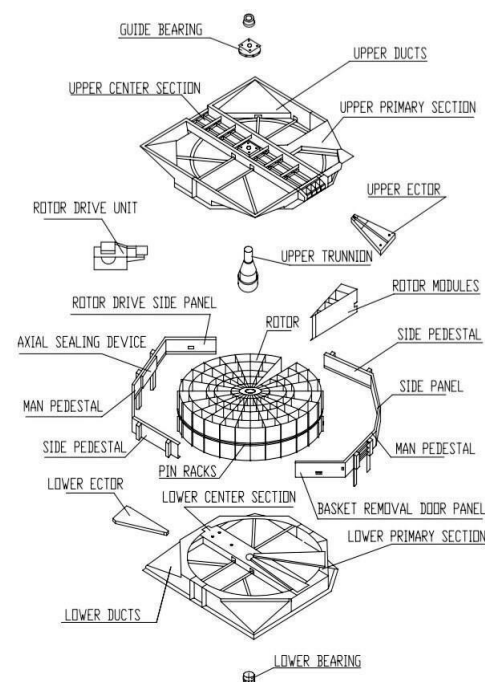
sektor, tri-sektor dan quadsektor. Pada PLTU Pangkalan Susu desain dasar yang digunakan untuk elemen pelat putarnya adalah tri-sektor.

Pemanas awal udara jenis rotasi yang paling umum dikenal adalah tipe Ljungstrom. Pengaturan aliran yang terdapat pada tipe ini adalah aliran *counter flow* dimana gas buang mengalir pada bagian atas rotor dan udara mengalir pada bagian bawah rotor. Kecepatan pada rotor tipe Ljungstrom ini sebesar 1 sampai 3 rpm yang diputar oleh sebuah motor penggerak. Pemanas tipe *regenerative* ini juga memiliki sebuah elemen pemanas atau yang dikenal *heating surface*.

Elemen pemanas ini terdiri dari dua lapisan permukaan yaitu lapisan permukaan pada bagian atas atau *hot end* dan lapisan permukaan pada bagian bawah atau *cold end*.

Dengan pemanas awal udara jenis rotasi ini juga dirancang dengan proses vertikal atau horizontal. Unit ini dirancang dengan permukaan yang laminar atau turbulen. Pada jenis laminar, elemen penyimpan kalor terpasang dengan jarak yang kompak sehingga aliran yang melaluinya bersifat laminar. Unit ini lebih cocok untuk sistem yang menggunakan bahan bakar gas yang terbakar dengan bersih.

Sedangkan jenis turbulen memiliki elemen dengan jarak yang lebih besar (mudah membersihkan endapan abunya), dan mempunyai aliran turbulen di antaranya. Unit ini lebih cocok untuk sistem yang menggunakan bahan bakar batu bara dan minyak. Biasanya rotor pada jenis turbulen lebih panjang dari pada jenis laminar dan biasanya terpasang vertikal. Sedangkan yang jenis laminar terpasang secara horizontal. Pembersihan pada tipe ini dilakukan dengan jet udara atau uap (M.M. El-Wakil, 2017).



Jara tipe Ljungstrom (Sumber : manual book PLTU Pangkalan Susu OMU)

### 3. METODE PENELITIAN

#### perancangan Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini, penulis menggunakan metode penelitian kualitatif yang didasari oleh studi kasus lapangan

yang dilakukan di air preheater B di PLTU Unit 2 Pangkalan Susu OMU Indonesia Power dan diperkuat juga dengan beberapa sumber referensi teori dan juga jurnal ilmiah. Data yang digunakan di penelitian ini didapatkan dari beberapa pihak yang terkait di PLTU Unit 2 Pangkalan susu yaitu *Operation Department, Maintenance department* dan *Engineering Team*. Selain itu data dan informasi didapatkan juga dari beberapa studi literatur seperti *manual book* operasional, maupun jurnal ilmiah yang berkaitan langsung dengan efektivitas dari air preheater. Semua data yang diperoleh tersebut akan disesuaikan kembali dengan pengamatan yang dilakukan agar penelitian yang dilakukan dapat terselesaikan. Metode kualitatif yang digunakan oleh penulis bertujuan untuk menganalisis efektivitas air preheater B sebelum dan sesudah overhaul dengan variasi beban di PLTU Unit 2 Pangkalan susu.

### **Teknik Pengolahan Data**

Di dalam bagian ini, penulis memaparkan cara pengolahan data yang dilakukan guna untuk menyelesaikan penelitian ini dan juga dapat menganalisis efektivitas dari air preheater B di PLTU Unit 2 Pangkalan Susu OMU Indonesia Power, berikut ini cara pengolahan data tersebut:

1. Data yang akan diolah menggunakan data sebelum dan sesudah *overhaul* pada variasi beban di 159 MW, dan 200 MW yang berisikan parameter dari *air preheater* B. Data-data tersebut digunakan untuk mencari atau mendapatkan nilai efektivitas dari *air preheater* B di PLTU Unit 2 Pangkalan Susu OMU Indonesia Power.
2. Perhitungan efektivitas dari *air preheater* B di PLTU Unit 2 Pangkalan Susu OMU Indonesia Power :
  - a. Menghitung kesetimbangan energi dengan menggunakan rumus (2.4) :
    - Mencari  $C_{Ph}$  dengan menggunakan interpolasi.
    - Mencari  $C_{Pc}$  dengan menggunakan interpolasi.
    - Mencari  $m$  dengan rumus.
  - b. Menghitung laju kapasitas panas flue gas ( $Ch$ ) dengan menggunakan rumus (2.9).
  - c. Menghitung laju kapasitas panas udara ( $Cc$ ) dengan menggunakan rumus (2.10).
  - d. Menghitung laju aliran panas ( $\dot{Q}$  maks) dengan menggunakan rumus (2.6).
  - e. Menghitung laju aliran panas flue gas ( $\dot{Q}_h$ ) dengan menggunakan rumus (2.7).

- f. Menghitung laju aliran panas udara ( $\dot{Q}_c$ ) dengan menggunakan rumus (2.8).
- g. Menghitung Log Mean Temperature Difference (LMTD) dengan menggunakan rumus (2.12).
- h. Menghitung luas permukaan air preheater B (A) dengan menggunakan rumus (2.13).
- i. Menghitung konduktansi termal (U) dengan menggunakan rumus (2.15).
- j. Menghitung Number Transfer Unit (NTU) dengan menggunakan rumus (2.14).
- k. Menghitung kapasitas panas (C) dengan menggunakan rumus (2.11).
- l. Menghitung efektivitas ( $\epsilon$ ) dengan menggunakan rumus (2.5).

### Teknik Analisis Data

Analisis data yang didapatkan sesuai dengan literatur yang telah dibuat. Analisis yang dilaksanakan adalah menghitung perpindahan panas pada *air preheater* B di PLTU Unit 2 Pangkalan Susu OMU Indonesia Power sebelum dan sesudah *overhaul* pada variasi beban di 159 MW, dan 200 MW, sebagai berikut

1. Analisa laju aliran panas maksimum ( $\dot{Q}_{maks}$ ).
2. Analisa laju aliran panas udara ( $\dot{Q}_c$ ).

3. Analisa laju aliran panas *flue gas* ( $\dot{Q}_h$ ).
4. Analisa kapasitas panas (C).
5. Analisa *Log Mean Temperature Difference* (LMTD).
6. Analisa Konduktansi termal (U).
7. Analisa *Number Transfer Unit* (NTU).
8. Analisa efektivitas ( $\epsilon$ ).

### Jadwal Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PLTU Unit 2 Pangkalan Susu OMU Indonesia Power, di *department Operation dan Maintenance* Unit yang terletak di jalan Tj. Pasir, Kecamatan Pangkalan Susu, Kabupaten Langkat, Provinsi Sumatera Utara. Waktu penelitian dilakukan pada 15 Februari 2022 s.d. 31 Maret 2022

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

Data parameter digunakan untuk perhitungan efektivitas dari air *preheater* B di PLTU Unit 2 Pangkalan Susu OMU Indonesia Power, dimana perhitungan tersebut menggunakan data hasil trending di departemen operasi. Perhitungan ini dilakukan dengan cara mengambil data sampel sebelum dan sesudah *overhaul*.

**Tabel. 1.** Data parameter *Air Preheater* B sebelum *Overhaul*

<b>N O</b>	<b>PARAMETER</b>	<b>Notasi</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sebelum Overhaul</b>	
1	<i>Time</i>	-	-	2 – 5 Mei 2022	
2	<i>Load</i>	-	MW	159	200
3	<i>Flue Gas Temperature Inlet</i>	Thin	°C	380.6	373.7
4	<i>Flue Gas Temperature outlet</i>	Thout	°C	191.6	195.6
5	<i>Secondary Air Inlet Temperature</i>	Tsain	°C	33.9	33.2
6	<i>Secondary Air outlet Temperature</i>	Tsaout	°C	332.5	327.3
7	<i>Primary Air Inlet Temperature</i>	Tpain	°C	44.5	43.6
8	<i>Primary Air outlet Temperature</i>	Tpaout	°C	335.2	329.5
9	<i>APH Inlet Temperature</i>	Tcin	°C	39.2	38.4
10	<i>APH outlet Temperature</i>	Tcoout	°C	333.85	328.4
11	<i>Total Secondary</i>	mtot sa	Ton/h	845.4	836.3

	<i>Air Flow</i>				
12	<i>Secondary Air Flow</i>	msa	Ton/h	423.2	422.6
13	<i>Total Primary Air Flow</i>	mtot pa	Ton/h	433.1	421.1
14	<i>Primary Air Flow</i>	m pa	Ton/h	215.0	209.5
15	<i>Total Air Flow</i>	mc	Ton/h	638.2	632.1
16	<i>Diameter</i>	D	m	10.4	10.4
17	<i>Tinggi</i>	H	m	2.2	2.2
18	<i>Jari-jari</i>	r	m	5.1	5.1

**Tabel 2.** Data parameter Air Preheater B sesudah overhaul

<b>N O</b>	<b>PARAMETER</b>	<b>Notasi</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sesudah Overhaul</b>	
1	<i>Time</i>	-	-	27-30 Mei 2022	
2	<i>Load</i>	-	MW	159	200
3	<i>Flue Gas Temperature Inlet</i>	Thin	°C	363.1	364.3
4	<i>Flue Gas Temperature outlet</i>	Thout	°C	163.9	165.7
5	<i>Secondary Air Inlet Temperature</i>	Tsain	°C	32.1	33.4



6	Secondary Air outlet Temperature	Tsaout	°C	323.9	337.3
7	Primary Air Inlet Temperature	Tpain	°C	45.6	45.5
8	Primary Air outlet Temperature	Tpaout	°C	327.7	336.3
9	APH Inlet Temperature	Tcin	°C	38.85	39.45
10	APH outlet Temperature	Tcoout	°C	325.8	336.8
11	Total Secondary Air Flow	m <sub>tsa</sub>	Ton/h	807.7	818.7
12	Secondary Air Flow	m <sub>sa</sub>	Ton/h	402.8	428.3
13	Total Primary Air Flow	m <sub>tpa</sub>	Ton/h	437.2	439.4
14	Primary Air Flow	m <sub>pa</sub>	Ton/h	217.6	223.7
15	Total Air Flow	m <sub>c</sub>	Ton/h	620.4	652
16	Diameter	D	m	10.4	10.4
17	Tinggi	H	m	1.9	1.9
18	Jari-jari	r	m	5.2	5.2

### Perhitungan Data Efektivitas Air Preheater B Sebelum Overhaul dengan beban 159 MW

a. Kesenjangan Energi,

$$\dot{Q}_h = \dot{Q}_c$$

$$m_h \times C_{ph} \times (T_{hin} - T_{hout}) = m_c \times C_{pc} \times (T_{cin} - T_{cout})$$

• Mencari T<sub>cin</sub>

$$T_{cin} = \frac{T_{sain} + T_{pain}}{2}$$

$$T_{cin} = \frac{33.9^\circ\text{C} + 44.5^\circ\text{C}}{2} = 39.2^\circ\text{C}$$

• Mencari T<sub>cout</sub>

$$T_{cout} = \frac{T_{saout} + T_{paout}}{2}$$

$$T_{cout} = \frac{332.5^\circ\text{C} + 335.2^\circ\text{C}}{2} = 333.85^\circ\text{C}$$

• Mencari C<sub>ph</sub>

$$\text{Diketahui } T_{rata} = 286.1^\circ\text{C} + 273 = 559.1\text{K}$$

Didapat nilai C<sub>p</sub> dari lampiran 1, sebagai berikut:

$$550\text{K} = C_p = 1.04 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

$$600\text{K} = C_p = 1.051 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

Sehingga didapat interpolasi:

$$\frac{559.1\text{K} - 550\text{K}}{600\text{K} - 550\text{K}} = \frac{C_p - 1.04 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}}{1.051 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} - 1.04 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}}$$

$$C_p = 1.042 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

• Mencari C<sub>pc</sub>

$$\text{Diketahui } T_{rata} = 186.52^\circ\text{C} + 273 = 459.52\text{K}$$

Didapat nilai C<sub>p</sub> dari lampiran 1, sebagai berikut:

$$450\text{K} = C_p = 1.02 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

$$500 \text{ K} = C_p = 1.029 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

Sehingga didapat interpolasi: C

$$\frac{459.52 \text{ K} - 450 \text{ K}}{500 \text{ K} - 450 \text{ K}} = \frac{C_{ph} - 1.02 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}}{1.029 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} - 1.02 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}}$$

$$C_{pc} = 1.021 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

- Mencari  $\dot{m}h$

$$\dot{m}h = \frac{\dot{m}c \times C_{pc}(T_{c\text{out}} - T_{c\text{in}})}{C_{ph} \times (T_{h\text{in}} - T_{h\text{out}})}$$

$$\dot{m}c = m_{sa} + m_{pa}$$

$$\dot{m}c = 423.2 \frac{\text{Ton}}{\text{H}} + 215 \frac{\text{Ton}}{\text{H}} = 638.2 \frac{\text{Ton}}{\text{H}}$$

$$\dot{m}h =$$

$$\frac{638.2 \frac{\text{Ton}}{\text{H}} \times 1.021 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} (333.85^\circ\text{C} - 39.2^\circ\text{C})}{1.042 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (380.6^\circ\text{C} - 191.6^\circ\text{C})}$$

$$\dot{m}h = 974.89 \frac{\text{Ton}}{\text{H}}$$

- b. Laju Kapasitas Panas Gas (Ch),

$$Ch = (\dot{m}h \times C_{ph})$$

$$Ch = (974.89 \frac{\text{Ton}}{\text{H}} \times 1.042 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}})$$

$$Ch = 974.89 \frac{\text{Ton}}{\text{H}} \times \frac{1000 \text{ Kg}}{3600 \text{ s}} \times$$

$$1.042 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}})$$

$$Ch = 282.17 \frac{\text{kJ}}{\text{s}^\circ\text{C}}$$

- c. Laju Kapasitas Panas Udara (Cc),

$$Cc = (\dot{m}c \times C_{pc})$$

$$Cc = (638.2 \frac{\text{Ton}}{\text{H}} \times 1.021 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}})$$

$$Cc = (638.2 \frac{\text{Ton}}{\text{H}} \times \frac{1000 \text{ Kg}}{3600 \text{ s}} \times$$

$$1.021 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}})$$

$$Cc = 181 \frac{\text{kJ}}{\text{s}^\circ\text{C}}$$

- d. Laju Aliran Panas Maksimum ( $\dot{Q}$  maks)

$$\dot{Q} \text{ maks} = (\dot{m}c \times C_{pc}) \times (T_{h\text{in}} - T_{c\text{in}})$$

$$\dot{Q} \text{ maks} = 181 \left( \frac{\text{kJ}}{\text{s}^\circ\text{C}} \right) \times (380.6^\circ\text{C} - 39.2^\circ\text{C})$$

$$\dot{Q} \text{ maks} = 61793.4 \frac{\text{KJ}}{\text{s}}$$

- e. Laju Aliran Panas Flue Gas ( $\dot{Q}h$ ),

$$\dot{Q}h = (\dot{m}h \times C_{ph}) \times (T_{h\text{in}} - T_{h\text{out}})$$

$$\dot{Q}h = (282.17 \frac{\text{kJ}}{\text{s}^\circ\text{C}}) \times (380.6^\circ\text{C} - 191.6^\circ\text{C})$$

$$\dot{Q}h = 53330.13 \frac{\text{KJ}}{\text{s}}$$

- f. Laju Aliran Panas Udara ( $\dot{Q}c$ )

$$\dot{Q}c = (\dot{m}c \times C_{pc}) \times (T_{c\text{out}} - T_{c\text{in}})$$

$$\dot{Q}c = (181 \frac{\text{kJ}}{\text{s}^\circ\text{C}}) \times (333.85^\circ\text{C} - 39.2^\circ\text{C})$$

$$\dot{Q}c = 53331.65 \frac{\text{KJ}}{\text{s}}$$

- g. Log Mean Temperature Difference (LMTD)

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

- $\Delta T_1 = T_{h\text{in}} - T_{c\text{out}}$

$$\Delta T_1 = (380.6 - 333.85)^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_1 = 46.75^\circ\text{C}$$

- $\Delta T_2 = T_{h\text{out}} - T_{c\text{in}}$

$$\Delta T_2 = (191.6 - 39.2)^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_2 = 152.4^\circ\text{C}$$

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

$$LMTD = \left( \frac{46.75 - 152.4}{\ln\frac{46.75}{152.4}} \right)^\circ\text{C}$$

$$= 89.4^\circ\text{C}$$

- h. Luas Permukaan Air Preheater (A),

$$A = 2 \times \pi \times r \times (r + h)$$

$$A = 2 \times 3.14 \times 5.2 \text{ m} \times (5.2 \text{ m} + 2.2 \text{ m})$$

$$A = 241,654 \text{ m}^2$$

i. Konduktansi Termal (U),

$$U = \frac{Q_h}{A \times \Delta LMTD}$$

$$U = \frac{53330.13 \frac{\text{KJ}}{\text{s}}}{241,654 \text{ m}^2 \times 89.4 \text{ }^\circ\text{C}}$$

$$U = 2.468 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C}}$$

j. Number Transfer Unit (NTU),

$$NTU = \frac{UA}{C_c}$$

$$NTU = \frac{2.468 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C}} \times 241,654 \text{ m}^2}{181 \frac{\text{KJ}}{\text{s} \text{ }^\circ\text{C}}}$$

$$NTU = 3.295$$

k. Kapasitas Panas (C),

$$C = \frac{C_c}{C_h}$$

$$C = \frac{181 \frac{\text{KJ}}{\text{s} \text{ }^\circ\text{C}}}{282.17 \frac{\text{KJ}}{\text{s} \text{ }^\circ\text{C}}}$$

$$C = 0.641$$

l. Efektivitas ( $\epsilon$ )

$$\epsilon = \frac{1 - \exp[-NTU(1 - C)]}{1 - C \exp[-NTU(1 - C)]}$$

$$\epsilon = \frac{1 - \exp[-3.295(1 - 0.641)]}{1 - 0.641 \exp[-3.295(1 - 0.641)]}$$

$$\epsilon = 0.8631$$

## 5. SIMPULAN

- Pada beban 159 MW sebelum *overhaul* nilai efektivitas ( $\epsilon$ ) sebesar 0.8631 dan nilai efektivitas ( $\epsilon$ ) sesudah *overhaul* sebesar 0.8847. Pada beban 200 MW sebelum *overhaul* nilai efektivitas ( $\epsilon$ ) sebesar 0.865 dan nilai efektivitas ( $\epsilon$ ) sesudah *overhaul* sebesar 0.915.

- Nilai efektivitas dari *air preheater* B di PLTU Unit 2 Pangkalan Susu OMU Indonesia Power mengalami peningkatan setelah di laksanakannya *overhaul*. Pada beban 159 MW terjadi peningkatan nilai efektivitas sebesar 0.0216 sekitar 2.502%, dan pada beban 200 MW juga terjadi peningkatan nilai efektivitas sebesar 0.05 sekitar 5.78%.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Antono, V. (2016). Analisis Efisiensi Air Preheater Sebelum Overhaul Dan Sesudah Overhaul Di Ujp Pltu Banten 3 Lontar Unit 3. *Jurnal Power Plant*.
- Beerel, P. A., Ozdag, R. O., Ferretti, M., Beerel, P. A., Ozdag, R. O., & Ferretti, M. (2017). Performance analysis and optimization. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*
- Cappenberg, A. D. (2017). Analisa kinerja alat penukar kalor jenis pipa ganda. *Jurnal Teknik Mesin*.
- Cengel, Y. A. (2004). Heat Transference a Practical Approach. *MacGraw-Hill*.
- G.Shruti, Ravinarayan Bhat, G. S. (2014). PERFORMANCE EVALUATION AND OPTIMIZATION OF AIR PREHEATER IN THERMAL POWER PLANT. *INTERNATIONAL JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING*.

- Praveen, M., & Kishore, P. S. (2016). Effectiveness of Rotary Air Preheater in a Thermal Power Plant Effectiveness of Rotary Air Preheater in a Thermal Power Plant. *International Journal of Scientific Engineering and Technology*
- PT.Indonesia Power, P. M. (2016). PEMELIHARAAN AIR HEATER. *Modul Akselerasi Kompetensi Pemeliharaan Pembangkit.*
- Supramani, S., & Kumar, C. R. (2017). A Review on Air Preheater Elements Design and Testing A Review on Air Preheater Elements Design and Testing. *Journal Mechanics, Materials Science & Engineering.*
- Vulloju, S. (2013). Analysis of Performance of Ljungstrom Air Preheater Elements. *International Journal of Current Engineering and Technology.*
- Wahyono, R. N. P. (2013). Pengaruh Unjuk Kerja Air Heater Type Ljungstorm Terhadap Perubahan Beban Di Pltu Tanjung Jati B. *Jurnal Teknik Energi.*