

Analisis Keseimbangan Termal Air Heater Pada PLTU Batu Bara 65 MW Bukit Asam

Muhammad Abdullah Haraq^{1*}, Yogi Sirodz Gaos¹, Irvan Wiradinata¹

¹Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor

*Email: muhammadabdullahharaq21@gmail.com

ABSTRAK

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) yang menggunakan energi fosil untuk pembangkit listrik di Indonesia masih mendominasi khususnya memanfaatkan fosil batu bara untuk menjadi bahan bakar utama pada pembangkit listrik tenaga uap, namun karena bahan bakar fosil tidak termasuk kedalam energi yang terbarukan maka penggunaannya harus dengan bijak serta menekankan pada efisiensi yang maksimal dalam penggunaannya. Salah satu alat yang digunakan adalah *Air Heater*, *Air Heater* merupakan peralatan bantu dalam PLTU batu bara untuk meningkatkan efisiensi, *Air Heater* pada PLTU digunakan untuk memanaskan udara pembakaran dan meningkatkan proses pembakaran. Pemahaman tentang perpindahan kalor dan laju aliran di daerah *tube* dan dinding *tube* perlu dilakukan. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk menentukan kesetimbangan panas pada *airheater*. Metode Penelitian ini dilakukan secara kuantitatif dengan menggunakan data desain dan data aktual. Analisis dilakukan dengan menggunakan data karakteristik perubahan temperatur TC-IN dan TC-OUT panas gas buang serta TC-IN dan TC-OUT udara lingkungan. Hasil penelitian menunjukan bahwa perbandingan kesetimbangan panas *airheater* untuk Perhitungan Perpindahan Panas keseluruhan (MW) dengan menggunakan data aktual menunjukan hasil $Q=14021.2575W$. Dan nilai efisiensi sebesar $\eta = 51\%$ sedangkan hasil dari data desain $Q=4149500.777W$ dan nilai efisiensi sebesar $\eta = 67\%$.

Kata kunci : air heater; kesetimbangan termal; pembangkit listrik

ABSTRACT

Steam power plants (PLTU) that use fossil energy for power generation in Indonesia still dominate, especially using fossil coal to be the main fuel in steam power plants, but because fossil fuels are not included in renewable energy, their use must be wisely and emphasizes maximum efficiency in its use. One of the tools used is an Air Heater, an Air Heater is an auxiliary equipment in a coal power plant to increase efficiency, an Air Heater in a steam power plant is used to heat the combustion air and improve the combustion process. An understanding of heat transfer and flow rate in the tube area and tube wall needs to be done. So this study aims to determine the heat balance in the air heater. Methods This research was conducted quantitatively by using design data and actual data. The analysis was carried out using data on the characteristics of temperature changes TC-IN and TC-OUT of hot exhaust gases and TC-IN and TC-OUT of ambient air. The results showed that the comparison of the heat balance of the air heater for the calculation of overall heat transfer (MW) using actual data showed the results of $Q = 14021.2575W$. And the efficiency value is $= 51\%$ while the results of the design data are $Q=4149500.777W$ and the efficiency value is $= 67\%$.

Keywords : air heater; power plants; thermal equilibrium analysis

PENDAHULUAN

Energi listrik saat ini merupakan kebutuhan primer bagi manusia, berasal dari sumber daya yang dapat dipanen dari alam. Konsumsi listrik di Indonesia saat ini masih terbilang mini, yaitu seperempat dari indikator negara maju di dunia. Dengan angka 956 per

Kilowatt-hour (KWh) per kapita, konsumsi listrik Indonesia baru mencapai 23,9 persen dari konsumsi listrik negara maju sebanyak 4 ribu KWh per kapita. Pasalnya, listrik merupakan komponen utama di dalam proses produksi bagi manufaktur hingga Usaha Kecil Menengah (UKM). Hal itu, lanjut Arcandra, merupakan bukti bahwa konsumsi listrik berkorelasi positif

dengan pertumbuhan ekonomi. Indonesia masih dalam tahap 900 per Kilowatt-hour (KWh) per kapita. Sementara, sebuah negara dikatakan maju kalau konsumsi listriknya 4 ribu per kapita. Artinya, Indonesia perlu usaha empat kali lipat agar bisa menuju negara maju. (Gumelar, 2017).

Salah satu fungsi listrik adalah sebagai sumber penerangan bagi kehidupan sehari-hari. Mengingat begitu besar dan pentingnya manfaat energi listrik dan diimbangi dengan pertumbuhan penduduk Indonesia yang begitu pesat, maka tingkat kebutuhan masyarakat akan listrik juga meningkat. Akan tetapi, pemerintah melalui PT PLN (Persero) berusaha dengan maksimal untuk memenuhi tingginya kebutuhan energi listrik tersebut. Untuk itu pemerintah mendirikan banyak pembangkit di Indonesia. Salah satu pembangkit yang didirikan pemerintah adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU).

Pembangkit listrik tenaga uap salah satu yang mendominasi jumlah kapasitas pembangkit listrik di Indonesia. kapasitas pembangkit jenis ini per desember 2015 mencapai 21 ribu GW atau setara dengan 40 persen dari total kapasitas pembangkit yang terpasang sebesar 52,9 GW. (KATADATA, 2016).

Untuk meningkatkan hasil produksi dan meningkatkan efisiensi pada PLTU 65 MW ini ada alat tambahan yang akan dipasang, salah satu alat untuk meningkatkan efisiensi tersebut yaitu *Air heater*, alat tersebut merupakan peralatan pada PLTU yang berfungsi untuk memanaskan udara pembakaran yang akan masuk ke boiler dengan cara mengambil panas dari gas buang. (Wahyono, 2013).

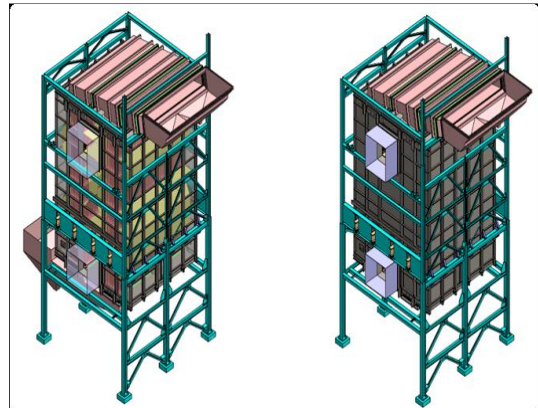
Namun, untuk peningkatan efisiensi tersebut perlu mengetahui kinerja dan fase yang akan dialami oleh *airheater* itu sendiri (Wahyono, 2013), Sehingga perlu menganalisis keseimbangan termal pada *airheater*, untuk meningkatkan efisiensi dengan melakukan penelitian-penelitian lanjutan ataupun melakukan inovasi pada komponen *air heater*, Analisis keseimbangan termal *airheater* pada PLTU Batu Bara 65 MW BUKIT ASAM ini bertujuan untuk analisis awal terkait unjuk kerja pemanas udara untuk peningkatan efisiensi pada *airheater*. Analisis dilakukan dengan perhitungan berdasarkan data pengukuran yang diperoleh melalui instrumen alat ukur pada *airheater*, serta

mengetahui waktu optimal dalam proses dan pemanasan udara oleh gas buang.

METODE PENELITIAN

Spesifikasi Desain Alat

Penelitian dilakukan pada alat *airheater* PLTU BATU BARA 65 MW BUKIT ASAM merupakan alat sistem pemanas udara lingkung yang masuk pada sistem dengan memanfaatkan gas buang pada boiler. *Airheater* PLTU BUKIT ASAM terdiri dari beberapa komponen utama yaitu *Tube sheet* (SA-36/SS-400), *Tube* (SA 106 Gr) *Deeflacting* (SA-36/SS-400) *Baffle* (SA-36/SS-400) *Hopper* (SA-36/SS-400). *Airheater* PLTU BUKIT ASAM dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Design *airheater* PLTU BUKIT ASAM

Air heater adalah salah satu alat penukar panas. alat yang menghasilkan perpindahan panas dari satu fluida ke fluida lainnya. Fluida panas memberikan panasnya ke fluida dingin melalui suatu media atau secara langsung sehingga akan terjadi perubahan sesuai dengan yang dikehendaki, baik penurunan maupun kenaikan temperatur. (Wahyono, 2013).

Air Heater pada PLTU digunakan untuk memanaskan udara pembakaran dan meningkatkan proses pembakaran. Prinsipnya, *flue gas* adalah sumber energi dan *air heater* berfungsi sebagai perangkap panas untuk mengumpulkan dan menggunakan hasil panas untuk proses di dalam *boiler*. Hal ini dapat meningkatkan efisiensi *boiler* secara keseluruhan efisiensi yang dihasilkan 5 sampai 10%. Unit-unit ini biasanya difungsikan untuk mengontrol temperatur udara yang akan masuk kedalam *boiler*. *Air heater* terletak dibawah *economizer*, seperti yang digambarkan dalam Gambar 2.1 di

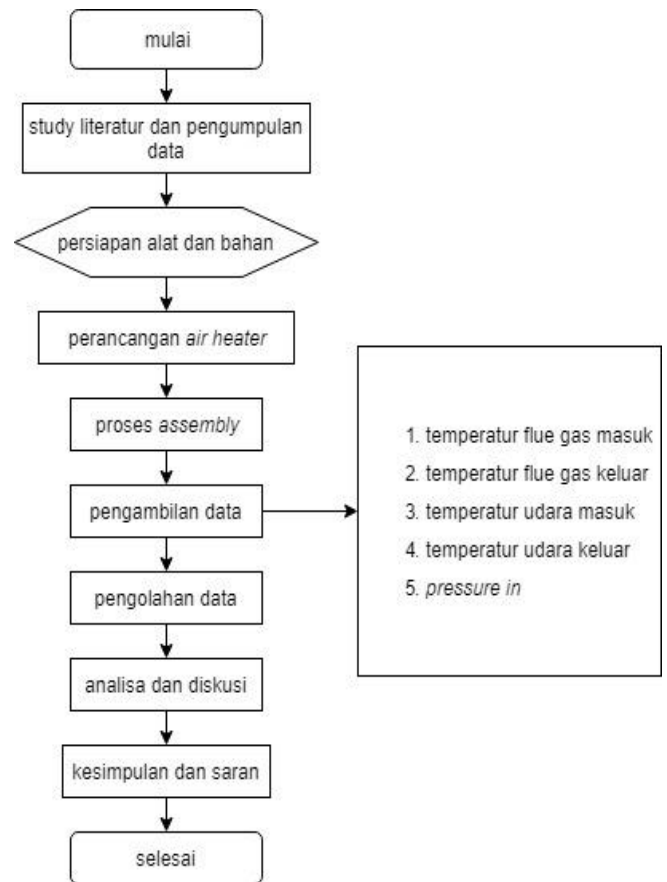
mana *air heater* menerima *flue gas* dari *economizer* dan udara dingin dari *forced draft fan* dan *primary air fan*. Udara panas yang dihasilkan oleh *air heater* meningkatkan pembakaran bahan bakar dan membawa batubara menuju *burner* untuk dibakar dari *pulverizer*.

Air heater memiliki beberapa jenis atau macam yang biasa digunakan di peralatan-peralatan industri. Jenis-jenis ini dibedakan karena memang beberapa industri memiliki tujuan dan rancangan berbeda dalam memilih jenis *air heater* (Sugiyanto, 2015). Dalam mendapatkan data distribusi temperatur pada *airheater* ini, maka dilakukan pemasangan instrumen pada bagian-bagian yang berfungsi sebagai sensor untuk mengetahui kinerja *airheater* itu sendiri. dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. *Pressure transmitter*

Instrumen yang sudah dipasang pada *airheater* akan dihubungkan ke ruang kontrol yang berfungsi untuk menghubungkan informasi dari instrumen yang akan terbaca oleh computer. Tahapan penelitian ini dilakukan berdasarkan alur (*flowchart*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Diagram alir penelitian (*flow chart*)

Penelitian dilakukan selama 15 jam, dimana pada setiap 60 menit data dari instrumen secara otomatis akan terbaca pada komputer pada ruang kontrol.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan komisioning dan pengambilan data temperatur pada *airheater* maka didapat data rata-rata pada Tabel 1.

Tabel 1. Data rata-rata *airheater*

HISTORIAN	DESCRIPTION	END VALUE	UNIT S
AUTO	Faktor Pengotoran	51.444	MW
AUTO	TEMP UDARA INLET F.D FAN	36.885	C
AUTO	TEMP UDARA OUT AIR HEATER	358.588	C
AUTO	LAJU ALIRAN MASSA SISI TUBE	105.5	Kg/s
AUTO	TEMP GAS BUANG A.HT INLET	363.903	C
AUTO	TEMP GAS BUANG A.HT OUT	194.586	C
AUTO	LAJU ALIRAN MASSA SISI SHELL	88	Kg/s
AUTO	PRIMARY AIR TEMP MILL A	227.529	C
AUTO	PRIMARY AIR TEMP MILL C	157.342	C
AUTO	MILL A I/L PA FLOW	25.073.914	Nm ³ /HR
AUTO	MILL A I/L PA FLOW COMP	25.232.191	Nm ³ /HR

Perhitungan Perbandingan Temperatur (ΔT) untuk menentukan Perbandingan Temperatur (ΔT) sisi panas dan sisi dingin *airheater* dapat di hitung dengan rumus sebagai berikut,

$$\Delta T_1 = T_{hi} - T_{co} \quad (1)$$

$$\Delta T_2 = T_{ho} - T_{ci}$$

$$\Delta T_1 = T_{hi} - T_{co}$$

Log Mean Temperature Difference (LMTD)

Untuk menghitung Nilai LMTD (*Logarithmic Mean Temperature Difference*) yaitu dengan rumus sebagai berikut :

$$\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \left[\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right]} \quad (2)$$

Perhitungan Laju Perpindahan Panas Dari Gas Buang Q (Watt)

Untuk menghitung pelepasan panas dari *fluegas* maka menggunakan rumus sebagai berikut,

$$q = \dot{m}_h c_{p,h} \Delta T_h \quad (3)$$

diketahui :

$$\dot{m}_h = 1338.150989 \text{ kg/s}$$

$$c_{p,h} = 1.063 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta T_h = 5,315^\circ\text{C}$$

Maka :

$$q = 1338.150989 \times 1.063 \times 5,315 \\ = 7560.345674 \text{ watt}$$

Perhitungan Laju Perpindahan Panas Yang Diterima Oleh Fluida Kerja (Air)

Dan menghitung perpindahan panas yang diterima oleh fluida kerja (*air*) dari flugas yaitu menggunakan rumus sebagai berikut,

$$q = \dot{m}_c C_{p,c} (T_{co} - T_{ci}) \quad (4)$$

diketahui :

$$\dot{m}_c = 1.500304638 \text{ kg/s}$$

$$C_{p,c} = 1,2789 \text{ kJ/kg}$$

$$T_{co} = 358,588^\circ\text{C}$$

$$T_{ci} = 36,885^\circ\text{C}$$

Maka :

$$q = 1.500304638 \times 1.2789 \times (358.588 - 36.885) \\ = 1.500304638 \times 1.2789 \times 321.703 \\ = 617.264286 \text{ watt}$$

Koefisien Perpindahan Panas Keseluruhan (U)

Nilai koefisien perpindahan panas keseluruhan dapat pula dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_h} + \frac{1}{h_c}} \quad (5)$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{34622.821} + \frac{1}{0.0175}}$$

$$U = 0.0174999 \text{ W / m}^2\text{C}$$

Perpindahan Panas Keseluruhan

Untuk mengetahui perpindahan panas keseluruhan maka digunakan perhitungan dengan rumus sebagai berikut:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T_{lm}$$

$$Q = 0.0174999 \times 17824.1890 \times 44.951 \quad (6)$$

$$Q = 14021.25751 \text{ Watt}$$

Efisiensi Keseimbangan Termal Air Heater

Untuk mencari efisiensi pada airheater dapat menggunakan rumus sebagai :

$$\eta = \frac{tg_1 - tg_{2NL}}{tg_1 - ta_1} \times 100\% \quad (7)$$

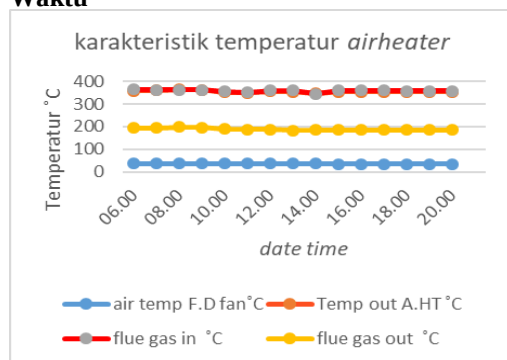
$$\eta = \frac{\text{Temperatur gas masuk} - \text{Temperatur gas keluar}}{\text{Temperatur gas masuk} - \text{Temperatur udara rata-rata masuk}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{363,903 - 194,568}{363,903 - 36,885} \times 100\%$$

$$\eta = 0,517$$

$$\eta = 51\%$$

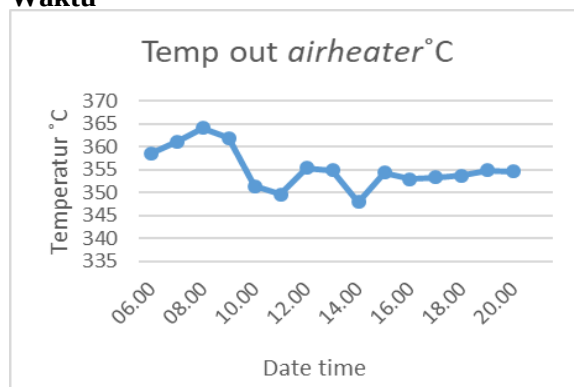
Karakteristik Temperatur Airheater Terhadap Waktu



Gambar 4. Grafik Karakteristik Temperatur Airheater Terhadap Waktu

Pada Gambar 4 merupakan grafik data rata-rata *air heater* yang menunjukna bahwa perbandingan temperatur yang cukup signifikan terutama dalam hasil temperatur gas buang *out*.

Grafik Temperatur Out Airheater Terhadap Waktu



Gambar 5. Grafik fluegas out terhadap waktu

Pada Gambar 4.2 merupakan grafik dari Tabel 1 dari *end value temperatur out airheater* yang menunjukan nilai temperatur tertinggi pada pukul 08 : 00 WIB sebesar 364,050 °C

Data Desain Airheater PLTU BUKIT ASAM

Berikut adalah tabel data desain yang akan menjadi perbandingan dengan data-data aktual.

Tabel 2. Data desain airheater PLTU BUKIT ASAM

No	deskripsi	Nilai akhir	unit
1	Temp gas buang A.HT in	400	°C
2	Temp gas buang A.HT Out	150	°C
3	Temp udara F.D Fan in	27	°C
4	Temp udara F.D Fan out	350	°C
5	Tekanan F.D Fan	40,1	Bar

Perhitungan Perbandingan Temperatur (ΔT) data desain

Untuk menentukan Perbandingan Temperatur (ΔT) sisi panas dan sisi dingin *airheater* dapat di hitung dengan rumus sebagai berikut,

$$\Delta T_1 = T_{hi} - T_{co}$$

$$\Delta T_2 = T_{ho} - T_{ci}$$

$$\Delta T_1 = T_{hi} - T_{co}$$

$$\Delta T_1 = 400 - 350$$

$$= 50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_2 = T_{ho} - T_{ci}$$

$$\Delta T_2 = 150 - 27$$

$$= 123 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Log Mean Temperature Difference (LMTD)

Untuk menghitung Nilai LMTD (*Logarithmic Mean Temperature Difference*) yaitu dengan rumus sebagai berikut :

$$\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \left[\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right]}$$

$$\Delta T_{lm} = \frac{123 - 50}{\ln \left[\frac{123}{50} \right]}$$

$$\Delta T_{lm} = 81.0965723 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Perhitungan Laju Perpindahan Panas Dari Flugas q (watt)

Untuk menghitung pelepasan panas dari *fluegas* maka menggunakan rumus sebagai berikut,

$$q = \dot{m}_h c_{p h} \Delta T_h$$

diketahui :

$$\dot{m}_h = 1261.827567 \text{ kg/s}$$

$$c_{p h} = 1069 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta T_h = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Maka :

$$\begin{aligned} q &= 1261.827567 \times 1069 \times 50 \\ &= 67444683.46 \text{ watt} \end{aligned}$$

Perhitungan Laju Perpindahan Panas Yang Diterima Oleh Fluida (Air)

Dan menghitung perpindahan panas yang diterima oleh fluida kerja (*air*) dari flugas yaitu menggunakan rumus sebagai berikut,

$$q = \dot{m}_c C_{p c} (T_{co} - T_{ci})$$

diketahui :

$$\dot{m}_c = 1.6123822 \text{ kg/s}$$

$$C_{p c} = 1,3858 \text{ kJ/kg}$$

$$T_{co} = 350 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{ci} = 27 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Maka :

$$\begin{aligned} q &= 1.6123822 \times 1,3858 \times (350 - 27) \\ &= 1.6123822 \times 1,3858 \times 323 \\ &= 721.7238786 \text{ watt} \end{aligned}$$

Koefisien Perpindahan Panas Keseluruhan (U)

Dalam kaitannya dengan pengujian unjuk kerja alat penukar kalor, nilai laju alir perpindahan panas, luas area perpindahan panas, serta perbedaan suhu yang terjadi sudah diketahui sehingga mencari nilai koefisien perpindahan panas keseluruhan dapat pula dihitung dengan

$$\text{menggunakan persamaan } U = \frac{q}{A \times \Delta T_{lm}}$$

$$U = \frac{4149500.87}{17824.1890 \times 81.0965723}$$

$$U = 2.8706720 \text{ W / m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Perpindahan Panas Keseluruhan

Untuk mengetahui *perpindahan panas keseluruhan* maka digunakan perhitungan dengan rumus sebagai berikut:

$$Q = U . A . \Delta T_{lm}$$

$$Q = 2.8706720 \times 17824.1890 \times 81.0965723$$

$$Q = 4149500.777 \text{ Watt}$$

Efisiensi Keseimbangan Termal Air Heater

Untuk mencari efisiensi pada *airheater* dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\eta = \frac{tg_1 - tg_{2NL}}{tg_1 - ta_1} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{\text{Temperatur gas masuk} - \text{Temperatur gas keluar}}{\text{Temperatur gas masuk} - \text{Temperatur udara rata-rata masuk}} \times 100 \%$$

$$\eta = \frac{400 - 150}{400 - 27} \times 100 \%$$

$$\eta = 0.67$$

$$\eta = 67 \%$$

Analisis Perbandingan Keseimbangan Termal Airheater

Perbandingan Keseimbangan termal pada *airheater* dengan parameter data aktual dan data desain.

No	deskripsi	Hasil data desain	Hasil data aktual
1	Log Mean Temperature Difference (LMTD) °C	81.0965723 °C	44.951 °C
2	q gas buang (watt)	67444683.46 watt	7560.345674 watt
3	q udara (watt)	721.7238786 watt	617.264286 watt
4	Perpindahan Panas Keseluruhan (U) $W / m^2 \cdot ^\circ C$	2.8706720 $W / m^2 \cdot ^\circ C$	0.0174999 $W / m^2 \cdot ^\circ C$
5	Perpindahan Panas Keseluruhan Q (Watt)	4149500.777 W	14021.25751W

Gambar 6. Keseimbangan termal air heater

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang di lakukan, maka kesimpulan yang di peroleh antara lain,

1. Untuk laju transfer panas yang dihasilkan oleh tube dengan mengabaikan faktor pengotoran atau faktor kebocoran adalah sebesar 19,0872951 watt
2. Pada pukul 14 : 00 WIB terjadi penurunan temperatur *fluegas in* yang cukup mempengaruhi transfer panas pada udara sebesar 345,720 °C
3. Pada pukul 14 : 00 WIB terjadi penurunan temperatur *out airheater* sebesar 347,941 °C yang dikarenakan adanya penurunan temperatur *in fluegas airheater*
4. Pada pukul 08 :00 WIB terjadi kenaikan tertinggi temperatur *fluegas out* sebesar 198,973 °C
5. Nilai dari hasil analisis keseimbangan termal *airheater* PLTU 65 MW batu bara bukit asam yaitu efisiensi keseimbangan termal sebesar 51 % dengan perbandingan hasil data desain mendapatkan hasil efisiensi sebesar 67 %

DAFTAR PUSTAKA

- <https://www.cnnindonesia.com/ekonomi/20170116103616-85-186557/esdm>
- 3D MODELLING AIR HEATER. (n.d.). 17005.
- AIR OUTLET TOP BUNDLE AIR OUTLET AIR INLET AIR INLET. (n.d.). 190000.
- Buchori, L. (2003). *Perpindahan Panas (Heat Transfer)*. 94.
- Camellia, T., & Teh, D. (2008). BAB II TINJAUAN PUSTAKA 2.1. Teh (. 9, 12–36.
- KATADATA. (2016). *PLTU Dominasi Pembangkit Listrik di Indonesia*. 2015.
- Oktaviandi, R. (2019). *Perhitungan Laju Aliran Massa pada Pipa Bagian Cooler Berdasarkan Perubahan Kemampuan Pnedinginan RCS Untai FASSIP-01 Mod.1*.
- Prinsip-prinsip perpindahan panas / Frank Kreith ; alih bahasa Arko Prijono Principles of heat transfer / Frank Kreith Prinsip-prinsip perpindahan panas / Frank Kreith ; alih bahasa Eko Prijono*. (2001). 1997.
- Rohsenow, W. M., Hartnett, J. P., & Cho, Y. I. (1998). *Handbook of Heat Transfer. TECHNIQUES TO ENHANCE HEAT TRANSFER. In McGraw-Hill Professional*. [https://doi.org/10.1016/0017-9310\(75\)90148-9](https://doi.org/10.1016/0017-9310(75)90148-9)
- Setiadi B, S. (2017). Fakultas Teknik – Universitas Muria Kudus 153. *Prosiding SNATIF ke-4 Tahun 2017*, 153–160. <https://doi.org/10.2298/PAN0903301G>
- Sugiyanto. (2015). *Analisis Ala Penukar Kalor Tipe Shell and Tube Dan Aplikasi Perhitungan Dengan Microsoft Visual Basic 6.0*. 19.
- Suhendra, Juarsa, M., Kusuma, M. H., Tjahjono, H., Gaos, Y. S., & Heru, G. B. (2012). *Pengaruh Debit Aliran Air Sisi Primer Untai Uji Beta Terhadap Efektivitas Alat Penukar Kalor*. 16(1), 9–14.
- Wahyono, R. N. P. (2013). *Pengaruh Unjuk Kerja Air Heater Type Ljungstorm Terhadap Perubahan Beban Di Pltu Tanjung Jati B*. 9(3).