

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dibahas terkait teori yang mendukung dalam penelitian ini dan hanya berkaitan dengan pokok permasalahan yang dibahas agar perhitungan, analisis, dan pembahasan dapat diselesaikan secara benar.

### 2.1 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan beberapa penelitian terdahulu yang memiliki relevansi dengan penelitian ini dari segi metode maupun obyek penelitian.

1. Yani, Warsiki, dan Wulandari (2013) melakukan penelitian untuk menilai daur hidup botol berbahan *polyethylena terephthalate* (PET) khususnya pada produk minuman.
2. Palupi, Tama, dan Sari (2014) mengevaluasi dampak lingkungan produk kertas dengan menggunakan *life cycle assessment* dan *analytic network process* dalam penelitiannya.
3. Ilhamdika (2017) meneliti tentang dampak lingkungan dari proses daur ulang plastik dengan menggunakan metode *life cycle assessment*.

Rangkuman dan perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian saat ini tertera dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1  
Penelitian Terdahulu dan Penelitian Ini

	Peneliti			
	Yani, Warsiki, & Wulandari (2013)	Palupi, Tama, & Sari (2014)	Ilhamdika (2017)	Penelitian ini
Obyek	Botol minuman berbahan PET	Produk kertas	Proses daur ulang plastik di CV Saam Jaya	Kemasan berbahan PS FOAM
Tujuan	Mengevaluasi siklus hidup botol PET pada produk minuman jenis teh.	Mengidentifikasi dampak lingkungan terbesar dan memilih alternatif terbaik untuk menanggulangnya.	Mengetahui dampak lingkungan selama proses produksi biji plastik daur ulang jenis <i>polyethylene</i> serta guna evaluasi dan rekomendasi.	Mengidentifikasi potensi dampak lingkungan terbesar dan memberikan alternatif <i>waste management</i> .
Metode	LCA	LCA dan ANP	LCA	LCA
Hasil	Dampak lingkungan dari siklus produksi kemasan menghasilkan cemaran udara, kebisingan, dan air limbah yang masih terbilang baik, tapi berkontribusi dalam pemanasan global, penipisan lapisan ozon, dan hujan asam.	Dampak terbesar pada distribusi batu bara menggunakan truk muatan 40 ton dan penggunaan bahan pemutih <i>optical brightening agent</i> . Alternatif yang dipilih adalah mengganti truk dengan kereta api.	Proses distribusi produk memberikan dampak terbesar sebesar 56,8% kemudian diikuti oleh proses pemanasan sebesar 30,7%. Potensi dampak terbesar yakni pada penipisan lapisan ozon dengan presentasi 43,7% dari keseluruhan nilai dampak.	Tahap produksi memberikan dampak terbesar kemudian diikuti oleh ekstraksi dan <i>disposal</i> dengan potensi terbesar pada kategori dampak <i>particulate matter formation</i> .

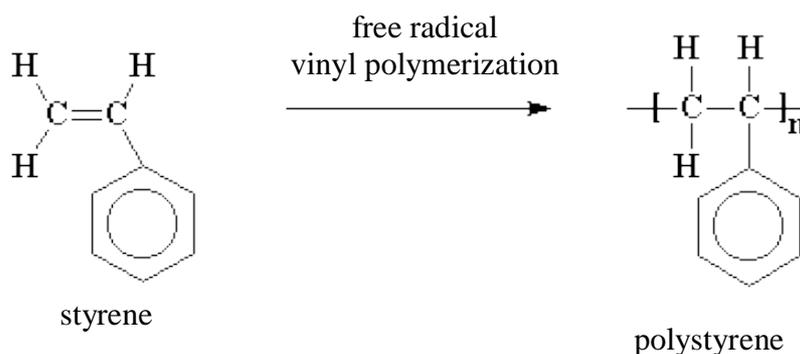
## 2.2 Polystyrene Foam

*Polystyrene foam* merupakan busa berbahan *polystyrene* yang berharga akibat sifat isolasi dan bantalannya. *PS foam* dapat terdiri dari 95-98 persen udara dan banyak digunakan untuk membuat isolasi pada peralatan rumah tangga, kemasan pelindung, papan selancar, jasa makanan dan kemasan makanan, suku cadang mobil, sistem stabilisasi jalan raya dan banyak lagi (*American Chemistry Council, 2014*).

### 2.2.1 Struktur dan Ikatan Kimia

*Polystyrene* (PS) adalah jenis plastik yang murah dan keras, dan mungkin hanya polietilena yang lebih umum digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Cangkir minum plastik bening terbuat dari PS. Begitu juga banyak bagian cetakan di bagian dalam mobil seperti tombol radio. *Polystyrene* juga digunakan dalam mainan dan perabotan seperti pengering rambut, komputer, dan peralatan dapur.

*Polystyrene* adalah polimer vinil. Secara struktural, PS terdiri atas rantai hidrokarbon yang panjang, dengan gugus fenil yang menempel pada setiap atom karbon lainnya. PS dihasilkan oleh polimerisasi vinil radikal bebas, dari stirena monomer. Dalam istilah kimia, *polystyrene* adalah hidrokarbon rantai panjang di mana pusat karbon dilekatkan pada gugus fenil (nama yang diberikan pada benzena cincin aromatik). Rumus kimia PS adalah  $(C_8H_8)_n$  yang mana mengandung unsur kimia karbon dan hidrogen dengan ikatannya seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Polistirena

Sumber: *Polymer Science Learning Center (2017)*

Sifat material ditentukan oleh ikatan van der Waals antara rantai polimer. Karena molekulnya merupakan rantai hidrokarbon panjang yang terdiri dari ribuan atom, kekuatan tarik total antara molekul sangat besar. Bila dipanaskan (atau dibentuk pada kecepatan tinggi, karena kombinasi sifat insulasi viskoelastik dan termal), rantai dapat menghasilkan tingkat konformasi yang lebih tinggi dan saling meluncur satu sama lain. Kelemahan antarmolekul ini memberi fleksibilitas dan elastisitas. Kemampuan sistem untuk mengalami

deformasi di atas suhu transisi kaca memungkinkan polistiren (dan polimer termoplastik pada umumnya) mudah dilembutkan dan dibentuk pada saat pemanasan.

### 2.2.2 Penggunaan *Polystyrene Foam*

*Polystyrene* dibuat dengan merangkai bersama, atau mempolimerisasi stirena, bahan kimia yang digunakan dalam pembuatan banyak produk. Stirena juga terjadi secara alami pada makanan seperti stroberi, kayu manis, kopi dan daging sapi. *American Chemistry Council* (2014) mengemukakan beberapa penggunaan dari *PS foam*, yakni sebagai berikut.

#### 1. Peralatan rumah

Lemari pendingin, AC, oven, *microwave*, penyedot debu, blender dan peralatan lainnya sering dibuat dengan polistirena (padat dan busa) karena bersifat inert (tidak bereaksi dengan bahan lain), hemat biaya, dan tahan lama.

#### 2. Otomotif

*Polystyrene* (padat dan busa) digunakan untuk membuat banyak bagian mobil, termasuk tombol, panel instrumen, trim, panel pintu penyerap energi dan busa peredam suara. *Foam polystyrene* juga banyak digunakan di kursi pelindung anak.

#### 3. Elektronik

*Polystyrene* digunakan untuk perumahan dan bagian lain untuk televisi, komputer dan semua jenis peralatan IT, di mana kombinasi bentuk, fungsi dan estetika sangat penting.

#### 4. Jasa makanan

Kemasan jasa makanan *polystyrene* biasanya menyimpan makanan lebih baik, menjaga makanan lebih segar lebih lama dan dengan biaya yang murah.

#### 5. Isolasi

*Polystyrene foam* ringan menyediakan isolasi termal yang sangat baik dalam berbagai aplikasi, seperti dinding bangunan dan lemari pendingin, lemari es dan *freezer*, dan fasilitas penyimpanan dingin industri. Selain itu, *PS foam* juga tahan lama dan tahan terhadap kerusakan air.

#### 6. Medis

Karena kejelasan dan kemudahan sterilisasi, *polystyrene* digunakan untuk berbagai aplikasi medis, termasuk nampan kultur jaringan, tabung reaksi, piring petri, komponen diagnostik, rumah untuk alat tes, dan alat kesehatan.

#### 7. *Packaging*

*Polystyrene* (padat dan busa) banyak digunakan untuk melindungi produk konsumen. Kasus CD dan DVD, kemasan kacang kapsul untuk pengiriman, kemasan makanan,

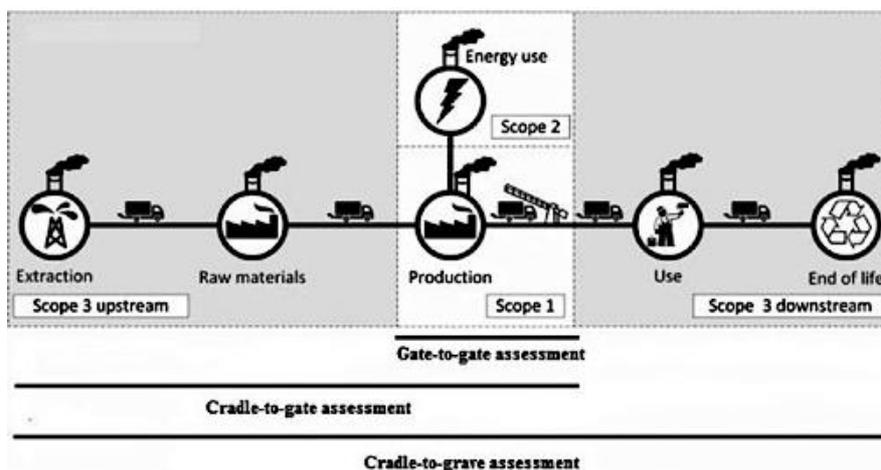
baki daging/unggas dan karton telur biasanya dibuat dengan *polystyrene* untuk melindungi dari kerusakan atau pembusukan.

### 2.3 Life Cycle Assessment

Meningkatnya kesadaran akan pentingnya perlindungan lingkungan serta produk yang diproduksi dan dikonsumsi menimbulkan banyak pengembangan metode yang bertujuan untuk lebih memahami dan mengatasi dampak ini. Salah satu teknik yang dikembangkan untuk tujuan ini adalah *life cycle assessment* (LCA). Dalam ISO 14040, *life cycle assessment* didefinisikan sebagai kompilasi dan evaluasi *input*, keluaran dan dampak lingkungan potensial dari sistem produk sepanjang siklus hidupnya. LCA dapat membantu dalam mengidentifikasi peluang untuk memperbaiki kinerja lingkungan dari produk pada berbagai titik dalam siklus hidupnya dan menginformasikan pengambil keputusan di industri, organisasi pemerintah atau organisasi non-pemerintah (misalnya untuk tujuan perencanaan strategis, penetapan prioritas, perancangan produk atau proses). LCA juga membantu pemilihan indikator kinerja lingkungan yang relevan, termasuk teknik pengukuran, dan pemasaran (misalnya menerapkan skema ecolabel, membuat klaim lingkungan, atau menghasilkan deklarasi produk lingkungan). LCA membahas aspek lingkungan dan dampak lingkungan yang potensial (misalnya penggunaan sumber daya) sepanjang daur hidup produk mulai dari bahan baku yang melalui produksi, penggunaan, perlakuan akhir, daur ulang dan pembuangan akhir.

#### 2.3.1 Varian Life Cycle Assessment

LCA memiliki sejumlah varian yang menandakan ruang lingkup dan skala analisis yang dilakukan seperti terlihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Varian LCA  
Sumber: Filimonau (2015)

Terdapat 4 varian utama dalam lingkup *life cycle assessment*, yakni *cradle-to-grave*, *cradle-to-gate*, *gate-to-gate*, dan *cradle-to-cradle*.

1. *Cradle-to-grave*

Pendekatan ini berusaha untuk memperhitungkan semua proses dan dampak lingkungan terkait yang dikaitkan dengan siklus hidup produk atau jasa yang dimulai dengan *cradle* (yaitu ekstraksi bahan baku), sepanjang proses produksi, perakitan, distribusi dan penggunaan konsumen hingga *finishing* sampai proses pembuangan akhir, seperti insinerasi, penimbunan, daur ulang atau penggunaan kembali.

2. *Cradle-to-gate*

Kara dalam Filimonau (2015) mengemukakan bahwa konsep LCA ini berkaitan dengan penilaian dampak lingkungan yang dikaitkan dengan proses industri hulu saja, yaitu sampai pada titik ketika sebuah produk meninggalkan gerbang pabrik tempat pembuatan dan perakitannya. Pemikiran '*cradle-to-gate*' tidak lengkap karena tidak menangkap keseluruhan dampak lingkungan yang terkait dengan sistem produk atau jasa karena tahap 'hilir' (penggunaan dan akhir masa pakai) dari siklus hidupnya dikesampingkan.

3. *Gate-to-gate*

Konsep ini berkaitan dengan dampak lingkungan yang diakibatkan oleh operasi perusahaan tertentu. Ini tidak termasuk semua 'hulu' dan juga semua beban lingkungan 'hilir', sehingga hanya berfokus pada dampak lingkungan di tempat saja.

4. *Cradle-to-cradle*

Van Dijk dalam Filimonau (2015) mengemukakan bahwa konsep *cradle-to-cradle* atau *closed-loop* LCA berkaitan dengan meminimalkan jumlah limbah yang dihasilkan pada akhir siklus hidup produk atau jasa dan mempertahankan statusnya sebagai sumber daya atau bahkan nilai lebih tinggi, yaitu proses yang dikenal sebagai *upcycling*.

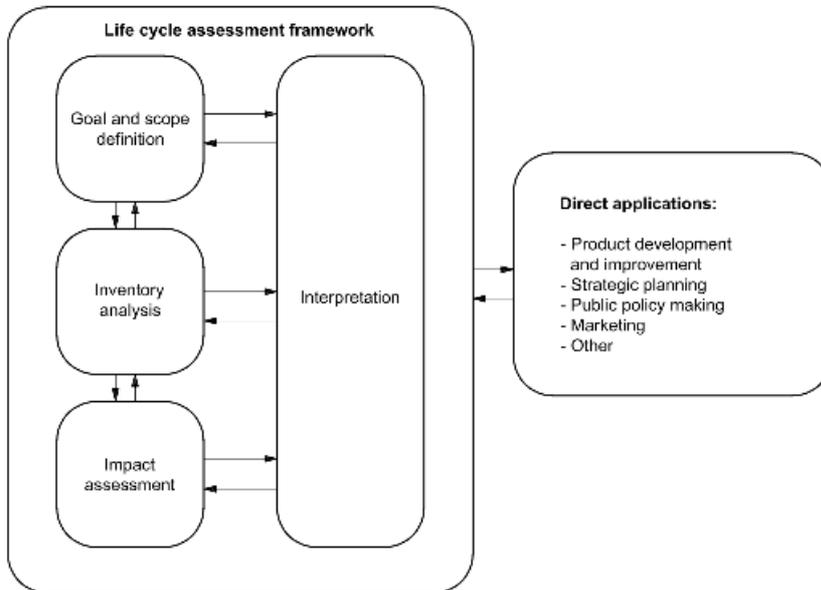
### 2.3.2 Fase Utama *Life Cycle Assessment*

Berdasarkan ISO 14040, terdapat empat fase utama dalam studi LCA, yakni sebagaimana tertera pada Gambar 2.3.

#### 2.3.2.1 Fase Pendefinisian Tujuan dan Ruang Lingkup

Ruang lingkup, termasuk batasan sistem dan tingkat kedetailan, dari LCA tergantung pada subyek dan tujuan penelitian. Kompleksitas LCA dapat bervariasi tergantung pada tujuan dari LCA tersebut. Tujuan dari suatu LCA menyatakan hal-hal mengenai penerapan yang dimaksud, alasan melakukan penelitian, khalayak yang dituju (kepada siapa hasil

penelitian dimaksudkan untuk dikomunikasikan) dan apakah hasilnya dimaksudkan untuk digunakan sebagai perbandingan yang diungkapkan kepada publik.



Gambar 2.3 Tahap-tahap dalam LCA  
Sumber: ISO 14040 (2006)

Ruang lingkup harus didefinisikan dengan baik untuk memastikan bahwa luas, kedalaman dan detail penelitiannya kompatibel dan memadai untuk memenuhi tujuan yang dinyatakan. Ruang lingkup LCA meliputi beberapa item antara lain, sistem produk yang akan dipelajari, fungsi sistem produk, unit fungsional, batasan sistem, prosedur alokasi, kategori dampak yang dipilih dan metodologi penilaian dampak, dan interpretasi selanjutnya yang digunakan, persyaratan data, asumsi, keterbatasan, persyaratan kualitas data awal, jenis tinjauan kritis (jika ada), jenis dan format laporan yang diperlukan untuk penelitian terkait. LCA adalah teknik iteratif, sehingga ketika data dan informasi telah dikumpulkan, berbagai aspek dari ruang lingkup LCA mungkin membutuhkan modifikasi agar dapat memenuhi tujuan awal penelitian.

### 2.3.2.2 Fase Analisis Inventori

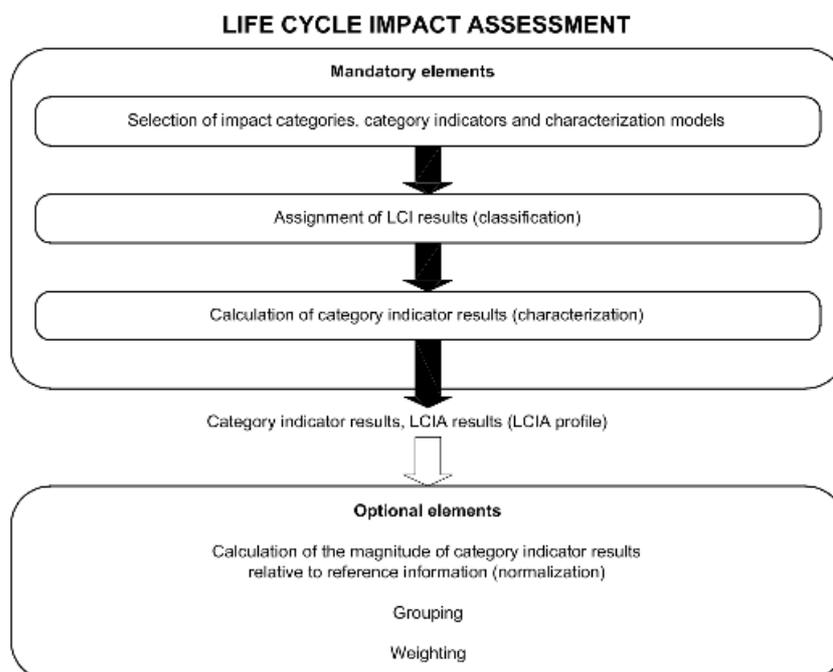
Tahap analisis persediaan siklus hidup (fase LCI atau *life cycle inventory*) adalah fase kedua dari LCA. Pada tahap ini, yang dilakukan adalah inventarisasi data *input/output* yang berkaitan dengan sistem yang sedang dipelajari dan juga prosedur perhitungan untuk menghitung *input* dan keluaran yang relevan dari sistem produk. Hal ini melibatkan pengumpulan data yang diperlukan untuk memenuhi tujuan studi yang ditentukan.

Data untuk setiap unit proses dalam sistem dapat diklasifikasikan berdasarkan kategori, di antaranya adalah *input* energi, *input* bahan baku, *input* tambahan; produk, ko-produk dan limbah; emisi ke udara, pembuangan ke air dan tanah; serta aspek lingkungan lainnya.

Setelah pengumpulan data, dilakukan prosedur perhitungan yang di dalamnya termasuk validasi data yang dikumpulkan, hubungan data dengan unit proses, dan hubungan data dengan arus referensi dari unit fungsional. Semuanya diperlukan untuk menghasilkan inventaris dari sistem yang ditetapkan untuk setiap unit proses dan untuk unit fungsional dari sistem produk yang akan dimodelkan.

### 2.3.2.3 Fase Penilaian Dampak

Tahap penilaian dampak siklus hidup (fase LCIA) adalah fase ketiga dari LCA. Tujuan LCIA (*life cycle impact assessment*) adalah untuk memberikan informasi tambahan untuk membantu penilaian hasil LCI sistem produk sehingga dapat lebih memahami signifikansi lingkungannya. Secara umum, proses ini mengaitkan data inventaris dengan kategori dampak lingkungan yang spesifik dan indikator kategori, sehingga berusaha memahami dampak tersebut. Fase LCIA juga menyediakan informasi untuk tahap interpretasi siklus hidup. Fase ini memiliki beberapa elemen wajib dan opsional seperti yang tertera pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Elemen fase LCIA  
Sumber: ISO 14040 (2006)

LCIA memiliki kelemahan karena hanya dapat membahas masalah lingkungan yang ditentukan dalam tujuan dan ruang lingkup penelitian. Oleh karena itu, LCIA bukanlah

penilaian lengkap terhadap seluruh masalah lingkungan dari sistem produk yang dipelajari. LCIA tidak selalu dapat menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kategori dampak dan indikator hasil terkait dari sistem produk alternatif.

#### **2.3.2.4 Fase Interpretasi**

Interpretasi siklus hidup adalah fase akhir dari prosedur LCA, di mana hasil LCI atau LCIA atau keduanya diringkas dan didiskusikan sebagai dasar untuk pengambilan kesimpulan, pemberian rekomendasi dan pengambilan keputusan sesuai dengan definisi tujuan dan ruang lingkup yang telah ditetapkan di tahap awal dari LCA. Interpretasi harus mencerminkan fakta bahwa hasil LCIA didasarkan pada pendekatan relatif, bahwa hal itu mengindikasikan dampak lingkungan yang potensial, dan tidak memprediksi dampak aktual pada titik akhir kategori atau ambang batas.

### **2.4 SimaPro 8.2**

SimaPro merupakan sebuah perangkat lunak untuk penilaian dampak lingkungan yang dikembangkan oleh PRE' Consultants yang berasal dari Belanda. SimaPro merupakan salah satu perangkat lunak LCA yang paling banyak digunakan dengan penggunaannya di lebih dari 60 negara. Kelebihannya terletak pada transparansi dalam penyajian data dan hasil. Terlebih lagi, berbeda dengan perangkat lunak LCA lainnya, SimaPro dapat menghitung dengan tepat probabilitas suatu alternatif adalah lebih baik dibandingkan alternatif lain. SimaPro juga dikatakan sebagai perangkat yang andal dan *user-friendly* serta secara rutin mengadakan pembaruan perangkatnya. Keuntungan lainnya adalah SimaPro dapat digunakan oleh beberapa pengguna pada waktu yang sama terlepas dari lokasi geografisnya. Hasil dari sejumlah studi kasus LCA dipublikasikan setiap tahunnya (Andrae, 2009).

SimaPro telah berada di pasaran selama hampir 17 tahun dan dibanderol dengan kisaran harga beberapa ribu Euro atau sekitar belasan juta Rupiah. SimaPro menghitung sistem produk dalam matriks inversi, yang berarti menggunakan algoritma yang efisien dan menyelesaikan ribuan proses dalam satu kalkulasi. Lanjutnya, Curran (2015) mengemukakan bahwa SimaPro mampu menyelesaikan sejumlah besar proses unit dalam satu kalkulasi, namun tiap langkah permodelan hingga hasil akhirnya hanya akan tersedia setelah dilakukan perhitungan. Algoritma tersebut mengizinkan SimaPro untuk menggunakan hanya proses unit dalam perhitungannya, kemudian menindaklanjuti hubungan suatu proses dengan proses lainnya secara dinamis saat melakukan perhitungan. Oleh sebab demikian, hasil yang ditampilkan selalu menunjukkan status data terkini.

## 2.5 *Cleaner Production*

Upaya untuk meminimalkan dampak lingkungan dari proses produksi, produk, dan jasa selama dekade terakhir telah didukung oleh komitmen pemerintah dan industri terhadap perlindungan lingkungan. Agenda yang mendasarinya adalah pengembangan strategi untuk pembangunan berkelanjutan baik dalam bisnis maupun masyarakat luas. UNEP sendiri menciptakan istilah *Cleaner Production* (CP) untuk menggambarkan konsep tersebut. CP menggambarkan pendekatan preventif hingga pengelolaan lingkungan. Meski demikian, ini bukan merupakan definisi legal atau ilmiah untuk dibedah, dianalisis atau mengalami perselisihan teoretis. Definisi ini lebih mengacu pada bagaimana barang dan jasa diproduksi dengan dampak minimal dengan keterbatasan teknologi dan ekonomi (Nelsson, 2007).

Definisi *Cleaner Production* yang diambil oleh UNEP (*United Nations Environment Programme*) adalah penerapan berkelanjutan dari strategi lingkungan terpadu terhadap proses, produk, dan jasa untuk meningkatkan efisiensi secara keseluruhan dan mengurangi risiko bagi manusia dan lingkungan. CP dapat diterapkan pada proses yang digunakan dalam industri apa pun, hingga produk dan beberapa jenis jasa yang ada di masyarakat. Untuk proses produksi, CP didapatkan melalui sejumlah ukuran seperti konservasi bahan baku, air dan energi; menghilangkan bahan baku beracun dan berbahaya; dan mengurangi kuantitas dan toksisitas semua emisi dan limbah selama proses produksi. Untuk produk, CP bertujuan untuk mengurangi dampak lingkungan, kesehatan, dan keselamatan dari produk selama seluruh siklus hidupnya, mulai dari ekstraksi bahan baku, melalui pembuatan dan penggunaan hingga pembuangan akhir produk.

*Cleaner Production* sendiri mengharuskan agar sumber daya dapat diolah secara efisien, sehingga dapat dikatakan bahwa CP memiliki lima prinsip dasar dalam penerapannya, yakni:

1. *Input Substitution*

Prinsip ini ditandai dengan penggunaan bahan baku atau bahan pembantu atau alat operasional yang kurang berbahaya, serta penggunaan bahan operasi dengan masa pakai lebih lama.

2. *Good Housekeeping*

Prinsip ini dicapai dengan cara meningkatkan efisiensi material dan energi dari tindakan dalam proses, misalnya dengan mengurangi kerugian akibat kebocoran. Dalam prinsip ini, perlu dilakukan pelatihan bagi karyawan.

3. *Internal Recycling*

Prinsip ini dilakukan dengan membuat *closed loop* aliran material untuk air, pelarut, dan sebagainya.

#### 4. *Technological Optimisation/Change*

Prinsip ini ditandai dengan penggunaan teknologi terbaru, perbaikan kontrol proses, perancangan ulang proses, dan perubahan atau pergantian proses berbahaya.

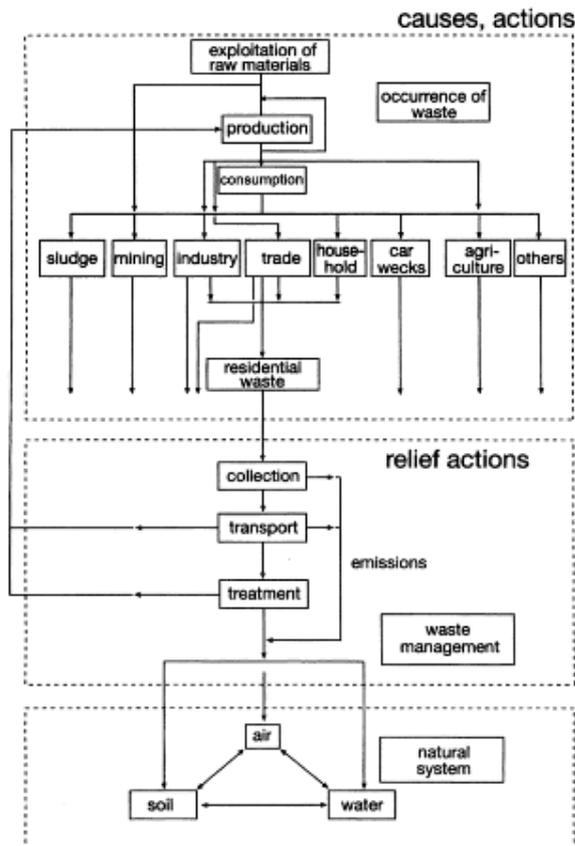
#### 5. *Optimisation of the Product*

Prinsip mengarahkan agar produk memiliki siklus hidup lebih panjang, lebih mudah diperbaiki atau didaur ulang, serta penggunaan material yang tidak berbahaya dalam pembuatan produk tersebut.

Dalam jangka panjang, CP akan beralih dari proses perbaikan terus menerus menjadi proses perancangan ulang produksi. Tujuannya adalah untuk mencapai nol emisi, yaitu proses di mana semua bahan masukan berubah menjadi produk, baik untuk dijual atau digunakan dalam proses lain.

## 2.6 *Waste Management*

Lemann (2008) dalam bukunya mendefinisikan *waste* sebagai benda portabel, tidak diinginkan oleh pemiliknya, yang mana harus ditiadakan demi kepentingan umum. Lemann kemudian membuat bagan alir *waste* seperti terlihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Bagan alir *waste*  
Sumber: Lemann (2008)

Dari sudut pandang keuangan, *waste* terdiri dari bahan dan benda yang tidak memiliki nilai ekonomi baik saat ini atau di masa yang akan datang, karena tidak terdapat permintaan di pasar. Penyimpanan limbah biasanya menimbulkan kerugian finansial atau kerugian lainnya bagi pemiliknya.

Pengelolaan limbah meliputi pembentukan, pengolahan, dan pembuangan bahan limbah dan produknya. Menganalisis keseluruhan aliran material pada seluruh kegiatan manusia dapat membantu memecahkan akar masalah dari pengelolaan limbah. Setiap hal yang mempengaruhi masing-masing bahan diisolasi dan dianalisis untuk setiap lingkungan. Lingkungan dapat berupa rumah tangga, industri, atau alat transportasi.

Pemerintah negara dan lokal dapat memilih rangkaian teknologi dan program untuk menangani limbah, mulai dari mengumpulkan sampah dan membuangnya hingga proses teknis yang digunakan dalam penelitian untuk menentukan keefektifannya. Berikut merupakan beberapa pilihan jenis *waste management* yang dapat dilakukan pada jenis limbah non-organik (Vaughn, 2009).

1. *Collection*

Sebagian besar masyarakat mengandalkan truk atau jenis kendaraan lain untuk membawa limbah dari tempat penghasilnya ke tempat lain untuk disortir dan diolah. Pengumpulan limbah adalah unsur pengelolaan limbah yang paling mahal, terhitung antara 50 hingga 70 persen dari biaya operasi. Pada sebagian besar wilayah, sampah perumahan dikumpulkan oleh kendaraan besar yang mengumpulkan limbah yang telah ditempatkan di beberapa jenis tempat sampah.

2. *Incineration* (pembakaran)

Salah satu cara umum di mana volume limbah dikurangi melalui proses pembakaran terkendali yang digunakan oleh pemerintah dan perusahaan swasta di seluruh dunia. Beberapa fasilitas mengubah panas hasil pembakaran dengan air untuk menghasilkan uap, yang kemudian dapat digunakan untuk menghasilkan listrik, disebut *waste-to-energy*. Cara ini sangat cocok untuk limbah yang tidak berbahaya, karena menghancurkan senyawa kimia dan organisme penyebab penyakit terkadang sulit, bahkan saat membakar bahan pada suhu yang sangat tinggi.

3. *Integrated waste management*

Beberapa negara telah mengadopsi sebuah proses untuk memilih jenis teknik, teknologi, dan program pengelolaan yang harus digunakan untuk mencapai tujuan pengelolaan limbah, termasuk empat metode yang diidentifikasi oleh EPA (*Environmental*

*Protection Agency*), yaitu pengurangan sumber limbah, daur ulang dan pengomposan, pembakaran, dan tempat pembuangan sampah.

#### 4. *Landfills*

Tempat pembuangan sampah pada awalnya hanya berupa parit terbuka di mana sampah ditumpuk menjadi tumpukan dan kadang ditutup dengan tanah berukuran 12 sampai 15 inci dan kemudian dilapisi dengan sampah lain seperti abu. Namun, pada saat ini TPA telah mengalami perkembangan dan berbeda dari yang dibangun seratus tahun yang lalu. Teknologi dan desain yang canggih diterapkan untuk membuat tempat pembuangan sampah menjadi salah satu cara yang paling sering digunakan untuk menangani limbah. Terdapat beberapa jenis *landfill*, di antaranya adalah *sanitary landfill* dan *secure landfill*.

#### 5. *Recycling*

Daur ulang umumnya mengacu pada pemisahan bahan dalam aliran limbah sehingga beberapa bahan tersebut dapat digunakan kembali. Daur ulang sangat bergantung pada dua faktor, yakni ketersediaan barang daur ulang dan pasar untuk barang tersebut. Daur ulang dianggap sebagai salah satu jenis pengelolaan limbah terbaik karena dapat meregangkan kapasitas dan kehidupan *landfill* dengan mengurangi jumlah bahan yang dibutuhkan untuk produk dan kemasan.

#### 6. *Source reduction*

Salah satu strategi baru untuk mengurangi volume limbah atau untuk mengurangi tingkat toksisitas limbah adalah *source reduction*. Berbagai cara agar pengurangan sumber dapat dilakukan, seperti merancang kemasan sedemikian rupa sehingga produk dapat diisi ulang, contohnya pada produk sabun cair atau sampo. Sebagian besar penekanan dalam pengurangan sumber ditempatkan pada pilihan konsumen, membuat konsumen bertanggung jawab atas jumlah limbah yang mereka hasilkan. *Source reduction* juga memerlukan perubahan perilaku yang tidak dapat diatur oleh pemerintah, hanya oleh tekanan sosial dari masyarakat sekitar.

#### 7. *Waste transfer stations*

Pada banyak komunitas, baik di perkotaan maupun di pedesaan, limbah padat melewati titik pemrosesan tertentu yang disebut stasiun pemindah sampah. Truk pengumpul sampah mungkin membawa muatannya ke salah satu fasilitas ini, tempat sampah disimpan sementara sampai dapat dimuat ke truk atau kendaraan pengangkut yang lebih besar untuk dikirim ke tempat pembuangan. Menggunakan stasiun transfer dapat mengurangi jarak yang ditempuh ke dan dari tempat pembuangan sampah, sehingga

truk yang lebih kecil melakukan perjalanan yang lebih pendek melalui jalan perkotaan. Stasiun pemindahan sampah di dalamnya dapat termasuk *loading dock*, area parkir, atau fasilitas penyimpanan.

Halaman ini sengaja dikosongkan