

## Analisis Kinerja Air Heater pada PLTU batubara 65 MW Bukit Asam

Haris Ahmad<sup>1\*</sup>, Yogi Sirodz Gaos<sup>1</sup>, Irvan Wiradinata<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor

\*e-mail: harisa753@gmail.com

### ABSTRAK

*Air heater* adalah salah satu komponen dalam PLTU yang bekerja dengan memanaskan gas buang (*flue gas*) sisa pembakaran pada *boiler* dan menyuplainya kembali ke dalam *boiler* untuk pembakaran. Sesuai dengan fungsinya dalam peningkatan efisiensi kerja dalam siklus perpindahan panas, maka peranan *air heater* begitu penting. Karena mengurangi penggunaan energi serta menghemat kerja *boiler* dalam memanaskan air menjadi uap, hal ini diharapkan untuk mendapatkan pembakaran sempurna di ruang bakar. Maka dari itu analisa perpindahan energi dan peningkatan efisiensi kinerja pada *air heater* perlu dilakukan. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mencari koefisien perpindahan panas menyeluruh, efektivitas serta penghambat kinerja pada *air heater*. Metode penelitian yang digunakan adalah analisis dan pengolahan data komisioning. Hasil penelitian yang didapatkan koefisien perpindahan panas menyeluruh yang terjadi sebesar 244.729 kW, nilai efektivitas sebesar 0.7703 dan penghambat kinerja yaitu terjadinya kebocoran aliran *flue gas* dan *fresh air*.

**Kata kunci :** air heater; kinerja; pembangkit listrik.

### ABSTRACT

*Air heater is one component in a power plant that works by heating the flue gas (combustion flue) remaining combustion in the boiler and supply it back into the boiler for combustion. In accordance with its function in increasing work efficiency in the heat transfer cycle, the role of the air heater is so important. Because it reduces energy use and saves boiler work in heating water to steam, this is expected to get perfect combustion in the combustion chamber. Therefore an analysis of energy transfer and an increase in the efficiency of the performance of the air heater needs to be done. So this study aims to find the overall heat transfer coefficient, effectiveness and performance inhibitors on the air heater. The research method used is the analysis and processing of commissioning data. The results of the study found that the overall heat transfer coefficient is 244,729 kW, the effectiveness value is 0.7703 and the performance inhibitors are flue gas leakage and fresh air.*

**Keywords :** air heater; performents; power plants.

### PENDAHULUAN

PLTU menggunakan prinsip hukum termodinamika 1 yang berbunyi energi tidak dapat dimusnahkan, namun dapat diubah menjadi bentuk lain. Pada dasarnya pengkonversian energi yang terjadi adalah dengan mengubah uap hasil pemanasan air menjadi listrik melalui putaran turbin yang diteruskan ke generator. Proses pemanasan air hingga menjadi uap terjadi dalam *boiler* dengan menggunakan batubara dan udara panas. Penggunaan udara panas ini dilakukan guna menghilangkan kelembaban udara serta batu bara. (Wahyono, 2013) *Air heater* adalah salah satu komponen dalam PLTU yang bekerja dengan memanaskan gas buang (*flue gas*) sisa pembakaran pada *boiler* dan

menyuplainya kembali ke dalam *boiler* untuk pembakaran. Penggunaan *air heater* dapat menambah efisiensi thermal unit hingga 10%. Ini menandakan terjadinya peningkatan kerja dengan memanfaatkan gas buang (*flue gas*) yang tidak dapat digunakan kembali untuk memanaskan air pada *boiler*. (Sinaga, 2015) Sesuai dengan fungsinya dalam peningkatan efisiensi kerja dalam siklus perpindahan panas, maka peranan *air heater* begitu penting. Karena mengurangi penggunaan energi serta menghemat kerja *boiler* dalam memanaskan air menjadi uap, hal ini diharapkan untuk mendapatkan pembakaran sempurna di ruang bakar. (Heri, 2015) Sehingga analisis kinerja *Air Heater* perlu dilakukan berdasarkan penjelasan tersebut. Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh koefisien

perpindahan panas menyeluruh pada *air heater* 65 MW, faktor penghambat kinerja serta nilai efektivitas.

**Air Heater (Pemanas Udara)**

Pemanfaatan gas buang (*flue gas*) pada *air heater* berfungsi untuk memanaskan udara. Proses pemanasan udara dari *air preheater* kemudian diteruskan melalui *air heater* guna dilakukan pemanasan kembali. Temperatur udara setelah melewati *air heater* ±230°C untuk mempermudah proses pembakaran pada *boiler*. Bahan yang digunakan dalam *air heater* didesain tahan panas karena temperatur pada gas buang (*flue gas*) tinggi yaitu sekitar 290°C.

**Perpindahan Panas Secara Konveksi Pipa**

Dalam konveksi bebas perpindahan panas terjadi karena adanya perbedaan suhu saja, sedangkan dalam konveksi paksa perpindahan panas terjadi karena terdapat faktor gaya eksternal dapat berupa pompa, kipas dan lain-lain.(Kuncoro, 2011) Perpindahan kalor secara konveksi dalam *air heater* digunakan dalam proses menurunkan temperatur panas *flue gas* untuk menaikkan udara masuk. Laju perpindahan panas pada *air heater* dengan persamaan berikut: (Sobar, 2018)

$$q = U \times A_s \times \Delta_{lmd} \tag{1}$$

**Bilangan Reynolds**

Menurut Frank Kreith (1997) bilangan *Reynolds* adalah suatu parameter tidak berdimensi yang berguna untuk menentukan jenis aliran laminar atau turbulen. Aliran dikatakan laminar apabila secara teratur atau nilai bilangan *Reynolds* nya kurang dari 2000, Bilangan *Reynolds* antara 2100 hingga 4000 terjadi peralihan dari laminar ke turbulen, aliran ini disebut aliran transisi. Apabila bilangan *Reynolds* lebih dari 4000 dengan fluida bergerak dengan tidak menentu disebut aliran turbulen.(Kuncoro, 2011) Untuk mengetahui sifat suatu aliran maka dapat ditunjukkan dengan bilangan *Reynolds* yang ditulis dalam persamaan sebagai berikut:

$$Re = \frac{\dot{m} \times D}{\rho \times A \times \mu} \tag{2}$$

**Koefision Perpindahan Panas Menyeluruh**

Melalui asumsi nilai kapasitas panas yang spesifik ( $C_p$ ) fluida panas dan fluida dingin yang konstan, tidak terdapat kehilangan panas pada lingkungan serta keadaan tetap (*steady state*), maka kalor yang dipindahkan adalah(Hartono, 2008):

$$U = \frac{1}{\ln \frac{D_{p.o}}{D_{p.i}} + \frac{1}{h_i} + \frac{1}{2\pi k_{tube} L} + \frac{1}{h_o}} \tag{3}$$

**Efektivitas**

Efektivitas perpindahan panas didefinisikan sebagai perbandingan laju perpindahan panas sebenarnya dengan laju perpindahan panas maksimum yang mungkin terjadi. Persamaannya dapat ditunjukkan sebagai berikut (Holman, 1898):

$$\varepsilon = \frac{q}{q_{max}} \tag{4}$$

Sedangkan perpindahan panas yang sebenarnya dihitung melalui energi yang dilepas fluida panas atau energi yang diterima fluida dingin untuk perpindahan panas aliran berlawanan arah.

$$q = C_c(T_{c.o} - T_{c.i}) = C_h(T_{h.i} - T_{h.o}) \tag{5}$$

Perpindahan panas maksimumnya dinyatakan sebagai berikut :

$$q_{max} = C_{min} \times (T_{h.i} - T_{c.i}) \tag{6}$$

**Efisiensi Termal Air Heater**

Nilai efisiensi perpindahan panas pada *air heater* dapat dicari dengan persamaan berikut (Ibid.20):

$$\eta = \frac{T_{h.i} - T_{h.o}}{T_{h.i} - T_{c.i}} \times 100\% \tag{7}$$

**METODE PENELITIAN**

**Waktu dan Tempat**

Waktu penelitian pada bulan September 2018 sampai dengan Februari 2019 dan tempat penelitian bertempat di Lab. Energi Universitas Ibn Khaldun Bogor dan PLTU Bukit Asam, Sumatera Selatan.

### Alat dan Bahan

Penelitian ini dilakukan menggunakan alat dan bahan sesuai kualifikasi pada *Air Heater*, berikut adalah alat dan bahan yang digunakan

#### *Pressure Gauge*

*Pressure gauge* merupakan alat yang digunakan untuk mengukur tekanan fluida (gas atau *liquid*).



Gambar 1. *Pressure gauge*

#### *Pressure Transmitter*

*Pressure Transmitter* adalah alat yang digunakan untuk mengukur tekanan vakum, mengukur perbedaan tekanan, dan mengukur laju aliran. Sinyal yang ditangkap dikirim ke perangkat monitor dalam ruang kontrol.



Gambar 2. *Pressure transmitter*

#### *Air Pump*

*Air pump* adalah pompa udara yang memberi tekanan pada *fresh air* (udara lingkungan) agar dapat masuk ke dalam *shell* melewati *air heater* hingga masuk ke dalam *boiler*.



Gambar 3. *Air pump*

#### *Gas Analyzer*

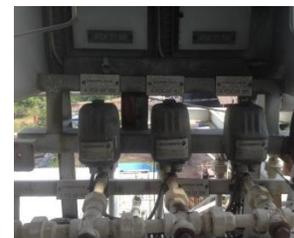
*Gas analyzer* berfungsi sebagai alat pengukur temperatur pada *inlet flue gas* yang berasal dari boiler sebelum masuk *tube*, *outlet flue gas*, *inlet fresh air* yang dialirkan *air pump* dan juga *outlet fresh air* menuju *boiler*. Selain mengukur temperatur *gas analyzer* juga berfungsi sebagai pendeteksi kandungan *flue gas*.



Gambar 4. *Gas analyzer*

#### *Solenoid Valve*

*Solenoid valve* memiliki fungsi sebagai pengatur aliran *outlet air heater* menuju *furnace boiler*. *Solenoid valve* dapat mengatur pembukaan serta penutupan katup sesuai kebutuhan udara yang dibutuhkan oleh *furnace boiler*.



Gambar 5. *Solenoid valve*

#### *Expansion Joint*

*Expansion joint* merupakan salah satu komponen yang berfungsi sebagaiudukan *tube sheet* bawah, peredam getaran dalam *air heater*, serta mengurangi pemuaiian berlebihan.



Gambar 6. *Expantion joint*

**Expantion Joint Sealing (Rectangular)**

*Expantion joint sealing* berbeda dengan tipe *rectangular steel* namun memiliki fungsi yang serupa yaitu sebagai peredam getaran. Akan tetapi *expantion joint sealing* tidak berfungsi sebagai dudukan *tube sheet*. Komponen tersebut juga sebagai pencegah kebocoran yang terjadi akibat getaran pada *hopper*.



Gambar 7. *Expantion joint sealing*

**Tube Sheet**

*Tube sheet* adalah penyangga bagian bawah dan atas *tube* yang berfungsi agar posisi *tube* tetap lurus serta menahan getaran saat *air heater* bekerja.



Gambar 8. *Tube sheet*

**Tube**

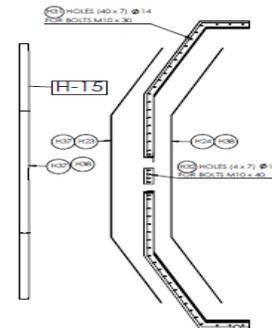
*Tube* adalah komponen berbentuk tabung tanpa bagian atas dan bawah yang memiliki fungsi sebagai saluran penghantar *flue gas* dalam *air heater*.



Gambar 9. *Tube*

**Deflecting Plate**

*Deflecting Plate* berfungsi sebagai pengarah aliran *fresh air* pada *shell* agar dapat melalui sela-sela sisi luar *tube* sehingga terjadi proses perpindahan panas pada *air heater*.



Gambar 10. *Deflecting plate*

**Baffle**

*Baffle* merupakan komponen penyangga bagian tengah *tube* yang berfungsi sebagai penahan getaran dan juga pengarah sirkulasi *fresh air* dalam *shell* yang terhubung pada beberapa *deflecting plate*.



Gambar 11. *Baffle*

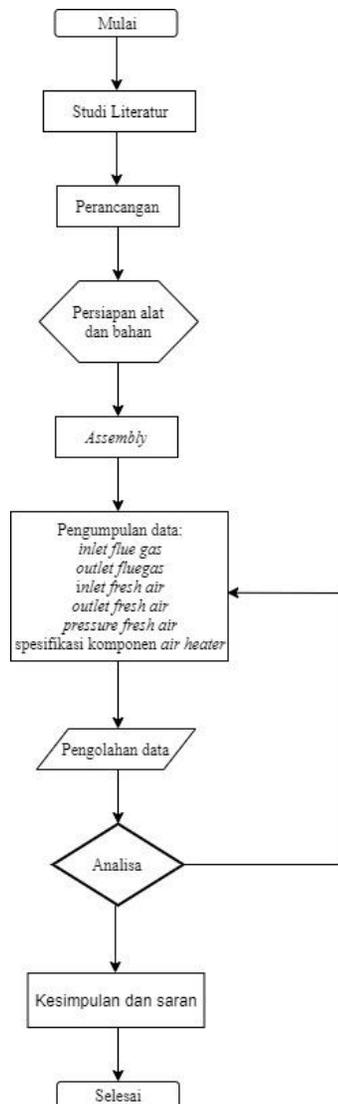
**Hopper**

*Hopper* pada *air heater* dibagi menjadi dua bagian, *hopper* bagian paling atas berfungsi sebagai saluran masuk *flue gas* dari *boiler* dan *hopper* bagian paling bawah berfungsi sebagai saluran keluar *flue gas* setelah melewati *tube*.



Gambar 12. Hopper

Diagram Alir Penelitian



Gambar 13. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Komisioning

Tabel 1. Data spesifikasi air heater

No.	Keterangan	Nilai	Satuan
1	Diameter luar tube ( $D_{p_o}$ )	0.0049	m
2	Diameter dalam tube ( $D_{p_i}$ )	0.0047	m
3	Keliling shell ( $D_s$ )	1141.1347	$m^3$
4	Jumlah tube ( $N_i$ )	8487	-
5	Panjang tube	13.218	m
6	Pitch tube ( $P_t$ )	0.0072	m
7	Jumlah shell ( $N_p$ )	2	-
8	Jumlah baffle	10	-
9	Susunan tube	Segitiga	
10	Bahan tube	SA 178 Gr C	
11	Konduktivitas thermal tube	21.50	w/m.K
12	Jumlah pass tube ( $N_p$ )	1	-

Tabel 2. Data end value air heater

No.	Deskripsi	End Value	Satuan
1	Faktor pengotoran	51.444	MW
2	Temperatur udara masuk (fresh air)	36.885	C
3	Temperatur udara keluar (fresh air)	358.588	C
4	Laju aliran massa sisi tube	105.5	Kg/s
5	Temperatur flue gas masuk	363.903	C
6	Temperatur flue gas keluar	194.586	C
7	Laju aliran massa sisi shell	87.8	Kg/s
8	Primary air temp. Mill A	227.529	C
9	Primary air temp. Mill C	157.342	C

Perhitungan Data Hasil Pengujian

Memuat hasil dan pembahasan tentang penelitian yang dilakukan.

Mencari Perpindahan Panas Menggunakan LMTD (*Log Mean Temperature Difference*)

$$q = U \times A_s \times \Delta_{lmd}$$

Mencari luas perpindahan panas ( $A_s$ )

$$A_s = \pi \times D_{p.o} \times L \times N_t$$

$$= 3.14 \times 0.0049 \times 13.218 \times 8478$$

$$= 17824.1890 m^2$$

Mencari Koefisien Perpindahan Menyeluruh ( $U$ )

$$U = \frac{1}{\ln \frac{D_{p.o}}{D_{p.i}} + \frac{1}{h_i} + \frac{1}{2\pi k_{tube} L} + \frac{1}{h_o}}$$

Mencari Koefisien Perpindahan Panas Didalam Tube ( $h_i$ )

$$h_i = \frac{Nu_t \times k_{air}}{D_{p.i}}$$

Berdasarkan aplikasi miniREFPROP dievaluasi pada temperatur panas rata-rata ( $T_h$ )

$$T_h = 363.903^\circ C$$

Pressure = 1 atm

Maka diperoleh lah

$$\rho_{air} = 0.8420 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu_{air} = 29.395 \text{ Pa.s}$$

$$Pr_{air} = 0.7246$$

$$k_{air} = \text{w/m}$$

$$Cp_{air} = 1.0961 \text{ kJ/kg}^\circ C$$

Mencari luas aliran sisi tube ( $A_i$ )

$$A_i = \frac{N_t \times \pi \times D_{p.i}^2}{4 \times N_p}$$

$$= \frac{8478 \times 3.14 \times 0.0047^2}{4 \times 1}$$

$$= 0.1470 m^2$$

Mencari laju aliran massa ( $\dot{m}$ )

$$\dot{m} = 105.5 \text{ Kg / s}$$

Sehingga

$$Re_t = \frac{\dot{m} \times D_{p.i}}{\rho_{air} \times A_i \times \mu_{air}}$$

$$= \frac{105.5 \times 0.0047}{0.8420 \times 0.1470 \times 29.395}$$

$$= 0.1362$$

(Merupakan bilangan laminer)

Untuk bilangan *Nusselt* didalam tube diperoleh

$$L_{tube} = 0.05 \times Re \times Pr \times D_{p.o}$$

$$= 0.05 \times 0.1362 \times 0.7246 \times 0.0049$$

$$= 2.4179 \times 10^{-5} m$$

$$L_t < L$$

Maka  $Nu_t = 3.66$

Sehingga

$$h_i = \frac{3.66 \times 44.461}{0.0047}$$

$$= 34622.8212 \text{ w / m}^\circ C$$

Mencari koefisien perpindahan panas pada shell ( $h_o$ )

$$h_o = \frac{Nu_s \times k_{air}}{De}$$

Berdasarkan aplikasi miniREFPROP dievaluasi pada temperatur panas rata-rata ( $T_c$ )

$$T_c = 36.885^\circ C$$

Pressure = 40.100 bar

Sehingga diperoleh

$$\rho_{air} = 43.613 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu_{air} = 18.954 \text{ Pa.s}$$

$$Pr_{air} = 0.7354$$

$$K_{air} = 28.337 \text{ w/m}$$

$$Cp_{air} = 1.0995 \text{ kJ/kg}^\circ C$$

Mencari Diameter Ekuivalen ( $De$ )

$$De = \frac{(3.48 \times P_t^2) - \pi \times D_{po}^2}{\pi \times D_{po}^2}$$

$$= \frac{(3.48 \times 0.0072^2) - 3.14 \times 0.0049^2}{3.14 \times 0.0049}$$

$$= 6.8251 \times 10^{-3} m$$

Mencari laju aliran massa ( $\dot{m}$ )

$$\dot{m} = 87.8 \text{ Kg / s}$$

Mencari Luas Aliran Shell ( $A_o$ )

$$A_o = \frac{D_s \times C \times B}{P_t}$$

Dimana :

$$C = P_t - D_{p.o} = 0.0072 - 0.0049 = 2.3 \times 10^{-3} m$$

$$D_s = 9.844 \times 13.218 \times 8.770 = 1141.1347 m^3$$

$$B = \frac{L}{N_b + 1} = \frac{13.218}{8 + 1} = 1.4686 m$$

Maka

$$A_o = \frac{1141.1347 \times (2.3 \times 10^{-3}) \times 1.4686}{0.0072}$$

$$= 535.3474 m^2$$

Sehingga

$$Re_s = \frac{\dot{m} \times De}{\rho_{air} \times A_o \times \mu_{air}}$$

$$= \frac{87.8 \times (6.8251 \times 10^{-3})}{43.613 \times 535.3474 \times 18.954}$$

$$= 1.3541 \times 10^{-6}$$

Untuk bilangan *Nusselt* didalam *shell* diperoleh

$$Nu_s = \frac{h_o \times De}{k_{air}} = 0.023 Re^{0.8} Pr^{0.3}$$

$$= 0.023((1.3541 \times 10^{-6})^{0.8})(0.7354^{0.3})$$

$$= 4.2364 \times 10^{-7}$$

Sehingga didapat

$$h_o = \frac{(4.2364 \times 10^{-6}) \times 28.337}{6.8251 \times 10^{-3}}$$

$$= 0.0175 w / m^{\circ}C$$

Sehingga didapat koefisien perpindahan menyeluruh (U) sebesar

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{\ln \frac{D_{p.o}}{D_{p.i}}}{2\pi k_{tubel} L} + \frac{1}{h_o}}$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{34622.8212} + \frac{\ln \frac{0.0049}{0.0047}}{2 \times 3.14 \times 44.461 \times 13.218} + \frac{1}{0.0175}}$$

$$= 0.0174 w / m^2 \cdot ^{\circ}C$$

Mencari LMTD ( $\Delta T_{lmtd}$ )

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \left( \frac{T_1 - t_2}{T_1 - T_2} \right)}$$

$$= \frac{(363.903 - 358.588) - (194.586 - 36.885)}{\ln \left( \frac{363.903 - 358.588}{194.586 - 36.885} \right)}$$

$$= \frac{5.315 - 157.701}{\ln \left( \frac{5.315}{157.701} \right)}$$

$$= 44.9502 \text{ } ^{\circ}C$$

Maka

$$q = U \times A_s \times \Delta T_{lmtd}$$

$$= 0.0174 \times 1784.1890 \times 44.9502$$

$$= 1394.4739 kW$$

Mencari Perpindahan Panas dengan Metode *NTU* (*Number of Transfer Unit*)

$$NTU = -\frac{1}{\sqrt{1+c^2}} \ln \left( \frac{2/\varepsilon - c - \sqrt{1+c^2}}{2/\varepsilon - c + \sqrt{1+c^2}} \right)$$

$$q = C_c(T_{c,o} - T_{c,i}) = C_h(T_{h,i} - T_{h,o})$$

Dimana

$$C_c = \dot{m}_c \times Cp_c \quad C_h = \dot{m}_h \times Cp_h$$

$$C_c = 87.8 \times 1.0995 = 96.5361 kW$$

$$C_h = 105.5 \times 1.0961 = 115.6385 kW$$

Karena  $C_c < C_h$  maka  $C_c = C_{min}$

Menentukan Perpindahan Panas Maksimum

$$(q_{max})$$

$$q_{max} = C_{min} \times (T_{h,i} - T_{c,i})$$

$$= 96.5361 \times (363.903 - 36.885)$$

$$= 31569.0423 kW$$

Mencari efektivitas kerja pada *air heater* ( $\varepsilon$ )

$$\varepsilon = \frac{q}{q_{max}}$$

$$= \frac{1394.4739}{31569.0423}$$

$$= 0.0441$$

Mencari rasio kapasitas (*c*)

$$c = \frac{C_{min}}{C_{max}}$$

$$= \frac{96.5361}{115.6385}$$

$$= 0.8348$$

Maka

$$NTU = -\frac{1}{\sqrt{1+0.8348^2}} \ln \left( \frac{2/0.0441 - 1 - 0.8348 - \sqrt{1+0.8348^2}}{2/0.0441 - 1 - 0.8348 + \sqrt{1+0.8348^2}} \right)$$

$$= 0.0460$$

Mencari nilai efisiensi *air heater*

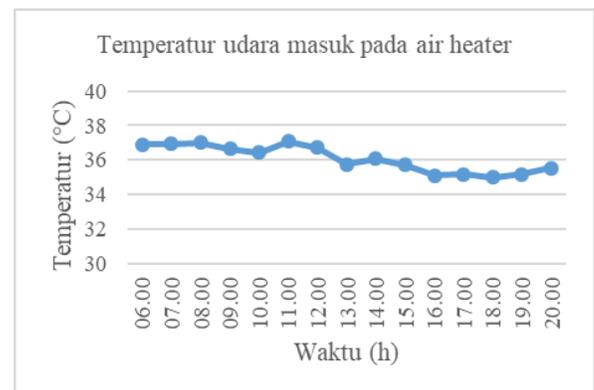
$$\eta = \frac{T_{h,i} - T_{h,o}}{T_{h,i} - T_{c,i}} \times 100\%$$

$$= \frac{363.903 - 194.586}{363.903 - 36.885} \times 100\%$$

$$= 0.51$$

$$= 51\%$$

### Grafik Temperatur Udara Masuk Air Heater

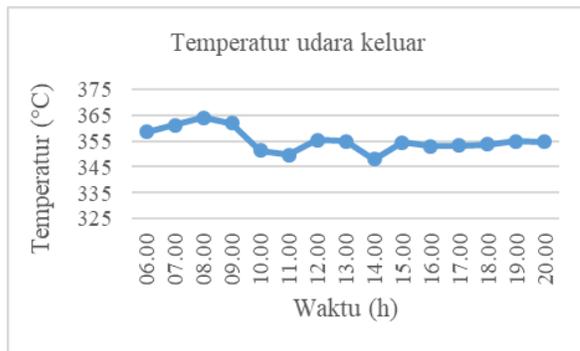


**Gambar 14.** Grafik temperatur udara masuk *air heater*

Pada grafik diatas menunjukkan temperatur udara masuk ( $T_{c,i}$ ) pada *air heater* dengan temperatur tertinggi pada pukul 11:00

sebesar 37.063°C dan temperatur terendah pada pukul 18:00 sebesar 34.990°C.

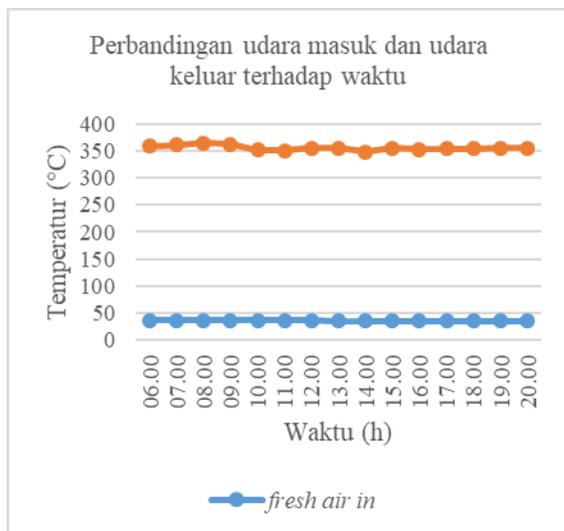
**Grafik Temperatur Udara Keluar Air Heater**



**Gambar 15.** Grafik temperatur udara keluar *air heater*

Pada grafik diatas menunjukkan temperatur udara keluar ( $T_{c.o}$ ) pada *air heater* dengan temperatur tertinggi pada pukul 08:00 sebesar 364.050°C dan temperatur terendah pada pukul 14:00 sebesar 347.941°C.

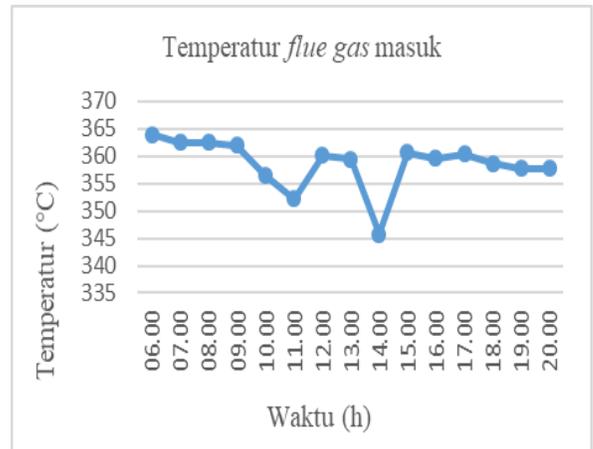
**Grafik Perbandingan Udara Masuk dan Udara Keluar pada Air Heater**



**Gambar 16.** Grafik temperatur udara masuk dan udara keluar

Pada grafik diatas menunjukkan selisih temperatur udara masuk dan udara keluar pada *air heater* dengan selisih tertinggi pada pukul 08:00 sebesar 327.046°C dan selisih temperatur terendah pada pukul 14:00 sebesar 311.885°C.

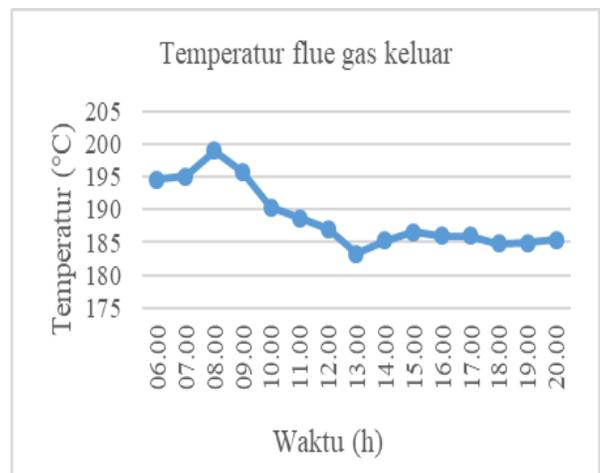
**Grafik Temperatur Flue Gas Masuk**



**Gambar 17.** Grafik temperatur *flue gas* masuk *air heater*

Pada grafik diatas menunjukkan temperatur *flue gas* masuk ( $T_{h.i}$ ) pada *air heater* dengan temperatur tertinggi pada pukul 06:00 sebesar 363.903°C dan temperatur terendah pada pukul 14:00 sebesar 345.720°C.

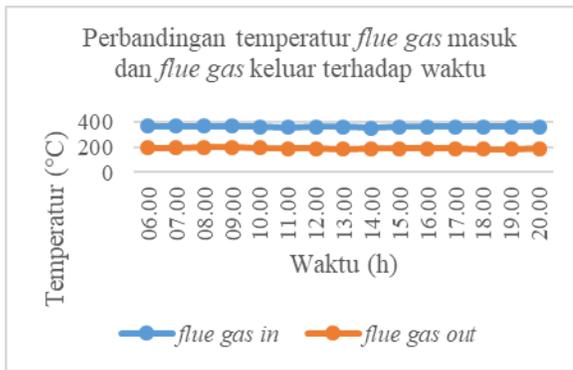
**Grafik Temperatur Flue Gas Keluar**



**Gambar 18.** Grafik temperatur *flue gas* keluar *air heater*

Pada grafik diatas menunjukkan temperatur *flue gas* keluar ( $T_{h.o}$ ) pada *air heater* dengan temperatur tertinggi pada pukul 08:00 sebesar 198.973°C dan temperatur terendah pada pukul 13:00 sebesar 183.235°C.

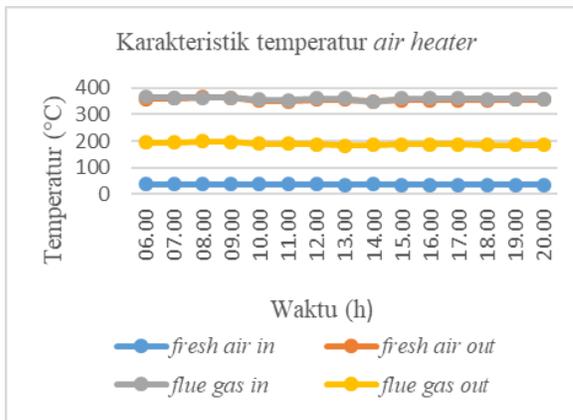
**Grafik Perbandingan Temperatur Flue Gas Masuk dan Flue Gas Keluar**



**Gambar 19.** Grafik temperatur flue gas masuk dan flue gas keluar air heater

Pada grafik diatas menunjukkan selisih temperatur flue gas masuk dan flue gas keluar pada air heater dengan selisih tertinggi pada pukul 13:00 sebesar 176.239°C dan selisih temperatur terendah pada pukul 14:00 sebesar 160.517°C.

**Grafik Karakteristik Temperatur Air Heater**



**Gambar 20.** Grafik karakteristik temperatur air heater

Pada grafik diatas menunjukkan karakteristik temperatur udara dan flue gas pada air heater.

**KESIMPULAN DAN SARAN**

**Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perhitungan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Koefisien perpindahan panas menyeluruh yang didapatkan dari hasil perhitungan sebesar 244.729kW
2. Kinerja air heater terhambat oleh adanya kebocoran yang terjadi pada aliran fluegas dan fresh air.
3. Nilai efektivitas pada air heater sebesar 0.7703

**Saran**

Adapun saran yang dapat penulis sampaikan untuk penelitian pada air heater selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Dalam pemasangan tube perlu dicapai kerapatan maksimal pada tube sheet agar tidak terjadinya kebocoran flue gas yang berdampak pada kurangnya efisiensi perpindahan panas.
2. Perlu perhatian durasi overhaul pada air heater dikarenakan komponen yang harus dalam keadaan baik agar proses perpindahan panas dapat maksimal.
3. Penggunaan material tahan korosi pada air heater diperlukan agar dalam proses kerjanya dapat lebih maksimal.

**DAFTAR PUSTAKA**

Hartono, R. (2008). Modul – 1.07 penukar panas. *penukar panas*, 1–16.

Heri, J. (2015). *Analisis perhitungan efisiensi gas air heater di pltu cirebon*.

Holman, J. (1898). *166630038-perpindahan-panas-JP-Holman.pdf*.

Kuncoro, B. (2011). *KONSENTRIK SALURAN PERSEGI DENGAN CLASSIC*.

Sinaga, R. D. (2015). *Analisa Pemakaian Air Heater Terhadap Peningkatan Efisiensi Boiler Unit 3 PLTU PT. PLN (Persero) Sektor Belawan*.

Sobar, A. (2018). No Title. *Analisis unjuk kerja evaporator pada organik rankine cycle*.

Wahyono, R. N. P. (2013). *Pengaruh Unjuk Kerja Air Heater Type Ljungstorm Terhadap Perubahan Beban Di Pltu Tanjung Jati B*. 9(3).