

PENGARUH UNJUK KERJA AIR HEATER TYPE LJUNGSTORM TERHADAP PERUBAHAN BEBAN DI PLTU TANJUNG JATI B UNIT I BERDASARKAN PERHITUNGAN ASME PTC 4.3

Raditya Nanang Purwanto⁽¹⁾ Wahyono⁽²⁾

⁽¹⁾Mahasiswa Prodi Teknik Konversi Energi Polines Semarang

⁽²⁾Pengajar Prodi Teknik Konversi Energi Polines Semarang

Jl. Prof. H. Sudarto, S.H., Tembalang, Kotak Pos 6199 SMS, Semarang 50329

Telp. 7473417, 7466420 (Hunting), Fax.7472396,

<http://www.polines.ac.id>, e-mail : secretariat@polines.ac.id

Abstrak

Unjuk kerja Air Heater tipe Ljungstorm berdasarkan ASME PTC 4.3 untuk mengetahui kemampuan kerja Air Heater yang digunakan pada Unit I PLTU Tanjung Jati B Jepara dengan merujuk pada parameter efisiensi sisi gas (gas side efficiency) dan juga kebocoran (air heater leakage) untuk kondisi kerja berdasarkan perubahan beban unit selama masa operasi dengan konsumsi nilai kalori batubara yang sama. Disertai dengan perhitungan potensi pengolahan energi gas buang dengan penggunaan Air Heater Ljungstorm terhadap penambahan efisiensi termal unit. ”

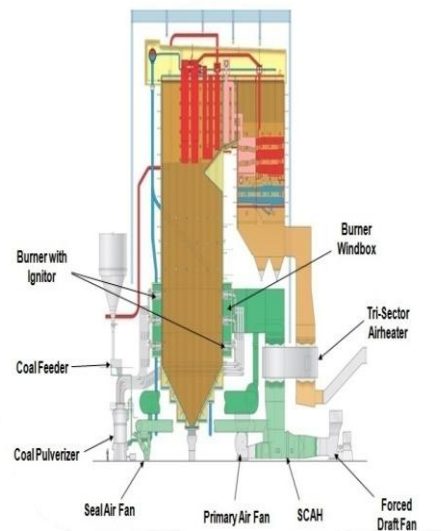
Kata Kunci : Air Heater, Ljungstorm, ASME PTC 4.3

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan listrik yang semakin meningkat di era modern menuntut produksi listrik yang handal pula. Oleh sebab itu, digunakan alat – alat pembangkitan dengan efisiensi yang tinggi dalam proses generasi listrik. 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 tersebut. Salah satu komponen tambahan tersebut adalah *Air Heater* yang bertujuan untuk memanaskan udara pembakaran untuk mengurangi kadar kelembapan air pada batubara dan udara pembakaran dengan memanfaatkan panas keluaran boiler yang sudah tidak dapat lagi digunakan untuk memanaskan air umpan.

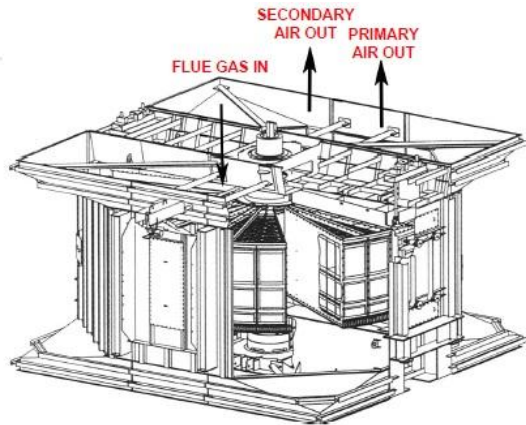
Pada Unit I PLTU Tanjung Jati B digunakan dua buah *air heater regenerative type Ljungstorm* untuk memanaskan udara pembakaran yang keluar melalui *force draft fan*, dan udara transport batubara yang keluar melalui *primary air fan*. Sumber panas didapat dari gas hasil pembakaran (*flue gas*) yang masih mempunyai temperatur hingga

340⁰ C sehingga energi panasnya masih dapat digunakan kembali untuk memanaskan udara pembakaran yang akan dihembuskan ke boiler.



Gambar 1. Letak Air Heater Unit I

Penggunaan *air heater* dapat menambah efisiensi termal unit hingga 10%. Ini berarti menghemat penggunaan bahan bakar sebesar energi panas yang digunakan kembali pada *air heater*.



Gambar 2. Air Heater Ljungstorm

Sebuah *air heater* bekerja dengan kondisi konstan, artinya tidak ada kontrol volume, aliran, maupun tekanan dalam udara dan gas buang yang mengalir melalui *air heater*. Mekanisme *sealing devie* mencegah aliran udara dan gas buang yang mengalir melalui sisi – sisi elemen *air heater* yang disebut dengan *leakage*. Sehingga parameter kerja sebuah *air heater* dapat dilihat dari efisiensi sisi gas serta kondisi *leakage*.

Efisiensi sisi gas (*Gas Side Efficiency*) menyatakan energi panas yang dapat dipindahkan dari gas buang ke udara yang melewati *air heater* dibandingkan dengan kondisi idealnya. Kondisi ideal merupakan kondisi dimana tidak terjadi *leakage*. Sedangkan kondisi *leakage* menyatakan seberapa besar massa udara atau gas yang tidak melewati elemen *air heater*, sehingga menyebabkan rugi – rugi karena energi panas pada gas tidak ditransfer melalui elemen pemanas, begitu juga untuk *leakage* udara pembakaran berarti terdapat beberapa massa udara yang tidak mendapat energi panas dari elemen *air heater*.

Pengambilan data untuk menghitung efisiensi sisi gas dan *leakage* meliputi temperatur masuk dan keluar udara serta gas buang, O_2 excess pada sisi masuk dan keluar *air heater*, jumlah *flow* bahan bakar yang digunakanserta analisa kandungan bahan bakar yang digunakan untuk pembakaran pada boiler. Perhitungan efisiensi sisi gas

dan *leakage* berdasarkan standar ASME PTC 4.3 dengan perhitungan analisa gas buang berdasarkan standar ASME PTC 19.10. Untuk perhitungan yang telah dilakukan dapat dicari prosentase penambahan efisiensi unit dibandingkan dengan tidak menggunakan *air heater*.

2. METODELOGI PENELITIAN

1. Metode Observasi
2. Metode Interview
3. Metode Sampling
4. Metode Studi Pustaka

3. PEMBAHASAN

Berikut langkah perhitungan *air heater performance* dengan kondisi sampling data pada beban 657 MW nett :

1. Pengambilan data untuk sampling beban dalam 3 hari dengan nilai kalori batubara yang relatif sama untuk pembakaran. Data yang diambil dari sistem kontrol yaitu :
 - Temperatur udara masuk *air heater* (TA8)
 - Temperatur udara keluar *air heater* (TA9)
 - Temperatur gas masuk *air heater* (TG14)
 - Temperatur gas keluar *air heater* (TG15)
 - Kondisi O_2 excess gas buang masuk *air heater* (O_2 14)
 - Kondisi O_2 excess gas buang keluar *air heater* (O_2 15)
 - Kebutuhan bahan bakar unit
2. Perhitungan analisa ultimasi batubara digunakan untuk menentukan kandungan batubara berdasarkan unsur – unsur penyusunnya. Rumusan yang digunakan berdasarkan hasil pengujian lab secara proksimasi.

$$\begin{aligned} \% C &= 0,97C + 0,7(VM+0,1A) - \\ &M(0,6 - 0,01M) \\ \% H_2 &= 0,036C + 0,086(VM - \\ &0,1A) - 0,0035M^2(1 - 0,02M) \\ \% N_2 &= 2,10 - 0,02VM \\ \% O_2 &= 100\% - \% C - \% H_2 - \% N_2 - \% S \end{aligned}$$

Perhitungan konversi ultimasi batubara menurut sampling data :

Kandungan Batubara (%)	05/02/13	11/02/13	18/02/13
Carbon	66,052	64,4340	64,6298
Hydrogen	4,5002	4,3937	4,4707
Nitrogen	1,2868	1,305	1,2862
Sulfur	0,54	0,83	1,01
Oxy gen	27,6208	29,0372	28,6033
Calori Value (kCal/kg)	5778	5770	5778

Perhitungan fraksi bahan bakardigunakan untuk mengetahui prosentase kandungan batubara yang efektif digunakan sebagai bahan bakar. Perhitungan didapat beerdasarkan persamaan 1-M-A yang menghasilkan nilai fraksi bahan bakar yang selanjutnya dikalikan dengan kandungan hasil analisa ultimasi batubara. Sebagai contoh perhitungan fraksi BB untuk tanggal 05 Februari 2013 :

$$\begin{aligned} \text{Fraksi BB} &= 1 - M - A \\ &= 1 - 17,26\% - 2,88\% \\ &= 79,86\% \end{aligned}$$

Sehingga kandungan unsur – unsur batubara setelah dikalikan dengan fraksi bahan bakar menjadi :

Kandungan (%)	05/02/13	11/02/13	18/02/13
Carbon	52,749	50,213	50,708
Hydrogen	3,593	3,424	3,507
Nitrogen	1,0276	1,017	1,009
Sulfur	0,4312	0,647	0,792
Oxy gen	22,058	22,631	22,442
Ash	2,88	4,74	4,52
Moisture	17,26	17,32	17,02

Perhitungan *Carbon Burned* digunakan untuk mengetahui kondisi karbon yang efektif terbakar dalam unsur bahan bakar dengan persamaan

$$C_b = C - \frac{W_{dp} \times H_{dp}}{14500}, \text{ dimana :}$$

$$\begin{aligned} W_{dp} &= \frac{\frac{14500}{\% Ash}}{(100 - \% C \text{ on Ash})} \\ H_{dp} &= \frac{\% C \text{ on Ash}}{100} \times HHV \end{aligned}$$

Untuk perhitungan Hdp, nilai HHV dihitung berdasarkan satuan kJ/kg. Perhitungan kebutuhan teoritis udara pembakaran dan *volume dry product* menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$A_o = (11,51C_b + 34,3 \times (H - O/7,937) + 4,335S)$$

$$V_{dp} = 0,3132 C_b + 0,11528 S + 0,13443 N$$

3. Perhitungan analisa *Flue Gas* dilakukan berdasarkan standar *ASME PTC 19.10* untuk menentukan karakteristik gas buang berdasarkan kandungan yang terdapat dari hasil pembakaran batubara, yang meliputi :

- *O₂ excess* terukur pada sisi masuk dan keluar *air heater*
- *Excess air* pada sisi masuk dan keluar *air heater*:

$$A_x = O_2 \times \frac{(V_{dp} + 10,331 A_o')}{(A_o' \times (2,73 - 0,13068 \times O_2'))}$$

- Prosentase CO₂, CO, dan N₂ pada sisi keluar dan masuk *air heater*, dimana prosentase CO adalah 0. Sehingga dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$CO_2 = \frac{31,32 C_b + 11,528 N}{(V_{dp} + A_o' (10,331 + 0,13068 A_x))}$$

$$N_{214'} = 100 - O_2 - CO_2 - CO$$

4. Perhitungan *Air Heater Leakage* berdasarkan selisih berat gas di sisi masuk dan keluar *air heater*. Perhitungan berat gas masuk dan keluar *air heater* adalah berat gas kering (WG) ditambah dengan kelembapan gas buang (WmG). Perhitungan kelembapan gas buang berdasarkan kondisi berat udara kering

(WA), sehingga dapat dihitung berdasarkan persamaan :

$$WG' = \frac{(44,01 CO_2 + 32 O_2 + 28,02 N_2 + 28,01 CO)}{1201 (CO_2 + CO)} \times (Cb + \frac{12,015}{32,07})$$

$$WA = \frac{\frac{28,02 N_2}{1201 (CO_2 + CO)} \times (Cb - \frac{12,015}{32,07}) - \frac{N}{133}}{0,7685}$$

$$WmG = 8,3936 \times \frac{H}{100} + \frac{M}{100} + W_{ma} \times WA$$

$$WG = WG' + WmG$$

Sehingga prosentase *air heater leakage* dapat dihitung dengan persamaan :

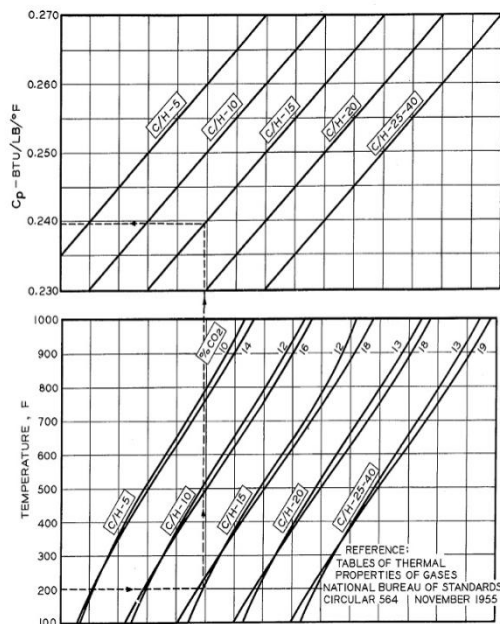
$$AL = \frac{WG_{15} - WG_{14}}{WG_{14}} \times 100\%$$

Setelah menghitung prosentase *air heater leakage* maka didapat perhitungan efisiensi sisi gas dengan persamaan :

$$(\eta G) = \frac{tG_{14} - tG_{15NL}}{tG_{14} - tA8} \times 100$$

Besarnya nilai TG15NL (kondisi temperatur sisi gas ideal) didapat dari persamaan :

$$TG_{15NL} = \frac{AL \times CpA \times (tG_{15} - tA8)}{100 \times CpG} + tG_{15}$$



Gambar 3. Grafik C dan H

Dimana untuk pembacaan grafik tersebut memerlukan data tentang kandungan nilai C dan H bahan bakar

Karena satuan yang terdapat pada grafik adalah btu/lb F maka untuk mengkonversi menjadi kJ/kg °C dapat dikalikan dengan 4.1868

5. Prosentase penambahan efisiensi termal unit dihitung untuk mengetahui penambahan efisiensi unit berdasarkan perubahan sampel beban. Untuk metode perhitungan panas yang diolah oleh *air heater* digunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q_{in AH} = m \cdot Cp \cdot (TG_{14} - TG_{15})$$

Untuk menghitung laju aliran gas buang melalui *air heater* digunakan persamaan :

$$m = WG_{14} \times \text{coal flow}$$

Untuk laju aliran bahan bakar (coal flow) satuan yang digunakan adalah kg/s Perhitungan energi total yang dibangkitkan dalam boiler digunakan untuk mengetahui prosentase energi yang digunakan pada *air heater* dibandingkan dengan energi total dalam unit boiler.

$$Q_{in total} = m \text{ coal} \times HHV$$

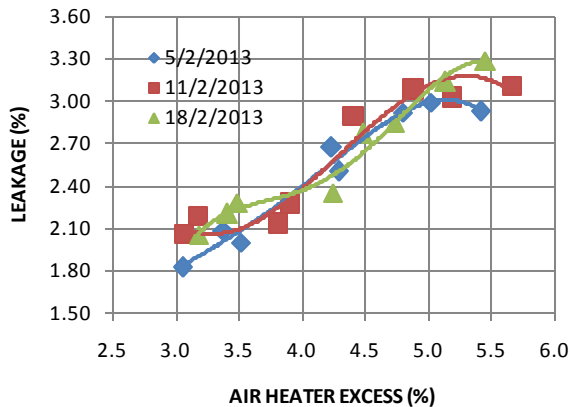
Penambahan efisiensi unit dihitung dengan persamaan :

$$\Delta \text{Effisiensi Unit} = \frac{Q_{in AH}}{Q_{in total}} \times 100\%$$

Sehingga hasil perhitungan penambahan efisiensi unit dengan penggunaan *air heater* disajikan dalam tabel berikut :

Berikut analisa yang didapat berdasarkan perhitungan unjuk kerja *air heater* pada titik sampel yang disajikan dalam bentuk grafik :

Februari 2013, sebesar 69,0605 %. Hal ini dikarenakan perbedaan kandungan unsur batubara yang digunakan, karena batubara yang digunakan pada tanggal 05 Februari 2013 mempunyai nilai karbon yang lebih tinggi daripada sampel data yang lain yaitu sebesar 52.749 %.



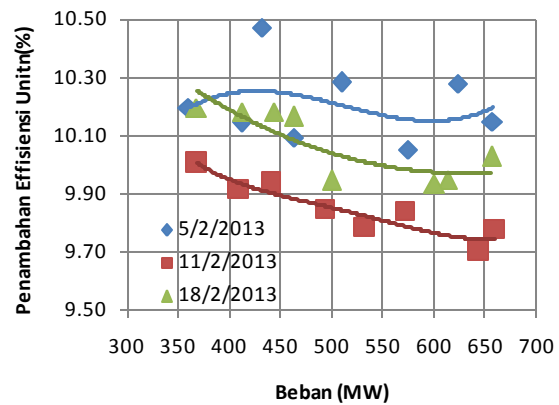
Gambar 6. Hubungan leakage dengan air heater excess

Grafik hubungan prosentase *leakage* dan *air heater excess* menunjukkan perubahan prosentase *leakage* pada *air heater* yang terjadi pada titik sampel beban. *Air heater excess* digunakan sebagai acuan untuk menentukan besarnya *leakage* yang terjadi pada *air heater*. Pada sampel data tanggal 05 Februari 2013 kondisi *excess* terendah sebesar 3,0520 % O₂ pada *leakage* 1,8236 % saat unit beroperasi pada beban 657 MW nett.

Pada sampel data tanggal 11 Februari 2013 kondisi *excess* terendah sebesar 3,0660 % O₂ pada *leakage* 2,0575 % saat unit beroperasi pada beban 659 MW nett.

Pada sampel data tanggal 18 Februari 2013 kondisi *excess* terendah sebesar 3,180 % O₂ pada *leakage* 2,0577 % saat unit beroperasi pada beban 656 MW nett.

Air heater excess berubah sesuai dengan perubahan beban pada unit. Untuk sampel yang dihitung, diketahui bahwa semakin tinggi beban maka kondisi *excess* akan semakin kecil. Hal ini dapat dilihat dari kondisi pengukuran O₂ sensor pada sisi keluaran *air heater*.



Gambar 7. Hubungan Effisiensi dengan beban

Grafik hubungan beban terhadap penambahan efisiensi unit menunjukkan prosentase panas buangan yang dapat dimanfaatkan oleh *air heater* sesuai dengan kondisi beban yang bekerja pada unit I PLTU Tanjung Jati B. Penambahan efisiensi unit didapat dari prosentase energi termal yang digunakan kembali untuk memanaskan udara dibandingkan dengan energi panas yang dibangkitkan dalam sebuah unit boiler. Pada sampel data tanggal 05 Februari 2013, penambahan efisiensi termal unit cenderung bervariasi. Nilai penambahan efisiensi tertinggi sebesar 10,4765 % pada saat unit beroperasi 431 MW nett. Sedangkan penambahann efisiensi unit terendah sebesar 10,0541 % pada saat unit beroperasi 574 MW nett.

Pada sampel tanggal 11 Februari 2013 nilai penambahan efisiensi tertinggi sebesar 10,0097 % saat unit beroperasi 368 MW nett. Sedangkan nilai penambahan efisiensi terendah sebesar 9,7064 % saat unit beroperasi 643 MW nett.

Pada sampel tanggal 18 Februari 2013 nilai penambahan efisiensi tertinggi sebesar 10,2006% saat unit beroperasi 368 MW nett, sedangkan penambahan efisiensi unit terendah sebesar 9,9481 % saat unit beroperasi 500 MW nett.

Nilai penambahann efisiensi unit bervariasi sesuai dengan beban operasi. Namun nilai penambahan efisiensi unit tertinggi sebesar 10,4765 % saat unit beroperasi tanggal 05 Februari 2013. Hal ini karena kualitas

batubara yang digunakan lebih baik dibandingkan dengan kualitas batubara pada sampel tanggal 11 dan 18 Februari 2013.

Makin tinggi kualitas batubara yang digunakan, maka efisiensi *air heater* akan semakin baik. Hal ini secara tidak langsung akan mempengaruhi efisiensi total unit dan juga sistem suatu pembangkit secara keseluruhan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan unjuk kerja *air heater* pada unit I PLTU Tanjung Jati B dengan metode *ASME PTC 4.3* maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penggunaan *air heater* pada unit dapat memberikan peningkatan efisiensi termal unit hingga 10,476 % sebagai pemanfaatan energi panas gas buang untuk memanaskan udara pembakaran dan mengurangi kandungan *moisture* pada batubara.
2. Efisiensi *air heater* tertinggi terdapat pada 69,060 %. Untuk kondisi beban yang relatif sama, nilai efisiensi semakin tinggi, berbanding lurus dengan nilai kalori batubara yang digunakan. Pada sampel perhitungan, nilai efisiensi sisi gas tertinggi terdapat saat unit menggunakan batubara 5778 kCal / kg dengan prosentase karbon 52,749 %.
3. Penggunaan *air heater* tipe *Ljungstorm* 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.
4. Peningkatan efisiensi *air heater* akan mempengaruhi kinerja komponen lainnya seperti *FD fan*, *PA fan* dan juga *ID fan*, sehingga secara tidak langsung akan memberikan peningkatan efisiensi sistem secara menyeluruh, oleh karena itu *air heater* harus dipelihara untuk menjaga unjuk kerjanya berada pada kondisi optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- ALSTOM Power Air Preheater GmbH.
Ljungstorm Air Preheater for Power Station. Bammental – Germany
- Bureau of Energy Efficiency. 2012. *Energy Assessments of Boiler*
- Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., 2010.
Tanjung Jati B Expansion Project Course B Basic Boiler.
- Mulyono, Ir. 1999. *Sumber Energi*. Politeknik Negeri Semarang
- Storm C.E.M, Stephen K., John Gufree, P.E., Ph.D Andrea Zucchelli. 2011.
Advancements With Regenerative Air Heater Design, Performance and Reability. Milan
- The American Society Engineers, 1981. *Flue and Exhaust Gas Analysis*. New York
- The American Society Engineers, 1979.
Performance Test Code Air Heaters. New York
- The Babcock and Wilcox Company, 2004.
General Overview Tanjung Jati B Coal Fired Power Plant 660MW Nett.
- The Babcock and Wilcox Company, 2004.
Ljungstorm Air Heater – Operation and Maintenance Manual.