

Teknologi *Co-processing* : Solusi Alternatif Mereduksi Bahan Bakar Fosil dan Gas CO₂ di Industri Semen Indonesia

Yulius Pamungkas*

Bagian Produksi PT Indocement Tungal Prakasa, Tbk

Abstract

Co-processing technology in cement industry is defined as the technology to use wastes such as used oil, scrap tires and other organic wastes in order to reduce fossil fuel consumption. This technology also allows the utilization of material elements contained in the wastes such as alumina, silica and iron to substitute some of raw materials used in cement industry. In Europe, this technology is also known as co-incinerator and being used widely. Hazardous waste disposal in Indonesia is done traditionally using incineration technology. The incineration technology may result toxic ashes that require further treatment before it can be dumped into a secure landfill. Big industries that have combustion reactor system with high temperature such as cement industry, steel industry and power generation could utilize co-processing technology as their long term strategy to reduce both fossil and raw material consumptions. If this technology can be consistently applied in the big industries, it has big potential to reduce the use of fossil fuel (and global warming) and to lower the risk due to traditional hazardous waste disposal. Some keys for successful implementation of the co-processing technology in cement industries include the appropriate selection of feeding method and location; consistency in energy content of the wastes and waste treatments that are compliance with safety and environmental laws. Care should be taken in the use of this technology due to the variation in composition, shape and size of the wastes and its water and impurities content so that these variations would not affect the plant operation stability and the product quality.

Keywords: co-processing, incinerator, energi, CO₂ emission, waste

Abstrak

Teknologi *co-processing* dalam industri semen didefinisikan sebagai teknik pemakaian kembali limbah suatu industri sebagai substitusi bahan bakar fosil dan bahan baku semen (bahan galian C) dengan tujuan untuk memanfaatkan nilai energi dan nilai bahan yang masih terkandung di dalam limbah tersebut. Di Eropa teknologi *co-processing* dikenal juga sebagai *co-incinerator* dan telah berkembang pesat. Sementara di Indonesia pemusnahan limbah masih dilakukan terpisah dan menggunakan teknologi incenerator yang masih menghasilkan residu yang harus dilakukan pemusnahan kembali. Industri besar yang menggunakan sistem reaktor pembakaran seperti semen, baja, kapur, pembangkit listrik sangat mungkin memanfaatkan teknologi *co-processing* dalam strategi jangka panjangnya dalam mengelola pemakaian bahan bakar dan bahan baku berupa bahan galian C. Teknologi *co-processing* yang dilakukan secara konsisten dapat membantu penghematan energi fosil, mengurangi pemanasan global yang diakibatkan oleh peningkatan emisi CO₂ dan mempunyai dampak lingkungan yang lebih bersih dalam hal pemusnahan limbah industri. Dalam industri semen, kunci keberhasilan teknologi *co-processing* adalah penentuan lokasi dan sistem pengumpulan limbah, konsistensi kualitas nilai energi dan nilai bahan dari limbah dan pengelolaan limbah yang memperhatikan sistem Kesehatan dan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup (K3LH). Hal yang perlu diperhatikan dalam penerapan teknologi *co-processing* adalah komposisi, bentuk dan ukuran serta kandungan air dan zat pengotor yang bervariasi antara berbagai jenis limbah agar tidak mempengaruhi kestabilan operasi dan kualitas produk.

Kata kunci: *co-processing*, incinerator, energi, emisi CO₂, limbah

Pendahuluan

Cadangan sumber daya energi fosil dunia termasuk Indonesia terus menurun dari waktu ke waktu. Misalnya cadangan sumber daya energi yang berasal dari batubara (yang dipakai di industri semen, baja, dan pembangkit listrik

lainnya) akan habis dalam waktu 86 tahun. Sementara pemakaian energi terbarukan masih memerlukan investasi teknologi yang sangat tinggi sehingga kurang ekonomis. Peran pemerintah masih dirasa kurang dalam memberikan insentif bagi industri besar yang berupaya memakai energi alternatif dalam proses produksinya (Kementerian ESDM, 2008).

*Alamat korespondensi: email: yuliuspamungkas@yahoo.com

Akibat pemakaian batubara sebagai bahan bakar utama pembuatan *clinker*, industri semen Indonesia yang berkapasitas 32 juta ton per tahun termasuk penyumbang emisi CO₂ yang cukup besar di atmosfer. Setiap tahun konsentrasi gas CO₂ di atmosfer mengalami kenaikan yang mengakibatkan kenaikan suhu bumi (Sprott, 2006). Konsentrasi CO₂ diperkirakan bakal mencapai 520 ppm di tahun 2100 dan suhu bumi diproyeksikan akan mengalami kenaikan sebesar 6°C.

Teknologi *co-processing* dalam industri semen dapat menjadi solusi alternatif yang tepat untuk melakukan substitusi secara bertahap terhadap pemakaian bahan bakar fosil (Ewall dan Nicholson, 2005). Sementara itu, bagi para penghasil limbah yang mengalami kesulitan dalam pengelolaan limbahnya dapat bekerja sama dengan industri semen untuk pemusnahan limbah menggunakan teknologi bersih ini (Chandelle, 2009). Teknologi *co-processing* adalah teknologi bersih karena dengan pembakaran pada temperatur tinggi (di atas 1450°C), material limbah dapat musnah tanpa meninggalkan residu dan gas buang yang keluar cerobong menjadi satu dengan gas hasil pembakaran dan reaksi kalsinasi (Verhagen, 2006; Claude, 2006; Nørskov, dkk., 2009). Pemakaian teknologi ini dapat menurunkan pemakaian energi batubara. Apabila dikelola dengan baik dan melalui perhitungan dapat diajukan untuk memperoleh “kredit karbon” yang dapat diperjual-belikan dalam pasar karbon dengan nilai 10 hingga 20 dollar AS per satu ton CO₂ (van der Meer, 2007). Diperkirakan menjelang habisnya masa *protocol* Kyoto pada tahun 2012 harga *carbon* akan naik. Jenis limbah yang dapat dipakai dalam teknologi *co-processing* ini memang harus selektif dan dipersiapkan mulai saat pengelolaan awal, dari transportasi limbah sampai ke lokasi pengumpanan. Untuk jenis limbah yang mudah meledak, bersianida, radioaktif, infeksius, klorin tinggi tidak dapat diterima sebagai alternatif energi dan alternatif material.

Apabila teknologi *co-processing* dilaksanakan secara konsisten oleh semua industri pemakai energi besar di Indonesia dan dipayungi oleh regulasi hukum yang kuat dari pemerintah maka tiga persoalan besar dapat diselesaikan. Ketiga persoalan besar itu yaitu penghematan sumber daya alam termasuk bahan bakar fosil, pengelolaan lingkungan bersih yaitu pengurangan emisi CO₂ dan penambahan lapangan kerja (van der Meer, R, 2007).

Metode Pengumpanan Limbah

Langkah pertama dalam penentuan jenis limbah yang dapat dipakai dalam teknologi *co-processing* adalah dengan mendata nilai energi dan nilai material yang dibagi menjadi tiga kategori yaitu *high grade*, *medium grate* dan *low grade*. Selanjutnya pengelolaan awal sebelum masuk ke lokasi pengumpanan. Pengelolaan awal material limbah yang berupa cair, padat atau lumpur (*slurry*) dapat dilakukan pencampuran lebih dari satu material sehingga dapat diperoleh suatu nilai energi baru yang diinginkan dan relatif stabil. Pengelolaan awal ini juga diperlukan untuk mengurangi kadar air atau *impurities* yang berlebih sehingga dapat memperkecil ketidaksempurnaan proses pembakaran.

Material limbah yang baru yaitu hasil pencampuran ditempatkan dalam suatu *bin* atau *hopper* tersendiri yang siap ditransportasikan ke lokasi pengumpanan secara kontinyu dan stabil. Massa limbah yang masuk harus dapat dikontrol dari ruang pengendalian operasi guna mengatur substitusi batubara yang harus dilakukan dan melihat perubahan gas CO akibat pembakaran limbah. Indikator gas CO menjadi sangat penting untuk mengetahui kesempurnaan pembakaran. Apabila tidak terkontrol dapat mengganggu efisiensi dan efektivitas alat penangkap debu (*electrostatic precepitator*). Indikator CO ini dapat membantu optimalisasi pemakaian bahan bakar dan kapasitas produk *clinker*.

Proses pembuatan *clinker* memerlukan suhu yang tinggi, baik ketika material masih berada di *Suspension Preheater* maupun telah berada di *Rotary Kiln*. Suhu tinggi inilah yang dimanfaatkan dalam teknologi *co-processing*. Unsur-unsur kimia logam yang terkandung pada limbah akan menyatu dengan partikel *clinker* dan unsur-unsur kimia gas akan bersirkulasi dalam proses penguapan maupun pengembunan sulfur maupun klorin. Lokasi pengumpanan material limbah dalam proses produksi semen dapat dilakukan melalui *main burner*, *pyroburner*, *precalciner*, *calciner* atau *tersier air duct*. Penentuan lokasi pengumpanan ini tentu dengan mempertimbangkan jenis, ukuran, kadar air limbah yang akan diumpankan.

Pengumpanan limbah melalui *main burner*

Pengumpanan limbah melalui *main burner* dapat dilakukan jika *burner tip* dari *main burner* telah dirancang untuk kombinasi antara bahan bakar utama dan alternatif. Pengoperasian *main burner* menjadi faktor sangat penting agar kedua

macam bahan bakar dapat bercampur dan terbakar sempurna. Bentuk api yang ditimbulkan tidak melebar dan tidak membakar *coating* yang terbentuk atau bata tahan api. Penggunaan udara dari *primary air fan*, pengaturan posisi aksial atau radial pada *main burner* dan posisi *main burner* sepanjang *rotary kiln* turut menentukan ketepatan proses pembakaran di dalam *rotary kiln*. Bentuk api yang ditimbulkan dipengaruhi oleh kontinuitas pengumpanan bahan bakar sehingga pengumpanan bahan bakar utama maupun alternatif harus melalui pengelolaan awal dan penempatan di masing-masing *bin* dengan alat pengumpan dan timbangan yang berkesinambungan. Jenis limbah yang dapat diumpangkan melalui *main burner* dapat berupa padatan (*animal meal, petcoke, paper, sewage sludge*), cair (*sludge oil, sloop oil, glycol bottom*) maupun gas (metana, biogas).

Pengumpanan limbah melalui *calciner ke inlet kiln*

Selain melalui *main burner*, limbah dapat dilewatkan *suspension preheater* menuju ke pengumpan kiln. Sebagai contoh, limbah ban bekas yang telah diisi sampah kota tersortir di lemparkan menuju *inlet kiln* dan dengan ketinggian tertentu sehingga dapat meluncur masuk ke dalam *kiln* sejauh 5 - 10 meter dari pengumpan *kiln*. Limbah ban bekas yang berukuran sekitar 45 kg membutuhkan waktu tinggal 2 - 3 menit untuk dapat terbakar secara sempurna dan energi yang dihasilkan dapat bergabung dengan energi yang berasal dari bahan bakar utama. Pengumpanan limbah ban bekas tersebut harus terkontrol untuk menghindari terjadinya lonjakan CO di *suspension preheater* dan memastikan bahwa limbah terbakar di dalam *rotary kiln* bukan di *area riser duct* atau *cyclone*. Limbah yang terbakar di *cyclone* sangat riskan untuk menjadi *coating* dan menempel pada dinding *riser duct* atau *cyclone*. Untuk membantu memperkecil kemungkinan terjadinya *coating* yang tebal dapat dipasang beberapa “*big blaster*” di posisi yang tepat. Limbah padat lain pun sebenarnya dapat masuk melalui pengumpan ini jika dapat dipastikan limbah jatuh di pengumpan *kiln*. Untuk jenis limbah yang sifatnya ringan seperti kertas, dan plastik disarankan tidak masuk melalui pengumpan *kiln*. Hal ini karena yang terjadi limbah akan mudah terhisap *fan* dan dapat terbakar di *cyclone* lebih atas. Untuk mencegah lonjakan gas CO dapat dilakukan dengan

mengatur durasi pengumpanan limbah lebih lama atau berat limbah yang diumpangkan.

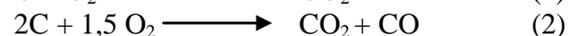
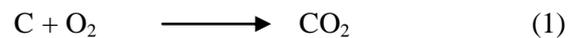
Pengumpanan limbah melalui *tertier air duct*

Material limbah yang cocok untuk diumpangkan melalui *tertier air duct* adalah yang mempunyai *bulk density* rendah, mudah terbang dan tidak berupa cairan sehingga limbah dapat habis terbakar di sepanjang *tertier air duct* akibat hisapan dari *suspension preheater fan*. Udara *tertier* adalah udara panas dengan suhu 850 - 900°C dan kandungan oksigen tinggi yang berasal dari *cooling fan* di *air quenching cooler*. Transportasi pengumpanan dapat menggunakan *belt conveyor* dan melalui alat pengumpan yang tertutup dengan dilengkapi *rotary lock* untuk menghindari kebocoran udara luar yang dapat mendinginkan udara panas. Hal ini dapat menurunkan derajat kalsinasi di *cyclone* terbawah. Lokasi pengumpanan limbah sangat dekat dengan *kiln hood* maka pengoperasian *electrostatic precipitator cooler fan, suspension preheater fan* dan umpan udara luar dari *cooling fan* harus seimbang atau sedikit di bawah nol (rentang antara -0,1 ~ -0,2), supaya tidak ada kondisi tekanan positif yang dapat mengakibatkan limbah tidak dapat jatuh ke *area grate plate* dan bercampur produk *rotary kiln* berupa *clinker*.

Hasil dan Pembahasan

Dampak positif teknologi *co-processing* di industri semen

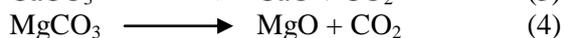
Proses pembakaran terjadi reaksi antara karbon dan oksigen dan menghasilkan gas karbon dioksida dan gas karbon monoksida sesuai persamaan berikut.



Reaksi pembakaran karbon yang ideal sesuai dengan reaksi (1). Pada umumnya reaksi ini sulit terjadi dikarenakan sangat bervariasinya nilai karbon pada batubara yang diumpangkan ke *burner*. Perbedaan nilai karbon yang direpresentasikan dengan nilai bakar batubara yang sangat bervariasi menyebabkan terjadi variasi *burning zone temperature* pada saat proses pembakaran di *rotary kiln*. Dalam teknologi *co-processing* yang melibatkan banyak limbah yang mempunyai nilai bakar bervariasi akan mempengaruhi kualitas pembakaran. Salah satu cara untuk mengurangi variasi nilai karbon atau nilai bakar adalah dengan menstabilkan

bahan bakar alternatif dalam hal kualitas pencampuran dan kontinuitas pengumpanan. Melihat kondisi ini maka reaksi pembakaran yang terjadi adalah reaksi (2). Untuk menyempurnakan reaksi agar terjadi reaksi (1), dengan memperbesar oksigen yang akan meniadakan gas CO tetapi suhu pembakaran turun dan memperbesar beban *fan* pada *suspension preheater*. Oleh karena itu volume oksigen yang tinggi tidak begitu diperlukan apabila udara yang membawa bahan bakar telah mencukupi membentuk nyala api yang kuat dan melingkupi campuran antara bahan bakar dan oksigen.

Gas CO yang terbentuk dari reaksi pembakaran dapat terbawa dalam gas hasil pembakaran. Regulasi pemerintah membatasi maksimum emisi keluar cerobong SO_x adalah 800 mg/Nm^3 dan NO_x sebesar 1000 mg/Nm^3 sementara gas CO_2 telah diyakini sebagai penyebab pemanasan global. Kontribusi terbesar SO_x berasal dari sulfur yang terkandung pada bahan bakar dan limbah sedangkan NO_x timbul akibat suhu tinggi dari nyala api di sekitar *main burner* yang mengoksidasi N_2 dari udara pendingin maupun *primary air fan*. Gas CO_2 timbul selain karena reaksi pembakaran bahan bakar adalah juga diakibatkan reaksi kalsinasi pada *raw material* pembentuk kristal klinker



Untuk menjelaskan bahwa teknologi *co-processing* dapat berkontribusi positif dalam mengurangi gas CO_2 dapat dijelaskan bahwa teknologi *co-processing* merupakan penggabungan dua proses pembakaran yaitu pembakaran limbah pada unit incinerator dan pembakaran batubara pada industri semen. Akibat penggabungan dua proses ini maka gas CO_2 yang dihasilkan dapat tereduksi karena limbah yang dibakar sekaligus untuk mengurangi pemakaian batubara dalam memproduksi massa semen yang sama. Pengurangan batubara berkontribusi positif terhadap deposit tambang batubara dan terjadinya penurunan emisi CO_2 . Teknologi *co-processing* menguntungkan penghasil limbah dan industri semen. Sejumlah industri yang menghasilkan limbah akan sangat terbantu apabila mau bekerja sama dengan industri semen yang menerapkan teknologi *co-processing*. Industri semen yang 35% biaya produksinya untuk energi dapat menghemat penggunaan batubara. Teknologi *co-processing* menjadi solusi alternatif terbaik dalam

pengelolaan lingkungan menuju *era green company*. Di samping itu, kegiatan ini dapat membuka lapangan kerja untuk masyarakat sekitar pabrik.

Tantangan teknologi *co-processing* di industri semen

Teknologi *co-processing* memberikan manfaat baik bagi industri semen maupun industri penghasil limbah. Akan tetapi teknologi ini memberi tantangan kepada kita untuk meminimalkan aspek-aspek negatif yang ditimbulkan dari penggunaan limbah antara lain,

1. Komposisi kimia dari limbah yang bervariasi dapat mempengaruhi hasil pencampuran yang telah dirancang.
2. Ukuran dan bentuk limbah yang bervariasi akan mempengaruhi tingkat kesulitan dalam transportasi dan pengumpanan.
3. Variasi kadar air dan zat pengotor dapat mempengaruhi kestabilan operasi dan kualitas produk.
4. Khusus kandungan *sulfur*, alkali dan *chlorine* yang berlebih di dalam limbah dapat mempercepat tumbuhnya *coating* pada dinding *kiln* dan *suspension preheater*.

Keempat masalah di atas harus dapat diminimalkan dengan menerapkan sistem optimasi *pretreatment* untuk limbah yang datang dari *waste generator*. Selain kandungan pengotor yang sudah dibatasi sejak awal kontrak jual beli limbah, maka setiap limbah masuk harus ditempatkan dalam *storage* sesuai dengan jenisnya. Dari data material yang diperoleh dapat dilakukan pencampuran lebih dari 2 limbah untuk mendapatkan jenis limbah baru dengan nilai bakar, ukuran, kadar air, dan zat pengotor yang relatif seragam. Pengontrolan semua aspek positif pada masing-masing limbah dapat menghasilkan jenis limbah baru yang siap diumpangkan pada unit *kiln* dengan segala aspek positifnya. Hal ini perlu sekali diperhatikan agar pada saatnya nanti limbah diumpangkan ke *kiln* tidak dijadikan alasan dapat menurunkan kapasitas produksi. Titik pengumpanan yang tepat juga menentukan keberhasilan pemakaian limbah sebagai alternatif pengganti bahan bakar fosil.

Tingginya kandungan sulfur, alkali dan *chlorine* berpotensi menimbulkan *coating* dan penyempitan aliran material. Terbentuknya *coating* dimulai dari adanya siklus sulfur, alkali dan siklus *chlorine* yang terjadi sepanjang *kiln* dan *suspension preheater*. Siklus terjadi karena adanya perubahan suhu di sepanjang jalur sulfur, alkali dan *chlorine* yang dilewatinya dari

penguapan di dalam *kiln* menuju *suspension preheater* tetapi suhu sudah tidak cukup lagi untuk terjadinya evaporasi, sehingga terjadi kondensasi dan kembali ke *kiln*.

Untuk meminimalkan tumpukan *coating* dapat dilakukan beberapa tindakan preventif maupun kuratif secara konvensional maupun menggunakan peralatan modern. Mulai dari penggunaan *chlorine bypass system* untuk mengurangi kandungan *chlorine* yang kembali ke *kiln*, instalasi *blaster* di titik-titik rawan terjadinya penumpukan *coating*, dan meminimalkan kandungan sulfur/alkali/*chlorine* pada bahan.

Jaminan emisi gas sisa hasil pembakaran dari teknologi *co-processing*

Untuk memastikan kepada publik dan tanggung jawab sosial terhadap kelestarian lingkungan, maka teknologi *co-processing* ini harus bisa dibuktikan secara nyata tidak menimbulkan masalah baru terhadap kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh emisi gas yang keluar cerobong. Parameter gas CO₂ yang tidak cocok untuk industri semen dapat dibandingkan dengan negara-negara Eropa yang telah lebih dulu menerapkan teknologi *co-processing* ini. Perbandingan antara *co-processing* dan incinerator adalah tidak dihasilkannya residu lain akibat proses pembakaran limbah, tetapi yang ada semua limbah terbakar habis pada unit *kiln* dan unsur-unsur yang terkandung di dalam limbah sebagaimana ada yang bersama gas sisa hasil pembakaran dan sebagian lain terikat pada produk *clinker*. Untuk memastikan *clinker* yang terbentuk tidak mengandung limbah beracun, beberapa parameter harus selalu dikontrol dan dilakukan pengujian secara kontinu maupun acak di laboratorium.

Penerapan teknologi *co-processing* di industri semen

Pada saat ketersediaan bahan bakar fosil semakin menipis maka harga bahan bakar membumbung tinggi. Negara-negara maju masih dihadapkan pada kewajibannya menurunkan emisi CO₂ sesuai dengan kesepakatan Protocol Kyoto yang akan mendekati habis masa berlakunya di tahun 2012. Untuk menyelesaikan masalah tersebut Eropa, Amerika, Jepang telah memulai secara bertahap melakukan substitusi bahan bakar fosil dengan berbagai limbah yang masih mempunyai nilai bakar. Misalnya industri semen Fujiwara di Taiheiyu, Jepang telah melakukan substitusi 40% bahan bakar fosilnya dengan limbah berupa ban bekas, plastik, *waste*

oil, EP Carbon disamping telah menggunakan coal jenis LCV (*low calorific value*) dan *pet coke*.

Di Amerika Serikat, pemakaian limbah ban telah lazim digunakan sebagai bahan bakar alternatif di berbagai industri. Untuk industri semen dari data Rubber Manufacturing Association tahun 2006 setiap tahun pemakaian limbah ban terus mengalami peningkatan. Tercatat dalam "Guidelines on *Co-processing Waste Materials in Cement Production*" (Anonim, 2006) bahwa utilisasi pemakaian bahan bakar alternatif di industri semen di Eropa pada tahun 2002 telah mensubstitusi 11,4% energinya menggunakan limbah senilai 85.510 ton Joule. Di Jerman, sebagai salah satu negara Eropa yang lebih ketat dalam pengelolaan lingkungan hidupnya telah berhasil melakukan substitusi bahan bakarnya menggunakan berbagai macam limbah sebesar 35% pada tahun 2002 dan terus mengalami peningkatan setiap tahunnya.

Di Indonesia, dua industri semen terbesar telah mulai menerapkan teknologi *co-processing* ini dengan dukungan dari industri semen Eropa, yaitu PT Indocement Tunggal Prakarsa dan HOLLCIM. Bahkan PT Indocement Tunggal Prakarsa telah diakui oleh dunia internasional sebagai industri semen Indonesia pertama yang memperoleh sertifikat reduksi emisi CO₂ (ER) dalam upaya memproduksi semen ramah lingkungan dan ikut dalam perdagangan karbon internasional.

Kesimpulan

Hadirnya teknologi *co-processing* dapat menjembatani antara perusahaan-perusahaan penghasil limbah yang mengalami kesulitan dalam menangani limbah dan industri semen yang membutuhkan pasokan energi yang besar. Pada industri semen, teknologi *co-processing* dapat memberikan keuntungan yang berganda yaitu mendapatkan energi alternatif yang dapat mengurangi pemakaian batubara sehingga dapat menekan biaya produksi dan juga mendapatkan tambahan pendapatan sebagai kompensasi dari perusahaan penghasil limbah karena sudah memusnahkan limbah yang dihasilkan. Pencitraan perusahaan dalam pengelolaan lingkungan pun bertambah baik. Penggunaan teknologi *co-processing* akan meningkatkan kemampuan daya saing perusahaan secara regional maupun internasional. Dunia semakin bersih, masyarakat pun dapat berkontribusi dalam pembukaan lapangan kerja dalam hal penyediaan, transportasi dan *pretreatment* limbah sebelum

siap dilakukan pengumpulan. Dengan mempertimbangkan berbagai keuntungan dari teknologi *co-processing* yang telah dijelaskan di atas maka sudah selayaknya pemerintah membantu dalam memberikan konsultasi dan regulasi yang jelas terhadap teknologi ini. Industri semen pun sesering mungkin melakukan sosialisasi terhadap masyarakat luas. Sinergi kedua belah pihak akan menjadikan Indonesia lebih bersih dan tidak dijadikan sebagai Tempat Pembuangan Akhir (TPA) dari negara-negara tetangga yang telah menikmati hasil dari kekayaan alam Indonesia. Sejumlah industri semen termasuk PT Indocement Tunggal Prakasa dan HOLLIM telah mulai menerapkan teknologi *co-processing*. Pihak industri, lembaga riset serta perguruan tinggi perlu bekerjasama dalam mengembangkan teknologi *co-processing* ini agar sejumlah kendala terkait variasi komposisi, ukuran dan bentuk limbah serta kandungan air dan zat pengotor yang dapat mempengaruhi kestabilan operasi dan kualitas produk dapat teratasi dengan baik.

Daftar Pustaka

- Anonim, 2006, "Guidelines on Co-processing Waste Materials in Cement Production", The GTZ-Holcim Public Partnership.
- Chandelle, J-M, 2009, "Co-processing of Alternative Fuels in the Cement Industry: Sustainable Energy with a Future", EUROPEAN ENERGY FORUM, 6 Oktober 2009.
- Claude, LOREA – CEMBUREAU, 2006, "Use of Alternative Fuels and Materials In The European Cement Industry", IEA MEETING, 4 September 2006.
- Ewall, M dan Nicholson, K., 2005, "Hazardous Waste and Tire Incineration in the U.S. and Mexican Cement Industries: Environmental and Health Problems", Energy Justice Network, Nov 2005; updated Nov 2007.
- Nørskov, L., Dam-Johansen, K., Glarborg, P., Larsen, M.B., Hjuler, K., dan Smidth, F.L., 2009, "Fuel Flexible Burners in Cement and Mineral Industry", CHEC Annual Day, 01 Oktober 2009
- Sprott, J. C., 2006, "Is Global Warming for Real?", the Chaos and Complex Systems Seminar, Madison, Wisconsin, January 17, 2006.
- van der Meer, R., 2007, "Current CDM experiences HeidelbergCement", Heidelberg Cement, member of WBCSD / CSI
- Verhagen, P., 2006, "Potential and Opportunities For Increased Waste Use", IEA / WBCSD Cement Energy Efficiency Workshop, Corporate Industrial Ecology, Holcim Group Support Ltd, September 4, 2006.