



Keberlanjutan pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun melalui co-processing di industri semen

HARRY AHMAD FAKRI^{1*}, SETYO MOERSIDIK¹, HARUKI AGUSTINA¹

¹ Program Studi Ilmu Lingkungan, Sekolah Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia, Jakarta, DKI Jakarta, 10430, Indonesia;

*Korespondensi: harryfakri@gmail.com

Diterima: 24 Februari, 2024

Disetujui: 29 April, 2024

ABSTRAK

Latar Belakang: Salah satu permasalahan lingkungan dalam kegiatan industri adalah pengelolaan limbah B3. Co-processing pada industri semen diharapkan dapat menjadi solusi pengelolaan limbah B3. **Metode:** Penelitian dilakukan pada pabrik semen yang sedang melakukan kegiatan co-processing. **Temuan:** Kegiatan co-processing perlu dievaluasi terkait keberlanjutannya. Untuk memenuhi kegiatan co-processing yang berkelanjutan, pengelolaan limbah B3 oleh industri semen memerlukan analisis manfaat ekonomi, penerimaan sosial, dan persyaratan lingkungan. Berdasarkan penelitian dapat disimpulkan bahwa PT. ITP dan PT. HI dalam kegiatan co-processing dapat dikatakan memenuhi kaidah keberlanjutan. **Kesimpulan:** PT. ITP telah melakukan Pengelolaan Limbah B3 pada 41 Penghasil Limbah B3, 22 Jenis Limbah B3, dan 7.861,23 Ton Limbah B3. PT. HI telah melakukan Pengelolaan Limbah B3 pada 71 Penghasil Limbah B3, 53 Jenis Limbah B3, dan 59.494,91 Ton Limbah B3. Rata-rata efisiensi per tahun yang diperoleh dari (1) penggunaan bahan baku alternatif sebesar 1,5% untuk PT.ITP dan 4,24% untuk PT. HI (2) penggunaan bahan bakar alternatif sebesar 3,41% dan untuk PT.ITP dan 8,23% untuk PT.HI. Pengelolaan limbah B3 menghabiskan biaya lebih sedikit jika dikelola melalui co-processing. Bagi masyarakat, kegiatan co-processing memberikan lapangan kerja. Para pemangku kepentingan menerima adanya kegiatan co-processing di pabrik semen sebagai jasa pengelolaan limbah B3 dengan skor rata-rata 76% dan mempunyai frekuensi 39% untuk persepsi sangat setuju. Co-processing telah memenuhi persyaratan lingkungan yang terdiri dari pemenuhan baku mutu udara, dioksin, furan, kesesuaian jenis limbah B3, dan pemenuhan SNI produk.

KATA KUNCI: bahan bakar alternatif; bahan baku alternatif; co-processing; limbah B3; pemanfaatan.

ABSTRACT

Background: One of environmental problem in industrial activities is hazardous waste management. Co-processing in cement industry is expected to be a solution of hazardous waste management. **Methods:** The research was conducted at cement factory which has been doing co-processing activities. **Findings:** Co-processing activities needs to be evaluated regarding the sustainability. To fulfill sustainable co-processing activities, hazardous waste management by cement industry requires analysis of economic benefits, social acceptability, and environmental requirements. Based on the research, it can be concluded that PT. ITP and PT. HI in co-processing activities can be said to meet the rules of sustainability. **Conclusion:** PT. ITP has conducted hazardous waste management for 41 hazardous waste generators, 22 types of hazardous waste, and 7,861.23 tons of hazardous waste. PT. HI has conducted hazardous waste management for 71 hazardous waste generators, 53 types of hazardous waste, and 59,494.91 tons of hazardous waste. The average efficiency per year obtained from (1) the use of alternative raw materials of 1.5% for PT.ITP and 4.24% for PT. HI (2) alternative fuel usage of 3.41% and for PT.ITP and 8.23% for PT.HI. Hazardous waste management spend less cost if managed through co-processing. For the community, co-processing activities provide jobs opportunity. The stakeholders accept the existence of co-

Cara Pengutipan:

Fakri et al. (2024). Keberlanjutan pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun melalui co-processing di industri semen. *Human Error and Safety*, 1(1), 48-65. <https://doi.org/10.61511/hes.v1i1.2024.728>

Copyright: © 2024 dari Penulis. Dikirim untuk kemungkinan publikasi akses terbuka berdasarkan syarat dan ketentuan dari the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



processing activities at the cement plant as a hazardous waste management service with mean score of 76% and has a frequency of 39% for perception strongly agreed. Co-processing has fulfilled environmental requirements consisting of compliance with air quality standards, dioxin, furans, suitability of hazardous waste type, and product SNI compliance.

KEYWORDS: *alternative fuel; alternative raw materials; B3 waste; co-processing; utilization.*

1. Pendahuluan

Berdasarkan data yang diperoleh dari Pusat Database Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3), jumlah timbulan limbah B3 pada tahun 2013 mencapai 76.193.915,03 ton. Sebagai bahan pencemar, limbah B3 dapat mengakibatkan terjadinya pencemaran lingkungan yaitu pencemaran terhadap air sumur, pencemaran terhadap tanah, dan pencemaran terhadap udara (Nguyen, 2009; Rosenfeld dan Feng, 2011). Pengelolaan limbah B3 menganut prinsip *from cradle to the grave* yaitu limbah B3 dikelola mulai dari dihasilkan sampai dikuburkan meliputi proses dihasilkan, transportasi, sampai dengan penanganan akhir.

Perkembangan saat ini adalah berubahnya konsep pengelolaan limbah menjadi *cradle to cradle* yang menjadi tantangan tersendiri bagi pelaku usaha, aktivis lingkungan, sampai Pemerintah (Braungart dan McDonough, 2010). Konsep rancangan teknis *cradle to cradle* memuat bahwa suatu bahan baku setelah melalui suatu proses dapat digunakan sebagai bahan baku bagi proses yang lain, sehingga tidak terbentuk limbah dalam proses keseluruhan (Haggar, 2010). Salah satu contoh konsep *cradle to cradle* adalah penggunaan limbah sebagai alternatif bahan baku material dan bahan bakar pada proses termal yang dikenal dengan istilah *co-processing* sehingga berperan penting dalam pembangunan berkelanjutan (Schneider et al., 2011; Marciano Jr., 2003; Uson et al., 2013; Lamas et al., 2013). *Co-processing* mempunyai manfaat ganda yaitu merupakan solusi bagi persoalan penanganan limbah dan merupakan salah satu bentuk dari upaya *recovery energy* dan bahan baku dan dianggap dapat mengurangi pengeluaran untuk energi (Reno et al., 2013 dan Lamas et al., 2013).

Untuk menghasilkan satu ton semen, diperlukan 60-130 kg bahan bakar dan 110 kWh listrik. Biaya untuk energi mewakili lebih dari 30% dari total biaya produksi untuk industri semen, pengurangan pengeluaran untuk energi merupakan terobosan bagi kemajuan teknologi proses produksi semen (Lamas et al., 2013). Sebuah laporan World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) menyatakan bahwa bahan baku alternatif dapat menggantikan bahan baku alami sebesar 25,8%, bahan baku alternatif tersebut berasal dari limbah seperti fly ash dan slag (WBCSD, 2014). Penggunaan bahan bakar alternatif dan bahan baku alternatif telah berkembang sejak tahun 1970 di Eropa, Jepang, Amerika Serikat, Kanada, dan Australia (Holcim, 2006).

1.1 Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun

Definisi dari limbah B3 atau hazardous waste di setiap negara berbeda-beda sesuai dengan ketentuan hukum di masing-masing negara. Sampai sekarang, masih terdapat perbedaan konsep dan kebijakan tentang limbah di setiap negara, termasuk diantaranya tentang limbah, limbah padat, dan limbah B3 (Twardowska et al., 2004). Secara teori, jika suatu bahan telah dibuang dan dapat menyebabkan kerusakan besar untuk manusia atau lingkungan, dapat dianggap sebagai limbah berbahaya atau hazardous waste (Rosenfeld dan Feng, 2011). Beberapa timbulan limbah B3 sulit untuk dikelola, Alberini dan Frost, 2007, telah membuat suatu model untuk memprediksi probabilitas cara pengelolaan limbah pelarut terhalogenasi dibakar atau ditimbun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perusahaan akan mempertimbangkan baik biaya jangka pendek untuk pengelolaan atau pengolahan akhir dan kebijakan negara ketika memilih tujuan negara apabila limbah akan dikirimkan.

Berdasarkan Undang-undang nomor 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Peraturan Pemerintah nomor 101 tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun mendefinisikan Limbah B3 adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung zat, energi, dan/atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi, dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemarkan dan/atau merusak lingkungan hidup, dan/atau membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain. Berdasarkan Peraturan Pemerintah nomor 101 tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, Limbah B3 merupakan Limbah B3 yang tercantum dalam Lampiran I Peraturan Pemerintah tersebut. Kategorisasi Limbah B3 dibedakan menjadi Limbah B3 berdasarkan tingkat bahaya (kategori 1 dan kategori 2). Kategorisasi Limbah B3 dilakukan berdasarkan karakteristik Limbah B3 yaitu mudah meledak, mudah menyala, reaktif, infeksius, korosif, dan beracun. Selain itu, Limbah B3 dibagi berdasarkan sumber limbah (sumber spesifik, sumber tidak spesifik, dan B3 kedaluwarsa, B3 yang tumpah, B3 yang tidak memenuhi spesifikasi produk yang akan dibuang, dan bekas kemasan B3). Sumber spesifik dibedakan menjadi sumber spesifik khusus dan sumber spesifik umum.

Hirarki pengelolaan limbah B3 di Indonesia mengacu pada Peraturan Pemerintah nomor 101 tahun 2014 tentang Pengelolaan limbah B3 dalam penjelasannya menyatakan "Pengelolaan Limbah B3 dimaksudkan agar Limbah B3 yang dihasilkan masing-masing unit produksi sesedikit mungkin dan bahkan diusahakan sampai nol, dengan mengupayakan reduksi pada sumber dengan pengolahan bahan, substitusi bahan, pengaturan operasi kegiatan, dan digunakannya teknologi bersih". Jika masih dihasilkan Limbah B3 maka diupayakan Pemanfaatan Limbah B3. Pemanfaatan Limbah B3 yang mencakup kegiatan penggunaan kembali (re-use), daur ulang (recycle), dan perolehan kembali (re-recovery) merupakan satu mata rantai penting dalam Pengelolaan Limbah B3.

1.2 Semen

Menurut Cembureau dalam Holcim, 2006, penggunaan semen meningkat terutama di negara berkembang dan negara dalam transisi. Produksi semen di seluruh dunia pada tahun 2003 adalah 1,94 milyar ton, meningkat dari 1,69 milyar ton pada tahun 2001 atau 3,6% setiap tahunnya. Hal ini disebabkan tingginya permintaan di negara berkembang dan negara transisi. Negara-negara di Eropa menggunakan 14,4%, Amerika Serikat 4,7%, Amerika lainnya 6,6%, Asia 67,5% (Tiongkok, 41,9%), Afrika 4,1%, dan sisanya 2,7%. Perhitungan penggunaan semen pada tahun 2004 adalah 260 kg per kapita. Laporan yang disampaikan oleh Portland Cement Association (PCA) tahun 2015 mengindikasikan bahwa pemakaian semen di negara berkembang meningkat hingga 9,2 juta ton pada tahun 2014, dan 9 juta ton pada tahun 2015. Pemakaian semen di seluruh dunia diharapkan akan meningkat 2,2% di tahun 2015, 3,7% tahun 2016, dan 4% selama 2017-2018.

Secara umum produksi semen terdiri atas beberapa tahapan yang melibatkan proses yang berbeda. Tahap pertama dalam pembuatan semen yaitu penyediaan bahan baku semen. Pertama, bahan baku dibuat dengan formulasi yang terdiri atas batu kapur dan beberapa aditif yang mengandung campuran kalsium (Ca), silika (SiO₂), aluminium (Al), dan besi oksida (Fe₂O₃) yang telah dihancurkan dan dalam keadaan kering sehingga menjadi bubuk. Kemudian campuran bahan baku ini dipanaskan dalam pemanasan awal dan pre-calciner untuk memecah kalsium karbonat (CaCO₃) menjadi kalsium oksida (CaO) dan karbon dioksida (CO₂). Serbuk yang telah mengalami pemanasan awal dan proses pre-calciner kemudian dibakar dalam perapian secara terus menerus pada suhu sekitar 1.450 °C sehingga terjadi reaksi antara CaO dan elemen lainnya untuk membentuk silikat kalsium dan aluminat. Akhirnya, campuran yang diperoleh, disebut klinker, didinginkan dan kemudian digiling dengan gipsum (sekitar 5%) atau bahan lain, seperti slag, fly ash, pozzolans, atau residu dari industri lainnya seperti bahan produksi baja, keramik, atau bahan konstruksi dan pembongkaran bahan. Gipsum atau bahan lainnya dimasukkan ke klinker untuk membentuk semen dan dikemas (Uson et al., 2013).

Produksi semen membutuhkan energi yang cukup besar dan merupakan komponen terbesar dari biaya produksi, setidaknya 30-40 % dari total biaya (Uson et al., 2013 dan World Business Council for Sustainable Development, 2013). Hendriks et al., 1998 dan Zeman, 2008 menyatakan bahwa dibutuhkan kurang lebih 1750MJ untuk menghasilkan 1 ton klinker semen Portland. Lamas et al., 2013 dalam penelitiannya memberikan pernyataan bahwa sebagian besar pemakaian energi adalah pada saat proses produksi klinker yang dilakukan di rotary kiln yaitu kurang lebih 63%. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Szabo et al., 2003 menemukan bahwa kebutuhan energi sebenarnya adalah 3000–7000MJ/t tergantung teknologi di kiln yang digunakan untuk membakar bahan baku. World Business Council for Sustainable Development, 2014 menyatakan hal yang sama bahwa energi yang digunakan untuk produksi satu ton klinker adalah 3.000 – 6.500 MJ tergantung pada proses dan bahan baku yang digunakan.

Pemerintah Indonesia telah mengatur produk semen untuk memenuhi persyaratan Standar Nasional Indonesia (SNI) baik untuk produksi dalam negeri maupun impor dari luar negeri melalui Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia Nomor: 35/M-IND/PER/4/2007 tahun 2007 Tentang Pemberlakuan Standar Nasional Indonesia (SNI) Semen Secara Wajib. Pemberlakuan wajib SNI dilakukan terhadap jenis semen: Semen Portland Putih menggunakan SNI 15-0129-2004, Semen Portland Pozolan menggunakan SNI 15-0302-2004, Semen Portland menggunakan SNI 15-2049-2004, Semen Portland Campur menggunakan SNI 15-3500-2004, Semen Masonry menggunakan SNI 15-3578-2004, dan Semen Portland Komposit menggunakan SNI 15-7064.

1.3 Co-Processing

Co-processing adalah istilah yang digunakan untuk merujuk pada penggunaan limbah sebagai material pengganti dalam proses pembuatan semen untuk tujuan recovery energi dan sumber daya, serta pengurangan penggunaan bahan bakar konvensional dan bahan baku melalui proses substitusi (WBCSD, 2014). Perkembangan terkini menunjukkan bahwa co-processing menempatkan industri semen sebagai industri yang berperan penting dalam pembangunan berkelanjutan (Schneider et al., 2011; Marciano Jr., 2003; Uson et al., 2013; Lamas et al., 2013). Co-processing mempunyai manfaat ganda yaitu merupakan solusi bagi persoalan penanganan limbah, dan merupakan salah satu bentuk dari upaya recovery energi dan bahan (Borghetti dan Tiomno, 2000).

Limbah yang berfungsi sebagai raw material secara langsung menggantikan (substitusi) kapur, tanah liat (clay), batuan silika, dan bahan mineral ferri oksida. Limbah yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar secara langsung menggantikan fungsi batubara sebagai sumber bahan bakar. Pemanfaatan limbah sebagai bahan tambahan atau admixture secara tidak langsung akan menggantikan sumber daya alam dan sumber energi (Kawai dan Osako, 2012; Tsakiridis et al., 2008; Shi et al., 2008; Gomes et al., 2016; Mokrzycki et al., 2003; Navia et al., 2006; Trezza dan Scian, 2005; Li et al., 2012). Proses pembuatan semen dengan memanfaatkan limbah sebagai bahan baku alternatif dan bahan bakar alternatif perlu memperhatikan karakteristik limbah, spesifikasi alat produksi, dan persyaratan lingkungan (Wzorek, 2012; WBCSD, 2014; Käntee et al., 2013; Reno et al., 2013). Tantangan penggunaan bahan bakar alternatif menjadi suatu hal yang menarik bagi penelitian dan pengembangan di masa yang akan datang (Madlool et al., 2011).

Kegiatan co-processing dianggap memberikan manfaat ekonomi dan lingkungan. Penggunaan bahan bakar alternatif meningkatkan efisiensi bahan baku dan konservasi bahan baku (Mokrzycki et al., 2003; Chatziaras et al., 2016). Sama halnya dengan penggunaan bahan baku alternatif yang dapat menurunkan biaya produksi dan pengurangan penggunaan bahan baku konservatif (Navia et al., 2006; Baidya et al., 2016; Li et al., 2012; Benhelal et al., 2011)

Pemenuhan persyaratan lingkungan untuk kegiatan co-processing lebih banyak pada pemenuhan emisi termasuk sumber emisi kegiatan pabrik semen. Salah satunya adalah pemenuhan emisi CO₂ yang dianggap sebagai penyumbang emisi CO₂ terbesar dan dapat

dikurangi dengan salah satunya adalah penggunaan bahan bakar alternatif (Ali et.al., 2011; Huang et.al., 2012; Stefanović et.al., 2010; Parlikar et.al., 2016).

Pada beberapa kasus, pabrik semen termasuk di dalamnya kegiatan co-processing telah dikategorikan sebagai sumber emisi potensial PCDD/Fs (Alcock et al., 2001; Andronesco dan Puscasu, 2012; Chen et.al., 2014; Liu et.al., 2015; Li et.al., 2012). Studi yang dilakukan oleh Van Loo, 2008, menyatakan bahwa emisi PCDDs, PCDFs, dan PCB dapat terbentuk selama proses pembuatan semen, terutama co-processing limbah B3. Studi terbaru mengenai nilai emisi dan imersi PCDD/Fs telah menunjukkan bahwa pabrik semen sekalipun menggunakan bahan baku alternatif dan bahan bakar alternatif bukanlah sumber PCDD/Fs yang relevan (Fabrellas et al., 2004; SINTEF, 2006). Beberapa logam berat juga terdeteksi di dalam gas emisi pabrik semen (Al-Khashman dan Shawabkeh, 2006).

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian bertujuan untuk mengkaji peranan pabrik semen melakukan pengelolaan Limbah B3 dengan cara co-processing, menganalisis manfaat ekonomi bagi pabrik semen, penghasil limbah B3, dan masyarakat dalam kaitannya dengan kegiatan pengelolaan Limbah B3 oleh pabrik semen dengan cara co-processing, menganalisis keberterimaan penghasil limbah B3, pengelola limbah B3, dan pemerintah terhadap peranan pabrik semen sebagai pengelola limbah B3, dan mengkaji pemenuhan per-syaratan lingkungan kegiatan pengelolaan limbah B3 dengan co-processing.

2. Metode

2.1 Lokasi dan Waktu

Penelitian dilakukan di lokasi Pabrik Semen di Ka-bupaten Bogor. Pabrik semen yang diteliti adalah pabrik semen yang sudah melakukan kegiatan co-processing yaitu PT. ITP dan PT. HI. Penelitian dil-akukan pada bulan November 2016 sampai dengan bulan Maret 2017.

2.2 Data Penelitian

Data penelitian didapatkan dari penelitian lapan-gan, kuesioner, dan studi kepustakaan. Pengumpulan data menggunakan instrumen dokumentasi, pe-doman wawancara, dan kuesioner. Data diperoleh dari pabrik semen PT. ITP dan PT. HI, perusahaan penghasil limbah B3, pengelola limbah B3, dan pemerintahan.

Variabel dalam penelitian ini meliputi efisiensi penggunaan bahan baku dan bahan bakar, efisiensi biaya pengelolaan Limbah B3, jumlah tenaga kerja, persepsi pemangku kepentingan, jumlah limbah B3 yang diproses, hasil pemantauan emisi udara, pemenuhan kualitas produk, dan kesesuaian jenis limbah.

2.3 Metode Analisis Data

2.3.1 Analisis Peranan Pabrik Semen dalam Pengelolaan Limbah B3 dengan Cara Co-Processing

Untuk mengetahui peranan pabrik semen dalam pengelolaan limbah B3, peneliti menganalisis legalitas atau perizinan pengelolaan limbah B3, alur proses jasa pengelolaan limbah B3, alur proses pengelolaan limbah B3 dengan cara co-processing, dan kinerja kegiatan co-processing di pabrik semen. Perizinan pengelolaan limbah B3 dianalisis berdasarkan jenis limbah B3 yang diizinkan untuk dapat dimanfaatkan dan fasilitas pemanfaatan limbah B3 dengan cara co-processing. Peneliti melakukan analisis alur proses jasa pengelolaan limbah B3 dengan cara melakukan analisis pada unit kerja co-processing, proses bisnis jasa pengelolaan limbah B3, dan jaring-jaring hub-ungan antar pelaku

pengelolaan limbah B3. Untuk mengetahui alur proses pengelolaan limbah B3 dengan cara co-processing, dilakukan analisis alur proses penerimaan limbah B3 dan cara pengelolaan limbah B3 melalui co-processing. Analisis kinerja kegiatan co-processing di pabrik semen dilakukan dengan berdasarkan penghasil limbah B3, jenis limbah B3, dan jumlah limbah B3.

2.3.2 Analisis Manfaat Ekonomi

Manfaat ekonomi kegiatan pengelolaan limbah B3 dengan cara co-processing di pabrik semen diteliti pada pabrik semen, penghasil limbah B3, dan masyarakat luas. Untuk menganalisis manfaat ekonomi bagi pabrik semen dalam melakukan kegiatan co-processing, peneliti menggunakan pendekatan efisiensi penggunaan bahan baku dan bahan bakar. Efisiensi penggunaan bahan baku dihitung dengan membandingkan jumlah bahan baku alternatif dengan seluruh bahan baku yang digunakan. Efisiensi penggunaan bahan bakar dihitung dengan membandingkan total energi bahan bakar alternatif dengan total energi seluruh bahan bakar yang digunakan.

Manfaat ekonomi bagi penghasil limbah B3 dianalisis dengan membandingkan biaya pengelolaan limbah B3 dengan cara co-processing di pabrik semen dan biaya pengelolaan limbah B3 dengan cara yang lain. Manfaat ekonomi untuk masyarakat di analisis berdasarkan jumlah tenaga kerja dengan memperhatikan jumlah tenaga kerja yang terdapat di pabrik semen dan di perusahaan pengelolaan limbah B3 yang berkaitan langsung dengan kegiatan co-processing di pabrik semen.

2.3.3 Analisis Keberterimaan Pemangku Kepentingan

Analisis keberterimaan pemangku kepentingan dilakukan berdasarkan persepsi pemangku kepentingan. Pekerja pabrik semen PT. ITP dan PT.HI, penanggung jawab pengelolaan limbah B3 penghasil limbah B3, pengelola limbah B3, dan aparat pemerintahan. Data persepsi pemangku kepentingan akan dianalisis dengan menggunakan metode penskoran skala Likert. Perhitungan kuesioner dilakukan dengan perhitungan matematis menggunakan persentase nilai rata-rata. Pernyataan yang disampaikan adalah pertanyaan positif. Selain itu, analisis keberterimaan juga dilakukan dengan menggunakan frekuensi pilihan responden. Analisis berdasarkan frekuensi dilakukan untuk melihat sebaran nilai pilihan responden.

2.3.4 Analisis Pemenuhan Persyaratan Lingkungan

Untuk mengetahui pemenuhan persyaratan lingkungan kegiatan co-processing, peneliti menganalisis pemenuhan baku mutu emisi udara, dioksin furan, kesesuaian jenis limbah B3, dan pemenuhan syarat SNI produk. Baku mutu emisi udara dan dioksin furan menggunakan baku mutu yang tercantum dalam izin pemanfaatan limbah B3. Kesesuaian jenis limbah B3 dianalisis dengan membandingkan antara limbah B3 yang diterima dengan limbah B3 yang tercantum dalam daftar limbah B3 yang diizinkan. Pemenuhan persyaratan produk sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 15-2049-2004 untuk semen portland dan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7064:2014 untuk semen portland komposit.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perizinan Pengelolaan Limbah B3

Pabrik semen PT. ITP dan PT. HI telah mendapatkan izin pemanfaatan limbah B3 dari Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Pabrik semen PT. ITP diizinkan untuk melakukan pemanfaatan sebanyak 182 jenis limbah B3 berdasarkan kode limbah B3 atau sebanyak 48 kelompok uraian limbah B3. Berdasarkan penggolongan sumber limbah B3, PT. ITP dapat menerima limbah B3 dari sumber tidak spesifik, limbah B3 dari sumber

spesifik umum, dan limbah B3 dari sumber spesifik khusus. PT. ITP diizinkan untuk mengelola limbah B3 untuk kategori 1 dan kategori 2. Pabrik semen qPT. HI diizinkan untuk melakukan pemanfaatan 203 jenis limbah B3 ber-dasarkan kode limbah B3 atau sebanyak 49 ke-lompok uraian limbah B3. PT. HI diizinkan untuk mengelola limbah B3 untuk kategori 1 dan kategori 2 dari sumber tidak spesifik, limbah B3 dari sumber spesifik umum, dan limbah B3 dari sumber spesifik khusus. Berdasarkan jenis limbah B3, PT. HI diizinkan untuk memanfaatkan lebih banyak jenis limbah B3 dibandingkan dengan PT. ITP.

PT. HI dalam melakukan kegiatan pemanfaatan limbah B3 diizinkan untuk menggunakan 14 tempat penyimpanan limbah B3. Sebanyak 9 bangunan digunakan sebagai tempat penyimpanan limbah B3. PT. HI memiliki 2 tempat penyimpanan limbah B3 yang terdiri atas 4 unit tangki berkapasitas 15 ton dan 2 unit tangki berkapasitas 120 m³. Adapun 3 tempat penyimpanan limbah B3 lainnya berupa 1 unit silo berkapasitas 250 ton, 1 unit silo berkapasitas 40 ton, dan 2 unit silo berkapasitas 1.000 ton.

Tempat penyimpanan yang diizinkan PT. ITP ada-lah sebanyak 5 tempat penyimpanan limbah B3. PT. ITP memiliki 19 gudang penyimpanan limbah B3 dan 5 silo. Tempat penyimpanan limbah B3 berlokasi di tempat produksi semen P1, P2, P3, P4, P6, P7, P8, dan P11.

Kegiatan co-processing limbah B3 di PT. HI diizinkan dilakukan di 2 alat pemanfaatan yang juga merupakan alat produksi semen yaitu kiln. Kiln terdiri atas NAR-1 yang memiliki kapasitas 4.850 ton klinker per hari dan NAR-2 yang memiliki kapasitas 8.000 ton klinker per hari. Adapun PT. ITP diizinkan melakukan pemanfaatan limbah B3 di 9 unit kiln yang terdiri atas P1, P2, P3, P4, P6, P7, P8, P11, dan P14. Kapasitas yang terpasang untuk P1 sebanyak 2.000 ton klinker per hari, P2 sebanyak 1.656 ton klinker per hari, P3 sebanyak 3.188 ton klinker per hari, P4 sebanyak 3.188 ton klinker per hari, P6 sebanyak 4.594 ton klinker per hari, P7 sebanyak 5.500 ton klinker per hari, P8 sebanyak 5.500 ton klinker per hari, P11 sebanyak 7.500 ton klinker per hari, P14 sebanyak 10.000 ton klinker per hari. Ber-dasarkan kapasitas yang terpasang dan diizinkan untuk melakukan pemanfaatan, PT. ITP memiliki kiln dengan kapasitas total yang lebih besar dibandingkan dengan PT. HI.

3.2 Alur Proses Penerimaan Limbah B3

Pabrik semen PT. ITP memiliki struktur organisasi khusus untuk melaksanakan kegiatan co-processing, yaitu unit kerja AFR. Walaupun unit kerja AFR merupakan organisasi khusus, namun kegiatan co-processing dilaporkan, disetujui, dan divalidasi oleh General Manager dan Direksi. Unit kerja AFR melakukan kegiatan co-processing banyak melibat-kan langsung unit kerja AFR Office, AFR Plant, QARD, Sales Division (SD), Purchasing Division (PD).

Berbeda halnya dengan PT. HI dalam melakukan kegiatan co-processing memiliki unit kerja khusus yang terpisah dari manajemen pembuatan semen. Unit kerja yang khusus menangani kegiatan co-processing yaitu Geocycle. Unit kerja Geocycle dipimpin oleh seorang Geocycle Manager yang mem-iliki 3 bagian unit kerja yang dipimpin oleh manajer yaitu Technical and Operational Manager, Permit-ting and Compliance Manager, dan Sales and Mar-keting Manager. Selain itu, Geocycle Manager juga membawahi langsung 2 bagian unit kerja yang dipimpin oleh Superintendent yaitu Communication and Relation Superintendent dan Field Services, Consulting and Special Project Superintendent.

PT. ITP tidak melakukan pencarian limbah B3 sendiri melainkan melalui pengelola limbah B3 lainnya yang diberi istilah waste supplier. Apabila penghasil limbah B3 memiliki limbah B3 untuk dikelola di PT. ITP, maka penghasil tersebut harus memilih waste supplier terlebih dahulu. Waste suppli-er tersebut dapat berupa pengangkut limbah B3, pengumpul limbah B3, atau pemanfaat limbah B3.

Beberapa kelebihan PT. ITP adalah aspek resiko, persaingan usaha, dan dapat mengurangi resiko kare-na tanggung jawab ada pada waste supplier. Bisnis pengelolaan limbah B3 dapat berkembang dengan munculnya waste supplier. Biaya pengelolaan yang dikontrol oleh waste supplier dapat menumbuhkan persaingan antar waste supplier.

Persaingan bisnis antara pengelola Limbah B3 dan PT. ITP dapat berkurang, bahkan akan dianggap sebagai solusi bagi masalah limbah B3.

Kerugian PT. ITP adalah kebergantungan terhadap waste supplier, akibatnya apabila waste supplier memilih untuk mengelola limbah B3 di pengelola lain maka PT. ITP akan kehilangan pasokan limbah B3. Kerugian yang lain adalah informasi harga yang diberikan kepada waste supplier dapat dianggap kurang transparan dan memungkinkan untuk dikendalikan oleh waste supplier sehingga dapat menyebabkan biaya pengelolaan limbah B3 menjadi lebih mahal apabila dibandingkan dengan biaya pengelolaan limbah B3 yang ditawarkan oleh pabrik semen yang lain.

Berbeda dengan PT. ITP, PT. HI melakukan proses bisnis jasa pengelolaan limbah B3 secara aktif dan pasif dalam mendapatkan limbah B3 untuk dikelola melalui co-processing. Dalam konteks bisnis, PT. HI dapat bekerja sama langsung dengan penghasil limbah B3 atau penghasil limbah B3 dapat langsung menyampaikan permintaan untuk bekerja sama dengan PT. HI. Seperti halnya PT. ITP, PT. HI juga menerima hasil pemanfaatan limbah B3 oleh plat-form.

Kelebihan kebijakan proses bisnis PT. HI adalah secara optimal PT. HI dapat menjalankan kegiatan co-processing sebagai unit bisnis. Kelebihan lainnya, PT. HI dapat melakukan seleksi baik secara bisnis maupun teknis tingkat kelayakan kegiatan pengelolaan limbah B3. PT. HI tidak memiliki ketergantungan terhadap rekanan pengelola limbah B3 menjadi kelebihan yang dimiliki PT. HI.

Kekurangan proses bisnis yang dilakukan oleh PT. HI adalah persaingan usaha dengan pengelola limbah B3 lainnya. Bisnis pengelolaan limbah B3 dapat terhambat karena PT. HI dapat mengontrol biaya pengelolaan limbah B3. Kekurangan lainnya adalah tanggung jawab dan risiko yang lebih besar dalam kegiatan pengelolaan limbah B3.

3.3 Prosedur Jasa Pengelolaan Limbah B3 di Pabrik Semen

PT. ITP memiliki prosedur operasi standar dalam melakukan kegiatan co-processing terdiri atas prosedur pre-acceptance, waste receiving, dan waste process. Proses pre acceptance adalah penyaringan pertama bagi waste supplier dan limbah B3 yang dapat diterima di PT. ITP berdasarkan aspek legalitas dan aspek teknis. Pemeriksaan limbah B3 terdiri atas pemeriksaan tampilan fisik (homogenitas, pengotor, ada tidaknya bau yang menyengat, dan bentuk limbah B3) dan pemeriksaan kualitas limbah B3 yang dimaksudkan untuk menganalisis kandungan kimia dalam limbah B3. Parameter kualitas limbah B3 dibedakan untuk kualitas limbah B3 sebagai bahan baku alternatif dan bahan bakar alternatif. Parameter pengujian kualitas limbah B3 dibedakan berdasarkan jenis limbah B3 yaitu limbah B3 single waste dan limbah B3 yang siap untuk diumpungkan sebagai bahan bakar (hazardous waste solid as fuel) atau sebagai bahan baku (hazardous waste solid as material). Spesifikasi single waste digunakan untuk jenis limbah B3 yang akan melalui proses treatment terlebih dahulu. Spesifikasi hazardous waste solid as fuel dan hazardous waste solid as material lebih ketat tiga kali dibandingkan dengan spesifikasi single waste. Apabila tidak memenuhi persyaratan kualitas limbah B3, unit kerja AFR Office akan mengeluarkan Surat Penolakan (Rejection Letter) kepada waste supplier.

Proses selanjutnya adalah verifikasi lapangan yang dilakukan oleh PT. ITP apabila jumlah limbah B3 yang dikelola lebih dari 1000 ton untuk setiap kali pengiriman. Penghitungan risiko akan dilakukan untuk memperkirakan biaya yang diperlukan untuk proses co-processing. Apabila ditemukan ketidaksesuaian sampel pre acceptance dengan kondisi limbah B3 di lokasi penghasil limbah B3, unit kerja AFR Office akan mengeluarkan Surat Penolakan (Rejection Letter) kepada waste supplier. Unit kerja AFR Office PT. ITP membuat surat penawaran setelah perhitungan risiko selesai dilakukan. Surat penawaran berisi tentang biaya yang harus dibayarkan oleh waste supplier.

Waste receiving atau proses penerimaan limbah B3 adalah proses yang dilakukan setelah limbah B3 sampai di lokasi PT. ITP. Proses penerimaan limbah melalui beberapa tahapan yang sama dengan proses pre acceptance. Pemeriksaan tampilan fisik dan kualitas

limbah B3 menggunakan cara yang sama dengan yang dilakukan pada proses pre acceptance. Apabila tidak memenuhi persyaratan dan tidak dapat dilakukan treatment, unit kerja AFR Office membuat laporan off spec dan surat penolakan (rejection letter) kepada waste supplier. Apabila tidak memenuhi persyaratan dan dapat dilakukan treatment, unit kerja AFR Office menyampaikan informasi kepada waste supplier tentang denda (penalty) yang harus dibayarkan karena ketidaksesuaian limbah B3.

Waste process dilakukan setelah limbah B3 dinyatakan diterima untuk dikelola lebih lanjut di PT. ITP. Unit kerja AFR Plant akan melakukan penimbangan dan penandatanganan manifest limbah B3. Limbah B3 yang diterima dibagi menjadi dua kategori yaitu kategori limbah B3 yang dapat langsung diumpangkan ke plant dan kategori limbah B3 yang harus melalui proses pre treatment.

Sebelum dilakukan pre treatment, unit kerja AFR Plant membuat suatu recipe berdasarkan informasi yang diperoleh dari hasil pengujian sampel dan tujuan pemanfaatan limbah B3 (sebagai bahan baku alternatif atau sebagai bahan baku alternatif). Setelah AFR Plant melakukan pre treatment, limbah B3 akan diuji oleh QARD untuk pemenuhan spesifikasi hazardous waste solid as fuel dan spesifikasi hazardous waste solid as material.

Proses pre treatment yang dilakukan adalah pemilihan (sorting) dan pemilihan (selecting), pencacahan (shredding) atau penggabungan (bundling), dan pencampuran (mixing). Proses pre treatment dapat dilakukan berulang sampai memenuhi spesifikasi hazardous waste solid as fuel atau spesifikasi hazardous waste solid as material. Setelah dinyatakan memenuhi spesifikasi untuk diumpangkan di plant, limbah B3 akan disimpan terlebih dahulu di gudang penyimpanan. Tujuan dari pengumpulan limbah B3 baik yang telah melalui proses pre treatment maupun tanpa proses pre treatment adalah rotary kiln, cement mill, dan raw mill.

Proses pengelolaan limbah B3 melalui kegiatan co-processing di PT. HI dilakukan dengan menggunakan prosedur standar operasional yang telah ditetapkan manajemen. Sistem manajemen pengelolaan limbah B3 di PT. HI terdiri atas prekualifikasi limbah B3, pengangkutan dan pengumpulan, pemantauan pengiriman limbah, penyimpanan dan tata kelola penyimpanan, dan co-processing limbah B3. Penerimaan limbah B3 atau waste acceptance adalah prosedur untuk melakukan proses seleksi limbah B3. Selain itu terdapat prosedur prekualifikasi rekanan pengelola limbah B3 untuk menentukan diterima atau tidaknya pengelola limbah B3 sebagai rekanan PT. HI dalam melakukan jasa pengelolaan limbah B3.

Untuk menjadi rekanan PT. HI perusahaan pengelola limbah B3 harus mengajukan permohonan untuk menjadi rekanan pengelola limbah B3. Persyaratan untuk menjadi rekanan terdiri atas persyaratan administrasi, persyaratan keselamatan kerja, dan persyaratan pemenuhan ketentuan perundang-undangan. Persyaratan administrasi meliputi akta perusahaan, rekomendasi pengangkutan limbah B3, izin pengumpulan atau pemanfaatan, izin pengangkutan, asuransi lingkungan, surat pernyataan tidak bermasalah lingkungan.

Proses selanjutnya adalah proses penerimaan limbah B3 atau prekualifikasi limbah B3. Proses prekualifikasi limbah B3 adalah proses yang terdiri atas pengambilan sampel limbah, analisa limbah, pengumpulan info, identifikasi limbah, dan analisis risiko dan dampak lingkungan. Proses prekualifikasi sangat menentukan dalam penerimaan limbah B3 atau penolakan limbah B3.

Limbah B3 yang telah memenuhi persyaratan akan dilakukan pengambilan sampel limbah B3 untuk kemudian dianalisis lebih lanjut di laboratorium PT. HI. Selain penerimaan sampel, PT. HI mensyaratkan informasi seperti informasi proses, MSDS, volume, pengemasan, penanganan sebelumnya, dan informasi lainnya yang berhubungan dengan limbah B3. Informasi tersebut dikirimkan bersamaan dengan sampel limbah B3 sebagai dasar pertimbangan penerimaan limbah B3.

Proses selanjutnya yaitu menganalisis hasil pengujian finger print test dan analisis lengkap. Kegiatan co-processing di PT. HI memiliki persyaratan limbah B3 untuk dapat dikelola lebih lanjut di PT. HI. Kriteria yang harus dipenuhi yaitu Risk Evaluation Matrix,

Acceptance Criteria, dan pemenuhan persyaratan izin. Acceptance Criteria dibuat berbeda sesuai dengan rencana pemanfaatan limbah B3 di co-processing yaitu untuk pemanfaatan limbah B3 se-bagai bahan bakar alternatif yang berwujud padat dan cair dan pemanfaatan limbah B3 sebagai bahan baku alternatif.

Proses pemanfaatan limbah B3 ditentukan dengan berdasarkan hasil pengujian fingerprint test dan de-tail analisis. Unit kerja Sales and Marketing akan menyampaikan penawaran kepada pelanggan. Setelah dinyatakan memenuhi persyaratan, unit kerja Technical and Operational, Sales and Marketing, dan Compliance akan menentukan penerimaan dan penjadwalan pengangkutan berdasarkan stock level. Pengangkutan limbah B3 dilakukan oleh perusahaan rekanan pengangkut limbah B3. Pemantauan pengirim-an limbah B3 dilakukan dengan cara memeriksa dokumen pengangkutan seperti manifest pengangkutan limbah B3, truck inspection, finger print test, weightbridge ticket, surat izin, Transportation Re-quest Form.

Pemeriksaan limbah B3 dilakukan pada saat limbah B3 datang menggunakan analisis fingerprint test dan detail test. Apabila sesuai maka limbah B3 akan diterima dan diberi symbol dan label sesuai dengan hasil analisis fingerprint test dan detail test.

Penyimpanan limbah B3 sebelum dilakukan di tempat penyimpanan limbah B3 yang berbentuk bangunan, tangki, dan silo. Tempat penyimpanan limbah B3 berbentuk bangunan digunakan untuk limbah B3 yang memiliki fase padat, cair atau semi padat. Tempat penyimpanan limbah B3 berbentuk tangki digunakan untuk limbah B3 yang memiliki cair. Tempat penyimpanan limbah B3 berbentuk silo digunakan untuk limbah B3 yang memiliki fase pa-dat yang halus.

Jenis pemanfaatan limbah B3 ditentukan ber-dasarkan hasil analisis fingerprint test dan detail test limbah B3. Proses pemanfaatan limbah B3 sebagai bahan bakar alternatif dapat secara langsung di-umpankan ke dalam burner atau limbah B3 dicam-purkan dengan limbah B3 lainnya atau dengan limbah non B3. Persyaratan nilai kalori 4.000-5.000 kalori harus terpenuhi apabila langsung diumpankan ke dalam kiln.

Pemanfaatan limbah B3 sebagai bahan baku al-ternatif dengan cara co-processing terdiri atas dua cara yaitu pemanfaatan limbah B3 sebagai bahan baku alternatif di kiln dan di finish mill. Pemanfaa-tan limbah B3 sebagai bahan baku alternatif di kiln dilakukaan dengan cara pencampuran masing-masing limbah B3 di fasilitas mixing pit setelah dilakukan uji kecocokan karakteristik. Adapun pem-anfaatan limbah B3 sebagai bahan baku alternatif di finish mill dilakukan dengan cara dihaluskan dalam ball mill bersama-sama dengan bahan baku klinker untuk langsung menghasilkan semen.

Limbah B3 dapat diumpankan di fasilitas kiln pa-da 3 lokasi pengumpanan limbah B3. Lokasi pengumpanan limbah B3 di kiln main burner dan tempat proses precalciner adalah lokasi pengumpanan hasil pemanfaatan limbah B3 sebagai bahan bakar alternatif.

Pabrik semen memiliki perbedaan prosedur jasa pengelolaan limbah B3 seperti dalam proses admin-istrasi pengelolaan limbah B3, alur proses penerimaan limbah B3 dan cara pengelolaan limbah B3 melalui co-processing. Walaupun demikian, terdapat be-berapa persamaan dalam prosedur utama jasa pengelolaan limbah B3 sesuai dengan petunjuk yang diterbitkan WBCSD pada tahun 2014.

3.4 Kinerja Kegiatan Co-Processing

Peranan pabrik semen dalam pengelolaan limbah B3 pada riset ini dianalisis berdasarkan kinerja pelaksanaan kegiatan co-processing di PT. ITP dan PT. HI. Kinerja pelaksanaan kegiatan co-processing dibahas penulis berdasarkan penghasil limbah B3, jenis limbah B3, dan jumlah limbah B3.

Pemanfaatan limbah B3 melalui co-processing memiliki tingkat fleksibilitas yang cukup tinggi dalam menerima limbah B3. PT. ITP telah melakukan pengelolaan limbah B3 terhadap 41 perusahaan penghasil limbah B3. Berdasarkan kategori jenis usaha atau kegiatan penghasil limbah B3, sektor man-ufaktur mendominasi jenis kegiatan penghasil limbah B3 yaitu sebanyak 32 perusahaan, pengelola limbah B3 atau platform sebanyak 4

perusahaan, sektor agroindustri sebanyak 2 perusahaan, sektor energi, sektor konstruksi dan sektor kesehatan masing-masing satu perusahaan. Jenis perusahaan yang berhubungan dengan otomotif merupakan jenis perusahaan yang paling banyak mengirimkan limbah B3 ke PT. ITP yaitu sebanyak 7 perusahaan perakitan otomotif dan 10 perusahaan pembuat spare part.

Pabrik semen PT. HI telah melakukan pengelolaan limbah B3 pada 71 perusahaan penghasil limbah B3. Berdasarkan kategori jenis usaha atau kegiatan penghasil limbah B3, sektor manufaktur mendominasi jenis kegiatan penghasil limbah B3 yaitu sebanyak 61 perusahaan, sebanyak 8 perusahaan bergerak di bidang jasa, dan sektor energi sebanyak 2 perusahaan. Sebanyak 2 perusahaan sebagai platform pengelola limbah B3 menyerahkan limbah B3 hasil pengelolaannya ke PT. HI. Apabila dianalisis berdasarkan sektor manufaktur, jenis perusahaan manufaktur yang berhubungan dengan otomotif merupakan jenis perusahaan yang paling banyak mengirimkan limbah B3 ke PT. HI yaitu sebanyak 21 perusahaan perakitan otomotif.

Lokasi penghasil limbah B3 yang mengelola limbah B3 di pabrik semen tersebar di Jawa Barat. Penghasil limbah B3 di Kabupaten Bekasi adalah yang paling banyak yaitu 18 perusahaan dari 40 perusahaan yang mengirimkan limbah B3 ke PT. ITP. Penghasil di Kabupaten Karawang sebanyak 9 perusahaan dan 6 perusahaan berada di Kabupaten Bekasi yang mengirimkan limbah B3 ke PT. ITP. Pabrik semen PT. HI menerima limbah B3 dari perusahaan yang berlokasi paling banyak di kabupaten Bekasi sebanyak 28 perusahaan. Adapun penghasil yang berlokasi di Kabupaten Karawang sebanyak 16 perusahaan dan Kabupaten Bogor sebanyak 13 perusahaan yang mengirimkan limbah B3 ke PT. HI.

PT. ITP telah melakukan pemanfaatan 22 jenis limbah B3 berdasarkan kode limbah B3. Jumlah jenis limbah B3 tersebut adalah 12,36% dari semua jenis limbah B3 yang diizinkan untuk dapat dimanfaatkan di PT. ITP. Limbah B3 yang telah diterima adalah limbah B3 kategori 1 sebanyak 5 jenis limbah B3 dan sebanyak 17 jenis limbah B3 termasuk kategori 2. Sebanyak 4 jenis limbah B3 bersumber dari sumber tidak spesifik, 15 jenis limbah B3 bersumber dari sumber spesifik umum, dan 3 jenis limbah B3 bersumber dari sumber spesifik khusus. Selain menerima limbah B3 yang langsung dari penghasil limbah B3, PT. ITP juga menerima hasil pemanfaatan limbah B3 berupa bahan bakar alternatif dan bahan baku alternatif yang bersumber dari 4 perusahaan pemanfaat limbah B3 (platform). Sebanyak 8 jenis limbah B3 dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif dan 7 jenis limbah B3 dimanfaatkan sebagai bahan baku alternatif. Sementara itu, sludge proses produksi yang meliputi manufacturing, perakitan dan pemeliharaan kendaraan dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif juga sebagai bahan baku alternatif.

PT. ITP melakukan pemanfaatan limbah B3 yang paling banyak diserahkan penghasil limbah B3 adalah jenis limbah used rags. Used rags dikirim oleh 27 penghasil limbah B3. Sebanyak 10 penghasil limbah B3 menyerahkan limbah B3 berupa WWT Sludge atau sludge IPAL ke PT. ITP. Pabrik semen PT. ITP telah menerima oil sludge, slope oil, sludge process, used paper filter yang merupakan sludge proses produksi (manufacturing, perakitan dan pemeliharaan kendaraan) bersumber dari 6 penghasil Limbah B3. Jenis sludge lainnya yang diterima di PT. ITP adalah paint sludge yang dikirimkan oleh 6 penghasil limbah B3. Sebanyak 4 perusahaan yang melakukan proses industri oleochemical dan/atau pengolahan minyak hewani atau nabati telah menyerahkan limbah spent bleaching earth untuk dimanfaatkan di PT. ITP. Jenis limbah B3 lainnya diserahkan oleh kurang dari tiga penghasil limbah B3.

Berdasarkan kode limbah B3 sebanyak 53 jenis limbah B3 telah dimanfaatkan oleh PT. HI. Jumlah jenis limbah B3 tersebut adalah 29,78% dari semua jenis limbah B3 yang diizinkan untuk dapat dimanfaatkan di PT. HI. Limbah B3 yang telah diterima adalah limbah B3 kategori 1 sebanyak 21 limbah B3 dan sebanyak 32 limbah B3 termasuk kategori 2. Sebanyak 10 limbah B3 bersumber dari sumber tidak spesifik, 38 limbah B3 bersumber dari sumber spesifik umum, dan 5 limbah B3 bersumber dari sumber spesifik khusus. Selain menerima limbah B3 yang langsung dari penghasil limbah B3, PT. HI juga menerima hasil

pemanfaatan limbah B3 berupa bahan bakar alternatif yang bersumber dari 2 perusahaan pemanfaatan limbah B3 (platform). Sebanyak 41 jenis limbah B3 dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif dan 12 jenis limbah B3 dimanfaatkan sebagai bahan baku alternatif. Sementara itu, sludge IPAL, sludge proses produksi yang meliputi manufaktur, perakitan dan pemeliharaan kendaraan dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif juga sebagai bahan baku alternatif.

Apabila dikelompokkan kembali menjadi kelompok yang sejenis, PT. HI melakukan pemanfaatan limbah B3 yang paling banyak dikirim oleh penghasil limbah B3 adalah jenis contaminated goods atau limbah terkontaminasi B3 yang dikirim oleh 35 penghasil limbah B3. Sejumlah 17 penghasil limbah B3 menyerahkan limbah B3 berupa used rag ke PT. HI. Jenis limbah B3 berupa residu proses produksi dikirim oleh 15 perusahaan penghasil limbah B3 untuk dimanfaatkan di PT. HI. Pabrik semen PT. HI telah menerima sludge proses produksi bersumber dari 12 penghasil Limbah B3. Jenis sludge lainnya yang diterima di PT. HI adalah paint sludge yang dikirimkan oleh 13 penghasil limbah B3. Jenis limbah B3 lainnya diserahkan oleh kurang dari tiga penghasil limbah B3.

PT. ITP telah memanfaatkan 7.861,23 ton limbah B3 untuk dijadikan sebagai bahan baku alternatif dan bahan bakar alternatif. Jenis limbah B3 yang paling tinggi beratnya yang diterima di PT. ITP adalah oil sludge, slope oil, sludge process, used paper filter yang merupakan sludge proses produksi (manufaktur, perakitan dan pemeliharaan kendaraan) yaitu sebanyak 1.544,8 ton. PT. ITP memanfaatkan sebanyak 759,42 ton limbah B3 spent bleaching earth dan 671,95 ton limbah B3 sludge IPAL.

Jumlah limbah B3 yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif atau alternatif fuel (AF) adalah 2.050,46 ton dan sebagai bahan baku alternatif atau alternatif material (AM) adalah 2.322,45 ton. Sejumlah 3.276,02 ton limbah B3 hasil pemanfaatan limbah B3 (platform) sebagai bahan baku alternatif dan 212,3 ton limbah B3 hasil pemanfaatan limbah B3 (platform) sebagai bahan bakar alternatif telah dimanfaatkan di PT. ITP. Secara keseluruhan PT. ITP telah memanfaatkan 2.562,42 ton atau 36% dari keseluruhan limbah B3 yang diterima sebagai bahan bakar alternatif dan 4.638,60 ton atau 64% dari keseluruhan limbah B3 yang diterima sebagai bahan baku alternatif.

PT. HI telah memanfaatkan 59.494,91 ton limbah B3 untuk dijadikan sebagai bahan baku alternatif dan bahan bakar alternatif dalam satu tahun. Jenis limbah B3 yang paling tinggi beratnya telah diterima di PT. HI adalah limbah yang dihasilkan oleh proses pembakaran batubara pada fasilitas pembangkitan listrik tenaga uap PLTU, boiler dan/atau tungku industri yaitu fly ash sebanyak 26.280,16 ton dan bottom ash sebanyak 16.166,29 ton. Residu proses produksi sebanyak 5.938,25 ton telah dimanfaatkan di PT. HI. Limbah B3 lainnya yaitu Sludge proses produksi telah dimanfaatkan di PT. HI sebanyak 4.709,28 ton.

Jumlah limbah B3 yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif atau alternatif fuel (AF) adalah 13.017,628 ton dan sebagai bahan baku alternatif atau alternatif material (AM) adalah 46.477,28 ton. Sejumlah 1.268,53 ton limbah B3 hasil pemanfaatan limbah B3 (platform) sebagai bahan baku alternatif dan 5.589,79 ton limbah B3 hasil pemanfaatan limbah B3 (platform) sebagai bahan bakar alternatif telah dimanfaatkan di PT. HI. Secara keseluruhan PT. HI telah memanfaatkan 22% dari keseluruhan limbah B3 yang diterima sebagai bahan bakar alternatif dan 78% dari keseluruhan limbah B3 yang diterima sebagai bahan baku alternatif.

Berdasarkan jenis limbah B3 dapat dilihat bahwa PT. HI lebih berperan dibandingkan dengan PT. ITP. Data jenis limbah B3 hasil pemantauan unit kerja Direktorat Penilaian Kinerja Pengelolaan Limbah B3 dan Limbah Non B3 pada tahun 2015 menunjukkan bahwa jumlah jenis limbah B3 yang dihasilkan perusahaan manufaktur di Jawa Barat adalah sebanyak 197 jenis limbah B3. Pabrik semen PT. HI telah mengelola sejumlah 26,90% dari keseluruhan jenis limbah B3 yang dihasilkan di Jawa Barat atau hampir dua kali lipat dari Pabrik semen PT. ITP yang telah mengelola sebanyak 11,17%. Baik PT. ITP maupun PT. HI telah memanfaatkan limbah B3 sebagai bahan baku alternatif dan bahan bakar alternatif yang sejalan dengan hasil riset sebelumnya tentang pemanfaatan limbah sebagai bahan

baku alter-natif dan bahan bakar alternatif (Scheneider et al., 2011; Marciano Jr., 2003; Uson et al., 2013; Lamas et al., 2013; Borghetti dan Tiomno, 2000; Kawai dan Osako, 2012; Tsakiridis et. al., 2008; Shi et. al., 2008; Trezza dan Scian, 2005; Gomes et.al., 2016)

Walaupun demikian, baik PT. HI maupun PT. ITP masih belum secara optimal dalam memanfaatkan limbah B3, dapat ditinjau dari persentasi jenis limbah B3 yang diterima dibandingkan dengan seluruh jenis limbah B3 yang diizinkan oleh Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Pabrik semen PT. HI baru memanfaatkan jenis limbah B3 sebanyak 29,78% dari seluruh jenis limbah B3 yang diizinkan. Adapun pabrik semen PT. ITP hanya memanfaatkan jenis limbah B3 sebanyak 12,36% dari seluruh jenis limbah B3 yang diizinkan. Jenis limbah B3 yang dapat di-manfaatkan sebagai bahan bakar alternatif lebih banyak dibandingkan jenis limbah B3 yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku alternatif.

Berdasarkan tingkat bahaya atau kategori limbah B3, baik PT. HI maupun PT. ITP mampu me-manfaatkan jenis limbah B3 yang dikategorikan kat-egori 1 ataupun kategori 2. Selain itu, PT. HI dan PT. ITP sama-sama melakukan pemanfaatan hasil pem-anfaatan limbah B3 yang dilakukan oleh pihak ke tiga atau platform. Hasil pemanfaatan limbah B3 digunakan sebagai bahan baku alternatif dan sebagai bahan bakar alternatif.

Berdasarkan jumlah limbah B3 yang dimanfaat-kan, PT. HI lebih berperan dalam pengelolaan limbah B3 di Jawa Barat. Pabrik semen PT. HI memanfaat-kan limbah B3 sebanyak 59.494,91 ton limbah B3 jauh lebih banyak dibandingkan dengan PT. ITP yang hanya memanfaatkan limbah B3 sebanyak 7.861,23 ton. Walaupun jenis limbah B3 yang paling banyak dimanfaatkan sebagai bahan bakar alter-natif, tapi dari segi jumlah limbah B3, limbah B3 yang dimanfaatkan sebagai bahan baku alternatif lebih banyak dibandingkan dengan limbah B3 yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil riset, dapat disimpulkan bahwa dalam proses pemenuhan terhadap kegiatan jasa pengelolaan limbah B3 yang berkelanjutan dengan cara co-processing, PT. ITP dan PT. HI dalam kegiatan co-processing dapat dikatakan memenuhi kaidah keberlanjutan. Hal ini didasarkan pada peranan pabrik semen dalam pengelolaan limbah B3 melalui co-processing yang memberikan keuntungan secara ekonomi, diterima oleh pemangku kepentingan, dan memenuhi per-syaratan lingkungan.

Kontribusi Penulis

Semua penulis berkontribusi penuh atas penulisan artikel ini.

Pendanaan

Penelitian ini tidak mendapat sumber dana dari manapun.

Pernyataan Dewan Peninjau Etis

Tidak berlaku.

Pernyataan Persetujuan yang Diinformasikan

Tidak berlaku.

Pernyataan Ketersediaan Data

Tidak berlaku.

Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

Akses Terbuka

©2024. Artikel ini dilisensikan di bawah Lisensi International Creative Commons Attribution 4.0, yang mengizinkan penggunaan, berbagi, adaptasi, distribusi, dan reproduksi dalam media dalam format apapun. Selama Anda memberikan kredit yang sesuai kepada penulis asli dan sumbernya, berikan tautan ke Lisensi Creative Commons, dan tunjukkan jika ada perubahan. Gambar atau materi pihak ketiga lainnya dalam artikel ini termasuk dalam Lisensi Creative Commons artikel tersebut, kecuali dinyatakan dalam batas kredit materi tersebut. Jika materi tidak termasuk dalam Lisensi Creative Commons artikel dan tujuan penggunaan Anda tidak diizinkan oleh peraturan perundang-undangan atau melebihi penggunaan yang diizinkan, Anda harus mendapatkan izin untuk langsung dari pemegang hak cipta. Untuk melihat lisensi ini kunjungi: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Referensi

- Alberini, A., & Frost, S. (2007). Forcing firms to think about the future: Economic incentives and the fate of hazardous waste. *Environmental and Resource Economics*, 36(4), 451-474. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10640-006-9037-8>
- Alcock, R. E., Sweetman, A. J., & Jones, K. C. (2001). A congener-specific PCDD/F emissions inventory for the UK: do current estimates account for the measured atmospheric burden?. *Chemosphere*, 43(2), 183-194. [https://doi.org/10.1016/s0045-6535\(00\)00173-9](https://doi.org/10.1016/s0045-6535(00)00173-9)
- Alhakami, A. S., & Slovic, P. (1994). A psychological study of the inverse relationship between perceived risk and perceived benefit. *Risk analysis*, 14(6), 1085-1096. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1994.tb00080.x>
- Ali, M. B., Saidur, R., & Hossain, M. S. (2011). A review on emission analysis in cement industries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(5), 2252-2261. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.02.014>
- Al-Khashman, O. A., & Shawabkeh, R. A. (2006). Metals distribution in soils around the cement factory in southern Jordan. *Environmental pollution*, 140(3), 387-394. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2005.08.023>
- Andronescu, E., & Puscasu, D. V. (2012). Emisiile De Dioxine Si Furani În Industria Cimentului*/Releases Of Dioxins And Furans In The Cement Industry. *Revista Romana De Materiale*, 42(3), 237-241. <https://solacolu.chim.upb.ro/pag237-241web.pdf>
- Baidya, R., Ghosh, S. K., & Parlikar, U. V. (2016). Co-processing of industrial waste in Cement Kiln—A Robust system for material and energy recovery. *Procedia Environmental Sciences*, 31, 309-317. <https://doi.org/10.1016/J.PROENV.2016.02.041>
- Bauer, M. W. (2009). The evolution of public understanding of science—discourse and comparative evidence. *Science, technology and society*, 14(2), 221-240. <https://doi.org/10.1177/097172180901400202>
- Benhelal, E., Zahedi, G., Shamsaei, E., & Bahadori, A. (2013). Global strategies and potentials to curb CO2 emissions in cement industry. *Journal of cleaner production*, 51, 142-161. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.10.049>
- Borghetti Soares, J., & Tiomno Tolmasquim, M. (2000). Energy efficiency and reduction of CO2 emissions through 2015: The Brazilian cement industry. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 5(3), 297-318. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1009621514625>

- Braungart, M., McDonough, W., & Bollinger, A. (2007). Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions—a strategy for eco-effective product and system design. *Journal of cleaner production*, 15(13), 1337-1348. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.08.003>
- Brownell, E. (2011). Negotiating the new economic order of waste. *Environmental History*, 16(2), 262-289. https://www.researchgate.net/publication/273367964_Negotiating_the_New_Economic_Order_of_Waste
- Chatziaras, N., Psomopoulos, C. S., & Themelis, N. J. (2016). Use of waste derived fuels in cement industry: A review. *Management of Environmental Quality*, 27(2), 178-193. <https://doi.org/10.1108/MEQ-01-2015-0012>
- Chen, T., Guo, Y., Li, X., Lu, S., & Yan, J. (2014). Emissions behavior and distribution of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and furans (PCDD/Fs) from cement kilns in China. *Environmental Science and Pollution Research International*, 21(6), 4245-53. <https://doi.org/10.1007/s11356-013-2356-8>
- Davidovits, J. (Ed.). (2005). *Geopolymer, Green Chemistry and Sustainable Development Solutions: Proceedings of the World Congress Geopolymer 2005*. Geopolymer Institute. https://books.google.co.id/books/about/Geopolymer_Green_Chemistry_and_Sustainable_Development_Solutions?hl=id=wIFo7Lz08AC&redir_esc=y
- Davidson, E. (2014). Defining the trend: Cement consumption vs GDP. *Global Cement*. <https://www.globalcement.com/magazine/articles/858-defining-the-trend-cement-consumption-vs-gdp>
- Department for Environment Food and Rural Affairs United Kingdom (2011). *Guidance on applying the waste hierarchy to hazardous waste*. London. <https://www.gov.uk/government/publications/guidance-on-applying-the-waste-hierarchy-to-hazardous-waste>
- Edwards, P. 2015. The Rise and Potential Peak of Cement Demand in the Urbanized World. *Cornerstone, The Official Journal of The World Coal Industry*. <https://abmec.org.uk/wp-content/uploads/2019/10/Cornerstone-Volume-3-Issue-2.pdf>
- El Haggag, S. (2010). *Sustainable industrial design and waste management: cradle-to-cradle for sustainable development*. Academic Press. https://www.researchgate.net/publication/230771035_Sustainable_Industrial_Design_and_Waste_Management_Cradle-to-Cradle_for_Sustainable_Development
- Ekincioglu, O., Gurgun, A. P., Engin, Y., Tarhan, M., & Kumbaracibasi, S. (2013). Approaches for sustainable cement production—A case study from Turkey. *Energy and Buildings*, 66, 136-142. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.07.006>
- EU Commission. (2008). Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain directives (Waste framework directive, R1 formula in footnote of attachment II). <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5915865/KS-RA-10-011-EN.PDF/39cda22f-3449-4cf6-98a6-280193bf770c>
- Fabrellas, B., Larrazabal, D., Martinez, M. A., Sanz, P., Ruiz, M. L., Abad, E., & Rivera, J. (2004). Global assessment of PCDD/F emissions from the Spanish Cement Sector. Effect of conventional/alternative fuels. *Organohalogen Compd*, 66, 905-911. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=0b5fa5da2866722ef2688144730a5c506fe1ffa3>
- Fischhoff, B., Slovic, P., Lichtenstein, S., Read, S., & Combs, B. (1978). How safe is safe enough? A psychometric study of attitudes towards technological risks and benefits. *Policy sciences*, 9(2), 127-152. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00143739>
- Frewer, L. J., Hedderley, D., Howard, C., & Shepherd, R. (1997). 'Objection' mapping in determining group and individual concerns regarding genetic engineering.

- Agriculture and Human Values, 14(1), 67-79.
<https://link.springer.com/article/10.1023/A:1007331524432>
- Giddings, B., Hopwood, B., & O'brien, G. (2002). Environment, economy and society: fitting them together into sustainable development. *Sustainable Development*, 10(4), 187-196. <https://doi.org/10.1002/sd.199>

Biografi Penulis

HARRY AHMAD FAKRI, Program Studi Ilmu Lingkungan, Sekolah Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia.

- Email: harryfakri@gmail.com
- ORCID:
- Web of Science ResearcherID:
- Scopus Author ID:
- Homepage:

SETYO MOERSIDIK, Program Studi Ilmu Lingkungan, Sekolah Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia.

- Email:
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5423-3446>
- Web of Science ResearcherID:
- Scopus Author ID: 55340741400
- Homepage: <https://eng.ui.ac.id/>

HARUKI AGUSTINA, Program Studi Ilmu Lingkungan, Sekolah Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia.

- Email:
- ORCID:
- Web of Science ResearcherID:
- Scopus Author ID:
- Homepage: