

**ANALISIS KEBUTUHAN UDARA PEMBAKARAN UNTUK
MENGOPTIMALKAN PROSES PEMBAKARAN BOILER
PT. PLN (PERSERO) SEKTOR PEMBANGKITAN ASAM ASAM
UNIT 3 & UNIT 4**

Akhmad Syarief¹⁾, Yudistira Bayu Setiambodo¹⁾, Muhammad Nizar Ramadhan¹⁾, dan A'yan Sabitah²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat

²⁾Politeknik Unisma Malang

Email: yudistirabsetiambodo@gmail.com; avansabitah@poltekunisma.ac.id

ABSTRACT

The performance of a power plant unit is strongly influenced by various aspects, one of which is very determined by how the combustion process occurs in the combustion chamber, because it can affect the efficiency of the power plant itself, especially in the efficiency aspects of the boiler combustion process. To find out the efficient operation of the boiler, the operator as the holder of the power plant must understand what the combustion process is like in it. Good combustion will always require the right combination of fuel and air (oxygen). From the results of the research that has been done, it can be seen that if the actual amount of air flow needed for the combustion process is closer to the ideal air flow value it will indirectly increase the combustion efficiency value of the boiler.

Keywords: Boiler, Combination, Combustion, Efficiency, Ideal

1. PENDAHULUAN

Suatu Pusat Listrik Tenaga Uap (PLTU) dalam proses pembakaran bahan bakar diperlukan udara sebagai proses berlangsungnya pembakaran di ruang bakar (*furnace*). Pada prinsipnya, proses pembakaran akan berlangsung jika 3 (tiga) syarat terjadinya proses pembakaran terpenuhi yakni adanya oksigen dari udara, bahan bakar, dan terdapat nyala api. Pada siklus kerja PLTU, batubara sebagai bahan bakar utama akan dibakar di ruang bakar (*furnace*) dan akan menghasilkan energi panas, energi panas inilah yang digunakan untuk memanaskan pipa-pipa di dalam boiler. Di dalam pipa-pipa terdapat air umpan (*feedwater*) yang sebelumnya telah dialirkan dan dilewatkan disepanjang dinding-dinding boiler akan menyerap panas dari proses pembakaran tersebut

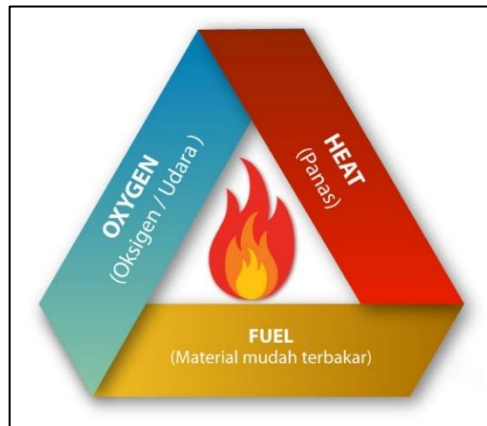
dan akan berubah fasanya dari air menjadi uap. Selanjutnya uap yang dihasilkan tersebut digunakan untuk menggerakkan turbin dan memutar generator.

Kinerja dari sebuah PLTU sangat dipengaruhi dari berbagai macam aspek, salah satunya sangat ditentukan oleh efisiensi panas pada proses pembakaran batubara tersebut, karena selain berpengaruh pada efisiensi pembangkitan, juga dapat menurunkan biaya operasi pembangkitan itu sendiri. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa teknologi pembakaran (*combustion technology*) merupakan tema utama pada upaya peningkatan efisiensi pemanfaatan batubara secara langsung sekaligus upaya antisipasi isu lingkungan ke depannya. Untuk mengetahui pengoperasian boiler yang efisien, maka operator selaku pemegang kendali PLTU harus mengerti seperti apa proses pembakaran di dalamnya. Pembakaran yang baik akan selalu membutuhkan kombinasi yang tepat antara bahan bakar dan udara (oksigen) untuk menghasilkan produk berupa energi panas, karbondioksida, uap air, nitrogen dan gas-gas lain (selain oksigen). Secara teori terdapat pengaturan proses pembakaran yang spesifik untuk menentukan perbandingan antara oksigen dengan bahan bakar sehingga terjadi proses pembakaran yang sempurna, namun aktualnya hal tersebut tidak akan pernah terjadi secara ideal. Oleh karena itu agar bahan bakar dapat terbakar secara sempurna maka dibutuhkan jumlah udara yang lebih banyak (*excess air*) dibandingkan dengan udara pada kondisi yang ideal (udara teoritis).

2. TINJAUAN PUSTAKA

Proses Pembakaran

Proses pembakaran merupakan reaksi kimia yang terjadi jika material yang mudah terbakar (*combustible*) bereaksi dengan oksigen sehingga menghasilkan sejumlah panas yang besar, seperti yang terlihat dalam Gambar 1.



Gambar 1. Segitiga Pembakaran

Untuk mendukung terjadinya pembakaran diperlukan tiga kondisi yang harus dipenuhi secara bersamaan, yaitu :

a) Adanya Oksigen

Didalam kimia pembakaran diperlukan percampuran antara bahan bakar dengan oksigen. Tanpa oksigen pembakaran tidak akan terjadi. Oksigen disini dapat diperoleh dari udara sekitar.

b) Bahan bakar

Bahan bakar hanya akan menyala jika temperaturnya naik sesuai mendekati temperatur oksigen. Hal ini disebut sebagai "temperatur penyalaan" (*ignition temperature*). Material combustible memiliki titik temperature penyalaan sendiri-sendiri.

c) Sumber penyalaan

Proses pembakaran dapat terjadi jika bahan bakar dan oksigen bereaksi pada temperatur penyalaannya. Sumber ini dapat berupa percikan api, api, bara atau metal yang membara.

Udara Teoritis

Untuk dapat menghitung kebutuhan Oksigen dan udara teoritis bagi proses pembakaran bahan bakar, maka perlu diketahui kandungan masing-masing unsur penyusun batubara seperti unsur carbon, hydrogen, sulfur, oksigen dan nitrogen melalui hasil analisa laboratorium. Sehingga setelah diketahui seberapa besar kandungan unsur masing-masing

tersebut selanjutnya dapat digunakan untuk menghitung jumlah kebutuhan udara teoritis menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$MFrThACr = \frac{11,51 \times [MpCF]}{100} + \frac{4,31 \times [MpSF]}{100} + \frac{34,3 \times [MpH2F]}{100} + \frac{4,32 \times [MpO2F]}{100} \quad (1)$$

di mana :

$MFrThACr$: Nilai udara teoritis (kg/kg.f)

$MpCF$: Kandungan karbon pada batubara (%)

$MpSF$: Kandungan sulfur pada batubara (%)

$MpH2F$: Kandungan hidrogen pada batubara (%)

$MpO2F$: Kandungan oksigen pada batubara (%)

Excess Air (Udara Lebih)

Bahan bakar di dalam boiler memerlukan udara dalam jumlah tertentu untuk terjadinya proses pembakaran yang sempurna. Hal ini merupakan “*theoretical air*” yang diperlukan untuk terjadinya proses pembakaran dalam kondisi yang sempurna. Akan tetapi, karena kondisi yang tidak sempurna di dalam boiler, maka diperlukan udara yang jumlahnya lebih besar dari *theoretical air* untuk menjamin terjadinya proses pembakaran secara sempurna. Jumlah udara lebih inilah yang disebut “*excess air*”. Persamaan untuk mendapatkan nilai excess air yakni sebagai berikut.

$$XpA = 100 \times \left(\frac{[DVp02] \times ([MoDPC] + 0,7905 \times [MoThACr])}{[MoThACr] \times (20,95 - [DVp02])} \right) (\%) \quad (2)$$

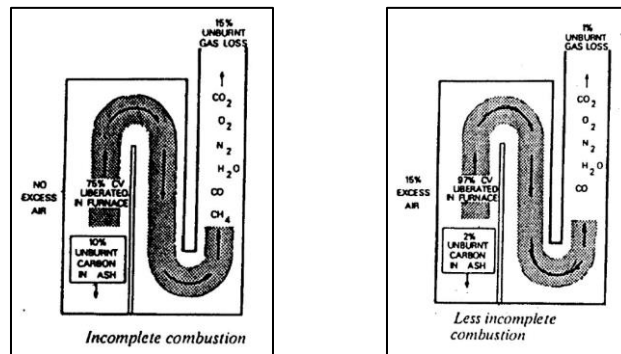
di mana :

XpA : Nilai udara lebih (excess air) dalam persen (%)

$DVp02$: Kandungan O_2 di flue gas pada inlet air heater (%)

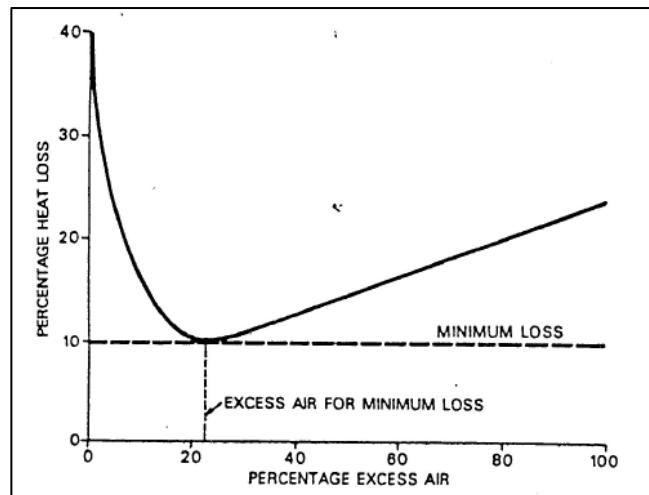
$MoDPC$: Jumlah mol udara yg terbentuk dari proses pembakaran (kmol/kg.f)

$MoThACr$: Jumlah mol udara teoritis pada inlet air heater (kmol/kg.f)



Gambar 2. a) *Incomplete Combustion* b) *Less Incomplete Combustion*

Seperti telah diuraikan diatas bahwa tanpa udara lebih sulit memperoleh pembakaran yang sempurna. Karena itu, dalam proses pembakaran selalu diperlukan udara lebih. Karena itu jumlah udara lebih harus tepat dan ini merupakan kompromi antara besarnya kerugian karena udara lebih dengan kerugian karena pembakaran tak sempurna. Dengan kata lain, jumlah udara lebih harus dibuat pada suatu harga tertentu dimana pada harga tersebut besarnya kerugian yang diakibatkan berada pada tingkat minimum.



Gambar 3. Hubungan antara Excess Air dan Heat Loss

Gambar 3 menunjukkan bahwa kerugian minimum (heat loss terendah) terjadi pada nilai Excess Air sekitar 22%. Untuk mendapatkan pengoperasian boiler secara efisien, maka boiler harus dioperasikan dengan jumlah udara lebih (*excess air*) dengan harga kerugian minimum. Karena itu, memonitor udara lebih menjadi hal yang cukup penting bagi operator. Umumnya pada Pembangkit Listrik PLTU untuk memonitor banyaknya

Excess Air yakni dengan mengukur parameter prosentase (%) gas CO₂ atau (%) gas O₂ pada gas buang.

Pembakaran Sempurna & Udara Ideal

Untuk mendapatkan nilai udara ideal maka kita harus mengetahui terlebih dahulu seberapa besar nilai udara lebih (*excess air*) setelah itu kita dapat mencari nilai udara ideal yang digunakan untuk proses pembakaran di boiler, persamaannya sebagai berikut:

$$MFrDA = \frac{1 + [XpA]}{100} \times [MFrThACr] \quad (3)$$

di mana :

MFrDA : Nilai udara ideal (kg/kg.f)

XpA : Nilai udara lebih (excess air) dalam persen (%)

MFrThACr : Nilai udara teoritis (kg/kg.f)

Tetapi mengingat udara lebih akan membawa panas keluar cerobong (*stack*), maka jumlah udara harus merupakan kompromi antara bertujuan untuk menciptakan pembakaran sempurna serta usaha untuk mengurangi kerugian panas ke cerobong sekecil mungkin. Jumlah udara lebih yang diperlukan tergantung pada tipe boiler dan komposisi bahan bakar yang sedang dibakar serta jenis bahan bakar seperti batubara, minyak atau gas. Secara umum, udara lebih pada boiler modern berkisar antara 19% - 35%.

Efisiensi Boiler

Menghitung Efisiensi Boiler dengan metode langsung, atau dikenal juga sebagai metode input-output, dilakukan dengan jalan membandingkan secara langsung energi panas yang diserap oleh air sehingga berubah fase menjadi uap air (energi output), dengan energi panas yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar di dalam ruang bakar boiler (energi input). Rumusan sederhana dari perhitungan metode langsung adalah sebagai berikut:

$$\eta_{Bf} (HHV) = \frac{[QrO]}{[QrF]} \times 100 (\%) \quad (4)$$

di mana :

η_{Bf} : Efisiensi Bahan Bakar Boiler (%)

Q_{rO} : Energi panas dari uap (steam) yang dihasilkan oleh boiler (kj/h)

Q_{rF} : Energi panas dari bahan bakar yang masuk (kj/h)

$$Q_{rF} = MrF \left(\frac{kg}{h} \right) \times [HHVF] \left(\frac{kcal}{kg} \right) \quad (5)$$

di mana :

Q_{rF} : Energi panas dari bahan bakar yang masuk (kj/h)

MrF : Jumlah pemakaian batubara per satuan waktu (kg/h)

$HHVF$: Nilai kalor yang terkandung di dalam batubara (kcal/kg)

$$Q_{rO} = \{[Hvp] * [Wvp]\} - \{[Haalim] * [Waalim]\} - \{[Hss] * [Wss]\} \quad (6)$$

di mana :

Q_{rO} : Energi panas dari uap (steam) yang dihasilkan oleh boiler (kj/h)

Hvp : Nilai enthalpy yang terkandung di dalam Main Steam (kj/kg)

Wvp : Flow Main Steam (kg/h)

$Haalim$: Nilai enthalpy yang terkandung di dalam Eco Inlet Water (kj/kg)

$Waalim$: Flow Eco Inlet Water (kg/h)

Hss : Nilai enthalpy yang terkandung di dalam Spray Water (kj/kg)

Wss : Flow Spray Water (kg/h)

3. METODE PENELITIAN

Metodologi Pengumpulan Data

Pengambilan data penelitian ini dilakukan di perusahaan yang bergerak di bidang kelistrikan di wilayah Kalimantan Selatan yakni PT. PLN (PERSERO) Sektor Pembangkitan Asam Asam Unit 3 & 4. Pengambilan data-data yang diperlukan dilakukan di perusahaan terkait, baik melalui jalur wawancara/tanya jawab dengan mentor, studi pustaka meliputi buku *Operation & Manual*, buku SOP (*Standart Operation Procedure*), observasi di lapangan secara langsung serta melalui literatur lain yang berkaitan dengan topik penelitian.

Data/parameter tersebut meliputi laporan hasil uji laboratorium pengujian batubara, data/parameter dari display DCS (*Distributed Control System*) yang ada di control room dan sebagainya. Data/parameter yang dimaksud tersebut meliputi:

Data Analisa Sample Batubara

Data analisa sample batubara ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Data analisa sample batubara

Data Analisa Sample Batubara					
Simbol	Parameter	Deskripsi	Satuan	Unit 3	Unit 4
HHVF	Calorific Value HHV (ar)	(Labo. Analysis)	kcal/kg	4,242.00	4,289.00
Ultimate Analysis					
MpCF	Carbon in Fuel	(Labo. Analysis)	wt%	44.43	45.28
MpH2F	Hydrogen in Fuel	(Labo. Analysis)	wt%	3.00	3.03
MpO2F	Oxygen in Fuel	(Labo. Analysis)	wt%	13.77	14.05
MpSF	Sulfur in Fuel	(Labo. Analysis)	wt%	0.14	0.18
MpN2F	Nitrogen in Fuel	(Labo. Analysis)	wt%	0.57	0.70
MpAsF	Ash in Fuel	(Labo. Analysis)	wt%	2.93	2.36
MpWF	Moisture in Fuel	(Labo. Analysis)	wt%	35.15	34.41
Total			wt%	99.99	100.01
Proximate Analysis					
MFrWF	Total Moisture Content (ar)	(Labo. Analysis)	wt%	35.15	34.41
MFrFC	Fixed Carbon Content (ar)	(Labo. Analysis)	wt%	29.13	30.71
MFrVm	Volatile Matter (ar)	(Labo. Analysis)	wt%	32.79	32.52
MFrAsF	Ash Content (ar)	(Labo. Analysis)	wt%	2.93	2.36
Total			wt%	100.00	100.00

Data Reference Air

Data reference air unit 3 ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Data reference air unit 3

No	Waktu	Reference Air				Relative Humidity
		Pressure		Temperature (Ambient) °C		
		hPa	mmHg	Wet	Dry	%
1	10:15	1008.00		24.70	27.30	85.10
2	10:30	1008.00		23.80	25.80	84.30
3	10:45	1008.00		23.80	26.20	81.70
4	11:00	1008.00		24.30	27.40	78.50
5	11:15	1008.00		24.50	27.50	78.90
6	11:30	1008.00		24.80	27.00	82.20
7	11:45	1008.00		25.00	27.30	81.00
8	12:00	1008.00		26.00	28.60	81.80
9	12:15	1008.00		24.50	27.30	80.60
Rata Rata		1008.00		24.60	27.16	81.57

Data reference air unit 4 ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Data reference air unit 4

No	Waktu	Reference Air				Relative Humidity
		Pressure		Temperature (Ambient) °C		
		hPa	mmHg	Wet	Dry	%
1	10:15	1009.00	-	24.80	31.90	57.80
2	10:30	1010.00	-	24.70	31.90	58.10
3	10:45	1010.00	-	24.70	31.80	58.50
4	11:00	1009.90	-	24.80	31.80	58.20
5	11:15	1009.9	-	25.00	31.70	58.30
6	11:30	1009.00	-	24.80	31.80	58.00
7	11:45	1009.00	-	25.30	32.00	58.20
8	12:00	1009.00	-	25.00	31.90	56.00
9	12:15	1008.20	-	24.70	31.70	55.80
Rata Rata		1009.26		24.87	31.83	57.66

Data Pemakaian Batubara

Data pemakaian batubara unit 3 dan unit 4 ditunjukkan dalam Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Data pemakaian batubara unit 3

No	Waktu	Coal Feeder			
		Mill A		Mill B	
		Totalizer	Flow Rate	Totalizer	Flow Rate
		Ton	Ton/h	Ton	Ton/h
1	10:15	90,716.63	23.70	92,610.46	24.90
2	10:30	90,722.93	23.70	92,616.64	24.90
3	10:45	90,728.46	23.60	92,622.04	25.00
4	11:00	90,734.34	23.60	92,629.20	25.00
5	11:15	90,740.45	23.60	92,635.70	25.00
6	11:30	90,746.25	23.60	92,641.84	25.00
7	11:45	90,752.16	23.60	92,648.12	24.90
8	12:00	90,758.27	23.70	92,654.54	25.00
9	12:15	90,763.96	23.70	92,660.56	25.00
		23.66	23.64	25.05	24.97
Total (Ton/h)		48.714			

Tabel 5. Data pemakaian batubara unit 4

No	Waktu	Coal Feeder			
		Mill B		Mill C	
		Totalizer	Flow Rate	Totalizer	Flow Rate
		Ton	Ton/h	Ton	Ton/h
1	10:15	35,143.73	22.70	26,115.24	25.40
2	10:30	35,149.39	22.70	26,121.54	25.50
3	10:45	35,154.92	22.70	26,127.74	25.40
4	11:00	35,160.61	22.60	26,134.12	25.50
5	11:15	35,166.42	22.70	26,140.70	25.40
6	11:30	35,172.53	22.70	26,147.13	25.40
7	11:45	35,178.50	22.60	26,154.20	25.50
8	12:00	35,183.22	22.70	26,159.68	25.50
9	12:15	35,189.13	22.60	26,166.18	25.40
		22.70	22.67	25.47	25.44
Total (Ton/h)		48.168			

Data Parameter Operasi

Data parameter operasi unit 3 & unit 4 ditunjukkan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Data parameter operasi unit 3 & unit 4

Parameter	Satuan	Symbol	Nilai	
			Unit 3	Unit 4
Beban/Daya Aktif	kW	P_g	63.629,36	63.207,71
Main Steam Flow	kg/h	W_{vp}	269.429,02	266.471,49
Main Steam Pressure	bar	P_{vp}	87,48	88,36
Main Steam Temperature	°C	T_{vp}	526,08	529,09
ECO Inlet Water Flow	kg/h	W_{aalim}	247.742,46	239.815,84
ECO Inlet Water Pressure	bar	P_{aalim}	106,56	106,84
ECO Inlet Water Temperature	°C	T_{aalim}	215,70	215,40
Spray Water Flow	kg/h	W_{ss}	21.138,74	26.240,28
Spray Water Pressure	bar	P_{ss}	105,33	105,08
Spray Water Temperature	°C	T_{ss}	215,70	215,40
Total Air Flow (<i>measured</i>)	kg/h	ArF	328.437,09	323.892,24
Total Coal Flow	kg/h	MrF	48.714	48.168

Metodologi Pengolahan Data

Data yang telah diambil tersebut selanjutnya akan dimasukkan ke dalam suatu perhitungan dan dianalisa guna memperoleh hasil berapa idealnya jumlah udara pembakaran yang harus disuplai untuk melayani jumlah bahan bakar batubara dengan jumlah/flow tertentu.

Setelah pengolahan data selesai dilakukan, maka hasil pengolahan data tersebut akan disusun dalam bentuk Tabel dan grafik agar mudah untuk dilakukan analisa. Penyajian dalam bentuk Tabel bertujuan untuk menunjukkan hasil analisa dari seluruh data yang diambil. Penyajian dalam bentuk grafik bertujuan untuk menampilkan secara keseluruhan hasil pengambilan data. Grafik yang ditampilkan menunjukkan hubungan antara satu parameter dengan parameter yang lain, sehingga dapat dilakukan analisa bagaimana pengaruh antar parameter. Melalui analisa grafik dan Tabel tersebut akan ditarik kesimpulan

seberapa besar rasio antara jumlah udara pembakaran yang dibutuhkan dengan jumlah bahan bakar yang digunakan agar memperoleh suatu proses pembakaran yang sesuai dan optimal.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai Udara Teoritis dan Udara Ideal ditunjukkan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Nilai udara teoritis dan udara ideal

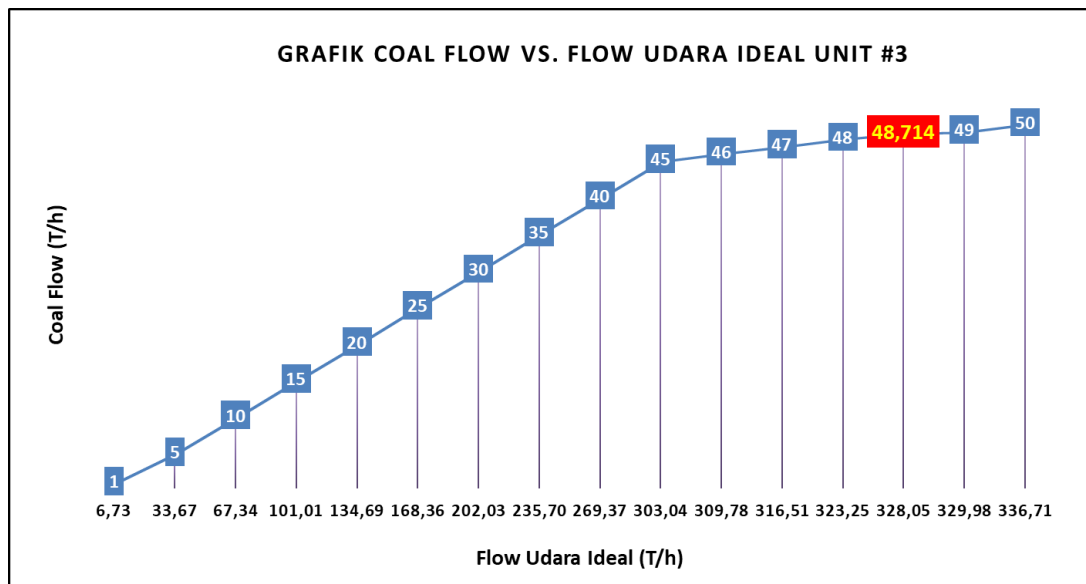
Tabel Nilai Udara Teoritis dan Udara Ideal			Nilai	
Simbol	Parameter	Satuan	Unit 3	Unit 4
MFrThACr	Theoretical air	kg/kg-f	5.554	5.652
	Theoretical Wet Air	kg/kg-f	5.573	5.669
MoThACr	Moles of theoretical air at AH inlet	kmol/kg-f	0.19	0.20
MoDPc	Moles of dry products from the combustion of fuel	kmol/kg-f	0.037	0.038
XpA	Excess air	%	20.91	20.38
MFrDA	Ideal Dry air	kg/kg-f	6.716	6.803
	Ideal Wet air	kg/kg-f	6.734	6.821

Dari Tabel 7 diketahui nilai udara teoritis dan udara ideal sehingga dapat diketahui bahwa jumlah kebutuhan udara ideal untuk mengoptimalkan proses pembakaran yakni sebesar 6,734 kg udara untuk per-kg batubara (fuel) yang disuplai ke ruang bakar (unit 3). Sedangkan untuk unit 4 diperlukan sebesar 6,821 kg udara untuk per-kg batubara (fuel). Sehingga dapat diperoleh Tabel perbandingan antara jumlah flow udara yang diperlukan dengan jumlah flow batubara dengan beberapa variasi coal flow.

Rasio Flow Batubara Dan Flow Udara Unit 3

Tabel 8. Rasio flow batubara dan flow udara unit 3

Coal Flow		Udara Minimal (Teoritis)		Udara Ideal	
kg/h	Ton/h	kg/h	Ton/h	kg/h	Ton/h
1,000	1	5,572.73	5.57	6,734.29	6.73
5,000	5	27,863.65	27.86	33,671.43	33.67
10,000	10	55,727.29	55.73	67,342.86	67.34
15,000	15	83,590.94	83.59	101,014.30	101.01
20,000	20	111,454.59	111.45	134,685.73	134.69
25,000	25	139,318.24	139.32	168,357.16	168.36
30,000	30	167,181.88	167.18	202,028.59	202.03
35,000	35	195,045.53	195.05	235,700.02	235.70
40,000	40	222,909.18	222.91	269,371.46	269.37
45,000	45	250,772.82	250.77	303,042.89	303.04
46,000	46	256,345.55	256.35	309,777.17	309.78
47,000	47	261,918.28	261.92	316,511.46	316.51
48,000	48	267,491.01	267.49	323,245.75	323.25
48,714	48.714	271,469.94	271.47	328,054.03	328.05
49,000	49	273,063.74	273.06	329,980.03	329.98
50,000	50	278,636.47	278.64	336,714.32	336.71



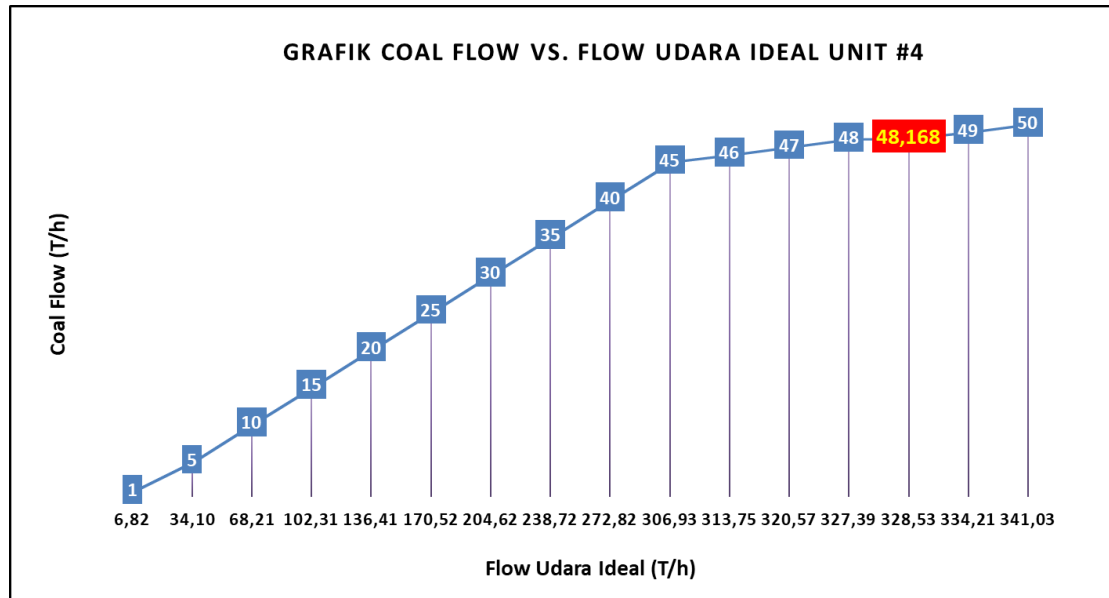
Gambar 4. Grafik Coal Flow vs Flow Udara Ideal Unit 3

Dari Tabel 8 dan Gambar 4 diketahui bahwa pemakaian batubara unit 3 saat dilakukan pengambilan data aktual tanggal 05 September 2018 nilai pemakaiannya seperti yang ditunjukkan angka tercetak tebal pada Tabel diatas. Maka, dengan nilai pemakaian batubara sebesar 48.714 kg/h banyaknya udara ideal yang seharusnya disuplai ke dalam ruang bakar adalah minimal sebesar 328.054,03 kg/h. Sedangkan pada data aktual total air flow yang terukur (*measured*) untuk unit 3 adalah sebesar 328.437,09 kg/h. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah udara yang disuplai ke ruang bakar sudah sesuai dengan jumlah batubara yang digunakan.

Rasio Flow Batubara Dan Flow Udara Unit 4

Tabel 9. Rasio Flow Batubara dan Flow Udara Unit 4

Coal Flow		Udara Minimal (Teoritis)		Udara Ideal	
kg/h	Ton/h	kg/h	Ton/h	kg/h	Ton/h
1,000	1	5,669.03	5.67	6,820.60	6.82
5,000	5	28,345.16	28.35	34,103.02	34.10
10,000	10	56,690.32	56.69	68,206.04	68.21
15,000	15	85,035.48	85.04	102,309.07	102.31
20,000	20	113,380.64	113.38	136,412.09	136.41
25,000	25	141,725.80	141.73	170,515.11	170.52
30,000	30	170,070.95	170.07	204,618.13	204.62
35,000	35	198,416.11	198.42	238,721.16	238.72
40,000	40	226,761.27	226.76	272,824.18	272.82
45,000	45	255,106.43	255.11	306,927.20	306.93
46,000	46	260,775.46	260.78	313,747.80	313.75
47,000	47	266,444.50	266.44	320,568.41	320.57
48,000	48	272,113.53	272.11	327,389.01	327.39
48,168	48.168	273,065.92	273.07	328,534.87	328.53
49,000	49	277,782.56	277.78	334,209.62	334.21
50,000	50	283,451.59	283.45	341,030.22	341.03



Gambar 5. Grafik Coal Flow vs Flow Udara Ideal Unit 4

Dari Tabel 9 dan Gambar 5 dapat diketahui bahwa pemakaian batubara unit 4 saat dilakukan pengambilan data aktual tanggal 31 Oktober 2018 nilai pemakaiannya seperti yang ditunjukkan angka tercetak tebal pada Tabel diatas. Maka, dengan nilai pemakaian batubara sebesar 48.168 kg/h banyaknya udara ideal yang seharusnya disuplai ke dalam ruang bakar adalah minimal sebesar 328.534,87 kg/h. Sedangkan pada data aktual total air flow yang terukur (*measured*) untuk unit 4 adalah sebesar 323.892,24 kg/h. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah udara yang disuplai ke ruang bakar belum sesuai dengan jumlah batubara yang digunakan.

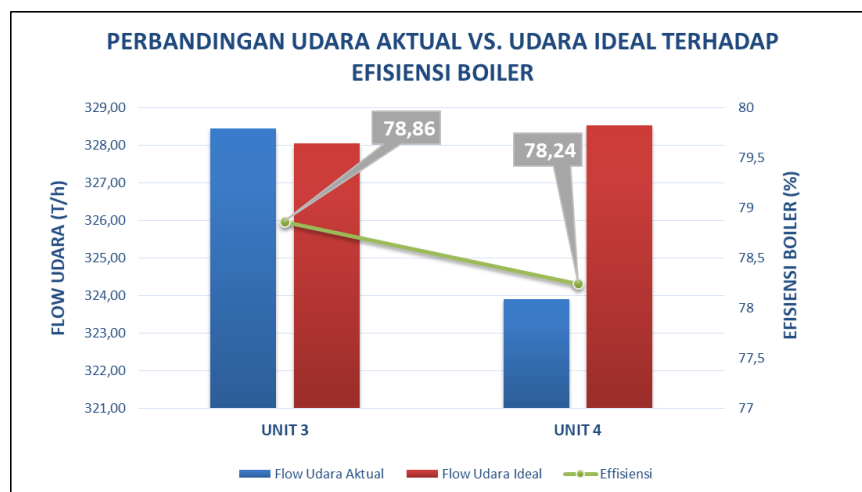
Hubungan Jumlah Udara Pembakaran Terhadap Efisiensi Boiler

Tabel 10. Hubungan jumlah udara pembakaran terhadap efisiensi boiler

Unit	Coal Flow (T/h)	Flow Udara Aktual (Alat Ukur) (T/h)	Flow Udara Ideal (Perhitungan) (T/h)	Deviasi (T/h)	Effisiensi Boiler (%)
UNIT 3	48,714	328,43709	328,05403	0,38	78,86
UNIT 4	48,168	323,89224	328,53487	-4,64	78,24

Seperti pada data yang telah dianalisa sebelumnya, ditunjukkan pada Tabel 10 diatas bahwa total air flow dari unit 3 sudah sesuai atau mendekati dengan nilai udara ideal pada coal flow 48.714 kg/h yakni sebesar 328.437,09 kg/h. Sedangkan pada unit 4 total air flow yang disuplai masih belum mendekati dengan nilai udara ideal pada coal flow 48.168 kg/h yakni hanya sebesar 323.892,24 kg/h. Artinya masih ada deviasi sebesar 4.642,63 kg/h dari nilai udara idealnya yang bernilai 328.534,87 kg/h.

Dari hasil perhitungan rasio kebutuhan udara pembakaran serta perhitungan efisiensi boiler yang sebelumnya sudah didapatkan maka selanjutnya dapat dibuat suatu grafik hubungan antara jumlah udara pembakaran aktual dengan udara ideal (*excess air include*) terhadap nilai efisiensi pada boiler seperti yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Udara Aktual vs Udara Ideal Terhadap Efisiensi Boiler

Dari Gambar 6 dapat dinyatakan bahwa jumlah flow udara aktual yang dibutuhkan untuk proses pembakaran jika nilainya semakin mendekati dengan nilai flow udara idealnya maka secara tidak langsung akan menaikkan nilai efisiensi pembakaran pada boiler. Seperti yang terlihat pada Gambar diatas untuk kondisi unit 3 antara jumlah flow udara aktual dan udara ideal memiliki sedikit deviasi sehingga nilai efisiensi boiler unit 3 yang didapatkan melalui perhitungan mencapai 78,86 %. Sedangkan untuk unit 4, jumlah flow udara aktual dan udara ideal memiliki deviasi yang cukup besar sehingga nilai efisiensi boiler unit 4 yang didapatkan melalui perhitungan hanya mencapai 78,24 %.

Dari hasil analisa yang telah dilakukan diperoleh parameter efisiensi boiler dari unit 3 sebesar 78,86 %, nilai ini sedikit lebih besar dibandingkan dengan parameter efisiensi unit 4 yang hanya sebesar 78,24 %. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor yang mempengaruhi proses pembakaran di dalam boiler salah satunya jumlah udara pembakaran. Idealnya proses pembakaran akan membutuhkan rasio antara jumlah udara dan bahan bakar yang tepat untuk menghasilkan proses pembakaran yang mendekati sempurna.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Besar rasio jumlah udara pembakaran untuk udara ideal (*excess air include*) guna mengoptimalkan proses pembakaran pada boiler yang bertujuan untuk mendapatkan proses pembakaran sempurna yakni rasionya sebesar 6,734 kg udara untuk per-kg batubara (*fuel*) untuk unit 3. Sedangkan untuk unit 4 diperlukan sebesar 6,821 kg udara untuk per-kg batubara (*fuel*).
2. Hasil analisa menunjukkan apabila jumlah flow udara aktual yang dibutuhkan untuk proses pembakaran nilainya semakin mendekati dengan jumlah flow udara idealnya maka secara tidak langsung akan menaikkan nilai efisiensi pembakaran pada boiler. Seperti dari hasil analisa perhitungan yang telah dilakukan, parameter efisiensi boiler unit 3 (78,86%) lebih besar dibandingkan dengan unit 4 (78,24%) dikarenakan deviasi atau selisih antara jumlah flow udara aktual dengan udara ideal dari unit 3 lebih sedikit dibandingkan dengan unit 4 sehingga hal ini menjadi salah satu pengaruh dalam proses pembakaran yang terjadi pada boiler.

DAFTAR PUSTAKA

- China Chengda Engineering. 2011. Boiler Maintenance Manual. Asam Asam: PLTU Kalimantan Selatan (2x65MW).
- China Chengda Engineering. 2011. Boiler Operation Manual. Asam Asam: PLTU Kalimantan Selatan (2x65MW).

- PT. PLN (Persero) Sektor Asam Asam. 2014. Buku Panduan Pengoperasian PLTU Asam Asam Unit 3 &4.
- The American Society of Mechanical Engineers. 1998. Performance Test Codes 4: Fired Steam Generators (1998).
- The American Society of Mechanical Engineers. 2008. Performance Test Codes 4: Fired Steam Generators (2008).