

# DAMPAK PEMBAKARAN BATUBARA INDONESIA TERKAIT KANDUNGAN PRODUK GAS BUANG

**Nur Aryanto Aryono**

Pusat Teknologi Konversi dan Konservasi Energi  
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)  
nuraryantoaryono@yahoo.com

## **Abstract**

*The output of electricity for power plants and output of steam for industrial furnaces related with flue gas concentration, such as fly ash (dust), CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, and SO<sub>2</sub>. The condition of flue gas product is very important for estimated the actual level of emissions, because it product depends on type of plant, operating conditions, maintenance, and on fuel properties. The consequence of coal combustion, a considerable increase in emissions of dust, hydrocarbon, NO<sub>x</sub> and SO<sub>2</sub> is to be expected. Therefore, to use the abatement technology, such as filters, desulphurization plants, de-nitrification unit, fluidized bed combustion, and integrated gas combined cycle power plants for reducing the concentrations of flue gas is an appropriate choice.*

**Kata kunci:** coal combustion, flue gas, emission

## **1. PENDAHULUAN**

Batubara adalah salah satu sumber energi yang paling potensial di dunia dibandingkan sumber minyak bumi dan gas alam. Dengan kenaikan harga minyak bumi di pasar internasional, pengembangan energi batubara menjadi penting, seperti yang dilakukan di Indonesia.

Beberapa industri di dunia telah menggunakan batubara untuk menggantikan penggunaan bahan bakar minyak dan untuk sektor rumah tangga digunakan briket batubara sebagai energi alternatif. Tujuan penggunaan briket batubara adalah untuk menggantikan bahan bakar tradisional, tetapi harga briket batubara lebih mahal daripada bahan bakar tradisional. Lebih jauh lagi, untuk mendukung penggunaan produk pengilangan yang terdiri dari bensin dan solar dalam sektor transportasi, Cina telah mengembangkan pencairan batubara.

Saat ini Jepang, Korea, Taiwan, Filipina, Malaysia, Thailand dan Indonesia telah menggunakan batubara untuk bahan bakar industri dan pembangkit listrik. Untuk menggunakan dan mengembangkan batubara sebagai bahan bakar industri dan pembangkit listrik di beberapa negara dunia relatif sulit karena mereka memiliki persyaratan tertentu untuk penggunaan batubara. Pembakaran batubara untuk bahan bakar industri dan

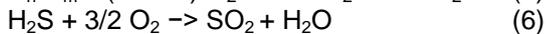
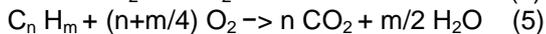
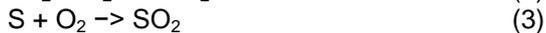
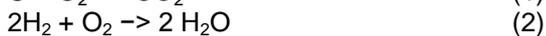
pembangkit listrik harus bersih dan menguntungkan secara ekonomi. Ini berarti bahwa setiap penggunaan batu bara untuk industri dan pembangkit listrik harus dapat bekerja pada berbagai kualitas batubara, harus efisien dan ramah lingkungan.

Ada 4 jenis batubara dengan kualitas yang berbeda yaitu antrasit, bituminus, sub bituminus dan lignit. Setiap jenis batubara memiliki kandungan zat terbang, kadar air, abu, sulfur, nitrogen, karbon, hidrogen dan oksigen yang berbeda. Faktor emisi untuk pembakaran batubara bergantung pada teknologi pembakaran yang dipakai dan jenis batubara. Produk pembakaran batubara adalah gas buang meliputi abu layang, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, metana, CO dan CO<sub>2</sub>. Biasanya untuk menurunkan kandungan abu layang, NO<sub>x</sub> dan SO<sub>2</sub>, unit pembakaran batubara dilengkapi dengan pengendap elektrostatik, pembakar rendah NO<sub>x</sub> dan desulfurisasi gas buang. NO<sub>x</sub> dan SO<sub>2</sub> sebagai polutan yang terkandung dalam gas buang akan menyebabkan hujan asam. Untuk menurunkan kadar polutan tersebut, unsur - unsur itu harus dihilangkan secara in situ, tapi tidak ada pilihan untuk semua negara pengimpor batubara. (Harry Schreurs, 2001)

## 2. Teori dan Metode

### 2.1. Pembakaran Batubara di Pembangkit Listrik

Umumnya di boiler dan tungku pemanas, batubara terbakar bersama dengan udara dalam ruang pembakaran pada temperatur yang cukup untuk mengubah energi kimia potensial bahan bakar menjadi energy panas. Suplai udara harus terkontrol untuk mendapatkan pembakaran yang sempurna, jika suplai udara kurang, beberapa produk yang dapat terbakar meninggalkan ruang pembakaran tanpa terbakar dahulu. Tapi jika suplai udara berlebih, efisiensi akan turun sebanding dengan kelebihan udara. Reaksi sederhana pembakaran batubara ditunjukkan pada persamaan (1) sampai (6).



Dimana :

C adalah karbon

O adalah oksigen

H adalah hydrogen

S adalah sulfur

(Harry Schreurs, 2001)

Disamping reaksi itu, untuk menghitung gas buang yang dihasilkan dan kandungannya untuk pembakaran batubara dibutuhkan analisa batubara, jumlah udara yang disuplai dan unsur - unsur produk pembakaran, dan volume spesifik dari gas (60 °F dan 30 Hg).

Menurut "*Fuels and Fuel Technology*" oleh Wilfrid Francis, jumlah suplai udara dan unsur - unsur produk pembakaran, dan volume spesifik dari gas (60 °F dan 30 Hg) dapat dideteksi (Tabel 1 dan Tabel 2). (Wilfrid Francis, 1980).

### 2.2. Analisa Batubara Indonesia

Indonesia memiliki 4 jenis batubara yaitu lignit, sub bituminus, bituminus dan antrasit. Sebagian besar tambang batubara ditemukan di Sumatra, Kalimantan, Sulawesi dan Papua. Cadangan batubara terkecil di Indonesia adalah di Jawa dengan jenis lignit.

Cadangan batubara utama adalah di Kalimantan dengan jenis batubara dari lignit sampai bituminus. Cadangan batubara terbesar yaitu batubara sub bituminus dianggap sebagai batubara uap dengan nilai kalor netto (NCV) sebesar 23,93 / kg MJ, batubara ini ditandai oleh kadar air yang menengah sampai tinggi, abu rendah, sulfur rendah, dan tinggi kandungan zat terbang. Dalam makalah ini untuk pertambangan

batubara di Kalimantan hanya diperkenalkan pertambangan batubara Petangis Kalimantan. (BPPT-KFA, 1988)

Cadangan batubara yang lebih sedikit terdapat di Sumatra. Sumatra memiliki 3 wilayah batubara utama, seperti Ombilin (Sumatra Barat), Bukit Asam (Sumatra Selatan) dan Bengkulu. Ombilin dan Bengkulu memiliki satu jenis batubara yaitu batubara bituminus, dengan NCV masing-masing sekitar 26,63 MJ/kg dan 26 MJ/kg. Karakteristik batubara Ombilin dan Bengkulu antara lain tingkat kekerasannya menengah dengan abu rendah, tinggi zat terbang dan rendah kandungan sulfur.

Jenis pertambangan batubara Bukit asam adalah lignit, sub bituminus dan antrasit. Jenis batubara di Banko, Muara Tiga Besar dan Cerenti adalah lignit dengan NCV masing-masing sekitar 19.1 MJ/kg, 17.9 MJ/kg dan 18.28 MJ/kg. Sedangkan batubara sub bituminus yang ditemukan di Bukit Asam (Air Laya, Muara Tiga Kecil dan Lumut) dengan NCV sekitar 21.87 MJ/kg dan antrasit ditemukan di Suban dengan NCV sekitar 32.32 MJ/kg. (BPPT-KFA, 1988)

Tabel 1. Jumlah suplai udara dan unsur – unsur produk pembakaran

Unsur Pembakaran	Komponen udara (lb) atau pembakaran produk (lb) per lb unsure							
	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Air	CO <sub>2</sub>	CO	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>
Carbon*	2.66	8.82	11.48	3.66		8.82		
Carbon**	1.33	4.41	5.74		2.33	4.41		
Hydrogen	8	26.4	34.4			26.4	9	
Sulphur	1	3.3	4.3					2

Catatan :

- \* Produknya adalah CO<sub>2</sub>
- \*\* produknya adalah CO

Tabel 2. Volume spesifik dari Gas pada 60 F dan 30 Hg

	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> *	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	CO	CH <sub>4</sub>	Air
Berat molekul Avg	2	32	28.3	44	64	18	28	16	
Volume Spesifik (cuft/lb)	187.6	11.82	13.43	8.6	5.79	21	13.5	23.6	13.06
Volume Spesifik (cuft/kg)	409.97	25.83	29.35	18.794	12.653	45.89	29.5	51.57	28.54

Catatan :

- \* termasuk gas inert

### 2.3. Analisa Proksimat dan Ultimat

Analisa proksimat meliputi parameter karbon tetap (Fixed Carbon, FC), zat terbang (Volatile Matter, VM), abu (ASH) dan kadar air (Moisture, M) atau Kadar air total (Total Moisture, MT) dan atau Kadar air inherent (Inherent Moisture, MI) yang dinyatakan dalam persen berat. Dalam hubungannya dengan analisa proksimat dan

sebagian besar kasus pada basis yang sama, nilai kalor sudah “given” (ada).

Analisa ultimat meliputi analisa unsur - unsur sulfur (S), karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O) dan nitrogen (N) yang dinyatakan dalam persen berat. Basis analisa adalah “as received (a.r), yang berarti persen S, C, H, O, N ditambah persen MT dan persen abu harus mencapai 100 % atau jumlah persen S, C, H, O, N sama dengan jumlah VM dan FC. (BPPT-NEDO, 2002)

Untuk mengetahui kandungan batubara dibutuhkan analisis proksimat dan ultimat. Hasil analisa proksimat dan ultimat untuk batubara bituminus Ombilin, batubara sub bituminus Bukit Asam, batubara lignit Banko dan batubara sub bituminus Petangis ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisa proksimat dan ultimat batubara Indonesia

	Batubara Bituminus Ombilin	Batubara Sub-Bituminus Bukit Asam	Batubara Lignit Banko	Batubara Sub-Bituminus Petangis
Analisis Proximate (a.r.)				
Karbon Tetap (Fixed Carbon, FC)	49.04	37.48	29.63	41.30
Zat Terbang (Volatile Matter, VM)	34.99	37.80	29.15	39.10
Abu (Ash)	5.08	4.63	6.22	11.60
Kadar Air Inherent (Inherent Moisture, IM)	6.58			
Kadar Air Total (Total Moisture, TM)	10.85	20.09	35.00	8.00
Nilai kalor Calorific Value (Kcal/kg)	6662.00	5100.00	4210.70	6420.00
Analisis Ultimat (a.r.)				
Sulfur	0.52	0.38	0.34	0.70
Karbon	60.52	57.82	34.98	63.50
Hidrogen	4.53	4.27	4.85	4.90
Oksigen	17.42	11.98	20.02	10.00
Nitrogen	1.07	0.81	0.53	1.20
Grindability (HGI)	40.00	55.00	40.30	

## 2.4. Gas Buang

Gas buang dihasilkan dari batubara ketika dibakar dengan jumlah udara yang cukup untuk pembakaran sempurna, tidak berlebih, mengandung sejumlah tertentu persentase karbondioksida <sup>Wifrid Francis</sup>. Output listrik untuk pembangkit listrik dan uap untuk pemanas

industri berkaitan dengan konsentrasi gas buang. Seluruh konsentrasi hasil pembakaran batubara, seperti abu layang (debu), CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> dan SO<sub>2</sub> yang keluar bersama aliran gas buang harus merujuk pada kondisi gas buang pada 0 °C dan 1013 mbar (hPa). Kondisi ini sangat penting untuk memperkirakan tingkat emisi yang sesungguhnya, khususnya produk gas buang, karena produk yang dihasilkan dipengaruhi oleh jenis pembangkit, kondisi operasi, perawatan dan sifat bahan bakar. (Decades Tools)

Terkait dengan produksi gas buang dari pembakaran batubara, dalam makalah ini dampak pembakaran batubara ditekankan pada batubara Indonesia (Ombilin, Bukit Asam, Banko dan Petangis). Perhitungan produksi gas buang dan kandungannya membutuhkan analisa ultimat dan proksimat batubara. Dalam hal ini, batubara Ombilin, Bukit Asam, Banko dan Petangis memiliki kandungan unsur S, C, H, N, O, FC, VM, abu dan kadar air yang berbeda (Tabel 3).

Karena penggunaan batubara Ombilin, Bukit Asam, Banko dan Petangis yang cepat di Indonesia, konsentrasi gas buang akan meningkat juga. Konsekuensi dari penggunaan batubara adalah kenaikan emisi debu, hidrokarbon, NO<sub>x</sub> dan SO<sub>2</sub>. Oleh karena itu, penggunaan teknologi pengurang emisi, seperti filter, unit desulfurisasi, unit denitrifikasi, pembakaran unggun terfluidisasi dan pembangkit listrik siklus gabungan gas terintegrasi, untuk mengurangi konsentrasi gas buang adalah sebuah pilihan yang tepat.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perkiraan volume total gas buang dari pembakaran batubara sebagai produk total pembakaran basah dan kering didasarkan pada suplai O<sub>2</sub>, total nitrogen, CO<sub>2</sub>, uap air dan SO<sub>2</sub> dalam gas buang.

Menurut udara teoritis, terdiri dari suplai udara dan unsur – unsur produk pembakaran terkait karbon, hidrogen dan sulfur (Tabel 1) dan volume spesifik dari gas H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CO, CH<sub>4</sub> dan udara pada 60 F, 30 Hg (Tabel 2), total produk pembakaran basah dan kering dan kandungannya dapat diperkirakan. Disamping parameter tersebut, kandungan batubara juga sangat berpengaruh terhadap jumlah total volume gas buang dan kandungannya.

Berdasarkan pada total O<sub>2</sub> yang dibutuhkan dari karbon, hidrogen dan sulfur dikurangi kandungan O<sub>2</sub> dalam batubara dapat diprediksikan total suplai O<sub>2</sub>. Jumlah total suplai O<sub>2</sub> digunakan untuk menghitung udara yang dibutuhkan dengan memperhatikan konsentrasi oksigen dan nitrogen di udara.

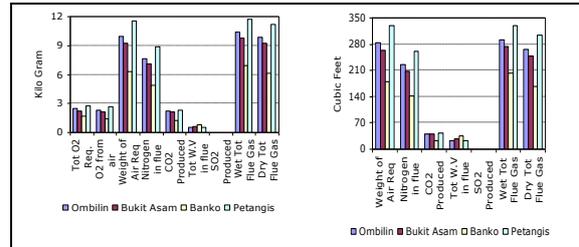
Jumlah nitrogen dalam gas buang berhubungan dengan jumlah udara total yang dibutuhkan dan kandungan nitrogen dalam batubara.

Suplai udara dan produk pembakaran yang berhubungan dengan kandungan karbon, hidrogen dan sulfur batubara digunakan untuk memperkirakan konsentrasi polutan CO<sub>2</sub>, air total dan SO<sub>2</sub> total dalam gas buang. Sedangkan perkiraan total uap air dalam gas buang berasal dari total air dalam gas buang yang kemudian dibagi dengan jumlah kandungan air total dalam batubara. Grafik 1, menunjukkan nilai total volume gas buang untuk pembakaran basah dan kering dalam kg dan cuft untuk batubara Ombilin, Bukit Asam, Banko dan Petangis. Dari grafik tersebut ditunjukkan nilai total gas buang dari pembakaran batubara Ombilin, Bukit Asam, Banko dan Petangis.

Batubara Petangis menghasilkan total gas buang basah dan kering lebih dari batubara lain, yaitu 11.7 kg atau 328.6 cuft untuk basah dan 11.2 kg atau 304.7 cuft untuk kering. Masing-masing total gas buang basah dan kering dari Ombilin, Bukit Asam dan Banko adalah 10.4 kg atau 291 cuft, 9.8 kg atau 274,9 cuft, 6.9 kg atau 202.5 cuft, and 9.9 kg atau 267.3 cuft, 9.2 kg atau 248 cuft, 6.1 kg atau 166.4 cuft. Total gas buang kering dan basah sebanding dengan uap air, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> dalam gas buang. Batubara Banko memiliki uap air paling besar (0.79 kg atau 36.09 cuft) dibandingkan uap air Ombilin (0.516 kg atau 23.69 cuft), Bukit Asam (0.585 kg atau 26.86 cuft), dan Petangis (0.521 kg atau 23.91 cuft).

Total gas buang kering dan basah tidak hanya bergantung pada uap air. Kandungan sulfur, nitrogen dan karbon dalam batubara Banko yang paling kecil diantara batubara lain menyebabkan total gas buang kering dan basah batubara Banko paling kecil, meskipun dia memiliki kadar uap air paling besar. Total uap air dalam gas buang untuk batubara Banko paling besar diantara batubara Bukit Asam, Ombilin dan Petangis, nilainya masing-masing adalah 17.8 %, 9.8 %, 8.1 % dan 7.3 %.

Dalam hal ini, batubara Ombilin, Bukit Asam, Banko dan Petangis diasumsikan terbakar sempurna ; sehingga tidak dihasilkan karbonmonoksida dari pembakaran. Produk pembakaran sebagai kandungan gas buang hanya CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> dan SO<sub>2</sub> (Tabel 4). Rata-rata pembakaran batubara Sumatra dan Kalimantan memiliki kandungan nitrogen gas buang lebih besar dan memiliki kandungan nitrogen dan SO<sub>2</sub> yang rendah.



Grafik 1. Jumlah Total Volume Gas Buang Basah dan Kering untuk Batubara Ombilin, Bukit Asam, Banko dan Petangis

Tabel 4. Kandungan Gas Buang dan Volumennya

	Batubara Ombilin	Batubara Bukit Asam	Batubara Banko	Batubara Petangis
<b>Analisis Ultimat Batubara (% berat)</b>				
Sulfur	0.52	0.38	0.34	0.70
Karbon	60.52	57.82	34.98	63.50
Hidrogen	4.53	4.27	4.85	4.90
Oksigen	17.42	11.98	20.02	10.00
Nitrogen	1.07	0.81	0.53	1.20
<b>Total Produk Pembakaran Basah dan Kering (cuft)</b>				
Total gas buang basah	290.9709	274.8536	202.5108	328.5984
Total gas buang kering	267.2817	247.9979	166.4212	304.6889
<b>Kandungan Gas Buang, kering (% Vol)</b>				
CO <sub>2</sub>	15.575	16.037	14.459	14.335
Nitrogen	84.376	83.924	85.488	85.606
SO <sub>2</sub>	0.049	0.039	0.052	0.058

#### 4. KESIMPULAN

Indonesia memiliki lebih banyak cadangan batubara dan cadangan batubara terbesar ada di Kalimantan dengan jenis batubara bervariasi dari lignit sampai bituminus. Cadangan batubara yang lebih sedikit ada di Sumatra, yaitu Ombilin (Sumatra Barat), Bukit Asam (Sumatra Selatan) dan Bengkulu. Ombilin dan Bengkulu memiliki satu jenis batubara yaitu bituminus. Sedangkan pertambangan batubara Bukit Asam memiliki tiga jenis batubara yaitu lignit, sub bituminus dan antrasit. Hampir semua batubara di Sumatra memiliki kandungan abu dan sulfur rendah serta zat terbang tinggi mirip dengan batubara Kalimantan.

Perhitungan kandungan gas buang yang dihasilkan dari pembakaran batubara membutuhkan analisa batubara, suplai udara dan unsur – unsur produk pembakaran dan volume spesifik dari gas (60 °F dan 30 Hg). Oleh karena itu kandungan gas buang yaitu abu layang (debu), NO<sub>x</sub> dan SO<sub>2</sub> harus merujuk kondisi gas buang pada 0 °C dan 1013 mbar (hPa).

Batubara Petangis menghasilkan total gas buang kering dan basah melebihi batubara lain, sedangkan batubara Banko menghasilkan total uap air dalam gas buang yang terbesar daripada batubara Bukit Asam, Ombilin dan Petangis. Total gas buang kering dan basah sebanding dengan uap air. Dalam hal ini batubara yang terbakar dianggap mengalami pembakaran sempurna, sehingga tidak ada karbon monoksida yang dihasilkan dalam pembakaran, tetapi kandungan sulfur, nitrogen dan karbon dalam batubara Banko yang paling kecil dibanding batubara lain menyebabkan total gas buang kering dan basah dalam batubara Banko paling kecil. Rata-rata pembakaran batubara Sumatra dan Kalimantan memiliki kandungan nitrogen dalam gas buang kering lebih besar dan memiliki kandungan nitrogen dan SO<sub>2</sub> rendah.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- BPPT-KFA, *The Indonesia Coal Sector. Final Data and Modeling Report*. Januari 1988.
- BPPT-NEDO, *Feasibility Study on Direct Liquefaction of Banko Coal in Indonesia*. Maret 2002.
- Decades Tools. *Pollutant Concentration in The Flue Gas*.
- Francis, W., 1980, Inst. Fuel. *Fuels and Fuel Technology*. A Summarized Manual in Two Volumes, Pergamon Press.
- Schreurs, Harry, 2001, *Coal Combustion Comes Clean Environmental save and Economical Sound: Experiences from The Netherlands*. NOVEM.