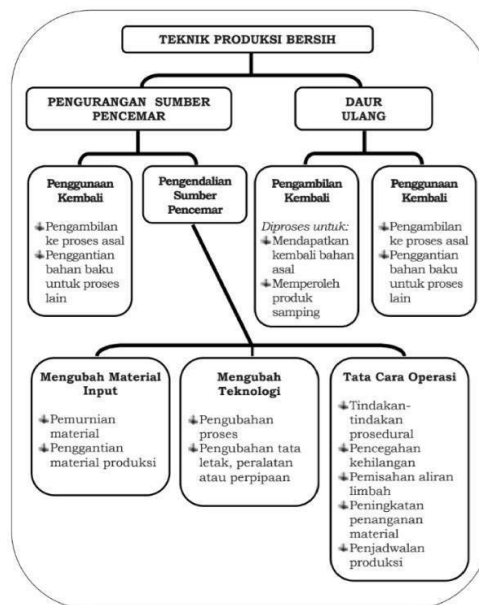


BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Produksi Bersih

Produksi bersih merupakan sebuah strategi pengelolaan lingkungan yang bersifat preventif dan terpadu yang perlu diterapkan secara terus menerus pada proses produksi dan daur hidup produk dengan tujuan mengurangi resiko terhadap manusia dan lingkungan (UNEP, 2001). Kementerian Lingkungan Hidup (2018), mendefinisikan produksi bersih adalah strategi pengelolaan lingkungan yang bersifat preventif, terpadu dan diterapkan secara terus menerus pada setiap kegiatan mulai dari hulu ke hilir yang terkait dengan proses produksi, produk dan jasa untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya alam, mencegah terjadinya pencemaran lingkungan dan mengurangi terbentuknya limbah pada sumbernya sehingga dapat meminimasi resiko terhadap kesehatan dan keselamatan manusia serta kerusakan lingkungan. Berikut adalah diagram alir produksi bersih



Gambar 2. 1 Teknik-Teknik Produksi Bersih

Sumber: USAID, 1997

Diagram di atas menunjukkan bahwa hal yang sangat penting dalam proses produksi bersih ialah pengurangan sumber pencemar dan melakukan daur ulang. Selain itu, dalam penerapan produksi bersih pada industri mencakup peningkatan

efisiensi dan efektivitas dalam pemakaian bahan baku, energi, dan sumber daya lainnya.

Dari pengertian dan diagram alir mengenai produksi bersih maka kata kunci yang dipakai untuk pengelolaan lingkungan adalah pencegahan, terpadu, peningkatan efisiensi, minimisasi resiko. Pada proses industri, produksi bersih berarti meningkatkan efisiensi pemakaian bahan baku, energi, mencegah atau mengganti penggunaan bahan-bahan berbahaya dan beracun, mengurangi jumlah dan tingkat racun semua emisi serta limbah sebelum meninggalkan proses. Pada produk, produksi bersih bertujuan untuk mengurangi dampak lingkungan selama daur hidup produk, mulai dari pengambilan bahan baku sampai ke proses dan pembuangan akhir setelah produk tersebut tidak digunakan.

Adapun keberhasilan penerapan produksi bersih di industri menurut Ujianti (2017), jika ditandai dengan :

1. Berkurangnya pemakaian air, sehingga industri memiliki kelebihan pasokan air.
2. Peningkatan efisiensi energi, sehingga industri memiliki kelebihan daya dan masih dapat dimanfaatkan.
3. Adanya penanganan limbah industri yang bisa dimanfaatkan diteliti sebagai bahan baku.
4. Adanya penurunan timbulan limbah padat, cair, maupun udara.

Penerapan ecoefisiensi hampir sama dengan konsep produksi bersih, di mana pengelolaan lingkungan dilakukan ke arah pencegahan pencemaran yang mengurangi terbentuknya limbah, mulai dari pemilihan bahan baku sampai dengan produk yang dihasilkan. Ecoefisiensi bermula dari isu efisiensi ekonomi yang mempunyai manfaat lingkungan, sedangkan produksi bersih bermula dari isu efisiensi lingkungan yang mempunyai manfaat ekonomi. Produksi bersih bertujuan untuk mencegah dan meminimalkan terbentuknya limbah atau bahan pencemar lingkungan di seluruh tahapan produksi. Tujuan produksi bersih adalah untuk memenuhi kebutuhan kita akan produk secara berkelanjutan dengan menggunakan bahan yang dapat diperbarui, bahan tidak berbahaya, dan penggunaan energi secara

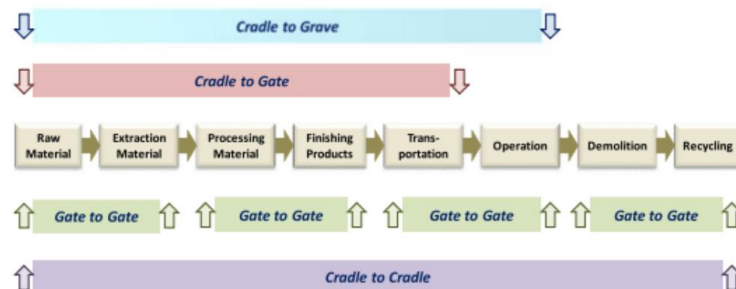
efisien dengan tetap mempertahankan keanekaragaman. Sistem produksi bersih berjalan dengan pengurangan penggunaan bahan, air, dan energi.

2.2 Life Cycle Assessment

Life Cycle Analysis (LCA) atau sering juga disebut *Life Cycle Assessment* merupakan sebuah metode berbasis *cradle to grave* (analisis keseluruhan siklus dari proses produksi hingga pengolahan limbah) yang digunakan untuk mengetahui jumlah energi, biaya, dan dampak lingkungan yang disebabkan oleh tahapan daur hidup produk dimulai dari saat pengambilan bahan baku sampai dengan produk itu selesai digunakan oleh konsumen (Harjanto *et al.*, 2014).

Berdasarkan standar Internasional ISO 14044, penentuan batas-batas sistem LCA meliputi (Rosyid, 2019) :

1. *Cradle to grave*, termasuk bahan dan rantai produksi energi semua proses dari ekstraksi bahan baku melalui tahap produksi, transportasi dan penggunaan hingga produk akhir dalam siklus hidupnya.
2. *Cradle to gate*, meliputi semua proses dari ekstraksi bahan baku melalui tahap produksi (proses dalam pabrik), digunakan untuk menentukan dampak lingkungan dari suatu produksi sebuah produk.
3. *Gate to grave*, meliputi proses dari penggunaan pasca produksi sampai pada akhir fase kehidupan siklus hidupnya, digunakan untuk menentukan dampak lingkungan dari produk tersebut setelah meninggalkan pabrik.
4. *Gate to gate*, meliputi proses dari tahap produksi saja, digunakan untuk menentukan dampak lingkungan dari langkah produksi atau proses.



Gambar 2. 2 Ruang Lingkup *Life Cycle Assessment*

Sumber : Hermawan *et al.*, 2013

Menurut (Hermawan *et al.*, 2013), *Life Cycle Analysis* (LCA) dibagi menjadi 4 tahapan, yaitu :

1. Tujuan, Ruang Lingkup dan Definisi

Tahap pertama dari LCA, yaitu mendefinisikan ruang lingkup studi termasuk mendefinisikan fungsi dari masing-masing bagian, batasan studi dan membuat sistem *boundaries* pada proses mana yang akan di analisis.

2. Analisis Inventori (*Life Cycle Inventory*)

Tahap kedua pada LCA adalah melakukan inventarisasi masukan dan keluaran yang berhubungan dengan ruang lingkup studi. Mulai dari bahan baku yang digunakan, bahan bakar hingga menjadi produk serta emisi atau limbah yang dihasilkan.

3. Asesmen Dampak (*Life Cycle Impact Assessment*)

Pada tahapan ini, dilakukan evaluasi terhadap dampak potensi terhadap lingkungan dengan menggunakan hasil dari *life cycle inventory* dan menyediakan informasi untuk menginterpretasikan pada fase terakhir. Penilaian yang dihasilkan dalam *Life Cycle Impact Assessment* menggunakan metode IMPACT 2002+ sebagai berikut:

- a. *Characterization*

Pada tahap ini dilakukan perhitungan dari setiap hasil inventori dengan faktor karakterisasi yang sesuai pada kategori tersebut. Perhitungan diolah untuk menghasilkan sebuah skor atau kontribusi (dalam presentase) dimana untuk setiap kategori dampak (*impact category*) pada proses produksi pabrik *corrugated box* (Kusumawardani, 2017).

- b. *Damage Assessment*

Pada tahap ini akan dilakukan karakterisasi nilai-nilai dari *life cycle inventory* sebelumnya ke dalam beberapa *environmental damage category* yang ada pada metode IMPACT 2002+. Terdapat lima belas *impact category* yang ada dikelompokkan ke dalam empat *damage category*. Empat *damage category* menurut (Andrian & Irawati, 2018) terdiri atas:

- 1) *Human health* yang mempunyai unit satuan DALY (*Disability Adjusted Life Year*) mempunyai terdapat 6 *impact category*, yaitu *carcinogenic, respiratory inorganics, ionizing radiation, ozone layer depletion, non-carcinogens, respiratory organics*.
- 2) *Ecosystem quality* yang mempunyai satuan unit $\text{PDF} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{yr}$ terdapat 6 *impact category aquatic*, yaitu *ecotoxicity, terrestrial ecotoxicity, aquatic acidification, aquatic eutrophication, terrestrial acid/nutria, land occupation*.
- 3) *Climate change* yang mempunyai satuan unit KgCO_2eq terdapat 1 *impact category* yaitu *global warming*.
- 4) *Resources* yang mempunyai satuan MJ terdapat 2 *impact category*, yaitu *non-renewable energy* dan *mineral extraction*.

c. *Normalization*

Pada penilaian *normalization* ini, nilai *impact* dari proses produksi akan dinormalisasikan. Hal ini dilakukan dengan menyamakan berbagai macam satuan pada masing-masing *impact category* menjadi satu satuan yang sama. Sehingga nilai *impact* dari masing-masing *impact category* dapat dianggap sebanding. Hal ini dilakukan dengan cara mengalikan nilai pada tahap *characterization* dengan nilai normalisasi dari metode IMPACT 2002+.

d. *Weighting/single score*

Pada penilaian *weighting* ini, nilai *impact* yang telah didapatkan dari proses *normalization* akan dikalikan dengan faktor bobot yang mengekspresikan kepentingan relatif untuk masing-masing *damage category*.

4. Interpretasi

Tujuan dari interpretasi ini adalah untuk mengidentifikasi tahap *life cycle* yang pada keadaan tertentu dapat mengurangi *environmental impact* pada sistem atau produk dan menganalisis hal tidak pasti yang terlibat.

2.3 Kategori Dampak Lingkungan

Kategori dampak lingkungan berasal dari hasil analisis yang dilakukan oleh *software* Simapro 5.8.2. Kategori dampak lingkungan tersebut kemudian dijadikan sebagai landasan dalam mengambil keputusan maupun rekomendasi. Berikut adalah kategori dampak yang dipilih untuk dianalisis karena kategori-kategori tersebut mendekati dengan kondisi lapangan yang ada

2.3.1 *Global Warming*

Global warming atau pemanasan global adalah suatu bentuk ketidakseimbangan ekosistem di bumi yang diakibatkan oleh peningkatan suhu rata-rata permukaan bumi. Selama kurang lebih 100 tahun terakhir, suhu rata-rata permukaan bumi meningkat sebesar 0,74°C. Penyebab utama pemanasan ini adalah pembakaran bahan bakar fosil yang melepas gas CO₂ dan yang lainnya ke atmosfer (Rosyid, 2019).

2.3.2 *Respiratory Inorganics*

Respiratory inorganics polusi udara disebabkan oleh polutan yang ada pada udara. Polutan yang dapat menyebabkan gangguan pada pernapasan pada umumnya yaitu partikulat atau debu. Seberapa parah gangguan pernapasan yang disebabkan tergantung pada jenis polutan, konsentrasi, dan seberapa lama waktu paparan terhadap polutan tersebut (Fortoul, 2012). Selain partikulat, polutan lain yang dapat berperan menyebabkan gangguan pernapasan yaitu ozon, NO_x, serta polutan dengan kandungan logam (Rosyid, 2019).

2.3.3 *Non Renewable Energy*

Energi tidak terbarukan adalah energi yang diperoleh dari sumber daya alam yang waktu pembentukannya sampai saat ini. Dikatakan tak terbarukan karena, apabila sejumlah sumbernya dieksploitasikan, maka untuk mengganti sumber sejenis dengan jumlah sama, belum pasti akan terjadi beberapa tahun ke depan. Hal ini karena, disamping waktu terbentuknya yang sangat lama, cara terbentuknya lingkungan tempat terkumpul bahan dasar sumber energi ini pun tergantung dari proses dan keadaan geologi saat itu (Rosyid, 2019).

2.4 Emisi pada Industri *Corrugated Box* atau Karton Box

Industri karton *box* atau *corrugated box* umumnya memberikan dampak pada peningkatan emisi GRK (Gas Rumah Kaca) yang berasal dari penggunaan energi dan proses pemanasan dalam produksinya dan merupakan sumber emisi terbesar ke 10 dari sumber emisi GRK di Indonesia. Proses pembuatan karton *box* atau *corrugated box* salah satunya melalui proses pemanasan dengan memanfaatkan uap atau *steam* dari proses pada boiler dengan suhu yang tinggi serta penggilingan bahan baku menjadi ukuran yang lebih kecil akan menghasilkan debu dan gas emisi yang dikeluarkan lewat cerobong boiler. Emisi yang dikeluarkan yaitu senyawa seperti NO₂, SO₂ dan partikulat.

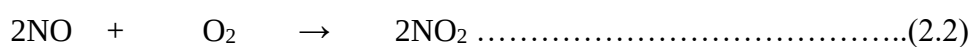
2.4.1 Emisi Gas Karbon Monoksida

Gas karbon monoksida (CO) merupakan gas yang tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, tidak mengiritasi, mudah terbakar dan sangat beracun, serta tidak larut dalam air. Gas ini merupakan hasil pembakaran tidak sempurna dari kendaraan bermotor, alat pemanas dan peralatan yang menggunakan bahan api. Senyawa CO mempunyai potensi bersifat racun yang berbahaya terhadap manusia, karena mampu membentuk ikatan yang kuat dengan pigmen darah yaitu hemoglobin (Hasairin & Siregar, 2018). Paparan udara dengan gas CO dapat mengakibatkan keracunan sistem saraf pusat dan jantung. Keracunan ini terjadi jika paparan gas CO melampaui batas dari yang bisa di toleransi tubuh, yaitu lebih dari 250 ppm.

2.4.2 Emisi Gas Nitrogen Dioksida

Gas nitrogen Dioksida (NO₂) dihasilkan karena reaksi antara nitrogen dan oksigen di udara sehingga membentuk NO, kemudian reaksi selanjutnya antara NO dengan lebih banyak oksigen disebut NO₂. Gas nitrogen dioksida (NO₂) dihasilkan karena dalam proses pembakaran batuan atau arang serta minyak dan gas.

Persamaan reaksi (Fardiaz, 1992)



2.4.3 Emisi Gas Sulfur Dioksida

Gas Sulfur Dioksida (SO_2) dihasilkan karena dalam proses pemanasan pada boiler untuk menghasilkan uap atau *steam* menggunakan bahan baku batuan yang mengandung sulfur yang mana SO_2 terbentuk oleh proses pembakaran bahan bakar minyak, gas dan batubara yang mengandung sulfur tinggi. Pencemaran oleh SO_2 terutama disebabkan oleh dua komponen sulfur bentuk gas yang tidak berwarna, yaitu SO_2 dan sulfur trioksida (SO_3) (Nugrainy *et al.*, 2014).

2.4.4 Emisi Partikulat

Particulate Matter atau PM merupakan campuran yang sangat rumit dari berbagai senyawa organik dan anorganik yang tersebar di udara dengan diameter yang sangat kecil, mulai dari <1 mikron sampai dengan maksimal 500 mikron (Nugrainy *et al.*, 2014). partikulat udara halus dan partikulat terespirasi merupakan partikulat yang berbahaya karena dapat secara efektif masuk ke saluran pernafasan. Debu (*dust*) merupakan salah satu jenis aerosol padat yang terbentuk, karena proses pemisahan suatu bahan secara mekanik, seperti proses penghancuran, penggilingan dan peledakkan. Proses ini dapat terjadi, karena gesekan bahan dengan angin yang kencang atau pergeseran dengan bahan yang lain.

2.5 SimaPro

Aplikasi SimaPro 8.5.2 ini merupakan versi terbaru yang diperbarui dari versi SimaPro 8.4 (Pre Consultants, 2018). Namun dalam pengoperasian SimaPro 8.5.2 tidak berbeda dengan versi sebelumnya. Hanya saja terdapat beberapa fitur yang diperbarui seperti tampilan, data *libraries*, dan beberapa dampak dari *impact assessment method*. Tujuan dari penggunaan SimaPro ini adalah untuk menganalisis dan membandingkan aspek-aspek lingkungan dari suatu produk.

2.6 Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan (PROPER)

PROPER adalah Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan Dalam Pengelolaan Lingkungan yang dikembangkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) sejak tahun 1995 guna mendorong perusahaan meningkatkan pengelolaan lingkungannya. Dari penilaian proper, perusahaan akan memperoleh citra atau

reputasi sesuai bagaimana pengelolaan lingkungannya. Citra tersebut dinilai dengan warna emas, hijau, biru, merah dan hitam. Proper emas merupakan proper yang terbaik, artinya perusahaan tersebut sudah menerapkan pengelolaan lingkungan secara menyeluruh dan kontinu. Jika sebuah perusahaan mendapat dua kali warna hitam secara berturut-turut, perusahaan bisa dituntut dan usaha dihentikan.

Penilaian proper adalah penataan terhadap pengendalian pencemaran air, udara, pengelolaan limbah B3, dan penerapan AMDAL. Selain itu, dinilai pula sistem manajemen lingkungan, pemanfaatan limbah, konservasi sumberdaya dan pelaksanaan CSR-nya. Proper yang bagus akan meningkatkan nilai jual perusahaan tersebut di dunia usaha.