

## PEMANFAATAN LIMBAH SLUDGE BATUBARA UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK RAMAH LINGKUNGAN

Adhi Wibowo

P3TMB – Bandung

### ABSTRAK

*Aktivitas tambang batubara di Kalimantan Timur belakangan meningkat seiring dengan kebutuhan batubara untuk memasok kebutuhan energi nasional. Hal ini juga menyebabkan terjadinya akumulasi limbah sludge batubara. Dengan adanya kebutuhan energi yang meningkat serta pertimbangan pemanfaatan limbah, pembangunan PLTU pada masa mendatang perlu mempertimbangkan teknologi fluidized bed boiler (FBB) dengan bahan bakar campuran batubara reject (yang mengandung kadar abu dan kelembaban tinggi) dan limbah sludge batubara. FBB mempunyai keunggulan mampu membakar bahan bakar kalori rendah namun tetap dapat memenuhi standar baku mutu lingkungan.*

**Kata kunci:** batubara, sludge batubara, limbah, pembangkit listrik, fluidized bed boiler, lingkungan

### ABSTRACT

*Coal mining activities in East Kalimantan recently is boosted in line with the increase of coal demand for domestic electricity supply. This cause an accumulation of waste coal sludge. With increasing in demand for energy need and the consideration of waste utilization, development of power plant in the future has to consider fluidized bed boiler (FBB) fired with mixture of reject coal (with high ash and high moisture content) and sludge waste. FBB has advantage of capable to burn the low rank fuel but still comply with environmental standard.*

**Keywords:** coal, coal sludge, waste, power plant, fluidized bed boiler, environment.

### PENDAHULUAN

Cadangan batubara yang ditemukan kebanyakan di Kalimantan dan Sumatra, merupakan cadangan energi strategis yang mampu memasok kebutuhan energi nasional selama ratusan tahun. Namun demikian, tidak berarti dengan banyaknya cadangan sumberdaya tersebut maka penggunaannya boleh menjadi tidak efisien. Prinsip efisiensi serta konservasi tetap merupakan prinsip dasar pengelolaan energi. Jika tidak dilakukan eksplorasi baru, cadangan energi yang utamanya terdiri dari bahan bakar minyak hanya tersisa untuk 18 tahun, gas alam tersisa untuk 60 tahun, sedangkan batubara bisa bertahan sampai 150 tahun<sup>[3]</sup>. Energi dari nuklir, oleh Pemerintah baru akan dikembangkan paling tidak setelah tahun 2010.

Dengan naiknya kebutuhan energi nasional seiring dengan pertumbuhan ekonomi serta pertumbuhan penduduk, aktivitas pertambangan batubara juga makin meningkat. Daerah yang kaya akan cadangan batubara, semisal

Kalimantan Timur, mengalami *booming* pertambangan batubara. Lebih dari 70% batubara ini dieksport, dan sisanya digunakan terutama untuk pasokan bahan bakar ke PLTU. Sampai tahun 2003 kontribusi batubara untuk kelistrikan nasional mencapai 46%<sup>[6]</sup>.

Batubara yang digunakan untuk memasok ke PLTU ini sangat menentukan tingkat emisi dan produk samping yang dihasilkannya. Teknologi pembakaran konvensional sampai saat ini ditengarai masih berperan besar dalam memberikan emisi polutan dalam jumlah yang melebihi ambang batas baku mutu. Namun karena terdesak oleh kebutuhan energi, batas ambang ini seakan diabaikan. Belum lagi ditambah dengan sedikitnya tenaga pengawas profesional yang mampu mengawasi batas emisi serta produk samping sesuai dengan aturan yang berlaku.

Oleh karena itu, pembangunan PLTU baru dituntut untuk memperhatikan aspek emisi yang rendah, namun tetap memiliki efisiensi pembakaran yang tinggi, selain juga biaya

pengoperasian dan perawatan yang mudah. Hal ini penting karena akan berkaitan erat dengan harga jual produknya, yaitu harga listrik yang rendah.

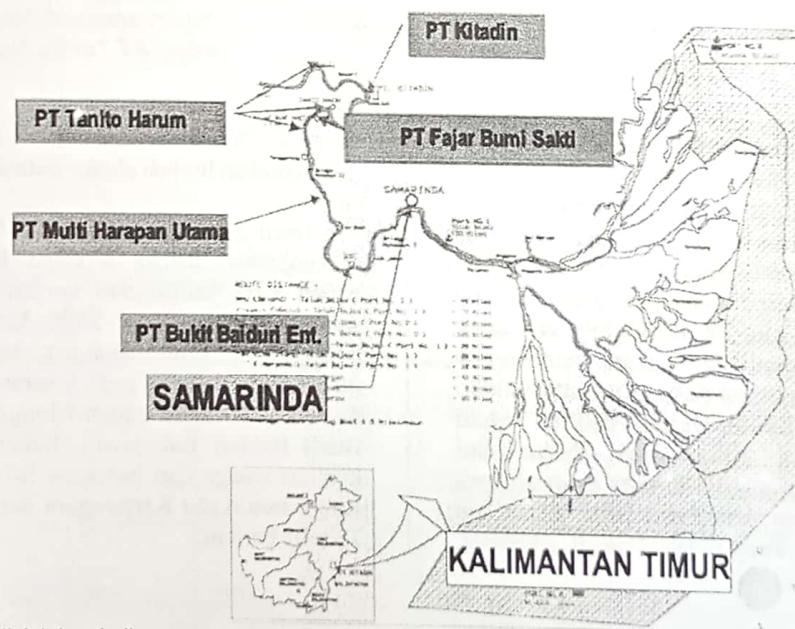
Tuntutan harga listrik yang rendah ini sudah tentu berimplikasi digunakannya bahan bakar yang harganya juga rendah. Salah satu bahan yang berharga sangat rendah bahkan tidak bernilai ekonomis adalah limbah yang hanya dibuang begitu saja. Di Kalimantan Timur, di mana aktivitas pertambangan batubara menggunakan proses pencucian, banyak dihasilkan limbah sludge batubara. Selama ini limbah sludge hanya dionggokkan begitu saja tanpa dimanfaatkan. Teknologi pembakaran dengan fluidized bed boiler memungkinkannya dimanfaatkan limbah ini sebagai bahan bakar namun masih dapat memenuhi ambang batas mutu lingkungan.

## 2. Terbentuknya Limbah Sludge Batubara

Di wilayah Kabupaten Kutai Kartanegara sejak lama telah diketahui kaya akan cadangan batubara. Pada saat ini berbagai macam perusahaan batubara, dari KUD, perusahaan nasional, sampai perusahaan multinasional, telah melakukan eksplorasi sampai pada eksplorasi

batubara. Hasilnya telah dipasarkan untuk pasar dalam negeri maupun untuk pasar ekspor. Beberapa tambang besar dan telah beroperasi sejak lama diantaranya adalah tambang batubara PT Kitadin, PT Fajar Bumi Sakti, PT Bukit Baiduri Enterprise, PT Tanito Harum, dan PT Multi Harapan Utama (lihat Gambar 1).

Tambang batubara yang aktivitasnya banyak terdapat di sekitar Sungai Mahakam hampir semuanya menggunakan proses pencucian batubara untuk mendapatkan batubara yang bersih dari pengotor. Pencucian menggunakan air yang diambil dari Sungai Mahakam, dan melalui proses aliran sirkuasi tertutup (*closed circulation*). Air ini didaur ulang untuk terus digunakan sebagai pembilas batubara kotor. Air limbah yang terbentuk merupakan suspensi padatan campuran dari lumpur/abu serta batubara berukuran sangat halus, yang kemudian dialirkan ke kolam pengendap. Hal ini dilakukan agar padatannya mengendap di kolam. Air yang telah bebas dari suspensi padat ini kemudian dialirkan ke perairan bebas. Sebagian perusahaan memanfaatkan kembali air ini untuk tambahan air pencuci. Demikian proses ini dilakukan, sehingga makin lama terakumulasi suspensi padat di kolam pengendap.



\*) Sumber: [4], diolah kembali

Gambar 1. Lokasi beberapa tambang besar batubara di Kab. Kutai Kartanegara

Pada saat-saat tertentu suspensi padat ini harus dikuras dari kolam karena telah penuh.

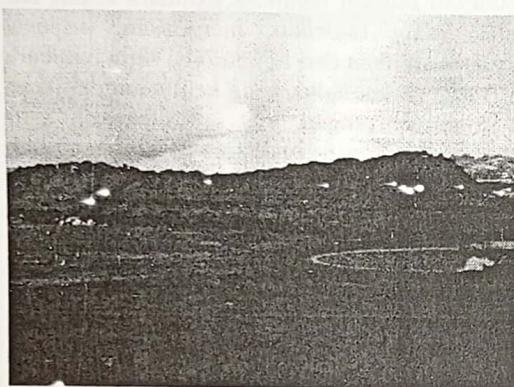
Suspensi ini dikeluarkan dan dikumpulkan di sekitar kolam pengendap. Pada beberapa

perusahaan (PT Bukit Baiduri Enterprise, PT Kitadin), dari suspensi padat ini masih dapat dipisahkan batubara halus yang bernilai ekonomis. Namun kebanyakan dari suspensi padat ini tidak bernilai ekonomis, karena susah dimanfaatkan disebabkan kandungan air dan lumpur yang tinggi. Oleh karenanya suspensi padat ini dianggap sebagai limbah. Limbah hasil pencucian ini dikenal sebagai *sludge* batubara, dan beberapa menyebutnya pula sebagai *slime* yang dari namanya memang mengindikasikan tidak ekonomisnya *sludge* ini.

*Sludge* umumnya hanya ditimbun di tempat terbuka di sekitar area pencucian batubara. Pada

musim penghujan, sebagian dari *sludge* ini berpotensi terbawa kembali ke Sungai Mahakam dan akan mencemari air Mahakam, sehingga menurunkan kualitas lingkungan perairan Sungai Mahakam<sup>[8]</sup>. Pemikiran untuk mengurangi potensi pencemaran ini perlu dilakukan sejak awal, terlebih lagi dalam masa mendatang produksi batubara akan semakin meningkat.

Gambar 2 berikut menunjukkan tumpukan *sludge* di lokasi tambang PT Bukit Baiduri Enterprise, sedangkan Gambar 3 memperlihatkan proses pengurasan *sludge* dari kolam pengendap di daerah Loa Tebu-2, PT Tanito Harum.



**Gambar 2.** Tumpukan sludge di lokasi PT Bukit Baiduri Enterprise

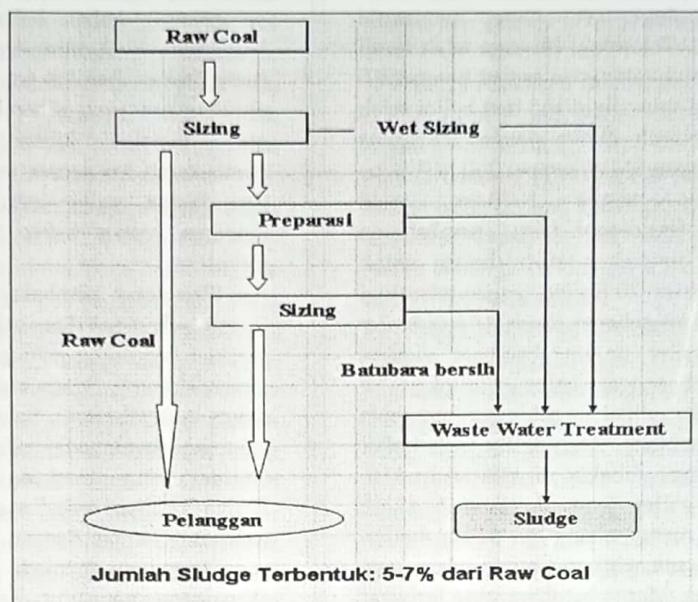


**Gambar 3.** Proses pengambilan sludge di lokasi PT Tanito Harum

Sampai saat ini, *sludge* tidak termanfaatkan karena nilai kalorinya yang rendah serta tingginya kandungan air dan abu. Jumlah *sludge* yang terakumulasi dari beberapa tambang batubara di Kabupaten Kutai Kartanegara saat ini diperkirakan mencapai tidak kurang dari 250.000 ton/tahun<sup>[3]</sup>. Angka ini adalah hitungan kasar hanya dari lima tambang batubara batubara (PT Kitadin, PT Fajar Bumi Sakti, PT Bukit Baiduri Enterprise, PT Tanito Harum, dan PT Multi Harapan Utama), belum lagi *sludge* dari tambang-tambang lain, KUD serta tambang baru yang akan segera beroperasi atas dasar ijin operasional dari Pemerintah Daerah setempat.

Gambar 4 memperlihatkan aliran proses pembentukan limbah *sludge* batubara.

Hasil perhitungan kalori *sludge* batubara menunjukkan bahwa nilainya berkisar antara 3432 kal/gr (dari tambang PT Kitadin) sampai nilai tertinggi 5590 kal/gr (dari Loa Tebu-2, PT Tanito Harum). Sedangkan *total moisture*nya berada pada kisaran 22,96% (Loa Tebu-2, PT Tanito Harum) hingga 28,56% (PT Bukit Baiduri Enterprise). Beberapa parameter kualitas *sludge* dari beberapa lokasi tambang di Kabupaten Kutai Kartanegara dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.



\*) modifikasi dari [4]

Gambar 4. Aliran proses pembentukan sludge

### 3. Penggunaan Batubara Pada Fluidized Bed Boiler

Kehidupan modern masa kini menuntut kondisi standar yang lebih tinggi terlebih-lebih lagi dalam masalah lingkungan. Berbagai baku mutu lingkungan telah ditentukan untuk berbagai kegiatan industri, termasuk kegiatan

pembangkitan energi listrik. Selain perlunya memenuhi baku mutu lingkungan dengan emisi polutan yang rendah, sudah tentu teknologi yang digunakan dalam pembangkit harus dapat diandalkan, efisien dalam pembakaran serta penggunaan bahan bakar yang fleksibel.

Tabel 1. Hasil Analisis Sludge dari Beberapa Tambang di Kab. Kutai Kartanegara<sup>[10]</sup>

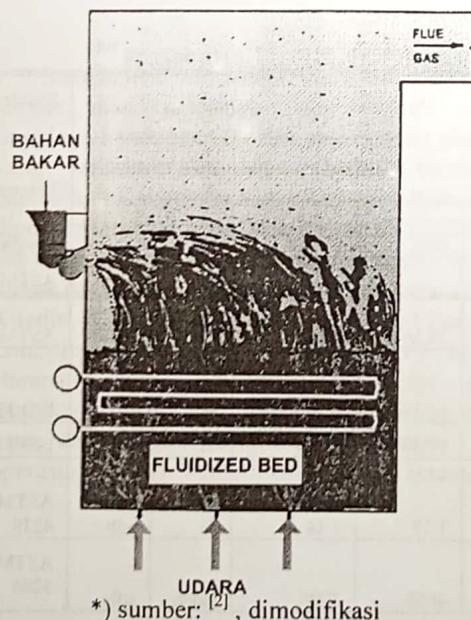
PARAMETER ANALISIS	Kode Contoh							Unit Basis	Standar Acuan: Internasional Standar/ ASTM
	LOATEBU I	LOATEBU II	KITADIN	KITADIN II	FBS	BBE	BBE-2		
TOTAL MOISTURE	25.92	22.96	28.55	*	25.06	28.56	27.87	%	ar ASTM 3302
MOISTURE IN AIR DRIED SAMPLE	9.08	8.84	7.72	8.71	6.01	11.17	9.81	%	adb ISO 331
ASH	20.52	12.77	30.32	38.92	23.58	17.39	29.74	%	adb ISO 1171
TOTAL SULFUR	0.3	0.94	1.01	0.56	1.44	1.18	1.14	%	adb ASTM D. 4239
CALORIFIC VALUE	5087	5590	4381	3432	5078	4656	3906	cal/gr	adb ASTM D. 3286

\*) total moisture tak dapat diukur karena contoh telah kering

\*\*) analisis dilakukan di Laboratorium Batubara, tekMIRA

Pembakaran dengan fluidized bed adalah salah satu teknologi yang dapat memenuhi tuntutan tersebut. Teknologi ini juga telah teruji lebih dari tiga puluh tahun dan sangat kompetitif. Lebih dari empat ratus fluidized bed boiler telah beroperasi di seluruh dunia, dengan kapasitas pembangkitan antara 5MW sampai 200 MW<sup>[5]</sup>.

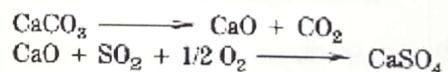
Dari sejak tahun 1970-an, telah dikembangkan teknologi baru pembakaran batubara yang digunakan pada boiler untuk pembangkitan listrik<sup>[6]</sup>. Boiler dengan teknologi baru ini dinamakan sebagai *fluidized bed boiler* (FBB). Pada boiler umum, batubara digerus menjadi partikel sangat halus, ditiupkan ke dalam boiler, dan dibakar sehingga membuat nyala api yang panjang. Atau dalam jenis boiler yang lain, batubara dibakar di atas suatu kisi. Namun dalam boiler jenis *fluidized bed* ini, batubara halus mengambang di dalam boiler, menggantung karena semburan aliran udara yang mengarah ke atas. Massa batubara yang terbakar memerah ini – disebut sebagai *bed* – akan membentuk gelembung dan bergulung-gulung seperti lava pijar dalam kepundan gunung api. Para ahli menyebutnya sebagai *fluidized*, karenanya boiler ini tipe disebut sebagai *fluidized bed boiler*. Hasilnya adalah campuran turbulensi antara gas dan padat. Gerakan turbulen ini yang menyerupai gerakan gelembung air, memberikan efek reaksi kimia dan transfer panas yang lebih efektif (Gambar 5).



Gambar 5. Efek gelembung pada fluidized bed boiler

Teknologi FBB menggunakan prinsip pembakaran bahan bakar campuran batubara berukuran 6-12 mm dan batugamping dalam ruang bakar. Partikel ini ‘menggantung’ dalam aliran udara yang dihembuskan dari bawah ke atas melalui lubang distribusi. Proses pembakaran ini secara umum bergantung pada tiga faktor, yaitu suhu pembakaran, waktu diamnya bahan bakar (*residence time*) dan turbulensi<sup>[5]</sup>.

FBB dapat membakar batubara dengan lebih ‘bersih’ karena dua sebab utama. Pertama, gerakan bergulung-gulung memberi kesempatan dimasukkannya gamping sebagai campuran dalam batubara. Sebagaimana diketahui, gamping mempunyai sifat menyerap belerang (sulfur) yang notabene merupakan polutan. Ketika batubara terbakar di dalam boiler, sulfur terlepas. Namun dengan cepat pula, gamping yang terkulung menjadi satu dengan batubara akan menyerap sulfur. Terjadilah reaksi kimia, dan sulfur berubah menjadi bubuk kering yang dapat dikeluarkan dari boiler. Bubuk kering ini – kalsium sulfat – diantaranya dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan. Gerakan bergulung-gulung atau mirip menggelembung pada *fluidized bed boiler* ini menyebabkan gas yang terbentuk selama pembakaran dapat bereaksi dengan unsur penyerap sulfur semacam batugamping atau dolomit. Lebih dari 95% unsur polutan sulfur pada batubara dapat ditangkap oleh unsur penyerap di dalam boiler<sup>[1]</sup>. Penyerapan sulfur dalam ruang bakar menggunakan batugamping ini berlangsung dengan reaksi sebagai berikut:



Alasan kedua mengapa *fluidized bed boiler* lebih ‘bersih’ adalah karena suhu dalam ruang bakarnya yang lebih rendah. Lebih rendah ini – sekitar 750°C – dibandingkan boiler model lain yang suhu di dalamnya dapat mencapai dua kali sampai 1600°C. Pada suhu tinggi, akan cenderung terbentuk NO<sub>x</sub> karena suhu tinggi akan memecah molekul nitrogen sehingga bereaksi dan menyatu dengan atom oksigen. Atom nitrogen dan oksigen pada proses pembakaran akan bereaksi membentuk NO<sub>x</sub> pada suhu sekitar 1400°C. Namun pada suhu sekitar 750°C tidak cukup panas untuk hal itu, sehingga hanya sedikit NO<sub>x</sub> yang akan terbentuk pada *fluidized bed boiler*.

*Fluidized bed* ini merupakan pilihan teknologi dalam rangka mencari proses

pembakaran yang mampu mengontrol emisi polutan tanpa perlunya perangkat kontrol eksternal seperti *scrubber*. Selain penambahan perangkat kontrol emisi debu yaitu *bag filter* atau *electric precipitator*, praktis FBB tidak membutuhkan perangkat lain untuk mengontrol aspek lingkungan.

Dengan sistem ini, *fluidized bed boiler* dapat membakar batubara ‘kotor’ dan akan menyerap sulfur dan serta meminimalkan terbentuknya NO<sub>x</sub> selama proses pembakarannya. Pada kenyataannya, boiler jenis ini mampu membakar apapun – kayu, biomas, bahkan sampah kota. Batubara yang dibakar dalam *fluidized bed boiler* ini akan menghasilkan aliran gas bertekanan tinggi yang mampu memutarkan turbin gas untuk menghasilkan listrik, bahkan panasnya kemudian masih dapat digunakan untuk memanaskan air yang kemudian menghasilkan uap untuk menggerakkan turbin uap – dua sumber untuk tenaga listrik dari satu kali pembakaran. Dengan sistem ini, menggunakan jumlah batubara yang sama, akan diperoleh listrik 50% lebih banyak dibandingkan dengan boiler konvensional [1].

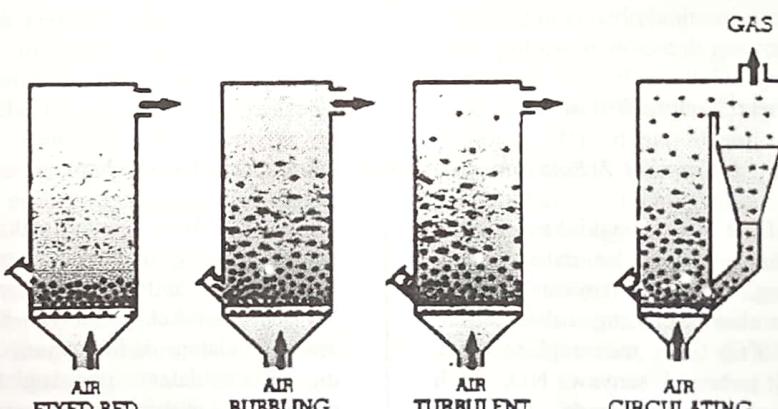
Kepopuleran teknologi *fluidized bed* karena fleksibilitas bahan bakarnya – hampir semua material mudah terbakar, dari batubara sampai sampah, dapat digunakan – dan kemampuannya

memenuhi standar emisi SO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub> tanpa perlunya peralatan kontrol tambahan yang mahal.

#### 4. Jenis Fluidized Bed Boiler

*Fluidized bed boiler* secara umum dapat dikategorikan sebagai tipe *bubbling* (BFB) dan tipe *circulating* (CFB). BFB sangat cocok untuk bahan bakar dengan kadar kelembaban tinggi dan nilai kalor yang rendah, sedangkan CFB cocok untuk bahan bakar dengan nilai kalor lebih tinggi seperti batubara antrasit [7].

Sejak teknologi *fluidized bed* ditemukan, karena keunggulannya, FBB ini banyak digunakan untuk pembangkitan listrik. Salah satu keunggulannya adalah pilihan jenis bahan bakar yang cukup fleksibel. FBB dapat membakar berbagai bahan bakar rendah kalori, seperti batubara lignit, limbah industri dan pertanian, serta biomas. Hal ini karena pencampuran antara bahan bakar dengan udara yang disemprotkan, proses keringnya bahan bakar tersebut, serta waktu proses pembakaran yang lebih lama (*residence time*). Pembakaran yang stabil namun dengan bahan bakar rendah kalori ini dapat tercapai karena terbentuknya kapasitas panas (*heat capacity*) yang lebih besar pada *bed material* [5]. Gambar 6 memperlihatkan jenis FBB secara umum.



\*) modifikasi dari [2]

Gambar 6. Jenis fluidized bed boiler

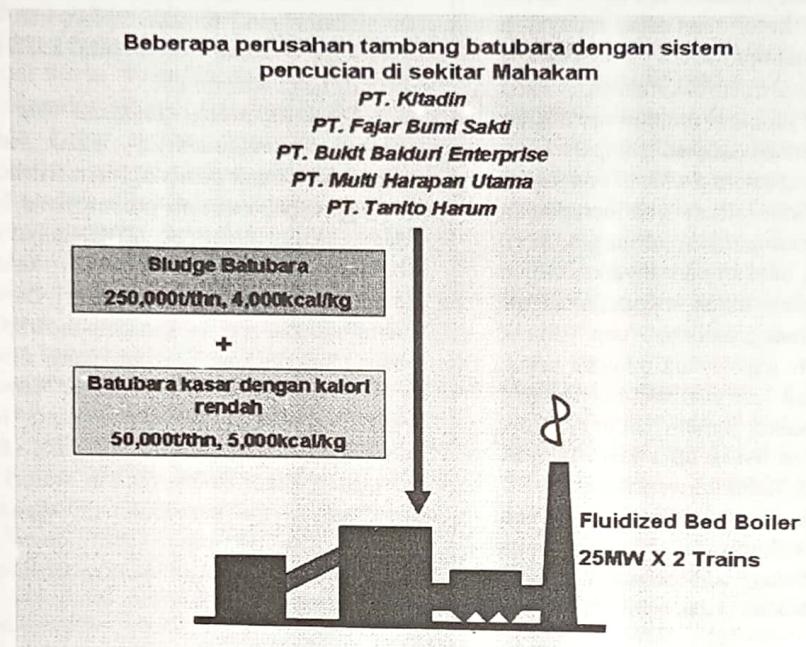
Keunggulan FBB lainnya adalah: efisiensi pembakaran tinggi (lebih dari 90%), efisiensi boiler tinggi (antara 85%-90%), pemeliharaan boiler yang mudah serta toleransi tinggi terhadap variasi mutu bahan bakar [2].

#### 5. Rencana Penggunaan Limbah Sludge Untuk Pembangkit Listrik

Banyaknya tambang batubara di Kabupaten Kutai Kartanegara dengan sistem pencucian mengindikasikan bahwa akan terakumulasi *sludge* yang cukup banyak pula. Akumulasi *sludge* diperkirakan mencapai 250.000 ton per

tahun ini cukup untuk digunakan sebagai bahan bakar untuk membangkitkan listrik. Teknologi pembakaran yang dipakai pada PLTU-nya adalah dengan *fluidized bed boiler*. Pada perhitungan kasar, jumlah listrik yang dapat dibangkitkan sebesar 50 MW<sup>[3]</sup>. Sludge dengan nilai kalori

yang relatif rendah ini akan dicampur dengan batubara yang berukuran lebih kasar, yaitu batubara *reject* yang juga dihasilkan dari kegiatan pertambangan. Skema pola pikir pemanfaatan limbah *sludge* batubara dengan FBB ini dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.

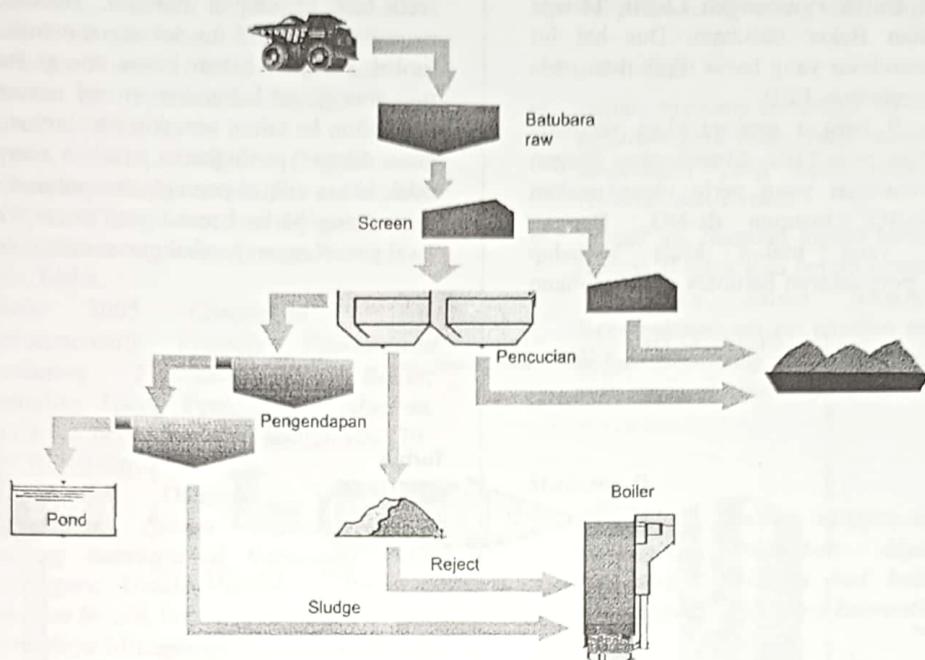


\*) sumber: <sup>[3]</sup>, dimodifikasi

Gambar 7. Pola pikir pemanfaatan limbah sludge batubara

Teknologi FBB memungkinkan untuk mencampurkan batugamping ke dalam ruang bakarnya, sehingga dapat menyerap sulfur. Dengan suhu pembakaran yang tidak terlalu tinggi (sekitar 750°C) tidak memungkinkannya atau sangat sedikit terbentuk senyawa NO<sub>x</sub>. Oleh karena itu, pembakaran pada FBB memungkinkan untuk menggunakan limbah *sludge* batubara yang dicampur dengan batubara *reject* dengan kandungan sulfur yang tinggi, namun relatif tidak menghasilkan gas-rumah kaca.

Untuk dapat memanfaatkan limbah *sludge* batubara, perlu dilakukan penanganan khusus karena sifat kadar airnya yang tinggi serta halusnya partikel padatnya. Kontainer khusus atau peralatan belt conveyor khusus juga diperlukan dalam pengangkutannya. Namun demikian, penambahan peralatan *handling* khusus ini harus dihitung dengan cermat keekonomiannya. Ini perlu dilakukan karena akan berdampak pada harga produknya, yaitu harga jual listrik kepada PLN. Konsep rencana penanganan limbah *sludge* ini dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Konsep rencana penanganan limbah sludge batubara

## 6. KESIMPULAN

Dari aktivitas pertambangan batubara yang banyak terdapat di sepanjang aliran Sungai Mahakam, banyak dihasilkan limbah sludge batubara. Akumulasinya diperkirakan mencapai 250.000 ton per tahun [3]. Limbah sludge ini berpotensi mencemari perairan Mahakam, dan berdampak pada penurunan kualitas lingkungan Sungai Mahakam.

Kepedulian akan kualitas lingkungan Sungai Mahakam dapat diwujudkan dengan memanfaatkan limbah *sludge* batubara yang terakumulasi ini. *Sludge* batubara, dengan kalori antara 3400 – 5500 kcal/gr (*adb*) setelah dicampur dengan batubara *reject* yang lebih kasar, dapat dipakai untuk membangkitkan listrik dengan teknologi pembakaran *fluidized bed boiler*. Jumlah sludge ini cukup untuk membangkitkan listrik sampai sebesar 50 megawatt [3]. Keuntungan penggunaan FBB adalah dimungkinkannya penyerapan sulfur sampai 95% yang terdapat pada batubara kalori rendah dan limbah *sludge* melalui pencampuran dengan batugamping pada ruang bakarnya. Keuntungan lainnya adalah terhindarnya kemungkinan terbentuknya senyawa NO<sub>x</sub> karena suhu pada ruang bakar boilernya tidak terlalu tinggi. Hal

ini penting dalam pelaksanaan prinsip pembangunan berkelanjutan dengan menghindari emisi polutan pembentuk gas-rumah kaca.

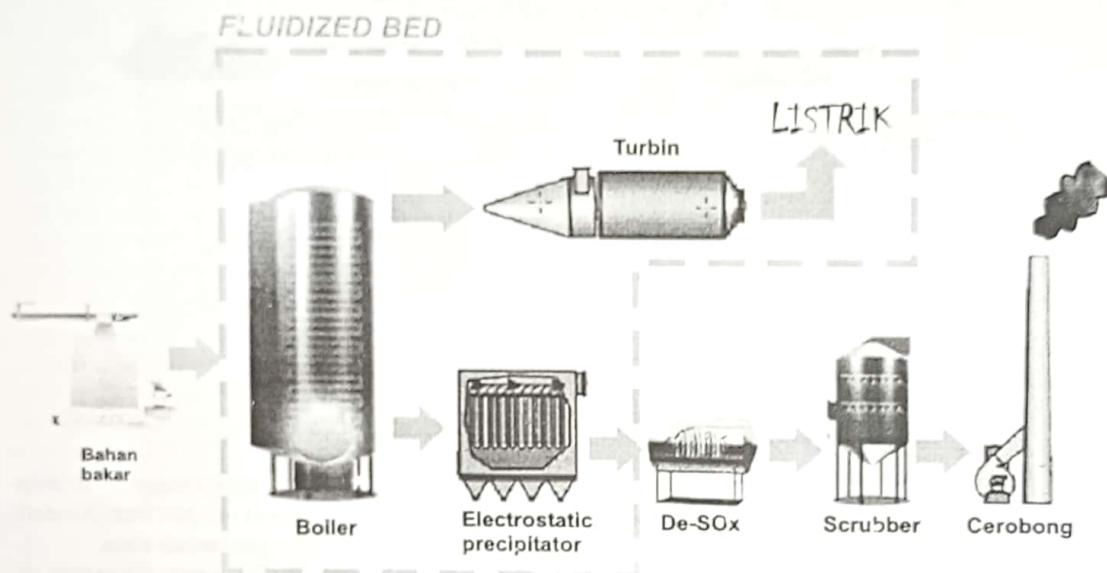
Emisi SO<sub>x</sub> dari PLTU yang dibangun di RRC dengan boiler jenis *circulating fluidized boiler* (CFB), dapat dapat dikurangi secara drastis menjadi 80 – 100 ppm dengan efek desulfurisasi menggunakan batugamping (dengan kandungan sulfur pada batubara sekitar 1%). Pada boiler konvensional, emisi ini dapat mencapai 800-1000 ppm. Dengan CFB, NO<sub>x</sub> juga dapat dikurangi karena suhu pembakaran yang relatif rendah, yaitu sekitar 850°C-900°C [9]

Oleh karena itu, rencana pemanfaatan limbah *sludge* batubara sebagai bahan bakar bagi PLTU, teknologi *fluidized bed* merupakan pilihan yang tepat. Jika FBB menjadi pertimbangan, perhatian terpenting adalah mendefinisikan kisaran karakteristik bahan bakar (batubara dan limbah *sludge*) yang harus disesuaikan dengan kemampuan boiler untuk menerima jenis bahan bakar tersebut. Perhatian selanjutnya adalah pemahaman terhadap emisi dan batas baku mutu emisi yang diperkenankan. Dalam hal ini, ketentuan yang mengatur adalah Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup

No. KEP- 13/MENLH/3/1995 tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak – Baku Mutu Emisi Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Uap Berbahan Bakar Batubara. Dua hal ini adalah hal mendasar yang harus dipikirkan pada rancangan pembuatan FBB.

Gambar 9 berikut menunjukkan skematis rancangan flow pada FBB, dibandingkan dengan boiler konvensional yang perlu menggunakan instalasi de-SO<sub>x</sub> maupun de-NO<sub>x</sub>. Dengan persyaratan yang makin ketat terhadap lingkungan, pembakaran batubara membutuhkan

teknologi yang efisien dan ‘bersih’ agar tidak menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan serta bagi kehidupan manusia. Teknologi FBB memungkinkan hal itu, sekaligus mendaur ulang limbah menjadi bahan bakar energi listrik. Ini juga mengingat kebutuhan energi nasional yang dari tahun ke tahun semakin meningkat. Namun perlu diingat, peningkatan pasokan energi listrik tidak harus diikuti peningkatan polutan. Konsep daur ulang harus benar-benar diterapkan sejak awal perencanaan pembangunan suatu industri.



*Gambar 9. Skematis rancangan flow pada pembangkit listrik.*

Konsep daur ulang ini sudah mencapai tingkat untuk dikembangkan lebih lanjut menjadi konsep industri yang terpadu. Konsepnya adalah mewujudkan konsep *zero emission*, yang berarti bahwa emisi/produk sampingan dari suatu aktivitas menjadi masukan/bahan bakar bagi industri yang lain. Sebagai contoh, gipsum produk sampingan PLTU dapat menjadi bahan baku bagi industri papan gipsum. Agar *zero emission* dapat tercapai, ketentuan perundangan juga harus turut mengaturnya. Efek positifnya adalah berkurangnya permintaan terhadap gipsum alam, yang berdampak positif terhadap konservasi sumberdaya alam serta mengurangi dampak negatif kegiatan pertambangan.

#### DAFTAR ACUAN

1. *Fluidized Bed Boiler*, <http://www.cogeneration.net/FluidizedBedBoilers.htm>.

2. *Fluidized Bed Boiler*, <http://www.hnd.usace.army.mil/techinfo/UF/C/UFC3-430-03/TM58151/chap13.pdf>
3. *Dikaji, Ketijakan Fiskal Ekspor Gas dan Batubara*, harian Kompas, 4 Mei 2005.
4. JCOAL, Sojitz, Nippon Koei, 2004. *Japan Coal Energy Center (JCOAL) Mission: Preliminary Study & Site Survey on Sustainable Coal-Mine Activities for Environmental Protection Along Mahakam River*, laporan tdk diterbitkan.
5. Kavidass S., Anderson, G.L., Norton, Jr., G.S., 2000. *Why Build a Circulating Fluidized Bed Boiler to Generate Steam and Electric Power*, POWER-GEN Asia 2000, Bangkok.
6. Lubis, M. 2005. *Mineral Economics and Environmental Management*, Inetrnational Seminar on Mining, Environmental and Sustainable Development: A Lesson from

- the Gold Mining Controversy in Buyat Bay North Sulawesi, Indonesia, Manado.
7. Makino, E., Takano, S., Ebina, M., 2005. *Small Scale Low Rank Coal and Biomass Co-Fuel Power Plant*, Workshop on Biomass for Sustainable Electric Power Generation, Jakarta.
  8. Murphy, M.M., 1999. *Design and Performance Requirements for a Fluidized Bed Boiler Firing Municipal Refuse Derived Fuel in Ravenna, Italy*, Energy Products of Idaho, Idaho.
  9. NEDO, 2005. *Completion of an Environmentally Friendly Standardized Circulating Fluidized Bed Boiler: Promoting Local Equipment Production*, [http://www.nedo.go.jp/english/archives/170\\_310/170310.html](http://www.nedo.go.jp/english/archives/170_310/170310.html).
  10. Wibowo, A., Damayanti, R., 2004. *Pemanfaatan Sludge Batubara Dari Tambang Batubara di Kabupaten Kutai Kartanegara Untuk Mendukung Program Mahakam Bersih*, Forum Litbang Energi dan Sumberdaya Mineral, Badan Litbang Energi dan Sumberdaya Mineral, Jakarta.

**TANYA JAWAB***Sutarman*

- Apakah metode FBB sudah dicoba di negara-negara lain (misal Jepang)?
- Perlu diketahui bahwa sludge batubara jika dibakar akan melepaskan limbah gas tidak hanya  $SO_2$  dan  $CO$ , namun banyak limbah

lain seperti logam berat dan juga zat radioaktif. Apakah hal ini sudah dipantau?  
\*Gipsum mengandung radioaktif juga.

**Adhi Wibowo**

- Sudah, memang teknologi ini diadopsi dari negara-negara maju yang memiliki standar lingkungan yang ketat, seperti Jepang, Amerika dan Jerman.
- Sejauh ini, masalah logam berat dan bahan radioaktif tidak atau belum menjadi isu yang mengemuka dalam teknologi FBB. Kemungkinan zat-zat tersebut masih berada di bawah ambang batas yang aman. Penulis akan mencari lebih lanjut dalam literatur.

**Mulyono D.**

- Bagaimana kalau ditinjau dari faktor ekonominya, manakah daya dengan membangun fluidized bed boiler dengan membangun boiler yang konvensional?

**Adhi Wibowo**

- Secara umum, pembangunan PLTU dengan FBB akan lebih murah sekitar 10-15% dibandingkan dengan boiler konvensional. Bisa dimengerti karena dalam FBB tidak diperlukan instalasi de-Sox dan de-Nox. Namun demikian, untuk turbin dengan kapasitas >300 MW, secara umum boiler konvensional lebih ekonomis.