

GAS CO₂ DAN POLUTAN RADIOAKTIF DARI PLTU BATUBARA

Ida N.Finahari, Djati HS., Heni Susiati*)

ABSTRAK

EMISI GAS CO₂ DAN POLUTAN RADIOAKTIF DARI PLTU BATUBARA. Kebutuhan energi di Indonesia untuk pembangkit listrik masih sangat bergantung pada pembakaran bahan bakar fosil seperti batubara, minyak bumi dan gas. Pembakaran langsung batubara akan dihasilkan gas CO₂ yang dapat menimbulkan pencemaran udara, serta polutan radioaktif yang dapat meningkatkan paparan radioaktivitas alam. Radionuklida alam yang terkandung dalam batubara berupa kalium, uranium, thorium, dan produk- produk peluruhannya. Emisi gas CO₂ yang dihasilkan dari PLTU batubara dapat direduksi jumlahnya dengan melengkapi unit pembangkit dengan fasilitas pengolahan gas buang. Pada fasilitas ini, gas CO₂ direaksikan dengan kalsium hidroksida dan dihasilkan kalsium karbonat. Kalsium karbonat dapat dipakai sebagai bahan dasar pada industri makanan, farmasi dan industri konstruksi. Alternatif yang lain untuk mengurangi dampak pencemaran udara adalah dengan mengganti bahan bakar batubara dengan bahan bakar nuklir atau bahan bakar baru & terbarukan.

Kata Kunci : Polutan radioaktif, gas CO₂, PLTU Batubara

ABSTRACT

EMISSION OF CO₂ GAS AND RADIOACTIVE POLLUTANT FROM COAL FIRED POWER PLANT. Energy utilization for power plant in Indonesia is still depending on burning fossil fuel such as coal, oil and gaseous fuel. The direct burning of coal produces CO₂ gas that can cause air pollution, and radioactive pollutant that can increase natural radioactive dosage. Natural radionuclide contained in coal is in the form of kalium, uranium, thorium and their decay products. The amount of CO₂ gas emission produced by coal fired power plant can be reduced by equipping the plant with waste-gas treatment facility. At this facility, CO₂ gas is reacted with calcium hydroxide producing calcium carbonate. Calcium carbonate then can be used as basic material in food, pharmaceutical and construction industries. The alternative method to reduce impact of air pollution is by replacing coal fuel with nuclear fuel or new and renewable fuel.

Keywords : Radioactive pollutant, CO₂ gas, Coal Fired Power Plant

I. PENDAHULUAN

Pemakaian energi di Indonesia untuk pembangkit listrik masih sangat bergantung pada pembakaran bahan bakar fosil seperti batubara, minyak bumi dan gas. Dari pembakaran bahan bakar fosil tersebut dihasilkan gas CO₂, NO_x dan SO₂ yang dapat menimbulkan pencemaran udara dan dihasilkan pula polutan radioaktif. Kenaikan jumlah gas CO₂ di udara akibat pembakaran bahan bakar fosil akan meningkatkan efek rumah

*) Bidang Perencanaan Sistem Energi - PPEN

kaca yang dapat menyebabkan pemanasan global, dan akhirnya dapat mempengaruhi perubahan iklim serta rusaknya ekosistem di bumi. Sedangkan polutan radioaktif terjadi karena batubara mengandung unsur radioaktif alam yang terjebak dalam batubara, dimana pada saat batubara dibakar terjadi penguraian yang menyebabkan unsur radioaktif alam tersebut ikut keluar bersama-sama dengan gas emisi lainnya ataupun terikut dalam abu hasil pembakaran. Unsur radioaktif alam dari batubara terdiri dari kalium, uranium, thorium, dan juga hasil peluruhannya seperti radium, radon, polonium, bismuth dan timbal [1].

Ditinjau dari sisi emisi CO₂, pembakaran batubara mengemisi CO₂ jauh lebih banyak dibanding minyak dan gas. Untuk itu perlu dilakukan sistem pengelolaan yang baik sehingga meskipun laju pembakaran batubara meningkat pesat, tetapi isu lingkungan global tetap tidak boleh diabaikan. Emisi gas CO₂ yang dihasilkan dari pembangkit listrik berbahan bakar batubara dapat direduksi jumlahnya dengan melengkapi unit pembangkit dengan fasilitas pengolahan gas buang. Pada fasilitas ini gas CO₂ direaksikan atau diabsorpsi dengan bahan kimia tertentu menghasilkan produk yang dapat dimanfaatkan dan mempunyai nilai ekonomi, sehingga disamping mereduksi jumlah emisi gas CO₂ yang ditimbulkan dari pembakaran batubara tersebut, kelestarian lingkunganpun tetap terjaga. Berkaitan dengan polutan radioaktifnya, karena penggunaan batubara menunjukkan peningkatan yang signifikan maka paparan zat radioaktifnya diperkirakan juga akan meningkat, sehingga perlu penanganan dalam pengelolaannya. Mengacu pada program akselerasi peningkatan energi listrik, Indonesia akan membangun PLTU batubara dengan kapasitas 10.000 MWe dan diharapkan dapat beroperasi pada tahun 2009. Serta dilihat pada Peraturan Presiden nomor 5 tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional, bahwa Indonesia menargetkan peningkatan penggunaan batubara sebagai sumber energi dari 14,1 % saat ini menjadi 32,7 % pada tahun 2025.

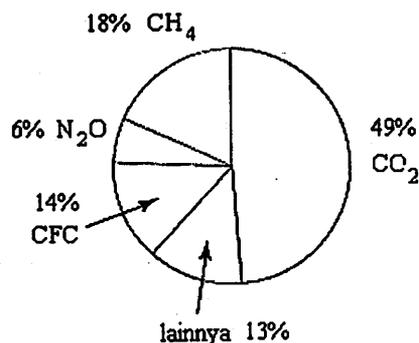
Pada kajian ini akan dibahas emisi gas CO₂ dan jenis-jenis polutan radioaktif yang dihasilkan dari pembangkit listrik berbahan bakar batubara. Peran PLTN sebagai alternatif pembangkit listrik untuk mengurangi emisi gas CO₂ juga dibahas. Hasil kajian ini diharapkan dapat memberikan gambaran masalah lingkungan yang kemungkinan besar akan dihadapi baik secara regional maupun global di masa mendatang akibat emisi gas CO₂ dan paparan radioaktif alam yang dihasilkan dari PLTU batubara.

II. EEMISI GAS CO₂

Gas CO₂ merupakan produk dari reaksi pembakaran sempurna bahan bakar hidrokarbon dengan udara. Karbon dioksida sebenarnya bukanlah racun yang berbahaya bila terhirup dan dapat diserap oleh tumbuh-tumbuhan sebagai bahan dasar proses fotosintesis. Terbentuknya gas CO₂ sebagai produk dari pembakaran tidak dapat dihindari dan konsentrasi gas CO₂ yang besar menandakan pembakaran terjadi secara

sempurna. Namun gas CO₂ memegang peranan penting bagi terjadinya efek rumah kaca dimana panas matahari yang diserap bumi terperangkap di bawah lapisan CO₂ di atmosfer.

Pada Gambar 1 ditunjukkan komposisi penyusun gas rumah kaca, dimana kontribusi gas CO₂ sebesar 49 %, gas CH₄ sebesar 18 %, gas N₂O sebesar 6 %, gas CFC sebesar 14 % dan sisanya sebesar 13%. Dari komposisi tersebut terlihat bahwa gas CO₂ memberikan kontribusi paling besar terhadap terjadinya pemanasan global. Ditinjau dari sumber emisi, kegiatan terkait dengan pembangkitan dan pemanfaatan energi diperkirakan menyumbang lebih dari 50% [2].



Gambar 1. Komposisi penyusun gas rumah kaca [2]

Kenaikan jumlah gas CO₂ di udara dapat menghambat hilangnya panas dari permukaan bumi dan akan meningkatkan efek rumah kaca yang dapat menyebabkan naiknya suhu permukaan bumi yang disebut pemanasan global (*global warming*). Akibat pemanasan global tersebut dapat mempengaruhi perubahan iklim seperti pemuainan panas lautan dan mencairkan es di kutub yang dapat mengakibatkan banjir terutama daerah pesisir pantai, melelehnya gletser dan punahnya spesies makhluk hidup tertentu dan rusaknya ekosistem di bumi.

III. POLUTAN RADIOAKTIF DARI PLTU BATUBARA

Secara alamiah batubara mengandung unsur radioaktif. Pada saat proses pembakaran langsung terjadi perengkahan termal (*cracking*) yang menyebabkan unsur radioaktif alam tersebut akan ikut keluar bersama-sama dengan gas hasil pembakaran lainnya ataupun terikut dengan abu hasil pembakaran. Polutan radioaktif yang paling dominan berasal dari batubara adalah unsur radioaktif alam seperti U-238, Th-232, dan K-40. Unsur-unsur ini mempunyai waktu paruh yang sangat panjang yaitu milyaran tahun. Unsur-unsur U-238 dan Th-232 juga menghasilkan beberapa produk peluruhan dengan waktu paruh sampai ribuan tahun. Jenis-jenis polutan radioaktif yang dihasilkan dari pembakaran batubara beserta waktu paruhnya ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis Polutan Radioaktif yang dihasilkan dari Pembakaran Batubara [3]

No.	Jenis Polutan	Lambang	Jenis Radiasi	Waktu Paruh (tahun)
1.	Timbal-210	$^{82}\text{Pb}^{210}$	β	19,40
2.	Polonium-210	$^{84}\text{Po}^{210}$	α	0,380
3.	Protactinium-231	$^{91}\text{Pa}^{231}$	α	$3,43 \cdot 10^4$
4.	Radium-226	$^{88}\text{Ra}^{226}$	α	1.620
5.	Thorium-232	$^{90}\text{Th}^{232}$	α	$1,39 \cdot 10^{10}$
6.	Uranium-238	$^{92}\text{U}^{238}$	α	$4,5 \cdot 10^9$
7.	Karbon-14	$^{6}\text{C}^{14}$	β	5.730
8.	Kalium-40	$^{19}\text{K}^{40}$	α	$1,28 \cdot 10^9$

Dari Tabel 1 dapat dijelaskan bahwa polutan radioaktif Pb, Po, Pa, Ra, Th dan U termasuk golongan logam berat dan bila masuk ke dalam tubuh manusia akan berdampak buruk terhadap kesehatan. Paparan radiasi β yang dihasilkan dari Pb-210 merupakan bahaya radiasi eksternal dan internal terhadap tubuh manusia, sedangkan radiasi α yang dihasilkan dari Po-210 sampai dengan U-238 merupakan bahaya radiasi internal. Bahaya radiasi eksternal artinya unsur radioaktif tersebut walaupun berada di luar tubuh tetap dapat merupakan sumber bahaya radiasi, karena daya tembusnya yang besar. Sedangkan bahaya radiasi internal artinya unsur radioaktif tersebut tidak berbahaya kalau hanya berada di luar tubuh karena daya tembusnya relatif sangat pendek, akan tetapi menjadi berbahaya bila masuk ke dalam tubuh manusia karena daya ionisasinya yang besar.

Polutan zat radioaktif alam yang dihasilkan dari PLTU batubara adalah berbentuk partikulat, yang terdiri dari partikulat yang ikut terbawa keluar melalui cerobong asap berupa abu terbang (*fly ash*) dan partikulat yang mengendap bersama abu (*bottom ash* atau *slag*). Polutan yang diemisikan melalui cerobong suatu pembangkit akan menyebar ke udara sehingga kemungkinan akan terjadi penurunan kualitas udara. Badan Lingkungan, Departemen Energi, Amerika melaporkan bahwa pembakaran batubara yang mengandung radioaktif alam uranium, thorium, radium, dan produk peluruhannya akan menghasilkan konsentrasi radionuklida seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2. [4]

Tabel 2. Konsentrasi radionuklida dari sampel abu batubara [4]

Jenis Radionuklida	Konsentrasi ($\mu\text{Ci/g}$)	
	<i>Fly Ash</i>	<i>Bottom ash dan slag</i>
^{238}U	2,6	0,7
^{235}U	0,13	0,03
^{234}U	2,6	0,7
^{231}Pa	0,13	0,03
^{232}Th	1,7	0,4
^{230}Th	1,8	0,5
^{228}Th	2,6	0,6
^{227}Ac	0,13	0,03
^{228}Ra	1,4	0,4
^{226}Ra	3,0	0,7
^{210}Po	5,6	1,4
^{210}Pb	5,4	1,4

IV. PERKIRAAN EMISI GAS CO₂ DAN POLUTAN RADIAOKTIF

Batubara domestik digunakan antara lain untuk pembangkit listrik, industri semen, industri logam, industri kertas, briket batubara dan lain-lain. Penggunaan yang terbesar dari batubara Indonesia adalah untuk pembangkit listrik. Jumlah konsumsi batubara yang digunakan untuk masing-masing pembangkit listrik terpasang yang ada di Indonesia menunjukkan peningkatan dari tahun 2002 ke 2003 yaitu sebesar 20,046 juta ton menjadi 22,995 juta ton atau setara dengan produksi listrik sebesar 8.660 MWe[5]. Sebagian besar jenis batubara yang dipakai untuk pembangkit listrik di Indonesia adalah *sub-bituminous*. Batubara *sub-bituminous* mempunyai kandungan karbon (C) sekitar 74 %. Reaksi pembakaran yang terjadi adalah :



Basis perhitungan : 100 ton batubara

Untuk 100 ton batubara jumlah C = 74% x 100 = 74 ton

Mol C = 74/BM C = 74/12 = 6,167 mol

Mol CO₂ yang terbentuk = mol C_{batubara} = 6,167 mol

Sehingga jumlah CO₂ yang terbentuk = 6,167 x BM CO₂ = 6,167 x 44 = 271,348 ton

Jadi untuk 100 ton batubara dihasilkan CO₂ sebanyak 271,348 ton.

Untuk 20,046 juta ton dan 22,995 juta ton batubara dihasilkan jumlah emisi gas CO₂ sebesar 54,395 juta ton dan 62,398 juta ton, dan mengalami peningkatan sebesar 14,7% dari tahun 2002 sampai 2003.

Pada Tabel 3 ditunjukkan konsentrasi unsur-unsur radioaktif dalam batubara. Bila ditinjau dari jumlah unsur radioaktif alam yang terkandung dalam batubara, maka diketahui bahwa kandungan Uranium di dalam batubara berkisar antara 1-10 ppm, sedangkan kandungan Thoriumnya rata-rata 2,5 kali dari kandungan Uranium [6].

Tabel 3. Konsentrasi Radionuklida Uranium, Thorium dan produk peluruhannya dalam Batubara yang diperdagangkan secara Internasional [6]

Deskripsi Batubara	U	Th	Th-230	Po-210	Rn-222	Total Radioaktivitas
	mg/kg		Bq/kg			Bq/kg
USA 2	1,2	3,2	32	48	33	1105
Afrika Selatan 1A	1,7	7,3	46	42	42	986
Indonesia A	0,2	0,67	19	19	21	560
Colombia A	0,45	0,9	19	16	16	447
China A	3,1	12,2	37	37	35	977
Venezuela 1	0,64	1,8	15	20	12	436

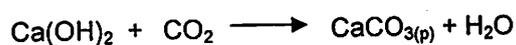
Batubara Indonesia mempunyai kandungan rata-rata uranium 0,2 mg/kg dan thorium 0,67 mg/kg (Tabel 3). Untuk konsumsi batubara sebanyak 20,046 juta ton dan 22,995 juta ton, maka setelah dihitung kandungan rata-rata U nya adalah 4 dan 4,6 ton sedangkan kandungan Th nya adalah 13,4 dan 15,4 ton.

V. PEMBAHASAN

Dari contoh perhitungan emisi gas CO₂ di atas dapat diketahui bahwa jumlah emisi gas CO₂ yang dihasilkan dari PLTU batubara mengalami peningkatan sebesar 14,7% hanya dalam kurun waktu 1 tahun. Program percepatan kelistrikan yang dicanangkan pemerintah untuk membangun PLTU batubara sebesar 10.000 MWe mengindikasikan akan dibutuhkan batubara dalam jumlah yang cukup besar di masa yang akan datang. PLN memperkirakan pada tahun 2010 kebutuhan bahan bakar untuk PLTU mencapai 71,9 juta ton per tahun [Kompas, Juni 2006]. Pembakaran batubara yang hampir 4 kali lipat dibanding tahun 2003 berdampak pada peningkatan emisi gas CO₂ yang melonjak pesat.

Untuk mengendalikan jumlah emisi gas CO₂ yang ditimbulkan dari pembangkit listrik berbahan bakar batubara agar kelestarian lingkungan tetap terjaga, pada unit pembangkit perlu dilengkapi dengan fasilitas pengolahan gas buang. Untuk menangkap gas SO₂ dilengkapi dengan peralatan desulfurisasi gas buang, untuk gas NO_x dilengkapi dengan peralatan *selective catalytic reduction* dan untuk gas CO₂ dilengkapi dengan absorber untuk mereaksikan CO₂ dengan bahan mineral tertentu [7].

Dengan mereaksikan gas CO₂ dengan kalsium hidroksida [Ca(OH)₂] dihasilkan kalsium karbonat [*www.globalwarming*]. Kalsium karbonat merupakan senyawa kimia dengan rumus CaCO₃ yang umumnya digunakan sebagai bahan baku pada industri makanan, industri farmasi dan industri konstruksi. Pada industri makanan digunakan sebagai suplemen kalsium, pada industri farmasi digunakan sebagai bahan *antacid* dan bahan dasar obat berbentuk tablet, pada industri konstruksi digunakan sebagai bahan dasar semen dan bahan bangunan, digunakan juga sebagai pengganti kaolin pada produksi kertas yang kilap, juga sebagai bahan lapisan gelas dan sebagai bahan lensa mata. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Sedangkan abu hasil pembakaran batubara yang mengandung polutan radioaktif dapat dimanfaatkan sebagai aditif pada bahan bangunan beton dan radioaktivitas yang dikandungnya tidak berbeda jauh dengan bahan aditif beton konvensional atau bahan bangunan yang lain seperti granit dan bata merah.

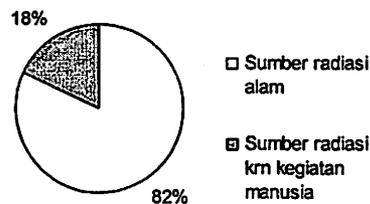
Alternatif yang lain adalah dengan mengganti bahan bakar batubara untuk pembangkit listrik dengan bahan bakar yang lebih ramah lingkungan seperti energi nuklir,

energi baru dan terbarukan (panas bumi, matahari, hidro dan angin). Sebagai contoh untuk pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN) berdaya 1000 MWe dibutuhkan bahan bakar nuklir sebanyak 27 ton per tahun dan ekuivalen dengan bahan bakar batubara sebanyak 2.600.000 ton per tahun. Perbandingan jenis dan jumlah limbah yang dihasilkan ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan produksi limbah PLTU batubara dan PLTN berdaya 1000 Mwe [8]

Jenis Limbah yang dihasilkan	PLTU Batubara (dalam ton)	PLTN (dalam ton)
HLW	-	27
ILW	-	310
LLW	-	460
CO ₂	6.000.000	-
SOx	244.000	-
NOx	222.000	-
Abu	320.000	-

Dari Tabel 4 terlihat bahwa dengan pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN) meskipun dihasilkan limbah nuklir berupa limbah radioaktif aktivitas rendah (*low level waste*, LLW), aktivitas menengah (*intermediate level waste*, ILW) dan aktivitas tinggi (*high level waste*, HLW) tetapi tidak dihasilkan emisi gas CO₂. Sehingga dengan mengganti bahan bakar batubara dengan bahan bakar nuklir untuk pembangkit listrik berdaya 1000 MWe dapat direduksi emisi gas CO₂ sebanyak 6.000.000 ton per tahunnya.



Gambar 2. Kontribusi sumber radiasi alam dan sumber radiasi akibat kegiatan manusia terhadap total rata-rata dosis radiasi penduduk di Amerika Serikat [9]

Paparan radiasi yang diterima manusia bukan saja berasal dari pengoperasian PLTN. Secara umum, kontribusi paparan radiasi bisa berasal dari alam maupun sebagai akibat kegiatan manusia. Pada Gambar 2 [8] ditunjukkan kontribusi sumber radiasi baik sumber radiasi alam maupun akibat kegiatan manusia terhadap total rata-rata dosis radiasi penduduk di Amerika Serikat. Dari gambar dapat dijelaskan bahwa sumber radiasi

alam menyumbang 82% sedangkan sumber radiasi akibat kegiatan manusia menyumbang 18% dimana yang terbanyak adalah dari pemakaian sinar X (11%), kedokteran nuklir (4%), produk pemakai (3%) dan lain-lain (salah satunya dihasilkan dari PLTU batubara) sekitar kurang dari 1% dari total dosis rata-rata penduduk. Karena paparan radiasi yang ditimbulkan dari PLTU batubara relatif sangat kecil (<1%) dibanding paparan radiasi dari sumber lainnya maka belum perlu untuk dilakukan penanganan khusus dalam pengelolaannya.

VI. KESIMPULAN

Dari pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa emisi gas CO₂ yang dihasilkan dari pembangkit listrik berbahan bakar batubara dapat direduksi jumlahnya dengan melengkapi unit pembangkit dengan fasilitas pengolahan gas buang. Pengolahan gas CO₂ yaitu dengan mengabsorpsi gas CO₂ dengan kalsium hidroksida dan dihasilkan kalsium karbonat. Kalsium karbonat dapat dipakai sebagai bahan dasar pada industri makanan, farmasi dan industri konstruksi. Alternatif yang lain adalah dengan mengganti bahan bakar batubara dengan bahan bakar nuklir atau bahan bakar baru & terbarukan. Abu hasil pembakaran batubara yang mengandung polutan radioaktif dapat digunakan sebagai aditif pada bahan bangunan beton dan radioaktivitas yang dikandungnya tidak berbeda jauh dengan bahan aditif beton konvensional atau bahan bangunan yang lain seperti granit dan bata merah.

DAFTAR PUSTAKA

1. ALEX GABBARD, "Coal Combustion: Nuclear Resource or Danger".
http://www.ornl.gov/info/ornl_review/
2. BISIO ATTILIO, BOOTS SHARON, "Encyclopedia of Energy Technology and the Environment", Vol.1, John Wiley & Sons, New York, 1995.
3. HEATON, B. and LAMBLEY, J., "Tenorm in the Oil, Gas, and Mineral Mining Industry", J. Appl. Radiation and Isotop, 1995.
4. U.S. Environmental Protection Agency, "Office of Radiation and Indoor Air, Diffuse NORM Wastes-Waste Characterization and Preliminary Risk Assessment, Draft, RAE-9232/1-2, SC&A, Inc., and Rogers & Associates Engineering Corporation, Salt Lake City, 1993.
5. P3TPSE-BPPT, "Laporan Akhir Studi Potensi, Supply dan Demand Batubara Indonesia", Pusat Pengkajian dan Pemanfaatan Teknologi Pengembangan Sumber Daya Energi-BPPTeknologi, Jakarta, 2004.
6. <http://www.acarp.com.au/Newletters/traceelements.html>.
7. KAVIDASS S., D.J. WALKER, G.S. NORTON, JR. "IR-CFB Repowering: A Cost Effective Option for Older PC-Fired Boilers", Ohio, USA: The Babcock & Wilcox Company, Barberton. Orleans, Louisiana, USA: Power Gen International, 1999.
8. IAEA, "Quarterly Journal of the International Atomic Energy Agency", Bulletin Vol.42 No.3, Vienna, Austria, 2000.
9. USGS, US Geological Survey, "Radioactive Elements in Coal and Fly Ash : Abundance, Forms, and Environmental Significance", Oktober 1997.