

Perbandingan Efisiensi Boiler Awal Operasi Dan Setelah Overhaul Terakhir Di Unit 5 PLTU Suralaya

Roswati Nurhasanah

Jurusan Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknik – PLN

Email : roswatinurhasanah@gmail.com

Orlando Firdaus

Jurusan Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknik – PLN

Abstract

The boiler is functioning equipment turn the water into steam by heating. Existing plants are specified in the supply of electrical energy required by konsumen. Effisiensi is one of the many parameters used to assess whether or not the performance of a boiler. Metode used in the calculation of boiler efficiency is the input-output method and heat losses by the aim of knowing the cause of the decrease in efficiency. Suralaya boiler efficiency analysis unit 5 meliputi analisa awal operasi dan analisa setelah terakhir. Dari overhaul both the analysis of these calculations will be elaborated based on the method of heat losses, thus resulting to a conclusion after comparison. Based on the analysis, the efficiency of the boiler when the last overhaul lower than initial efficiency of development. From the calculation of the authors analyzed the causes of decline in the efficiency and the conclusion of the decline 0.71% boiler efficiency and operation early last overhaul.

Keyword: efficiency, boiler, heat losses, overhaul

1. PENDAHULUAN

Pada prinsipnya PLTU merupakan suatu system konversi energy baik berupa energy kimia yang terkandung dalam bahan bakar fosil maupun energy panas dari proses pembakaran yang pada akhirnya dihasilkan energy listrik dengan daya dan tegangan tertentu. Energi listrik inilah yang menjadi tujuan utama dari proses produksi di PLTU. Sedangkan proses konversi energy tersebut untuk menjadi energy listrik dilakukan secara bertahap. Dalam proses produksi listrik PLTU, peralatan utamanya adalah boiler, turbin, generator, tranformator dan alat-alat bantu (*auxiliary*).

Boiler adalah peralatan yang berfungsi merubah air menjadi uap dengan cara dipanaskan. Pembangkit-pembangkit yang ada dituntut untuk andal didalam menyediakan energy listrik yang dibutuhkan oleh konsumen. Keandalan tersebut dapat dicapai apabila semua komponen-komponen didalamnya mendukung dan siap beroperasi. Salah satu peralatan atau sistim di PLTU untuk mendukung operasi tersebut adalah Boiler. Uap yang didapat dari boiler digunakan untuk memutar turbin yang dikopel dengan generator.

Cara untuk menaikkan efisiensi adalah mengurangi kerugian-kerugian pada boiler itu

sendiri, yaitu : Kerugian kalor dicerobong, kerugian kalor akibat adanya radiasi panas kelingkuangan, kerugian kalor untuk menguapkan kandungan air dalam bahan bakar dan kerugian kalor akibat pembakaran tidak sempurna.

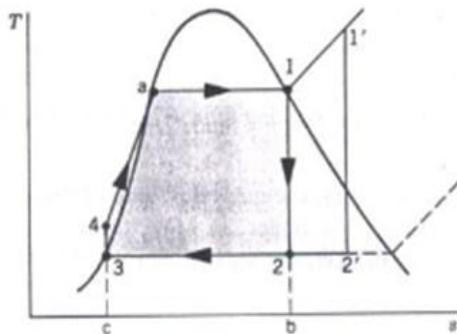
PLTU Suralaya unit 5 sudah beroperasi dari tahun 1997. Unit ini tergolong tua sehingga unjuk kerja dari unit ini sudah mengalami banyak penurunan, salah satunya adalah boiler. Turunnya unjuk kerja boiler disebabkan antara lain: buruknya pembakaran, kotornya permukaan penukar panas, buruknya operasi dan pemeliharaan. Dengan turunnya unjuk kerja boiler akan member dampak terhadap penurunan efisiensi keseluruhan unit 5 yang tidak mampu lagi menghasilkan daya sebesar pada saat komisioning.

Dengan kondisi ini perlu adanya pengkajian dan penanganan tentang studi unjuk kerja boiler. Dari hasil yang didapat nantinya diharapkan dapat dilakukan tindak lanjut yang berdampak pada peningkatan unjuk kerja boiler dan otomatis peningkatan keseluruhan unit 5 di PLTU Suralaya.

2. KAJIAN LITERATUR

2.1.DASAR TEORI PLTU

Siklus *rankine* adalah salah satu ilmu termodinamika yang dipakai pada PLTU.Siklus *rankine* nyata yang digunakan dalam pembangkitan daya lebih rumit dari pada yang asli.Adapun Siklus *rankine* yang nyata digunakan dewasa ini sudah mengandung beberapa modifikasi dan tambahan yang sifatnya menaikkan efisiensi. Oleh karena siklus *rankine* adalah siklus uap-cair, maka cara yang paling baik untuk memahami adalah dengan cara mengambarkan siklus pada kedua diagram. Diagram berikut ini adalah diagram T-S yang menunjukkan cairan jenuh dan uap jenuh dengan memakai fluida H_2



Gambar 1. Siklus T-s Rankine dengan pemanas lanjut dan pemanas ulang

Berikut ini adalah penjelasan tentang siklus diatas:

- Proses 1-2 : ekspansi isentropik fluida kerja pada turbin dari uap jenuh pada keadaan 1 ke tekanan kondenser
- Proses 2-3 : perpindahan kalor dari fluida kerja ketika mengalir pada tekanankonstan melalui kondenser dengan cairan jenuh pada keadaan 3.
- Proses 3-4 : kompresi isentropik didalam pompa ke keadaan 4 di daerah cairan terkompresi
- Proses 4-1 : perpindahan kalor ke fluida kerja ketika mengalir pada tekanan konstan melalui boiler untuk menyelesaikan siklus.

2.2.Boiler

Boiler atau ketel uap adalah suatu perangkat mesin yang berfungsi untuk mengubah air menjadi uap. Proses perubahan air menjadi uap

terjadi dengan memanaskan air yang berada didalam pipa-pipa dengan memanfaatkan panas dari hasil pembakaran bahan bakar. Pembakaran dilakukan secara kontinyu didalam ruang bakar dengan mengalirkan bahan bakar dan udara dari luar.

Uap yang dihasilkan boiler adalah uap *Superheat* dengan tekanan dan temperatur yang tinggi. Jumlah produksi uap tergantung pada luas permukaan pemindah panas, laju aliran, dan panas pembakaran yang diberikan. *Boiler* yang konstruksinya terdiri dari pipa-pipa berisi air disebut dengan *water tube boiler*

2.3.Teori Perhitungan Efisiensi Boiler

Efisiensi termis boiler didefinisikan sebagai “persen energi (panas) masuk yang digunakan secara efektif pada steam yang dihasilkan.” Terdapat dua metode pengkajian efisiensi boiler, yaitu :

- Metode *Input-Output*: energi yang didapat dari fluida kerja (air and steam) dibandingkan dengan energi yang terkandung dalam bahan bakar boiler.
- Metode *Heat-Losses*: efisiensi merupakan perbedaan antara kehilangan dan energy yang masuk.

2.4.Metode *Input-Output*

Metode *input-output* karena kenyataan bahwa metode ini hanya memerlukan keluaran/output (uap) dan panas masuk/input (bahan bakar) untuk evaluasi efisiensi. Efisiensi ini dapat dievaluasi dengan menggunakan rumus:

$$Efisiensi\ Boiler\ (\eta) = \frac{panas\ keluar}{panas\ masuk} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

$$Efisiensi\ Boiler\ (\eta) = \frac{Q_w(h_g - h_f)}{q_{wGCV}} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Parameter yang dipantau untuk perhitungan efisiensi boiler dengan metode langsung adalah:

- Jumlah uap yang dihasilkan per jam (Q) dalam kg/jam
- Jumlah bahan bakar yang digunakan per jam (q) dalam kg/jam
- Tekanan kerja (dalam kg/cm²(g)) dan suhu lewat panas (°C), jika ada
- Suhu air umpan (°C)

- Jenis bahan bakar dan nilai panas kotor bahan bakar (GCV) dalam kkal/kg bahan bakar

Dimana:

hg – Entalpi uap jenuh dalam kkal/kg steam

hf – Entalpi air umpan dalam kkal/kg air

Namun metode seperti ini biasa digunakan untuk perancangan awal dan mengambil pendekatan sederhana. Selain itu metode ini lebih cocok untuk analisa termodinamika untuk mengetahui *heat rate* suatu pembangkit.

2.5. Metode Heat-Losses

Metode yang digunakan dalam perhitungan adalah metode *Heat-Losses:USA Standard ASME PTC-4-1 Power Test Code Steam Generator Units*. Metode ini digunakan dalam perhitungan ini karena merupakan metode yang digunakan pada *Operation & Maintenance (O&M)* suatu pembangkit, dimana efisiensi boiler dilihat dari *losses-losses* yang ada. Metode ini juga biasa digunakan untuk melihat hasil overhaul suatu pembangkit. Kedua metode ini terdapat pada *USA Standard ASME PTC-4-1 Power Test Code Steam Generator Units*. Metode yang digunakan dalam perhitungan adalah metode *heat-losses*.

Efisiensi dapat dihitung dengan mengurangi panas dari 100 sebagai berikut:

$$L = L_{UC} + L_G + L_{mf} + L_H + L_{mA} + L_z + L_{CO} + L_{UH} + L_{UHC} + L_r + L_p + L_d + L_T + L_W + L_{UNC} \dots \dots \dots (3)$$

*tingkat bahan bakar yang digunakan dalam perhitungan kerugian ini.

Dimana:

L_{UC} = kehilangan panas karena karbon yang tidak terbakar dalam cerobong

L_G = kehilangan panas karena panas dalam gas buang kering

L_{mf} = kehilangan panas karena kelembaban di bahan bakar

L_H = kehilangan panas karena kelembaban dari pembakaran hidrogen

L_{mA} = kehilangan panas karena uap air di udara

L_z = kehilangan panas karena panas di atomisasi uap

L_{CO} = kehilangan panas karena pembentukan karbon monoksida

L_{UH} = kehilangan panas karena hydrogen tidak terbakar

L_{UHC} = kehilangan panas karena hidrokarbon tidak terbakar

L_r = kehilangan panas karena radiasi permukaan dan konveksi

L_p = kehilangan panas karena radiasi abu, panas yang masuk dalam kerak jika berlaku dan panas laten fusi

L_d = kehilangan panas karena panas yang masuk dalam debu buang

L_x = kehilangan panas karena panas di pulverizer

L_W = kehilangan panas karena untuk ambil panas dengan pendingin air masuk

L_{unc} = kehilangan panas karena panas yang tidak terukur

3. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan metode datang langsung ke PT. Indonesia Power UBP Suralaya dan mengamati langsung alat boiler yang digunakan di PT. Indonesia Power UBP Suralaya dan cara kerja beserta kinerja dari alat boiler yang bersumber langsung dari lokal.

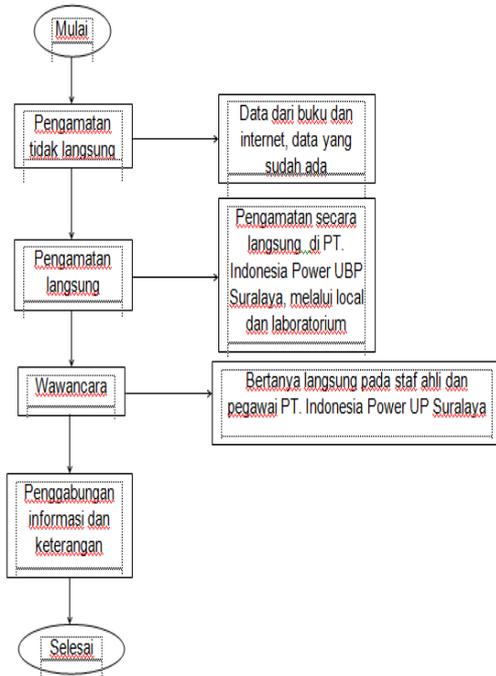
3.1 Teknik Pengumpulan Data

Agar tujuan telah diuraikan sebelumnya dapat tercapai dengan baik, maka diperlukan data yang akurat sebagai dasar penelitian. Data untuk dasar penelitian ini penulis dapat dengan cara sebagai berikut :

1. Studi Lapangan / pengamatan langsung
2. Studi Literatur
3. Wawancara

3.2 Skema Penyelesaian Penelitian

Untuk mempermudah melakukan penelitian maka dibuat skema penyelesaian penelitian pada gambar 2 sebagai berikut :



Gambar 2. Skema penyelesaian penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perhitungan Awal Pengoperasian

Tabel 1. Data Awal Pengoperasian (1997)

No	Item	Symbol	Beban 100%
Analysis Ultimate Fuel (Bukit Asam)			
1	Moisture	mf	26.80%
2	Hydrogen	H	4.16%
3	Carbon	C	52.32%
4	Sulfur	S	0.33%
5	Nitrogen	N	0.72%
6	Oxygen	O	10.69%
7	Ash	A	4.97%
	Total		100%
8	High Heating Value	HHV	5236.4 kcal/kg
9	Design reference air temperature	t_{RA}	80.6°C
10	Enthalpy of saturated liquid	h_{RLV}	48.6 btu/lb
11	Enthalpy of saturated vapor	h_{RV}	1096.7 btu/lb
12	Moisture in air	W_{ma}	0.025 lb/lb air
13	% carbon in fly ash	UCf	3.8%
14	% carbon in bottom ash	UCa	1.2%
15	% combustible in refuse	UC	3.52%
Flue gas analysis, economizer outlet			
16	Carbon Dioxide	CO_2	16.03%
17	Oxygen	O_2	2.78%
18	Carbon Monoxide	CO	0%
19	Nitrogen	N_2	81.2%
20	Radiation loss per PTC4.1.	L_r	0.18%
21	Unmeasured losses per specification	L_{unc}	0.25%
22	Heat credits per specification		0%
23	Excess air		14.9%
24	Refuse rate	H_{drr}	511.8 btu/lb refuse
25	Dry refuse	W_{drr}	0.051 lb/lb AF fuel
26	Dry gas at economizer outlet	W_{dr}	8.33 lb/lb AF fuel
27	Specific heat of wet gas	C_{pg}	0.26 btu/lb F
28	Exit gas temperature for leakage	T_{g15nl}	281.4 F
29	Gas outlet vapor enthalpy	h_{121415}	1187.2 btu/lb

Sumber : Enjinering PLTU Suralaya

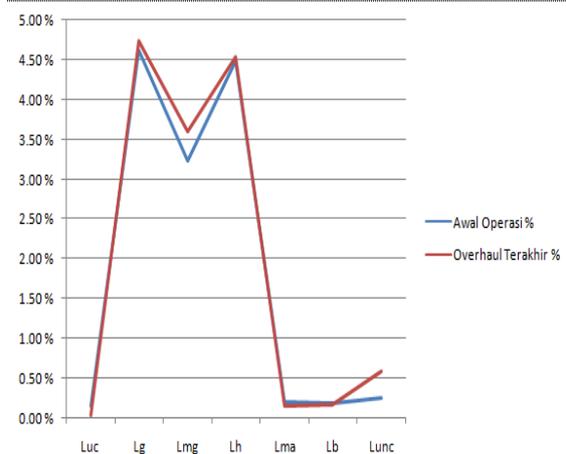
4.2. Overhaul Terakhir

Tabel 2. Data Overhaul Terakhir (2015)

No	Item	Symbol	Beban 100%
Analysis Ultimate Fuel (blanded)			
1	Moisture	mf	26.80%
2	Hydrogen	H	3.90%
3	Carbon	C	52.32%
4	Sulfur	S	0.33%
5	Nitrogen	N	0.72%
6	Oxygen	O	10.69%
7	Ash	A	4.97%
	Total		100%
8	HHV (Constant Volume)	HHV	4819.7 kcal/kg
9	Design reference air temperature	t_{RA}	27°C
10	Saturated liquid enthalpy	h_{RLV}	35.33 kcal/kg
11	Saturated vapor enthalpy	h_{RV}	609.3 kcal/kg
12	Moisture in air	W_{ma}	0.02 kg/kg dry air
13	% carbon in fly ash	UCf	85%
14	% carbon in bottom ash	UCa	15%
15	% combustible in refuse	UC	0.50%
Flue gas analysis, economizer outlet			
16	Carbon Dioxide	CO_2	20.55%
17	Oxygen	O_2	1.45%
18	Carbon Monoxide	CO	0%
19	Nitrogen	N_2	78%
20	Radiation loss per PTC4.1.	L_r	0.18%
21	Unmeasured losses per specification	L_{unc}	0.59%
22	Heat credits per specification		0%
23	Excess air		7.26%
24	Refuse rate	H_{drr}	0.05 kcal/kg refuse
25	Dry refuse	W_{drr}	40.60 kcal/kg AF fuel
26	Dry gas at economizer outlet	W_{dr}	5.97 kcal/kg AF fuel
27	Specific heat of wet gas	C_{pg}	0.24 kcal/kg F
28	Exit gas temperature for leakage	T_{g15nl}	161.81 F
29	Gas outlet vapor enthalpy	h_{121415}	669.21 kcal/kg

Sumber : Control Room PLTU Suralaya

4.3. Perbandingan Hasil Perhitungan Effisiensi Boiler pada Awal Pengoperasian (1997) dan Overhaul Terakhir (April 2015)



Gambar 3. Grafik Selisih kehilangan panas antara awal operasi dan overhaul terakhir

4.4. Analisa Perhitungan Efisiensi

Dari perbandingan hasil perhitungan efisiensi pada terjadi penurunan nilai efisiensi terhadap efisiensi awal yang nilai terlampir 86.89% menjadi 86.18%. Penurunan angka efisiensi tidak terlalu besar yaitu 0.71% dan berikut adalah faktor yang mempengaruhi penurunan efisiensi boiler.

Kehilangan panas dengan kerugian panas terbesar terjadi pada gas buang sebesar 4.62% pada awal operasi dan 4.73% pada overhaul terakhir. Semakin tinggi gas buang berarti semakin tinggi panas yang dikeluarkan dari boiler. Hal ini berarti terjadi kehilangan panas yang berdampak pada penurunan efisiensi boiler tersebut. Pengaruh penurunan panas gas buang kering, hal ini disebabkan oleh turunnya suhu gas buang kering keluar boiler. Ini menandakan bahwa penyerapan panas pada air heater atau economizer membaik.

Faktor kehilangan panas karena karbon yang tidak terbakar dalam cerobong dan abu, dimana abu dapat berakumulasi pada permukaan pipa dan bertindak sebagai penyekat. Kerak yang menempel juga mengurangi kemampuan perpindahan panas secara dramatis sehingga suhu gas buang menjadi tinggi, yang akhirnya menyebabkan penurunan efisiensi pada boiler. Suhu gas buang dapat diturunkan dengan mengoptimalkan perawatan.

Kehilangan panas akibat kelembaban dari pembakaran hydrogen terjadi karena pembakaran hydrogen menghasilkan produk berupa air, maka untuk setiap kg air yang terbentuk akibat pembakaran hydrogen dalam bahan bakar diperlukan sejumlah panas untuk mengubahnya menjadi uap dan keluar bersama gas bekas kecerobong. Kehilangan panas ini tidak dapat dicegah, tetapi dapat diminimalkan dengan cara penetapan standar batubara yang digunakan dalam proses.

Kesimpulan

Setelah melakukan perhitungan efisiensi boiler dengan metode heat-losses, maka dapat disimpulkan:

1. Efisiensi boiler pada beban 100% mengalami penurunan sebesar 0.71% antara awal operasi 86.89% dan overhaul terakhir 86.18% dan dapat dikatakan masih dalam kondisi baik.

2. Kehilangan panas yang paling berubah dari segi kehilangan panas karena gas buang kering pada saat awal operasi 4.58% dan pada saat overhaul terakhir 4.73% sedangkan losses yang paling kecil yaitu pada kehilangan panas karena radiasi permukaan dan konveksi masing-masing sebesar 0.18%
3. Penyebab turunnya efisiensi boiler dipengaruhi oleh faktor-faktor kehilangan panas yang tidak terbakar dalam cerobong, kehilangan panas karena panas dalam gas buang kering, kehilangan panas karena kelembaban di bahan bakar, kehilangan panas karena pembakaran hydrogen, kehilangan panas karena uap air di udara, kehilangan panas karena radiasi permukaan dan konveksi serta kehilangan panas karena yang tidak terukur.

Daftar Pustaka

- Anonim, 2013, Lokasi PLTU Suralaya, www.suralaya.co.id Diakses pada tanggal 7 Mei 2015 pada pukul 23.00
- Anonim, 2013, *Profil Indonesia Power*, www.Indonesiapower.co.id. Diakses pada tanggal 7 Mei 2015 pada pukul 22.00
- J.P. Holman, *Perpindahan Kalor*, Erlangga Ciracas, Jakarta. 1997
- Manual book, *The Babcock & Wilcox Company, STEAM / Its generation and Use*, 40th Edition, Baberton, Ohio, U.S.A. 1992.
- UNEP, *Boiler & Pemanas Fluida Thermis*, United Nation Environment Program. 2008
- USA Standard ASME PTC-4-1 Power Test Code Steam Generator Units. 1970