

Analisis Air Leakage Terhadap Unjuk Kerja Air Preheater A Sebelum Dan Sesudah Overhaul Di Pltu Adipala 1 X 660 Mw PT. PLN (Persero)

Niko Maulana Wardoyo¹; Eri Prabowow²; Nasikin³

¹ emniko48@gmail.com

ABSTRACT

The efficiency of boilers in steam power plants depends on the utilization of heat from the exhaust gas by the air heater or the air preheater. To improve the air preheater efficiency can be achieved by increasing performance which is by minimizing leakage on the air preheater so that it will increase the heat transfer rate because the heating element receives heat from the flue gas without reducing the gas flue flow resulting from the leakage increased, so that it will have an impact on increasing the efficiency of the air preheater. The effect of air leakage is not only on the efficiency of the air heater but also on the efficiency of the generator. This is due to the addition of flow from ID fans, FD fans and PA fans which results in wasteful power consumption which reduces plant efficiency. In Central Java PLTU 2 Adipala there is an increase in air leakage because the seals on the air preheater are not properly installed, therefore when overhauled, seal repairs are carried out to reduce water leakage on the air preheater. On the air preheater there are axial seals and radial seals which have the same role of reducing leakage on the air preheater by doing repairs to the seal, it will reduce air leakage which has an impact on increasing the air preheater efficiency and efficiency of the plant. In a steam power plant (PLTU) system, the air preheater has an important role, that is, if there is a decrease in performance it will affect the efficiency of the boiler which will have an impact on the power produced by the power plant, it is necessary to overhaul the air preheater to maintain the reliability of the equipment.

Keywords: Air Preheater, Utilization of Exhaust Gas, Air Leakage

ABSTRAK

Efisiensi boiler di pembangkit listrik tenaga uap sangat bergantung pada pemanfaatan panas hasil dari gas buang oleh pemanas udara atau air preheater. Untuk meningkatkan efisiensi air preheater dapat dicapai dengan meningkatkan performa yaitu salah satunya dengan meminimalisir kebocoran pada air preheater sehingga akan meningkatkan laju perpindahan panas dikarenakan heating element menerima kalor dari flue gas tanpa adanya pengurangan aliran flue gas akibat dari kebocoran tersebut, sehingga akan berdampak pada meningkatnya efisiensi air preheater. Pengaruh dari air leakage bukan hanya pada efisiensi air preheater melainkan juga pada efisiensi pembangkit. Hal ini dikarenakan terjadi penambahan flow dari ID fan, FD fan dan PA fan yang mengakibatkan borosnya konsumsi daya sehingga mengurangi efisiensi pembangkit. Di PLTU Jawa Tengah 2 Adipala terjadi peningkatan air leakage dikarenakan seal yang ada pada air preheater tidak terpasang dengan baik, oleh karena itu pada saat dilakukan overhaul dilakukan perbaikan seal guna mengurangi air leakage pada air preheater. Pada air preheater terdapat axial seal dan radial seal yang mempunyai peranan sama yaitu mengurangi kebocoran pada air preheater, dengan dilakukan perbaikan pada seal maka akan mengurangi air leakage yang berdampak pada meningkatnya efisiensi air preheater serta efisiensi dari pembangkit tersebut. Dalam suatu sistem PLTU, air preheater memiliki peranan penting, yaitu apabila terjadi penurunan performa maka akan mempengaruhi efisiensi boiler yang akan berdampak pada menurunnya daya yang dihasilkan PLTU tersebut, maka perlu dilakukan overhaul terhadap air preheater guna menjaga keandalan peralatan tersebut.

Kata kunci: Air Preheater, Pemanfaatan Gas Buang, Air Leakage

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman dimana semakin berkembang pula kehidupan manusia. Khususnya pada era globalisasi saat ini dimana dalam setiap bekerja maupun beraktivitas yang dilakukan diperlukan energi, Salah satu energi yaitu energi listrik sebagai penunjang dalam beraktivitas manusia. Energi listrik merupakan kebutuhan utama pada semua sektor kehidupan seiring bertambahnya kebutuhan manusia, maka akan meningkat pula permintaan energi listrik. Oleh sebab itu, digunakan alat - alat pembangkitan dengan efisiensi yang tinggi dalam proses generasi listrik. Salah satu Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang ada di Indonesia yaitu PLTU Jawa Tengah 2 Adipala.

Dalam sebuah Pembangkit Listrik Tenaga uap (PLTU) digunakan *boiler* untuk merubah fase air menjadi uap yang akan memutar turbin dan generator. *Boiler* PLTU menggunakan bahan bakar batubara sebagai sumber panas yang digunakan untuk memanaskan air, sehingga *boiler* ditunjang oleh komponen tambahan (*auxiliary component*) untuk meningkatkan efisiensi *boiler*. Pada siklus udara pembakaran *boiler* PLTU UJP Adipala PT PLN (persero) ini melakukan perpindahan panas dari fluida bertemperatur rendah ke fluida bertemperatur tinggi atau yang biasa disebut *heat exchanger*, merupakan suatu peralatan dimana terjadi perpindahan panas dari suatu fluida yang temperaturnya lebih tinggi kepada fluida lain yang temperaturnya lebih rendah.

Air preheater pada PLTU Adipala menggunakan *air preheater* tipe tri-sector, *air preheater* digunakan sebagai pemanas awal udara, dimana digunakan untuk memanaskan udara yang diambil oleh *PA fan* dan *FD fan* yang digunakan sebagai pembawa serbuk batubara kedalam ruang pembakaran yang sekaligus mengeringkan batu bara agar tidak lembap dan sebagai udara pembakaran di *boiler*. Media yang digunakan untuk pemanas adalah gas buang (*flue gas*) sisa pembakaran di *boiler* sebelum dibuang ke *stack* melalui *ESP* dengan bantuan *Induced Draft Fan (IDF)*. Penggunaan *air heater* tipe *Ljungstrom* mempunyai kondisi *leakage* yang mempengaruhi nilai efisiensi *air heater*. Semakin kecil *leakage* maka efisiensi sisi gas akan semakin baik, karena gas buang dan akan lebih optimal memanaskan udara pembakaran. [1] Kebocoran adalah masalah utama *Ljungstrom air-preheater* hal ini tidak hanya mengurangi efektivitas APH tetapi juga keseluruhan pembangkit listrik [2].

2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode penelitian kualitatif yang didasarkan pada studi kasus lapangan pada unit 1 PLTU Adipala 1x660 MW PT. PLN (PERSERO) dan diperkuat dengan beberapa teori dan jurnal ilmiah. Data yang digunakan dalam penelitian ini dapatkan dari beberapa pihak terkait yaitu *Central Control Room (CCR)* PLTU unit 1 dan Pemeliharaan Mesin PLTU UJP Adipala 1x660 MW PT. PLN (persero), serta UP Har Mekanik (Unit Pelayanan Pemeliharaan). Selain itu data-data dan informasi didapat dari studi literatur yang didapat dari *manual book*, maupun jurnal ilmiah yang berkaitan dengan *air leakage* dan efisiensi *air preheater*, dalam metodologi penelitian ini penulis menghitung dan menganalisa *air leakage* terhadap unjuk kerja *air preheater* yaitu dengan membandingkan besaran *air leakage* terhadap efektivitas *air preheater* yaitu dengan menggunakan data sebelum dan sesudah *overhaul*.

2.1. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini penulis menggunakan perhitungan kesetimbangan energi, laju kapasitas panas gas, laju kapasitas udara, laju aliran panas, *Log Mean Temperature Difference (LMTD)*, luas permukaan *air preheater*, konduktansi termal, *NTU*, kapasitas panas dan efektivitas.

a. *Air Leakage*

Dalam perhitungan, menggunakan data O₂ basis untuk menentukan *air leakage pada air preheater*, untuk menentukan *air leakage* yaitu dengan rumus [3]:

$$AL = \frac{O_{2gl} - O_{2ge}}{21 - O_{2gl}} \times 0.9 \times 100 \quad (1)$$

b. Energy balance

Hukum termodinamika pertama, juga dikenal sebagai konservasi prinsip energi, menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan dan hanya bisa berubah bentuk [4]

$$Q = \dot{m} c_p (T_o - t_i) \quad (2)$$

c. Laju aliran kapasitas kalor

laju aliran kapasitas kalor per detik dari gas, menggunakan persamaan [4]:

$$C_h = (\dot{m}C_p)_h \quad (3)$$

laju aliran kapasitas kalor per detik dari fluida dingin, menggunakan persamaan [4]:

$$C_c = (\dot{m}C_p)_c \quad (4)$$

d. Laju Aliran Panas

laju perpindahan panas maksimum (*Qmaks*) dapat dihitung dengan persamaan [4]:

$$Q_{maks} = (\dot{m}C)_{min} (T_{h,in} - T_{c,in}) \quad (5)$$

Untuk menentukan laju aliran panas *flue gas* yaitu dengan persamaan [4]:

$$Q_h = (\dot{m}C)_{min} (T_{h,in} - T_{h,out}) \quad (6)$$

Untuk menentukan laju aliran panas udara yaitu dengan persamaan [4]:

$$Q_c = (\dot{m} \times C_p)_{min} \times (T_{c,out} - T_{c,in}) \quad (7)$$

Untuk menentukan kpsitas panas menggunakan persamaan [4]:

$$C = \frac{C_{min}}{C_{maks}} \quad (8)$$

e. *The Effectiveness – NTU Method*

Log Mean Temperature Difference (LMTD) digunakan dalam analisis penukar panas (*Heat Exchanger*) dimana saat saluran masuk dan saluran keluar suhu fluida panas dan dingin diketahui atau dapat ditentukan dari kesetimbangan energi, sehingga LMTD dapat dengan mudah dihitung dan aliran kalor, luas permukaan dan koefisien perpindahan kalor dapat ditentukan, analisis akan lebih mudah dilaksanakan dengan menggunakan metode berdasarkan atas efektivitas penukar kalor dalam memindahkan sejumlah kalor tertentu. Hubungan efektivitas telah dikembangkan untuk sejumlah besar penukar panas diantaranya terdapat *heat exchanger type double pipe, shell and tube, cross-flow (single-pass) and all heat exchanger with c=0*. [4]

LMTD dapat dicari dengan persamaan [4]:

$$LMTD = \frac{(T_{h,in} - T_{c,in}) - (T_{h,out} - T_{c,out})}{\ln((T_{h,in} - T_{c,in}) / (T_{h,out} - T_{c,out}))} \quad (9)$$

NTU dapat dicari dengan persamaan [4]:

$$NTU = \frac{UA}{C_{min}} \quad (10)$$

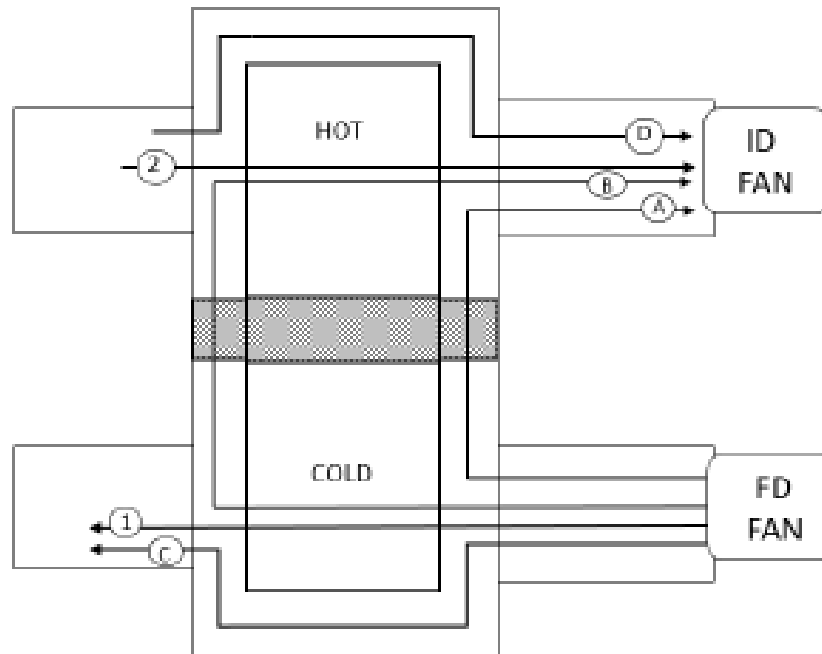
Nilai konduktansi termal dapat dicari dengan persamaan [4]:

$$U = \frac{Q}{A \times \Delta LMTD} \quad (11)$$

Dalam pencarian efektivitas ini menggunakan *heat exchanger tipe double pipe: counter-flow* didefinisikan sebagai berikut [4]:

$$Efektivitas (\epsilon) = \frac{1 - \exp[-NTU(1-C)]}{1 - C \exp[-NTU(1-C)]} \quad (12)$$

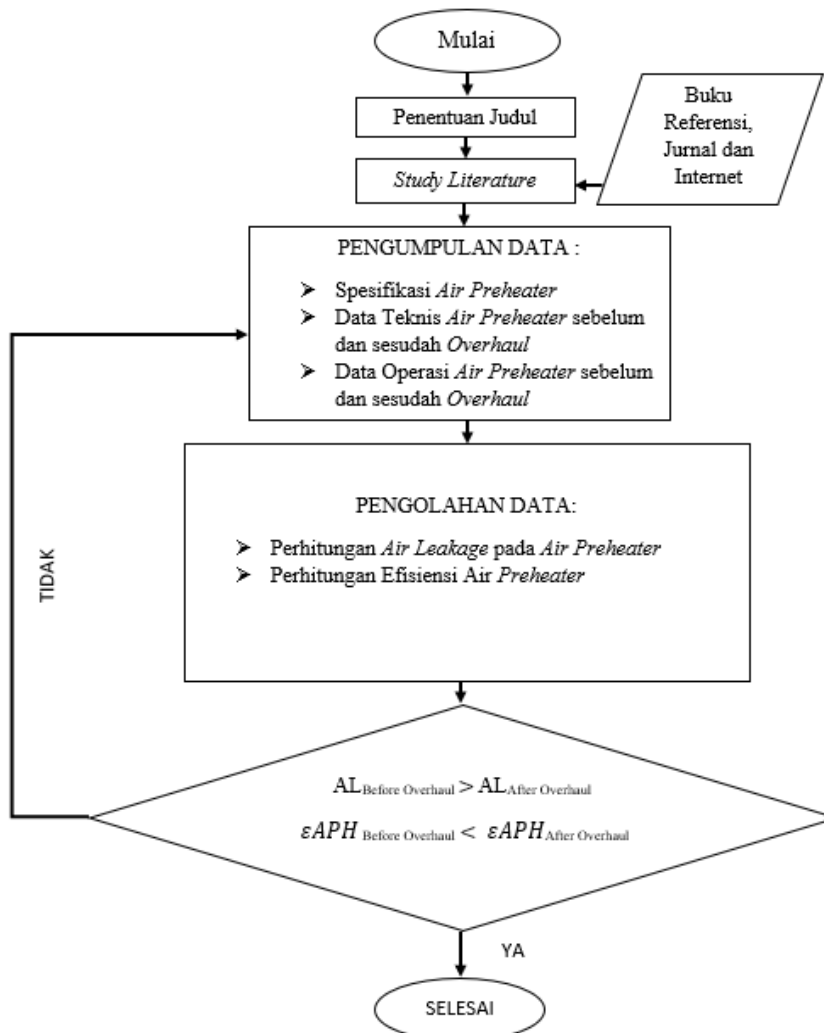
Kebocoran adalah masalah utama pada *air preheater* tipe *rotary regenerative* atau *air preheater* tipe *ljungstrom*, hal ini tidak hanya mengurangi efisiensi *air preheater* tetapi pembangkit yaitu menambah *power consumption* pada fan [5] dan juga *air leakage* menurunkan suhu gas buang tanpa mengekstraksi panas [3]. Gambar dibawah menunjukkan berbagai jalur kebocoran dalam *air preheater* :



Gambar 1. Aliran Air Leakage Pada Air Preheater [2]

- Jalur 1 : Aliran udara normal atau dingin
- Jalur 2 : Aliran gas mengalir
- Jalur A : Udara *ambient* dari kipas *Force Draft Fan* (FD FAN) langsung bocor ke outlet gas *air preheater*
- Jalur B : Aliran udara *FD fan* yang lolos dari *air preheater*
- Jalur C : Udara *ambient FD Fan* melewati *air preheater* tanpa melewati *heat element*
- Jalur D : Gas panas keluar dari *boiler* tanpa melewati *heat element*

2.2. Kerangka Pemecahan Masalah



Gambar 2. Flow chart Penelitian

2.2. Teknik Pengumpulan Data

Dalam teknik pengolahan data akan menjabarkan atau memaparkan tentang pengolahan data yang didapat oleh penulis sebagai bahan untuk mengerjakan skripsi ini. Dimana penulis disini menjelaskan langkah - langkah melakukan perhitungan. menjabarkan rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan.

Berikut tahapan langkah pengolahan data beserta teknik analisis data yaitu penjabaran rumus yang digunakan

1. Untuk menentukan *air leakage* pada *air preheater* menggunakan data O₂ basis yaitu dengan rumus [3]:

$$AL = \frac{O_{2gl} - O_{2ge}}{21 - O_{2gl}} \times 0.9 \times 100$$

2. Pada perhitungan *balance energy* pada *air preheater* dapat dicari dengan rumus [4] :

$$\dot{m}_h \times cp_h \times (T_{h,in} - T_{h,out}) = \dot{m}_c \times cp_c \times (T_{c,out} - T_{c,in})$$
3. Perhitungan efektivitas *air preheater* dengan rumus [4] :

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

2.3. Teknik Analisis Data

Adapun analisis yang dilakukan adalah :

1. Pengaruh *air leakage* terhadap laju aliran panas maksimum
2. Pengaruh *air leakage* terhadap laju aliran panas udara
3. Pengaruh *air leakage* terhadap *LMTD*
4. Analisis sebelum dan sesudah *overhaul*
5. Analisis secara ekonomi

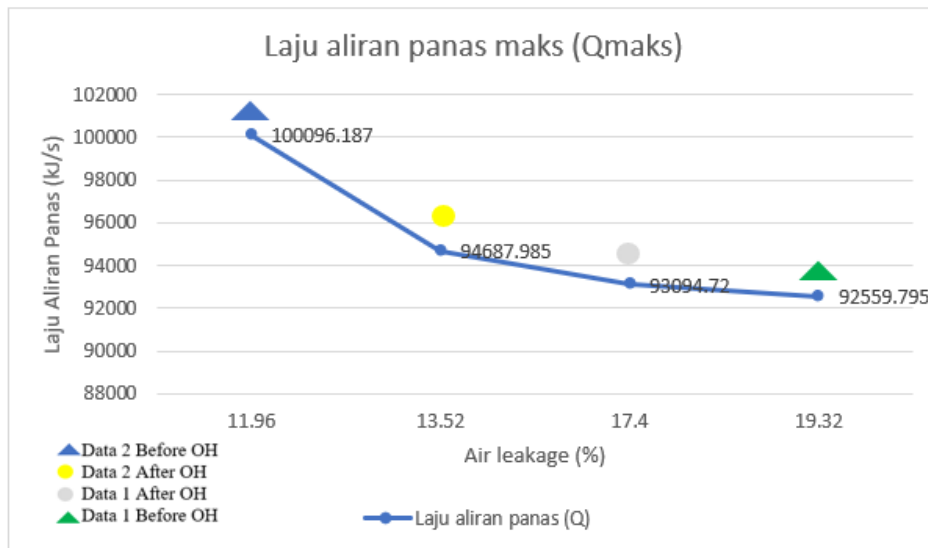
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Hasil Perhitungan

DATA PARAMETER	NOTASI	SATUAN	BEFORE OVERHAUL		AFTER OVERHAUL	
TIME			2/12/17	2/1/18	5/11/18	5/12/18
LOAD			644 MW	645 MW	642 MW	645 MW
			DATA 1	DATA 2	DATA 1	DATA 2
<i>CALCULATION</i>						
Air Leakage	AL	%	19,328	11,962	17,400	13,529
Air Leakage APH	AL	%	15,645		15,46	
<i>Temperature gas no leakage</i>	Tgnl	°C	151,948	157,038	160,531	167,964
Th rata-rata		°C	246	259,5	260	265
Tc rata-rata		°C	183,175	191	193,750	194,5
Th		K	519	532,5	533	538
Tc		K	456,175	464	466,75	467,5
Kalor Spesifik Gas	Cph	kJ/°C	1,026	1,034	1,035	1,038
Kalor Spesifik Udara	Cpc	kJ/°C	1,021	1,022	1,023	1,023
Laju Aliran Gas	mh	Ton/h	13111,53 4	1383,334	1267,762	1355,514
Kapasitas Panas Gas	Ch	kJ/S°C	373,845	397,631	364,524	390,960
Kapasitas Panas Udara	Cc	kJ/S°C	286,918	294,400	271,809	275,255
Laju Aliran Panas Maks	Qmaks	kJ/S	92559,795	100096,187	93094,720	94687,985
Laju Aliran Panas Flue Gas	Qh	kJ/S	84339,590	91852,9716	86027,675	88357,102
Laju Aliran Panas Udara	Qc	kJ/S	84339,590	91852,9716	86027,675	88357,102
ΔT1		°C	28,65	28	26	23
ΔT2		°C	97	109	106,5	118
LMTD		°C	56,044	59,596	57,090	58,097
Luas Permukaan	A	M ²	331,210			
Konduktansi Termal	U	W/ M ² °C	4,543	4,653	4,549	4,591
NTU			5,244	5,235	5,543	5,525
Kapasitas Panas	C		0,767	0,740	0,745	0,704
Efektivitas	ε		0,9111	0,9176	0,9240	0,9331
Efektifitas APH	ε		0,9144		0,9286	

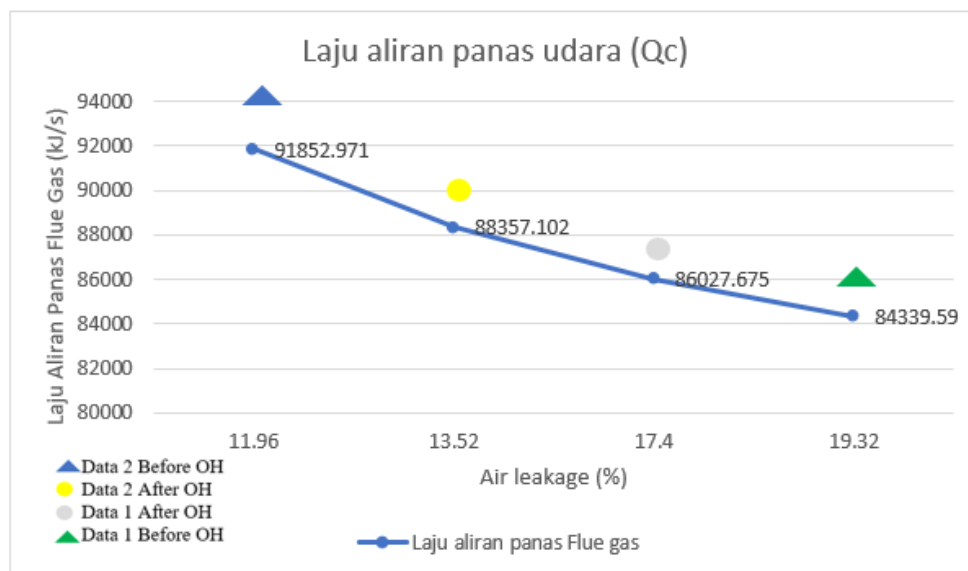
3.1. Analisis Data

3.1.1. Analisis Air Leakage Terhadap Efektivitas Air Preheater



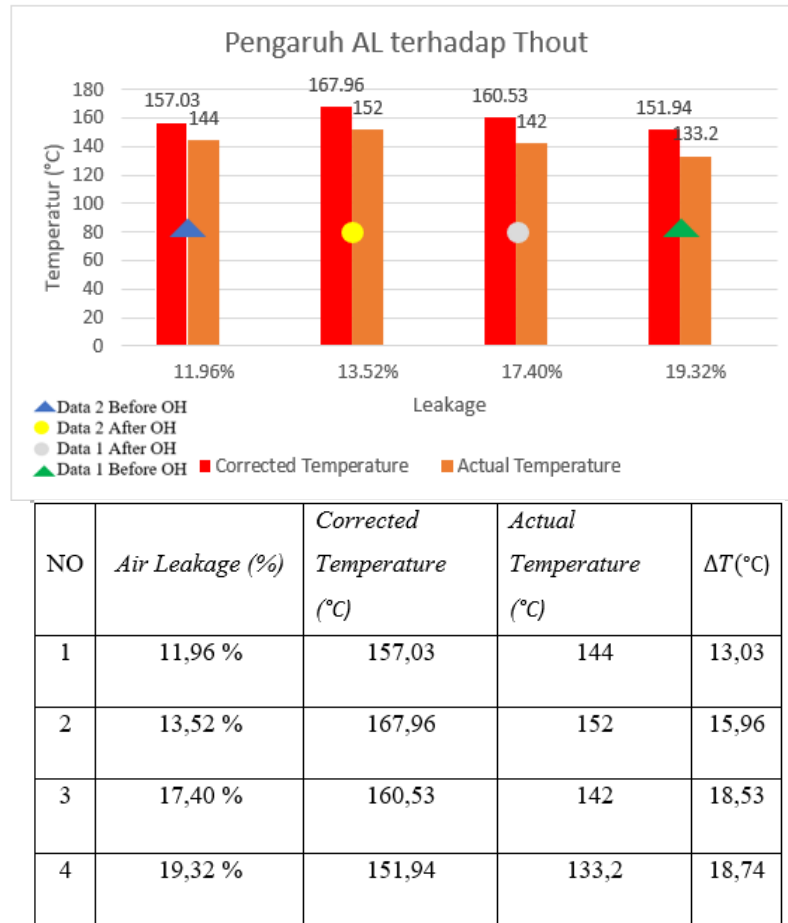
Gambar 3. Pengaruh AL terhadap laju aliran panas maksimal

Dari Gambar 3 diatas diketahui *air leakage* terendah sebesar 11,96% dengan laju aliran panas maks terbesar dengan nilai 100096,187 kJ/s dan *air leakage* tertinggi sebesar 19,32% dengan laju aliran panas terkecil dengan nilai 92559,795 kJ/s, menunjukkan semakin tinggi *air leakage* maka laju aliran panas maksimal semakin menurun.



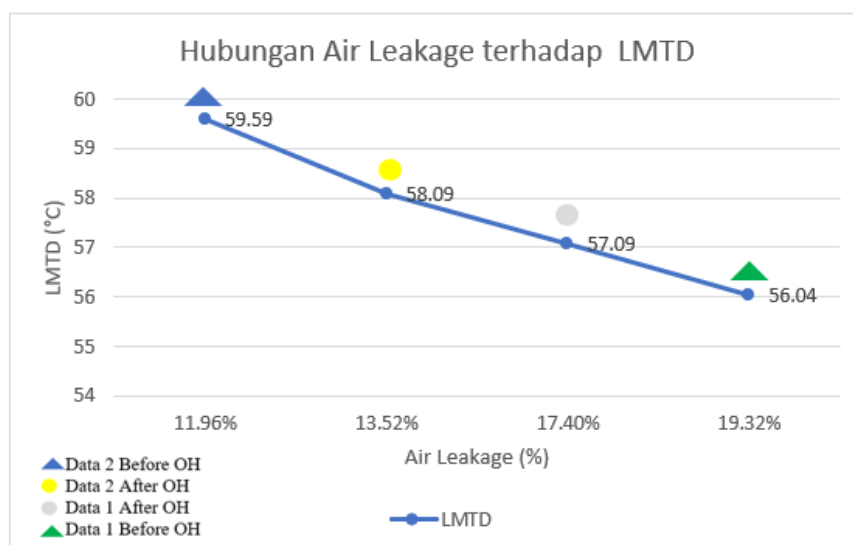
Gambar 4. Pengaruh AL terhadap laju aliran panas udara

Dari Gambar 4 diatas diketahui *air leakage* terendah sebesar 11,96% dengan laju aliran panas udara terbesar 91852,971 kJ/s dan *air leakage* tertinggi sebesar 19,32% dengan laju aliran panas udara terkecil dengan nilai 84339,59 kJ/s, menunjukkan semakin tinggi *air leakage* maka laju aliran udara semakin menurun



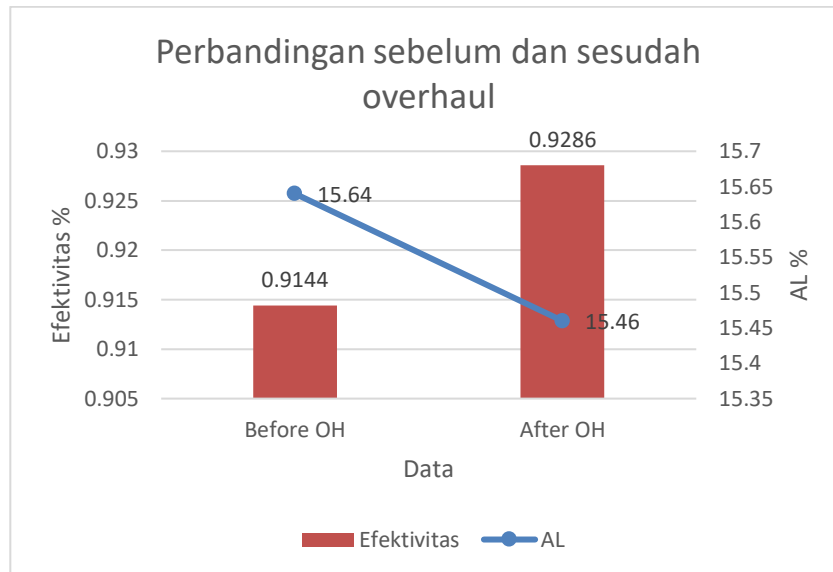
Gambar 5. Pengaruh AL terhadap temperature outlet APH

Dari Gambar 5 diatas diketahui *air leakage* terendah sebesar 11,96% dengan nilai *temperature drop* terkecil dengan nilai 13,03°C dan *air leakage* tertinggi sebesar 19,32% dengan nilai *temperature drop* tertinggi sebesar 18,74°C hal ini menunjukkan semakin besar *air leakage* maka *temperatur drop* pada *flue gas* semakin tinggi.



Gambar 6. Pengaruh AL terhadap LMTD

Dari Gambar 6 diatas diketahui *air leakage* terendah sebesar 11,96% dengan nilai *LMTD* tertinggi sebesar 59,59°C dan *air leakage* tertinggi sebesar 19,32% dengan nilai *LMTD* terkecil dengan nilai 56,04°C hal ini menunjukkan semakin besar *air leakage* maka *LMTD* semakin menurun, apabila *LMTD* kecil maka perpindahan panas tidak efektif.



Gambar 7. Pengaruh AL terhadap efektivitas Air Preheater

Dari Gambar 7 diketahui *air leakage* tertinggi sebesar 15,64% dengan nilai efektivitas terendah sebesar 0,9144% dan *air leakage* terkecil sebesar 15,46% dengan nilai efektivitas tertinggi sebesar 0,9286%, hal menunjukkan *air leakage* berbanding terbalik dengan efektivitas semakin tinggi *air leakage* maka efektivitas air preheater semakin rendah.

3.1.2. Analisis Tekno Ekonomi

Tabel 2. Fan Loading akibat dari Air Leakage

Fan	Satuan	<i>Before Overhaul</i>		<i>After Overhaul</i>	
Harga Tarif Dasar Listrik (TDL) Tahun 2019 Golongan I-IV	Rupiah	Rp.997/ kWhr			
		Data 1	Data 2	Data 1	Data 2
<i>Force Draft Fan</i>	A	79,289	86,888	72,789	74,849
<i>Primary Air Fan</i>	A	170,618	164,438	165,582	178,262
<i>Induceed Draft Fan</i>	A	240,491	258,923	246,106	256,064
Total		490,398	510,249	484,477	509,175
		1000,647		993,652	

Dengan dilaksanakannya kegiatan *overhaul* ini mengurangi kerugian akibat dari *air leakage* pada *air preheater* sebesar Rp. 1.069.222,69 perhari

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Pada rata-rata perbandingan data sebelum dan sesudah *overhaul* diketahui *air leakage* sebesar 15,46% dengan efektivitas *APH* sebesar 91,44% dan sesudah *overhaul* diketahui *air leakage* sebesar 15,46% dengan efisiensi sebesar 92,86%, dengan demikian *air leakage* berkurang dan efektivitas *APH* meningkat setelah dilakukannya *overhaul* dan penggunaan daya *fan* berkurang setelah dilakukannya *overhaul*, hal ini dikarenakan *air leakage* berkurang dan mengurangi kerugian sebesar Rp. 1.069.222,68 perhari akibat berkurangnya *air leakage*.

4.2. Saran

Air preheater perlu dipantau dari segi *air leakage* karena apabila *air leakage* tinggi maka performa *air preheater* turun, dan perlu dilakukan *overhaul* apabila *air leakage* dalam kondisi yang tinggi yaitu dengan cara memperbaiki *seal* pada *air preheater* guna mengurangi *air leakage* pada *air preheater*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. N. Purwanto dan W. , “Pengaruh Unjuk Kerja Air HeaterType Ljungstorm Terhadap Perubahan Beban Di PLTU Tanjung Jati B Unit 1 Berdasarkan Perhitungan ASME PTC 4.3,” Journal teknik Energi, pp. 97-103, 2013.
- [2] A. K. Modi, A. Haque, B. Pratap, I. K. Bansal, P. Kumar, S. Saravanan, M. S. Kumar dan C. R. Kumar, “A Review on Air Preheater Elements Design and Testing,” Mechanics, Materials Science & Engineering, 2017.
- [3] G. Shruti, r. Bhat dan G. Sheri, “Performance Evaluation and Optimization of Air Preheater in Thermal Power Plant,” International journal Of Mechanical Engineering and technology (IJMET), vol. V, no. 9, pp. 22-30, 2014.
- [4] A. Y. Cengel, “Heat Transfer a Practicial Approach,” dalam Heat Exchanger, pp. 687-736.
- [5] V. Mallikarjuna, N. Jashuva dan B. r. B. Reddy, “Improving Boiler Efficiency By Using Air Preheater,” International Journal Of Advance Research In Engineering and Applied Sciences, vol. 3, no. 2, pp. 11-24,