

TEKNIK PENGENDALIAN PENCEMARAN DARI PROSES PENCAIRAN BATUBARA

Soleh dan Nevi Fatimah

Laboratorium Pencairan Batubara, Puspiptek, Serpong
Pusat Teknologi Konversi dan Konservasi Energi
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

Abstrak

Until now the reputation of fossil fuel, especially coal, indeed very bad if being connected with the problem of pollution of the environment. This happened because of the chemical characteristic of coal that had high aromatic level (fa) and particulate, heavy metals etc. However, the huge of coal reserved in Indonesia, especially low rank coal (lignite, triggered researches on the utilisation of these resources, in part through liquefaction technology of coal to produce synthetic fuel oil. Studied the potential for pollution of the process for the liquefaction of coal and its control technique, is one aspect to investigate in the commercialization coal liquefaction plant. The study of the environment towards the impact of pollution of the liquefaction process showed that pollution produced still under the threshold. Nevertheless when this technology was applied as commercial plant, the study of environmental impact is still needed.

Kata kunci: pengendalian pencemaran, pencairan batubara, teknik pengendalian

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia memiliki cadangan batubara yang besar, sekitar 36,3 milyar ton yang sebagian besar (50 – 80%) berupa batubara peringkat rendah (lignite). Batubara peringkat rendah belum digunakan secara maksimal karena memiliki kandungan panas yang rendah dan kandungan sulfur dan air yang tinggi, sehingga memiliki nilai ekonomis yang rendah. Berbagai riset telah dikembangkan untuk tujuan menggunakan secara maksimal potensi batubara muda yang sangat besar tersebut. Riset-riset yang sudah berjalan antara lain adalah studi upgrading batubara, pembangkit listrik, termasuk juga pengembangan teknologi pencairan batubara untuk memproduksi bahan bakar minyak sintetis.

Khususnya untuk proses pencairan batubara, telah dirintis kerjasama Indonesia dengan Jepang, untuk melaksanakan studi kelayakan awal yang telah selesai tahun 1997. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa teknologi tersebut mempunyai prospek sangat baik untuk diterapkan bagi batubara muda Banko, yang lokasi penambangannya di daerah Tanjung Enim, Sumatera Selatan. Studi tersebut mencakup kajian teknis dan ekonomis pembangunan plant pencairan batubara untuk

menghasilkan 130.000-140.000 bbl/d minyak batubara.

1.2. Permasalahan

Selama ini reputasi bahan bakar fosil, terutama batubara, memang sangat buruk apabila dikaitkan dengan masalah pencemaran lingkungan. Hal ini terjadi karena sifat kimiawi batubara yang sangat berbeda, batubara diketahui mempunyai tingkat aromatis (fa) dan partikulat yang tinggi. Selain itu batubara mengandung berbagai jenis logam berat, meskipun dalam jumlah yang sangat kecil, tetapi menjadi bagian yang layak diperhitungkan.

1.3. Tujuan Penulisan

Mengkaji potensi pencemaran proses pencairan batubara dan teknik pengendaliannya, menjadi salah satu aspek yang sangat penting dikaji dalam studi-studi kelayakan teknologi pemanfaatan batubara, demikian juga dengan teknologi pencairan batubara dalam rangka aplikasinya di Indonesia.

2. KARAKTERISTIK UMUM PENCEMARAN TEKNOLOGI BATUBARA BERSIH

Jenis energi fosil batubara pada dasarnya merupakan senyawa hidrokarbon seperti minyak bumi dalam wujud padatan. Ini berkaitan dengan

merupakan senyawa hidrokarbon seperti minyak bumi dalam wujud padatan. Ini berkaitan dengan berat molekulnya yang lebih besar. Seperti diketahui batubara mempunyai struktur kimia yang rumit dengan rasio hidrogen terhadap karbon (H/C) sekitar 0,8-0,9, nilai ini lebih kecil dibandingkan dengan minyak bumi dengan rasio H/C sekitar 1,5-2,0. Selain itu batubara juga mengandung abu yang terdiri dari sejumlah mineral. Dalam proses konversi mineral tersebut sangat berpotensi menyebabkan kerusakan pada peralatan dan menghasilkan polusi yang cukup sulit penanganannya. Proses pemanfaatan batubara sebagai bahan bakar atau dikonversikan menjadi bahan bakar gas menghasilkan berbagai jenis polusi.

2.1. Polusi Udara

Dari proses pembakaran dan konversi batubara dihasilkan berbagai jenis emisi gas yaitu CO, SO₂, NO_x, partikulat (*bottom ash* dan *fly ash*), dan jenis lain yang tidak diperhitungkan yaitu hidrokarbon, dan mineral dalam jumlah kecil, yang mana dalam hal ini H₂S merupakan produk setengah jadi. Emisi gas tergantung tidak saja pada efisiensi alat kontrol untuk setiap jenis polutan tetapi juga pada tipe proses, dan komposisi kimia dari bahan bakar yang dikonversikan.

Karbon monoksida adalah gas yang tidak berwarna dan tidak berbau, diproduksi oleh segala proses pembakaran yang tidak sempurna dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau oleh pembakaran dibawah tekanan dan temperature tinggi. Efek Karbon Monoksida terhadap kesehatan disebabkan karena CO dapat menggeser oxygen yang tidak terikat pada hemoglobin dan mengikat Hb menjadi karbon monoksida hemoglobin (COHb). Reaksi ini mengakibatkan berkurangnya kapasitas darah untuk menyalurkan O₂ kepada jaringan-jaringan tubuh. Jika hal ini terjadi dapat menimbulkan kematian, dengan gejala yang terasa dimulai sebagai pusing-pusing, kurang dapat memperhatikan sekitarnya, kemudian terjadi kelainan fungsi susunan syaraf pusat, perubahan fungsi paru-paru dan jantung, terjadi rasa sesak napas dan pingsan. Umur karbon monoksida di dalam udara diperkirakan 0,3 tahun. CO akan berubah menjadi CO₂ apabila terdapat O₂ yang terkesitasi dan bereaksi dengannya. Oksidasi berjalan kurang lebih 0,1% perjam apabila terdapat cukup cahaya matahari. Selain dari perubahan CO menjadi CO₂, proses pencairan batubara itu sendiri juga menghasilkan CO₂. Efek rumah kaca yang belakangan menjadi topik pencemaran lingkungan disebabkan oleh peningkatan konsentrasi CO₂ di atmosfer. Bahan

bakar hidrokarbon dengan rasio H/C yang tinggi seperti minyak bumi akan menekan permasalahan CO₂, karena CO₂ yang dilepaskan per satuan kalori menjadi rendah. Namun kenyataan ini berlaku untuk penggunaan produk energi primer, tetapi tidak tepat bagi bahan bakar sintentis, dimana jumlah CO₂ yang dihasilkan dalam proses konversi harus diperhitungkan.

Partikulat. Partikulat merupakan sumber polusi udara yang paling utama dari bahan bakar sintetik, yang diperoleh mulai dari tahap persiapan bahan baku (penghancuran bahan, penyaringan, dan penyimpanan) sampai tahap pengangkutan dalam jumlah tertentu untuk diumpangkan ke dalam reaktor. Pada proses konversi batubara, sumber utama partikulat berasal dari proses pembakaran dimana dihasilkan *fly ash* ketika batubara, bahan karbon yang mengandung abu, dibakar seperti yang terjadi pada sistem pembangkit tenaga listrik.

Berdasarkan data yang diperoleh dari sejumlah fasilitas batubara komersial, jumlah partikulat dari unit pretreatment diperkirakan sekitar 0,3-0,8% berasal dari batubara, dengan asumsi hanya 50% partikulat yang dilepaskan ke lingkungan. Oleh karena itu untuk suatu fasilitas komersial konversi batubara perlu disyaratkan tingkat kontrol terhadap emisi partikulat sampai 99%.

Pada suatu pabrik pembangkit tenaga, dimana di dalam prosesnya dihasilkan uap, panas, atau listrik, perolehan partikulat diperkirakan berdasarkan efisiensi thermal dari plant tersebut. Pada tungku-tungku batubara bubuk (*pulverized coal*) yang modern, diperkirakan 20% abu merupakan *bottom ash* dan 80% merupakan *fly ash*.

Emisi NO_x. NO_x dalam proses pembakaran diperoleh dari dua sumber, dari nitrogen batubara dan dari gas nitrogen udara yang dipakai untuk pembakaran. Sumber pertama menghasilkan NO_x bahan bakar dan sumber kedua menghasilkan NO_x thermal. Hampir seluruh nitrogen dalam batubara dikonversikan menjadi NO_x tetapi besarnya NO_x thermal yang diperoleh tergantung pada temperatur pembakaran dari boiler. Jumlah NO_x yang terbentuk dari unsur nitrogen dalam udara mungkin lebih kecil dari yang dihasilkan melalui proses oksidasi nitrogen dari batubara, tetapi untuk angka perkiraan, perbedaan antara kedua sumber tersebut tidak terlalu berpengaruh.

Emisi Gas SO₂. SO₂ dari burner dan *furnace* diperkirakan berasal dari sekitar setengah kandungan sulfur yang terdapat dalam batubara. Dalam suatu proses pembakaran batubara diperkirakan sekitar setengah sulfur

adalah inorganik, dan sebagian besar sulfur terpisahkan selama operasi pencucian atau selama proses pulverisasi. Jika bahan bakar yang digunakan sudah dalam bentuk arang (*char*), sulfur sudah tereduksi sekitar setengahnya melalui hidrogenasi dan sebagian sulfur inorganik terkonversi menjadi H₂S. Seluruh sulfur dalam bahan bakar dioksidasi menjadi SO₂. Pada umumnya teknik desulfurisasi *flue gas* (FGD) dapat menghilangkan 90% SO₂.

Emisi H₂S. Pada proses konversi dan upgrading batubara, sebagian besar sulfur organik dalam batubara terkonversi menjadi H₂S, bahkan mencapai sekitar setengah dari total sulfur. Setelah H₂S dipisahkan dari produk gas, biasanya terkonversi menjadi elemen sulfur melalui proses Claus. Dari proses tersebut diperoleh sekitar 92% sulfur, sementara yang sisanya sekitar 8% terkonversi menjadi SO₂ pada insinerator. Jika 90% dari SO₂ dikontrol dengan FGD, berarti hanya 0,4% dari total sulfur dari batubara yang terkonversi sebagai SO₂.

Emisi ammonia. Setiap nitrogen dari batubara atau nitrogen dari atmosfer pada proses konversi batubara atau pada tahap upgrading berubah menjadi ammonia, bukan NO_x. Ammonia bersifat amat terlarut dalam air dan dengan mudah dapat dihilangkan melalui pencucian. Air yang mengandung ammonia sangat beracun dan tidak dapat dibuang begitu saja, sehingga sebelum dibuang harus melalui unit pengolahan air yang khusus menangani air terkontaminasi ammonia.

2.2. Limbah Cair

Limbah cair dari plant pencairan diklasifikasikan sebagai padatan tersuspensi termasuk koloid, minyak dan oil tidak terlarut termasuk emulsi, gas tidak terlarut (ammonia, karbon dioksida, dan hidrogen sulfida), garam inorganik tidak terlarut termasuk logam berat, zat organik tidak terlarut.

Padatan tersuspensi dinyatakan sebagai Total Suspended Solid (TSS). Gas tidak terlarut meliputi juga total ammonia (gas dan ion), CO₂, dan total kebasahan. Keasaman dan kebasahan diukur dengan pH larutan, didefinisikan sebagai konsentrasi ion hidrogen. Garam inorganik tidak terlarut seringkali dinyatakan sebagai total padatan tidak terlarut (TDS).

Zat organik tidak terlarut dinyatakan dalam sejumlah parameter, yang paling umum adalah *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), dipakai untuk mengevaluasi dampak limbah terhadap ketersediaan oksigen, merupakan ukuran konsumsi oksigen oleh mikroorganisme. Contoh, air minum mempunyai BOD di bawah 2 mg/L. Limbah kota mempunyai BOD 300 mg/L. Limbah

kondensat phenol dari gasifier dapat mempunyai BOD sampai 10.000 mg/L.

Kondensat dari proses konversi batubara mempunyai rasio COD/BOD sebesar 1,5 - 2, yang mana COD adalah total oksigen yang dibutuhkan untuk proses oksidasi senyawa organik dan air oleh oksidator kuat. Alternatif cara pengukuran zat organik dalam air limbah adalah dengan *Total Organic Carbon* (TOC) sebagai ukuran dari jumlah karbon dioksida. Rasio COD/TOC biasanya berkisar diantara 2,7 nilai untuk karbon dan 5,3 nilai untuk methane.

Berbagai parameter kualitas air tersebut belum merefleksikan karakteristik seluruh polutan di dalam air limbah, seperti logam berat dan organik beracun. Berbagai jenis polutan akan dapat ditemukan dalam limbah kondensat dari konversi batubara contohnya Hg ditemukan diantara logam berat yang terdapat dalam jumlah sangat kecil. Logam berat tersebut terkonsentrasi misalnya dalam limbah kondensat dari plant gasifikasi batubara. Senyawa beracun lainnya mungkin juga ditemukan. Teknik pengolahan untuk membersihkan limbah dari polutan sebelum dibuang membutuhkan biaya yang mahal.

Suatu studi yang membandingkan hasil analisa kualitas air standar, air minum dengan air kondensat dari gasifier Lurgi untuk batubara subbituminous Wyoming, menunjukkan bahwa diperoleh air limbah yang sangat kotor dari konversi batubara menjadi gas.

Kualitas air kondensat tergantung pada tipe gasifier, kondisi operasi, dan batubara. Pengolahan air kondensat untuk menghasilkan sumber air yang bersih pada prinsipnya tidak akan lebih menguntungkan dibandingkan dengan menggunakan konsep produksi limbah nol (*zero waste*). Di negara maju disediakan insentif bagi penerapan teknik *zero waste* tersebut di lingkungan industri.

2.3. Limbah Padat

Jumlah limbah padatan dari plant konversi batubara sangat banyak dan abu batubara yang dibuang misalnya dapat menambah permasalahan pada penanganan dan pembuangan padatan maupun proses reklamasi. Berdasarkan regulasi yang ada, bahan-bahan tersebut dikategorikan tidak berbahaya, meskipun dalam jumlah sangat kecil terdapat juga senyawa beracun. Residu bahan bakar organik seperti kokas dan partikel sangat halus dihasilkan disebagian proses, tetapi menghasilkan hanya sejumlah kecil residu.

Limbah padatan lainnya adalah berupa sisa katalis yang bersifat toksik dan sangat sulit penanganannya. *Toxicity* merupakan ukuran

yang paling banyak dipakai untuk limbah padat dari plant bahan bakar sintetik. Cara ini ditentukan dengan test *leaching* selama 24 jam pada nilai pH 5. Sejauh ini residu bahan bakar batubara belum diklasifikasikan sebagai bahan berbahaya meskipun limbah katalis sebenarnya termasuk bahan beracun. Permasalahan yang sering muncul masih terbatas pada teknik pembuangan limbah, karena dibutuhkan jumlah areal *landfill* yang luas untuk pembuangannya dan perencanaan program reklamasinya.

3. POTENSI PENCEMARAN PLANT PENCAIRAN BATUBARA

Observasi terhadap dampak pencemaran dari proses pencairan batubara berdasarkan mengacu pada data-data dari pengembangan proses pada skala pilot. Limbah hasil kegiatan proses pencairan batubara umumnya diperoleh dari Unit Pencairan, Unit Penyedia Hidrogen, Unit Pembangkit Tenaga, dan Unit Pendukung Lainnya.

3.1. Emisi Gas Buang (SO₂, NO_x, partikulat)

Emisi gas yang berasal dari proses pencairan batubara terutama terdiri dari SO₂, NO_x, juga abu terbang (*fly ash*) yang terutama dihasilkan dari boiler dan tungku. Pada teknologi pencairan digunakan tipe boiler *fluidized bed combustor*, disebabkan penanganan dan operasinya mudah, dapat digunakan untuk berbagai jenis umpan, menghasilkan emisi NO_x rendah, dan dengan sistem de-sulfurisasi dapat menekan tingkat emisi SO₂ ke dalam atmosfer.

Berdasarkan KEPMEN No. 13/MNLH/3/1995 telah dikeluarkan ketentuan standard emisi untuk sumber tetap (*emission standards for stationary sources*). Plant pencairan batubara mungkin terperangkap pada peraturan yang diterapkan untuk proses pembangkit tenaga dengan bahan bakar batubara seperti tertera pada Tabel 1. Pada tabel tersebut dicantumkan standard emisi untuk pembangkit tenaga, berlaku efektif dari tahun 1995 sampai 2000. Sampai saat ini belum ada standard khusus untuk plant pencairan batubara.

Tabel 1. Standar Emisi Gas dan Perkiraan Emisi dari Plant Batubara Cair

	Batas Maks. (efektif 1995)	Perkiraan Batas Maks (efektif 2000)	Plant Pencairan Batubara
Partikel, mg/Nm ³	300	150	< 100
SO ₂ , ppm	1160	580	< 175
NO _x , ppm	1314	657	< 100

Studi aplikasi proses pencairan batubara dilakukan dengan membandingkan tipe teknologi *Proven BCL* dan *Advanced BCL* untuk kapasitas 30.000 t/d (dafc). Perkiraan emisi gas buang (*exhaust gas*) dari plant pencairan batubara mencapai 1,37 juta Nm³/h untuk proses *Proven BCL* dan 1,40 juta Nm³/h untuk proses *Advanced BCL*, yang merupakan gas buang dari proses, boiler, tungku, preheater, insinerator, *flare stack*, dan *regenerator*.

Meskipun SO₂ langsung dibuang ke atmosfer dari boiler-boiler *fluidized bed combustor* (FBC), sistem de-sulfurisasi dengan limestone dapat diterapkan untuk membatasi laju emisi SO₂ di bawah 175 ppm, seperti terlihat pada Tabel 1. Angka emisi SO₂ masih berada 1/3 di bawah standar yang diijinkan untuk tahun 2000. Menurunkan emisi SO₂, dilakukan dengan menerapkan metode sulfurisasi langsung dalam unit pembakaran (Boiler) menggunakan limestone (CaCO₃) tercampur dengan media fluidisasi SiO₂, sehingga terjadi kontak langsung dengan sulfur dari batubara selama proses pembakaran. Emisi NO_x dari tungku-tungku dalam plant pencairan akan dapat dibatasi pada 100 ppm jika digunakan burner yang rendah emisi NO_x. Untuk partikulat, digunakan presipitator listrik (*electricity presipitator*) yang diinstal terintegrasi pada boiler-boiler FBC untuk dapat mereduksi kandungan partikulat mencapai di bawah 100 ppm.

3.2. Emisi CO₂

Data emisi CO₂ dari Proses *Proven BCL* dan *Advanced BCL* menggunakan batubara muda Banko dapat dilihat pada Tabel 2, dibandingkan dengan karakteristik batubara muda Victoria. Sementara emisi CO₂ dari keseluruhan tungku utama mencapai 200 Nm³/h dan 215 Nm³/h masing-masing untuk kasus *Proven BCL* dan *Advanced BCL*.

Dari keseluruhan pengamatan terhadap proses yang sama diketahui bahwa emisi CO₂ batubara Banko lebih kecil dari batubara Victoria (Australia), yang mana ini erat hubungannya dengan kadar air batubara Banko yang jauh lebih kecil. Besarnya emisi tereduksi sampai 25% pada kasus *Proven BCL Process* dan sekitar 30% untuk kasus *Advanced BCL Process*.

Tabel 2. Emisi CO₂ Pada Berbagai Proses

	Proven Banko	Advanced Banko	Proven Victoria
Basis Umpan, g-CO ₂ /MJ	41,19	40,86	46,53
g-C/MJ	11,24	11,15	12,69
Basis Produk, g-CO ₂ /MJ	61,21	57,70	81,26
g-C/MJ	16,71	15,75	22,17

Konsentrasi CO₂ dalam gas buang (*overall, dry basis*) diperkirakan sekitar 17,2 % volume pada kasus *Proven BCL* dan sekitar 18,3% pada kasus *Advanced BCL*. Oleh karena sumber emisi CO₂ terbesar pada plant pencairan berasal dari sistem produksi hidrogen, maka pengurangan konsumsi hidrogen menjadi penting. Peningkatan efisiensi hidrogen dalam reaksi pencairan menjadi salah satu target paling esensial untuk riset dan pengembangan proses di masa mendatang, yang tidak hanya dapat memperbaiki efisiensi proses tetapi juga berguna untuk reduksi emisi CO₂.

3.3. Limbah Cair

Peraturan Pemerintah No. 20 tahun 1990 mengenai Kontrol Polusi Air (*The Control of Water Pollution*), menyebutkan standar lingkungan untuk sungai-sungai yang diklasifikasikan dalam kategori A kelas 2, dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Standar Lingkungan Sungai

Parameter	Nilai Ambang Batas
Nilai pH	6,5 - 8,5
BOD	2 mg/l atau lebih kecil
Total Suspended Solid	25 mg/l atau lebih kecil
Dissolved Oxygen	7,5 mg/l atau lebih besar

Limbah cair dari plant pencairan dibedakan berdasarkan sumbernya yaitu limbah dari air hujan yang langsung dibuang ke Sungai Enim setelah melalui kolam penampung air hujan, dan limbah cair dari proses. Penanganan air hujan di dalam plant, dilakukan secara teliti, dan pemantauan secara kontinyu kualitas air disyaratkan untuk mencegah tetesan air yang tercampur minyak dan pada akhirnya dapat masuk ke dalam sungai.

Limbah cair berupa *salt water* yang mengandung mineral, yang diperoleh sebagai sisa pengolahan dalam unit *demineralizer* terhadap air yang disuplai ke lokasi plant pencairan. Dari unit tersebut semua air yang telah dibersihkan dari mineral didistribusikan untuk memenuhi kebutuhan boiler limbah padat, boiler pemanfaatan panas buang dari proses dan dari unit produksi hidrogen. *Salt water* yang dihasilkan mencapai 50 t/h (44 kg/t, *daf coal*) dengan karakteristik pH antara 5-9, *Suspended Solid* (SS) sebesar 50 mg/l, dan kandungan NaCl sebesar 5500 mg/l.

Limbah cair yang diperoleh dari proses pencairan, melalui tahap pengolahan limbah yang berbeda sama sekali, yaitu dengan menggunakan unit *Activated Sludge* sebelum dibuang ke sungai. Adapun karakteristik limbah

cair yang telah melalui unit pengolahan limbah adalah sebagai berikut: pH antara 6-8, *Suspended Solid* (SS) sebesar 120 mg/l, BOD sebesar 80 mg/l, NH₃ sebesar 40 mg/l, COD sebesar 120 mg/l, TOC sebesar 60 mg/l dan TDS sebesar 680 mg/l. Sementara itu tidak ditemukan sisa minyak dan phenol.

Keseluruhan limbah cair dari proses tersebut menyatu dengan aliran air Sungai Enim. Berdasarkan data yang diperoleh dari Direktorat Penyelidikan Masalah Air (DPMA), laju ran air Sungai Enim diperkirakan adalah 49 m³/s atau 176.400 ton/jam. Efek pembuangan limbah cair terhadap kualitas air sungai setelah terjadi dilusi tidak nyata, ini dibuktikan dengan analisis terhadap *Suspended Solid* (SS) sebesar 0,314 mg/l, dinilai masih lebih kecil dari standard yang diijinkan yaitu 2 mg/l. Demikian juga nilai BOD ternyata hanya 0,20 mg/l yang masih jauh di bawah standard lingkungan yang diijinkan yaitu 2 mg/l.

3.4. Limbah Padatan

Limbah padat terutama dihasilkan dari boiler *fluidized bed combustor* (FBC), dari unit pengolahan air untuk plant pencairan (*raw water treatment*), dan unit pengolahan limbah cair (*waste water treatment*). Pengolahan limbah tersebut dilakukan untuk memenuhi Peraturan Pemerintah No. 19/1994 mengenai Manajemen Limbah Berbahaya dan Beracun, dan Keputusan Kepala BAPPEDAL No. 03/BAPPEDAL/09/1995 tentang prosedur dan teknik penanganan limbah padat.

Limbah padat diperoleh sebagai abu yang umumnya adalah sangat halus. Limbah abu terutama datang dari *fly ash* dan *bottom ash* yang diperoleh dari boiler, terdiri dari berbagai mineral seperti Al₂O₃, Mg, Na, K, dan sebagainya. Limbah padat dalam plant pencairan merupakan sisa padatan dari boiler berbentuk *sludge*, residu batubara (*Coal Liquid Bottom*), dan sisa pembakaran batubara untuk pembangkit listrik.

Limbah padat terutama diperoleh dari boiler-boiler *Fluidized Bed Combustor* (FBC), *unit raw water treatment*, *waste water treatment*, sisa katalis yang berasal dari proses. Limbah padat yang dikubur dalam tanah harus dianalisa untuk memenuhi persyaratan regulasi seperti dijelaskan pada Undang-undang Pemerintah No. 19/1994, mengenai manajemen limbah berbahaya dan beracun, dan SK Kepala BAPPEDAL No. 03/BAPPEDAL/09/1995 mengenai prosedur dan penanganan teknis.

4. PENGENDALIAN PENCEMARAN

Berdasarkan jenis emisi maupun limbah yang dihasilkan teknik penanganan pencemaran dari suatu pabrik pencairan batubara dapat diuraikan secara sistematis sebagai berikut.

4.1. Teknik Penanganan Polusi Udara

- Oleh karena temperatur pembakaran pada boiler tipe *Fluidized Bed Combustor* (FBC) relatif lebih rendah dibandingkan dengan boiler *Pulverized Coal Combustion* (PBC) yaitu sebesar 1500°C, aplikasi sistem tersebut memberikan kemungkinan terjadinya reduksi NO_x. Diperkirakan sekitar 12% dari nitrogen yang terdapat dalam batubara akan dihasilkan dalam gas buang (Kinhill), dimana nitrogen akan terbentuk sebagai ammonia. Ammonia akan terbawa bersama aliran gas untuk dijadikan bahan bakar bersama campuran gas yang lainnya.
- Elemen sulfur yang diperoleh dari gas buang melalui proses Stretford diperoleh sebagai hasil samping yang dapat dijual kepada pengguna sulfur di industri. Selain itu juga diperoleh kira-kira 2 ton seng oksida limbah *absorbant* dari pabrik hidrogen. Sludge yang diperoleh dari proses Stretford ke dibuang ke unit pembuangan khusus yang telah disediakan.
- Teknik pembuangan hidrokarbon melalui insinerator merupakan alternatif. Proses pencairan merupakan sistem tertutup dimana seluruh gas hidrokarbon dan uap air terkumpul. Dengan demikian aliran gas dari proses yang mengandung hidrokarbon, di dalam insinerator akan menghasilkan polutan, dari senyawa CO₂ dan H₂O. Contohnya buangan gas dari separator atau alat pemisah minyak batubara dan air, dari pompa vakum pada unit *de-ashing*, dan dari separator untuk proses hidrogenasi. Keseluruhan gas tersebut diarahkan dan dialirkan ke dalam insinerator.
- Teknik penanganan batubara seharusnya sudah mengadopsi teknik untuk mengurangi efek debu ke lingkungan seperti pengaplikasian sistem tertutup. Batubara sebagai bahan baku proses pencairan merupakan sumber debu yang sangat potensial dalam plant pencairan batubara, dan ini sudah dibuktikan pada pengoperasian skala pilot. Seperti pada lokasi batubara muda dari Morwell (Australia), yang merupakan penambangan terbuka, pengangkutan dilakukan dalam truk tertutup untuk mencegah rugi-rugi batubara karena angin, dan untuk mencegah debu.

- Pada bangunan *coal bunker* dimana batubara pertama kali dipersiapkan untuk dikeringkan, aliran udara dari pengering batubara yang membawa serta debu, akan dilalukan ke alat mekanik penangkap debu dan *wet scrubber* untuk mengangkat sisa partikel debu yang amat halus. Buangan udara melalui kipas yang dipasang pada bangunan *coal bunker* diperkirakan mengandung lebih kecil dari 0,10 g/Nm³ partikel pada laju aliran udara 6470 Nm³/jam.
- Treatment Gas dari Reaksi Hidrogenasi. Berbagai komponen gas dari unit separator setelah keluar dari reaktor primer dan sekunder, langsung dialirkan ke unit pemisahan gas asam (*Proses Benfield*) dimana CO₂ dan H₂S dihilangkan. Aliran gas tersebut sebelum masuk ke sistem Benfield masih mengandung hidrogen, hidrokarbon, hidrogen sulfida, ammonia dan karbon dioksida. Melalui Proses Benfield aliran gas dibawa untuk terjadinya kontak dengan larutan pottasium karbonat. Hidrogen dan hidrokarbon akan dipisahkan dari gas-gas lainnya kemudian dilewatkan pada unit PSA, dimana hidrogen akan terpisah dari hidrokarbon. Hidrogen akan diresirkulasi ke dalam reaktor hidrogenasi sedangkan hidrokarbon kemudian digunakan untuk bahan bakar. Gas H₂S, ammonia dan carbon dioksida yang terlarut dalam pottasium karbonat dilewatkan pada menara regenerasi dimana gas-gas dilepaskan melalui pemanasan bersama larutan.
- Benfield, untuk diolah lebih lanjut. Gas H₂S dapat dikeluarkan melalui aplikasi proses Stretford. Karbon dioksida dan setiap hidrokarbon kemudian akan dimasukkan ke incinerator.

4.2. Teknik Penanganan Limbah Cair

Pengolahan limbah cair dari hasil konversi batubara merupakan salah satu aspek penting yang membutuhkan penanganan dan kontrol yang serius. Pada kenyataannya sangat sulit untuk menghindarkan terlarutnya mineral dari batubara dalam limbah cair meskipun dalam jumlah yang sangat kecil, sehingga kemungkinan akan bersifat meracuni. Apalagi dalam kasus plant pencairan batubara di daerah Banko, limbah cair dari proses harus dibuang ke Sungai Enim, yang merupakan satu-satunya sumber air terbesar bagi masyarakat disekitarnya. Sehubungan dengan sifat kimiawi dari batubara yang sangat potensial terhadap pencemaran, dikembangkan model penanganan limbah cair

yang terintegrasi terdiri dari unit pengolahan air untuk industri dan pengolahan limbah cair.

Pengolahan limbah cair dengan kadar organik yang tinggi dapat dilakukan menggunakan insinerator, sementara limbah cair yang rendah kandungan organiknya dapat menggunakan teknologi pengolahan air bersih. Dalam hal ini alat pengolah limbah terdiri dari unit biologik aerobik dengan *activated sludge* atau filtrasi biologik. Penghilangan warna dilakukan dengan pemberian karbon aktif, pengaturan pH dan *blending* dilakukan secara hati-hati ke dalam aliran air untuk mencapai kualitas tertentu.

Berdasarkan studi pada pilot plant, limbah cair mengandung polutan organik dengan konsentrasi yang tinggi akan ditangani dengan dibakar dalam insinerator, yang dinyalakan dengan kelebihan naphta dari proses. Limbah cair yang diuapkan melalui penyemprotan ke dinding refraktori dari insinerator, akan dipertahankan pada temperatur di atas 760°C selama lebih dari 0,3 detik, sehingga menghasilkan proses pembakaran zat organik yang sempurna. Tindakan ini juga berguna untuk menghilangkan setiap senyawa yang potensial menghasilkan bau dalam limbah cair.

Sistem kontrol dalam insinerator bersifat otomatis untuk mencapai hal-hal sebagai berikut:

- Mempertahankan temperatur ruang pembakaran pada 760°C dan menjamin bahwa tidak diperoleh limbah cair jika temperatur lebih rendah
- Mempertahankan kelebihan oksigen untuk menjamin pembakaran senyawa organik dalam limbah cair
- Membatasi laju umpan limbah cair dan mempertahankan detention time selama 0,3 detik dalam insinerator

4.3. Teknik Penanganan Limbah Padat

Berdasarkan cara pembuangannya penanganan limbah padat dibedakan sebagai berikut. Pembuangan dilakukan pada *landfill* bagi jenis limbah padat berupa sisa katalis dari reaktor unggun tetap, abu sisa pembakaran dari boiler, dan bagi *filter cake* dari unit pengolahan air, serta berbagai jenis sampah. Sementara bagi sampah padat yang berupa *sludge* umumnya dibakar dalam insinerator, baik *activated sludge* dari unit pengolahan limbah cair maupun *bottom sludge* dari tangki pengendapan, serta sebagian sampah di sekitar kegiatan industri. Penggunaan insinerator untuk menangani limbah padat berupa *sludge* sudah dilakukan untuk proses pencairan pada skala pilot.

5. KESIMPULAN

Aplikasi teknologi batubara bersih umumnya menerapkan cara-cara berikut. Mengontrol pendayagunaan input secara efisien, meminimumkan dampak terhadap ekosistem, dan mengontrol pembuangan polutan

Pada prinsipnya teknologi konversi batubara muda untuk menghasilkan BBM sintetis dengan proses pencairan berlangsung dengan tingkat efisiesnsi yang tinggi, sehingga secara tidak langsung meminimalkan dampak pencemaran (*zero waste*).

Berbagai studi lingkungan terhadap dampak pencemaran dari proses pencairan menunjukkan bahwa polusi yang dihasilkan masih berada di bawah ambang batas. Meskipun demikian pada saat teknologi tersebut diaplikasikan maka studi secara detail terhadap dampak lingkungan masih sangat diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim,. 1986. Brown Coal Liquefaction Project Report. Australia.
- Anonim. 1997. Report on Applicability Study of Coal Liquefaction in Indonesia. BPPT-NEDO. Jakarta.
- Cheremissinoff, N.P. 1979. Gasohol from Energy Production. Ann Arbor Science. Ann Arbor, Mich.
- Tamura, M., *et al.* 1997. Training Materials on Coal Liquefaction Technology. NBCL. Takasago. Japan. Sept-Nov 1997.