

BAB II

KAJIAN LITERATUR

Pada bab ini akan dipaparkan kajian literatur induktif dan deduktif sebagai pendukung dalam melaksanakan penelitian. Kajian induktif adalah kajian yang diperoleh melalui telaah jurnal yang terindeks scopus serta diterbitkan dalam kurun waktu 5 tahun. Di dalam kajian induktif akan diketahui perkembangan dari penelitian serta kekurangan atau dari penelitian sebelumnya serta peluang untuk melakukan penelitian selanjutnya. Sementara kajian deduktif dapat bersumber dari buku, jurnal ataupun artikel dan lain sebagainya yang memiliki keterkaitan dengan topik penelitian. Dimana kajian deduktif adalah landasan teori yang digunakan sebagai dasar acuan untuk pemecahan permasalahan di dalam penelitian.

2.1 Pendahuluan

Pada kajian literatur ini adalah *Systematic Literature Review* (SLR) digunakan untuk mengidentifikasi sebuah literatur agar memudahkan dalam mengidentifikasi, menilai dan mengintrepetasikan seluruh kajian-kajian terdahulu pada topik penelitian, selain itu metode SLR bertujuan untuk menemukan dan mensintesisakan penelitian yang komprehensif pada pertanyaan tertentu, menggunakan prosedur yang terorganisir, transparan, dan dapat ditiru pada setiap langkah dalam proses (hal.1) (Littell et al., 2008). Tranfield et al. (2003) (hal.2) mendefinisikan SLR sebagai alat utama untuk memetakan, menilai intelektual yang ada, dan menentukan *research question* untuk mengembangkan pengetahuan lebih lanjut. Adapun jurnal yang digunakan yaitu jurnal dari penerbit elsevier dan *China Agricultural University*. Kajian literatur yang dibangun dengan metode SLR menggunakan artikel-artikel yang berdurasi waktu 5 tahun terakhir (2013-2018) dan diluar kurun waktu tersebut

digunakan sebagai pendukung. Selanjutnya akan disusun *CK-Chart* perencanaan dan alat penelitian.

2.2 Kajian Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu atau kajian induktif penting dilakukan sebagai dasar dalam melakukan penelitian. Selain itu kajian ini akan memperkuat penelitian serta meminimalisir tindakan plagiasi. Kajian ini memberikan kebaruan atau *novelty* yang didapatkan dari hasil *review* jurnal.

Kajian mengenai LCA produk perlu dilakukan, hal ini bertujuan untuk mencari pada proses mana yang paling besar pengaruhnya terhadap lingkungan. LCA merupakan langkah yang digunakan untuk menghitung potensi kerusakan lingkungan yang dihasilkan dari sebuah produk. Penelitian LCA tidak harus dilakukan dari *cradle to grave* namun dapat dilakukan dari *cradle to gate*, *gate to gate* dan *gate to grave*, atau bisa juga dari *cradle to cradle* yaitu dari *raw material* sampai menjadi *raw material* lagi.

Penelitian yang dilakukan oleh Beatrice Salieri, David A. Turner, Bernd Nowack, Roland Hischier (2018) membahas tentang penilaian siklus hidup dari bahan nano yang diproduksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensial dampak lingkungan dari nanomaterial yang diproduksi selama siklus hidup lengkap mereka. Hal ini perlu dilakukan karena masih banyak yang tidak diketahui terkait dengan *Manufactured Nanomaterial* (MNM), khususnya mengenai dampak lingkungan dan kesehatan manusia yang potensial jika dilepaskan ke lingkungan. Pelepasan MNM dapat terjadi selama tahap siklus hidup MNM.

Selain itu penelitian yang dilakukan oleh Wei Chena, Yong Genga, Jinglan Hong, Donglu Yang, Xiaotian Ma (2018) membahas tentang penilaian siklus hidup dari produksi pupuk kalium di Cina. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur dampak lingkungan yang dihasilkan dari produksi pupuk kalium klorida berbasis air garam. Karena dari siklus hidup penggunaan pupuk kalium dapat terlihat dampak lingkungan yang dihasilkan serta dapat mempersiapkan kebijakan mitigasi secara tepat.

Kemudian Rawaz Kurda, José D. Silvestre, Jorge de Brito (2018) melakukan penelitian mengenai LCA dari beton yang dibuat dengan volume tinggi, agregat daur ulang beton dan abu terbang. Penelitian ini membandingkan dampak lingkungan dari campuran beton, yang mengandung rasio penggabungan berbeda dari abu dan agregat daur ulang beton, dengan dan tanpa *Superplasticizer*. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi jejak ekologis selama tahap konstruksi, layanan, *maintenance*, dan akhir kehidupan suatu struktur.

Berikutnya Yusuf Bicara dan Ibrahim Dincera (2018) melakukan penelitian tentang penilaian dampak lingkungan siklus hidup dan perbandingan bahan bakar alternatif untuk kendaraan. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan penilaian dampak lingkungan berbagai mobil yang memiliki jalur produksi bahan bakar yang beragam, kemudian mengevaluasi siklus bahan bakar dan kendaraan dari kendaraan tertentu secara komparatif. Hasil dari penelitian ini adalah kriteria utama untuk bahan bakar berkelanjutan yang ramah lingkungan dan hemat biaya. Penilaian dampak lingkungan komparatif dari kendaraan berbahan bakar alternatif dan konvensional dilakukan dengan menggunakan pendekatan *cradle to grave* melalui penilaian siklus hidup di bawah tujuh kategori dampak lingkungan yang berbeda. Hasilnya menunjukkan bahwa kendaraan hidrogen adalah opsi paling ramah lingkungan di semua kategori dampak lingkungan.

Berikut merupakan SLR penelitian terdahulu yang sudah dilakukan pada penelitian ini :

Tabel 2.1 Tabel Variabel SLR

NO	TITLE	AUTHORS	YEAR	PUBLISHER	INDEX
1	Linking Use Stage Life Cycle Inventories with Product Design Models of Usage	Lucie DOMINGO, Maud RIO	2016	Elsevier	Q1

NO	TITLE	AUTHORS	YEAR	PUBLISHER	INDEX
2	Life cycle assessment of manufactured nanomaterials: Where are we?	Beatrice Salieri*, David A. Turner, Bernd Nowack, Roland Hischier	2018	Elsevier	Q1
3	Environmental assessment of date (Phoenix doctylifera) production in Iran by life cycle assessment	Reza Hesampour, Aboubakr Bastani, Kobra Heidarbeigi	2018	China Agricultural University	Q2
4	Introduction to evaluating energy justice across the life cycle: A social life cycle assessment approach	Marie-Odile P. Fortiera*, Lemir Teronb, Tony G.Reamesc, Dynta Trishana Munardyd, Breck M. Sullivan	2019	Elsevier	Q1
5	Life cycle assessment of potash fertilizer production in China	Wei Chena, Yong Genga, Jinglan Hong, Donglu Yangd, Xiaotian Ma	2018	Elsevier	Q1
6	Multiple generation life-cycles for product sustainability: the way forward	T.F. Go, D.A. Wahab*, H. Hishamuddin	2015	Elsevier	Q1
7	Life cycle assessment of concrete made with	Rawaz Kurda, José D. Silvestre, Jorge de Brito	2018	Elsevier	Q1

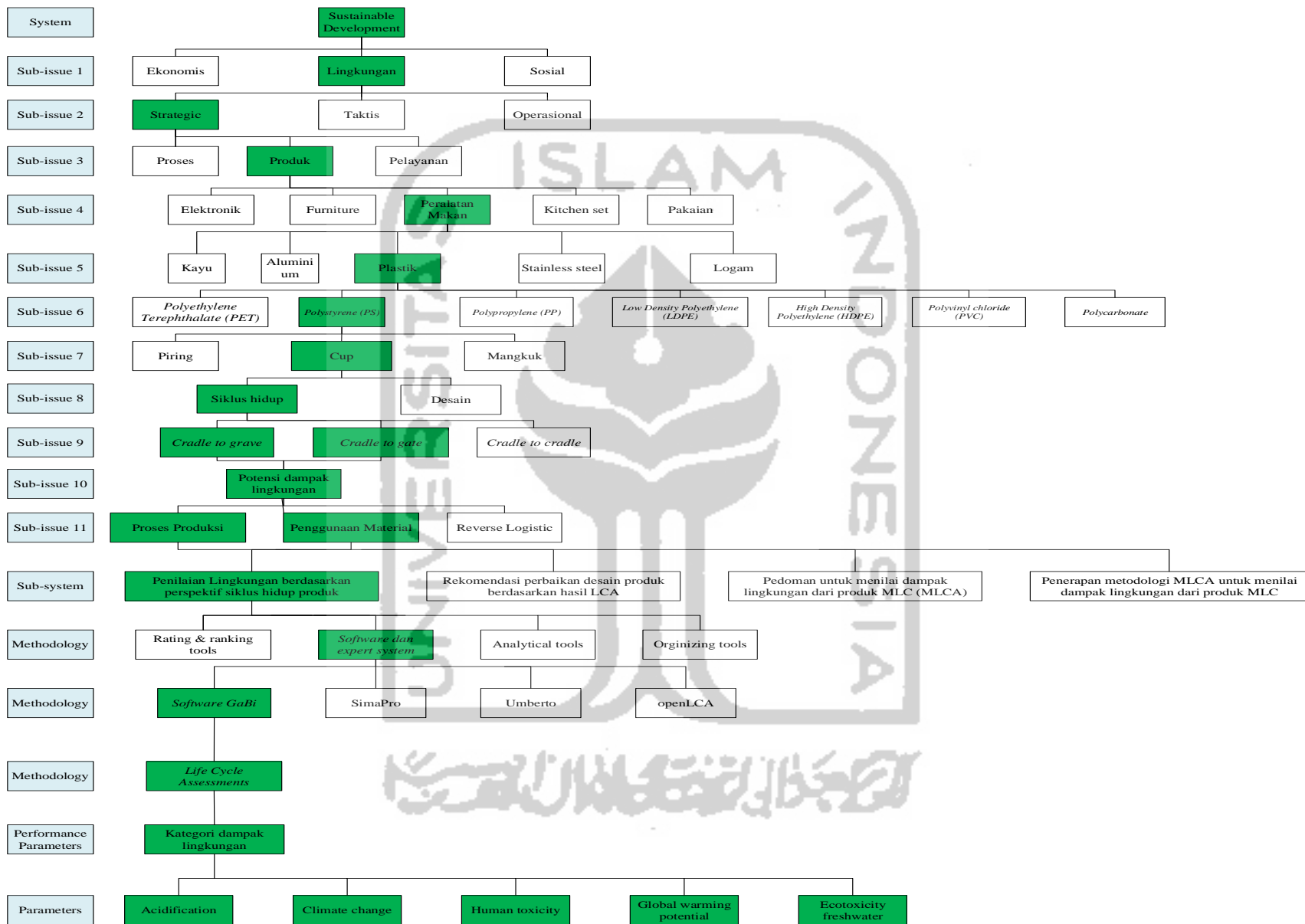
NO	TITLE	AUTHORS	YEAR	PUBLISHER	INDEX
	high volume of recycled concrete aggregates and fly ash				
8	Predictive usage mining for life cycle assessment	Jungmok Maa, Harrison M. Kimb	2015	Elsevier	Q2
9	Ecosystem Services in Life Cycle Assessment: A novel conceptual framework for soil	Ana Laura Raymundo Pavana,*, Aldo Roberto Ometto	2018	Elsevier	Q1
10	Life cycle costs and environmental impacts of production and consumption of ready and home-made meals	Ximena C. Schmidt Rivera, Adisa Azapagic	2016	Elsevier	Q1
11	The environmental impacts of iron and steel industry: a life cycle	Gulnur Maden Olmez a, Filiz B. Dilek a, *, Tanju Karanfil b, Ulku Yetis a	2015	Elsevier	Q1

NO	TITLE	AUTHORS	YEAR	PUBLISHER	INDEX
12	Regional upstream life-cycle impacts of petroleum products in the United States	Rebekah Yang, Hasan Ozer*, Imad L. Al-Qadi	2016	Elsevier	Q1
13	Environmental impacts-based milling process planning using a life cycle assessment tool	Rodolfo de Souza Zanuto a, *, Amauri Hassui b, Francisco Lima c, David Alan Dornfeld d	2018	Elsevier	Q1
14	Life cycle environmental impact assessments and comparisons of alternative fuels for clean vehicles	Yusuf Bicera, Ibrahim Dincera	2018	Elsevier	

Berdasarkan kajian literatur terdahulu, belum adanya penelitian yang fokus membahas mengenai dampak lingkungan yang dihasilkan dari proses produksi cup yang terbuat dari plastik Sehingga penelitian ini dapat dilakukan dikarenakan terdapat kebaharuan didalamnya. Namun terdapat beberapa saran dari kajian terdahulu yang dapat dipertimbangkan. Beatrice Salieri*, David A. Turner, Bernd Nowack, Roland Hischier (2018) merekomendasi untuk praktisi LCA yang bekerja di bidang nanoteknologi tentang bagaimana langkah-langkah *Life Cycle Inventories (LCI)* dan *LCIA* dapat ditingkatkan, sehubungan dengan kelengkapan, konsistensi, dan transparansi mereka. Wei Chena, Yong Genga, Jinglan Hong, Donglu Yangd, Xiaotian Ma (2018) mengatakan bahwa metode LCA ini dapat memberikan wawasan kebijakan yang berharga kepada para pembuat kebijakan sehingga mereka dapat menyiapkan kebijakan yang lebih tepat untuk membimbing industri pupuk kalium menuju pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*). Yusuf

Bicara, Ibrahim Dincera (2018) menyarankan bahwa penilaian *life cycle costing* (LCC) dan *environmental impacts* (EI) ini dapat dilakukan dalam penelitian masa depan.

Pada penelitian ini dibuat diagram CK-Chart untuk mengetahui parameter yang digunakan. CK-chart disajikan dalam bentuk diagram Tree. Sebuah K-chart pada dasarnya mengatur isu-isu dari yang luas ke yang spesifik dalam area yang diteliti. Masalah yang lebih luas ditempatkan di cabang yang lebih tinggi dari diagram Pohon, dan dibedah menjadi berbagai isu spesifik (sub-isu) di bawahnya. Masalah-masalah tersebut kemudian ditetapkan menjadi masalah-masalah umum, pelengkap dan terfokus. Masalah terfokus adalah masalah-masalah yang akan menjadi studi utama, sementara masalah-masalah lain hanya dimaksudkan untuk tinjauan literatur saja (masalah-masalah umum). Namun, ketika lapisan masalah semakin dalam dan lebih spesifik maka disebut sebagai masalah pelengkap. Jumlah lapisan dalam membedah masalah menjadi lebih spesifik menunjukkan tingkat asumsi yang dibuat untuk masalah yang diteliti. Semakin banyak isu spesifik yang diteliti, semakin sedikit asumsi yang dibuat. Setelah lapisan Isu, metodologi ditentukan. Umumnya, metodologi dapat ditunjuk ke dalam berbagai jenis seperti teori, simulasi, eksperimen dan survei. Ini pada dasarnya adalah metode yang digunakan dalam memperoleh data dan dalam menganalisisnya. Metode dengan kotak yang berwarna menunjukkan metode yang dipilih oleh peneliti. Lapisan hasil kemudian akan mengikuti, dan muncul sebagai cabang di bawah masing-masing metodologi. Hasil pada dasarnya daftar parameter yang diteliti yang dibagi menjadi dua kategori utama; Parameter Kinerja (PP), dan Parameter Desain (DP). PP mewakili efek atau output (variabel dependen) dari sistem yang diteliti, sedangkan DP adalah input atau penyebab (variabel independen). Jumlah hasil yang diharapkan akan menjadi jumlah total DP. Berdasarkan kajian literatur yang telah dilakukan maka dapat dibuat CK-Chart penelitian mengenai elemen pengembangan lingkungan melalui LCA sebagai berikut :



Gambar 2.1 CK-Chart Planning and Tools

2.2.1 Penjelasan CK-Chart

Berdasarkan Gambar 2.1 *CK-Chart planning tools* diatas, maka diperoleh *novelty* yang dapat dipertanggung jawabkan. Penelitian ini dikategorikan sebagai penelitian “*Sustainable Development*” yang berfokus pada prinsip lingkungan. Rekomendasi yang diusulkan bertujuan untuk membuat keputusan strategis yang dapat diimplementasikan dalam jangka panjang untuk mempromosikan *Sustainable Product Development (SPD)*. CK-Chart ini diperoleh dari penelitian sebelumnya mengenai pembangunan desain furniture kayu menggunakan LCA. Namun pada penelitian ini jenis produk yang dipilih yaitu produk peralatan makan yang terbuat dari plastik. Pada penelitian ini berfokus pada peralatan makan yang terbuat dari jenis plastic PS. Produk yang diteliti dalam penelitian ini adalah cup minuman dengan bahan dasar plastik PS. Sistem produk yang diselidiki dalam penelitian ini adalah *life cycle* atau siklus hidup. Ruang lingkup LCA mencakup penilaian *cradle-to-gate*, *cradle-to-grave*, *cradle-to-cradle*. Penelitian ini menggunakan penilaian *cradle-to-gate* yaitu dari bahan baku sampai pada proses operasi/produksi. Untuk aspek lingkungan, potensi dampak lingkungan dari produk digunakan untuk mengukur performansi system. Untuk potensi dampak lingkungan, variabel keputusan yang memungkinkan mempengaruhi sistem adalah proses produksi, penggunaan material, dan *reverse logistic*.

Penelitian ini berfokus pada proses produksi dan penggunaan bahan dan material. Ada empat komponen penelitian yang terkait dengan penilaian potensi dampak lingkungan yaitu penilaian lingkungan berdasarkan perspektif siklus hidup produk, rekomendasi perbaikan desain produk berdasarkan hasil LCA, pedoman untuk menilai dampak lingkungan dari produk *multi life cycle asesments (MLCA)*, penerapan metodologi MLCA untuk menilai dampak lingkungan dari produk *multi life cycle (MLC)*. Namun karena pada penelitian ini tidak memberikan rekomendasi mengenai desain produk dan juga tidak membuat MLC maka pada penelitian ini hanya berfokus pada penilaian lingkungan berdasarkan perspektif siklus hidup produk. Pada metode yang digunakan dalam penelitian ini ada beberapa *tool categories* yang digunakan untuk melakukan penilaian *life cycle* meliputi pemberian rating dan meranking (*rating and ranking tools*), *analytical tools*,

software dan *expert system*, dan *organizing tools*. *Tools categories* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *software* dan *expert system*. Terdapat 4 *software* yang dapat digunakan yaitu *software SimaPro, GaBi Software, umberto, openLCA*. Penelitian ini menggunakan *GaBi. Software* yang bertujuan untuk melakukan LCA selama proses produksi. Setelah dilakukan LCA kemudian didapatkan kategori dampak lingkungan yang dihasilkan dari produk cup yang kemudian dilakukan analisis pada bagian proses mana memiliki dampak paling besar terhadap lingkungan dengan melihat parameternya. Parameter yang didapat dari kategori dampak lingkungan yaitu *acidification potential (AP), global warming potential (GWP), impact on human health and materials (IHHM), terrestrial eutrophication (TE), aquatic eutrophication (AE)*. Parameter ini dipilih berdasarkan keinginan penulis untuk melihat dampak yang ditimbulkan dari kelima kategori tersebut.

2.3 Landasan Teori

Landasan teori merupakan kajian deduktif yang diperoleh melalui artikel atau buku dimana memiliki keterkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Sehingga teori yang telah didapatkan akan memperkuat penelitian yang dilakukan.

2.3.1 Industri

Industri adalah suatu usaha, proses atau kegiatan pengolahan bahan baku baik bahan mentah ataupun bahan setengah jadi agar menjadi barang yang bernilai ekonomis. Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) mendefinisikan industri sebagai perusahaan untuk membuat, memproduksi atau menghasilkan barang-barang. Menurut Sukirno (1995) pengertian dalam teori ekonomi, *industry* yaitu kumpulan dari perusahaan yang menghasilkan barang yang sama dalam suatu pasar. Pengertian industri secara makro adalah semua sektor-sektor yang dapat menghasilkan nilai tambah dan secara garis besar dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu industri yang menghasilkan barang dan industri yang menghasilkan jasa. Pengertian industri secara mikro diartikan sebagai kumpulan

perusahaan yang dapat menghasilkan barang-barang homogen dan saling mengganti secara erat (Hasibuan, 1994).

2.3.2 Industri Manufaktur

Industri manufaktur adalah industri yang memproses bahan baku guna dijadikan bermacam-macam bentuk/model produk, baik yang berupa produk setengah jadi (*semi manufactured*) ataupun yang sudah berupa produk jadi (*finished goods product*). Manufaktur adalah suatu cabang industri yang mengaplikasikan mesin, peralatan dan tenaga kerja dalam suatu medium proses untuk mengubah bahan mentah menjadi barang jadi yang memiliki nilai jual. Istilah manufaktur berasal dari dua kata bahasa latin, yaitu *manus* dan *factus* yang berarti *manus* adalah tangan dan *factus* adalah mengerjakan. Jadi manufaktur artinya mengerjakan dengan tangan atau proses pembuatan produk yang dikerjakan dengan tangan. Menurut Groover (2010) manufaktur terbentuk dari dua kata yang berasal dari bahasa Latin yaitu *manus* (tangan) dan *factus* (membuat) jika dikombinasikan akan memiliki arti dibuat dengan tangan. Arti dibuat dengan tangan menggambarkan bahwa pada saat itu proses pembuatan produk masih menggunakan metode manual.

2.3.3 LCA

LCA adalah teknik untuk menilai dampak lingkungan dari suatu produk, dilihat dari proses pembuatannya sampai produk tersebut menjadi sampah. Organisasi internasional untuk standardisasi (ISO) mulai memperhatikan pengembangan prinsip-prinsip yang berpedoman pada metodologi LCA. Istilah LCA pada umumnya digunakan sebagai prosedur analitis atau untuk mengevaluasi input, output, dan juga dampak potensial dari produk melihat proses sepanjang siklus hidup. LCA merupakan suatu pendekatan yang digunakan untuk menganalisa dampak suatu produk lingkungan selama siklus hidup produk. Konsep LCA didasarkan pada gagasan bahwa suatu system industry selalu berkaitan dengan lingkungan tempat industry itu berada. Secara umum LCA merupakan pendekatan untuk menghitung

dampak lingkungan yang disebabkan oleh aktivitas pembuatan produk mulai dari pemilihan bahan baku, proses produksi, yang kemudian berakhir menjadi sampah atau limbah. Menurut Fiksel (2009) LCA merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengestimasi energi atau aliran material yang berhubungan dengan siklus hidup produk yang berpengaruh pada dampak lingkungan. Menurut Chester (2008) LCA adalah *tools* yang komprehensif untuk mengevaluasi emisi dari suatu produk, mulai dari proses pembuatan bahan dasar sampai produk tersebut dibuang (*cradle-to-grave*). Pada umumnya, kerangka metodologi untuk melakukan LCA terdiri dari empat komponen atau fase seperti yang didefinisikan oleh ISO-14040 sebagai berikut:

1. Tujuan dan Ruang lingkup (*Goal and Scope*) - ISO 14041

Sebelum melakukan LCA, yang pertama kali harus dilakukan adalah mendefinisikan tujuan dan ruang lingkup LCA. Menurut Peters (2015), tiga langkah yang saling terkait dapat dilihat dalam tingkat ini: menentukan tujuan dan ruang lingkup, menyediakan referensi yang akurat, dan menyediakan kesetaraan system LCA. Setelah menentukan tujuan studi LCA, langkah berikutnya adalah penentuan ruang lingkup. Ruang lingkup sistem dalam siklus hidup produk meliputi proses dari "*cradle-to-grave*" atau dari "*cradle-to-cradle*". Maksud dari "*cradle-to-grave*" adalah studi LCA dilakukan dengan menganalisis siklus hidup produk mulai dari ekstraksi bahan baku, proses pembuatan produk, distribusi produk, penggunaan produk, dan akhir hidup produk. Sedangkan *cradle-to-cradle* yaitu menganalisis siklus hidup produk mulai dari ekstraksi bahan baku, proses pembuatan produk, penggunaan produk (*use phase*), *end of life product*, dan kemudian produk di *recycle* untuk di proses kembali.

2. *Life Cycle Inventory* (LCI) – ISO 14041

LCI atau analisis inventori adalah proses mengidentifikasi dan mengukur penggunaan energi dan bahan serta kuantitas produksi untuk siklus hidup produk yang menentukan hasil penelitian LCA. fase penilaian ini melibatkan kompilasi dan kuantifikasi input-output untuk produk sepanjang siklus hidupnya didalam batasan sistem produk yang ditentukan dari tujuan penelitian. Pertama, praktisi analisis

persediaan butuh untuk mengumpulkan data yang terkait dengan manufaktur, apa saja yang digunakan selama proses produksi, dan pembuangan akhir dari produk. Data tersebut harus dikumpulkan oleh praktisi LCA. Data input-output produksi bahan baku yang digunakan untuk menghasilkan produk termasuk bahan primer atau sekunder

3. *Life Cycle Impact Assessments (LCIA) – ISO 14042*

Pada tahapan ini akan dilakukan pengelompokan dan penilaian mengenai efek yang ditimbulkan terhadap lingkungan berdasarkan data-data yang diperoleh pada tahapan LCI. Menurut Margni & Curran (2012) menyatakan bahwa tujuan LCIA adalah untuk mengevaluasi dampak lingkungan produk berdasarkan hasil LCI dalam lingkup proyek yang diberikan dan menentukan kepentingan relatif setiap aliran dasar dalam masalah lingkungan yang diberikan. ISO mengembangkan standar untuk melakukan penilaian dampak berjudul ISO 14042, LCA ISO 1998, yang menyatakan bahwa ada tiga langkah yaitu pertama mengkategorikan dampak seleksi, kedua klasifikasi, dan yang ketiga yaitu karakterisasi merupakan langkah langkah wajib untuk LCIA. Dalam LCIA, efek yang dijelaskan merupakan semua efek dari aliran input dan output sistem.

1) Memilih dan menentukan kategori dampak

Langkah pertama yang dilakukan dalam LCIA adalah memilih dan menentukan kategori dampak. Langkah ini harus diselesaikan sebagai bagian dari tujuan awal dan sebagai panduan dalam proses pengumpulan data LCI. Data yang diidentifikasi dalam LCI ini merupakan data kategori dampak lingkungan dan dampak manusia yang potensial seperti misalnya pengasaman, perubahan iklim, pemanasan global, *human toxicity*, dan *ecotoxicity freshwater*. Untuk LCIA dampak didefinisikan sebagai akibat yang disebabkan oleh *input* dan *output* aliran sistem pada kesehatan manusia, tanaman, dan hewan, atau ketersediaan sumber daya alam.

2) *Classification*

Tujuan klasifikasi (*classification*) adalah untuk mengetahui dan mengelompokkan dampak hasil dari LCI kedalam kategori dampak yang berhubungan. Sebagai contoh, emisi karbon dioksida dapat diklasifikasikan ke dalam kategori pemanasan global. Penentuan hasil LCI ke kategori dampak harus mempertimbangkan dua situasi penentuan hasil LCI yang memiliki kemiripan antara satu kategori dengan satu kategori dampak dan identifikasi hasil LCI yang berkontribusi lebih dari satu kategori efek (ISO 14044 2006).

3) *Characterization*

Karakterisasi adalah langkah yang bertujuan untuk menghitung dan mengkonversi semua hasil LCI ke dalam indikator kategori terpilih. Langkah *characterization* ini mengkonversi dan menggabungkan hasil LCI menjadi indikator perwakilan dampak terhadap kesehatan manusia dan ekologi. Ini dilakukan dengan mengalikan data LCI dengan beberapa faktor karakterisasi tertentu untuk mendapatkan hasil indikator kategori dan kumpulan lengkap indikator kategori yang didefinisikan sebagai profil lingkungan (Curran 2016). Efek potensi sesuatu bahan diberikan kepada faktor signifikan dalam kategori (Margni & Curran 2012). *Characterization* memberikan cara untuk langsung membandingkan hasil LCI dalam setiap kategori dampak. Misalnya, karakterisasi akan memberikan perkiraan toksisitas relatif antara timbal, kromium, dan seng.

4) *Normalization*

Normalization atau normalisasi merupakan *tools* LCIA yang digunakan untuk menyatakan data indikator dampak dengan cara yang dapat dibandingkan antara kategori dampak. Oleh karena hasil dari langkah karakterisasi memiliki unit berbeda maka hasil belum bisa dibandingkan. Agar hasil bisa dibandingkan maka harus dinormalisasikan terlebih dahulu kemudian barulah bisa melihat perbandingan kategori efek. Data yang dinormalisasi hanya dapat dibandingkan dalam kategori dampak. Misalnya, efek dari pengasaman tidak bisa langsung

dibandingkan dengan toksisitas air karena faktor karakterisasi dihitung dengan menggunakan metode ilmiah yang berbeda.

5) *Grouping*

Grouping atau pengelompokan dilakukan bertujuan untuk menyortir dan mengelompokan indicator. Berikut adalah dua cara yang mungkin untuk kelompok LCIA menurut ISO 1998:

- a) Mengurutkan indicator berdasarkan indikator karakteristik seperti emisi misalnya, udara dan air atau lokasi misalnya, lokal, regional, atau global
- b) Mengurutkan indikator berdasarkan sistem peringkat, seperti prioritas tinggi, rendah, atau menengah. Peringkat didasarkan pada pilihan nilai.

6) *Weighting*

Weighting atau pembobotan merupakan langkah dari LCIA. Langkah ini dilakukan dengan memberikat bobot atau nilai relative terhadap kategori dampak yang berbeda berdasarkan relevansi. Langkah pembobotan ini merupakan langkah paling penting namun juga kontroversial dalam metodologi LCA karena menggunakan penilaian subjektivitas yang tinggi.

7) Pemilihan metode LCIA

Pada metode LCIA terdapat banyak sekali metode yang bisa digunakan, seperti misalnya metode proxy, MIPS (input bahan per layanan), TMR (Total kebutuhan bahan), EPA (*Environmental Protection Agency*), EDIP (*Environmental Design of Industrial Products*) dan masih banyak lagi lainnya.

Pemilihan kategori dampak tergantung pada tujuan LCA, seperti jenis keputusan yang akan diambil berdasarkan LCA. Pilihan kategori dampak juga tergantung pada tindakan berikutnya hasil dari penelitian LCA. Pada dasarnya, pemilihan kategori ditentukan oleh *stakeholder* dan pengguna studi LCA dan tidak ada metodologi yang mencakup pedoman spesifik tentang kategori dampak yang perlu dimasukkan dalam LCA. Pada penelitian ini EDIP 2003

dipilih sebagai metode LCIA. EDIP 2003 merupakan pendekatan dampak lingkungan pada kegiatan *industrial product*. Metode ini dipilih karena metode ini berfokus pada kegiatan industri dan *impact category* yang berkaitan terhadap dampak pada lingkungan khususnya ke udara. Pada metode EDIP 2003 ini terdapat 7 *impact category* yang tersedia yaitu AP, AE, GWP, TE, IHHM (yang berdampak pada kesehatan manusia) *photochemical ozone formation* (yang berdampak pada tumbuhan), penipisan ozon (*stratospheric ozone depletion*). Pada penelitian ini dari 7 *impact category* tersebut dipilih 5 *impact category* yang memiliki kaitan dengan dampak terhadap lingkungan yaitu AP, AE, GWP, TE, IHHM. Kelima *impact category* ini dipilih berdasarkan keinginan penulis karena penulis ingin mengetahui berapa besar dampak yang dihasilkan dari kelima kategori dampak ini. Prioritas *impact assessment* pada penelitian ini dipilih berdasarkan besarnya dampak yang ditimbulkan. Pemilihan metode EDIP 2003 ini dipilih karena mendukung LCA untuk produk industri, analisis lingkungan, dan sintesis dalam pengembangan produk yang meliputi tiga bidang: lingkungan, sumber bahan dan energi, dan lingkungan kerja. Oleh karena itu metode ini dianggap sesuai untuk penelitian ini.

Tabel 2.2 Definisi Kategori Dampak EDIP 2003

Kategori Dampak	Definisi Dampak
<i>Acidification Potential</i> (AP)	Zat pengoksidasi yang menyebabkan berbagai dampak pada tanah, air tanah, air permukaan, organisme, ekosistem, dan bahan.
<i>Global Warming Potential</i> (GWP)	Emisi gas rumah kaca ke udara terkait dengan perubahan iklim. Efek buruk pada kesehatan ekosistem, kesehatan manusia, dan kesejahteraan material dapat terjadi akibat perubahan iklim

Kategori Dampak	Definisi Dampak
<i>Terrestrial Eutrophication (TE)</i>	Kategori ini mempertimbangkan dampak dari tingkat makronutrien yang berlebihan di lingkungan yang disebabkan oleh emisi nutrisi ke tanah
<i>Aquatic Eutrophication (AE)</i>	Kategori ini mempertimbangkan dampak dari tingkat makronutrien yang berlebihan di lingkungan yang disebabkan oleh emisi nutrisi ke air
<i>Photochemical Ozone Formation – Human Health (IHHM)</i>	Pembentukan ozon di permukaan tanah troposfer yang disebabkan oleh oksidasi fotokimia dari Senyawa Organik Volatil (VOC) dan karbon monoksida (CO) di hadapan nitrogen oksida (NO _x) dan sinar matahari. Konsentrasi tinggi ozon troposferik di permukaan tanah merusak saluran pernapasan manusia dan bahan buatan manusia melalui reaksi dengan bahan organik

4. Interpretasi hasil *life cycle* – ISO 14043

Interpretasi hasil *life cycle* adalah fase terakhir LCA yang terdiri dari ringkasan analisis LCI dan LCIA sebagai dasar untuk kesimpulan, memberikan rekomendasi, dan membuat keputusan yang sesuai dengan definisi tujuan dan ruang lingkup (ISO 14040 2006). Elemen utama dari fase ini adalah evaluasi hasil dan formulasi dari kesimpulan dan rekomendasi dari studi ini. Secara umum, hasil LCA mungkin mengandung ketidakpastian. Kualitas data yang ada, pilihan metodologi, dan

asumsi awal, seperti metode alokasi (allocation), perbatasan sistem, dan metode evaluasi dampak, dapat menyebabkan keraguan (Cellura et al. 2011). Interpretasi hasil bertujuan dalam menghadapi ketidakpastian, analisis sensitivitas, dan mengkomunikasikan terhadap *stakeholder*

2.3.4 Plastik PS

Plastik merupakan bahan yang terbentuk dari produk polimerisasi semi-sintetik atau sintetik. Bahan baku pada pembuatan plastik sendiri adalah minyak dan gas. Namun pada masa sekarang minyak dan gas diganti menggunakan bahan-bahan sintetis sehingga dapat diperoleh sifat-sifat plastik yang diinginkan dengan cara co-polimerisasi, laminasi, dan ekstruksi (Syarif et al 1989). PS atau sering disebut *stryofoam* sebenarnya merupakan nama dagang yang telah dipatenkan oleh Perusahaan Dow Chemical untuk *polystyrene foam*. Oleh pembuatnya, *stryofoam* dimaksudkan untuk digunakan sebagai insulator pada bahan konstruksi bangunan, bukan untuk kemasan makanan. *Styrofoam* merupakan bahan plastik yang memiliki sifat khusus dengan struktur yang tersusun dari butiran dengan kerapatan rendah, mempunyai bobot ringan, dan terdapat ruang antar butiran yang berisi udara yang tidak dapat menghantar panas sehingga hal ini membuatnya menjadi insulator panas yang baik (InfoPOM, 2008).

Saat ini material plastik berkembang sangat pesat dan mempunyai peranan sangat penting dibidang pertanian, tekstil, furniture, mainan, dan juga wadah makanan dan minuman. Di Amerika Serikat plastik jenis PS digunakan sebagai bahan baku pembuatan *cup* sekali pakai. Plastik ini berwarna putih dan terbuat dari butiran-butiran *styrene*. PS saat ini menjadi salah satu pilihan bahan pengemas makanan dan minuman yang populer dalam bisnis makanan maupun minuman. Kemasan ini dipilih karena bahan ini memiliki beberapa kelebihan. Bahan tersebut mampu mencegah kebocoran dan tetap mempertahankan bentuknya saat dipegang, mampu mempertahankan panas dan dingin tetapi tetap nyaman dipegang, mempertahankan kesegaran dan keutuhan bahan yang dikemas, ringan, serta murah (Sulchan & Endang, 2007). Namun ternyata selain mempunyai banyak keunggulan,

kemasan polystyrene menyimpan kelemahan yaitu kemungkinan terjadinya perpindahan zat monomer *styrene* dari bahan plastik ke dalam makanan.

2.3.5 GaBi Software

Software GaBi adalah *software* pemodelan dan *reporting* LCA dengan pengumpulan data dan analisis hasil yang intuitif. *GaBi* memungkinkan para profesional LCA untuk mempengaruhi keputusan bisnis dengan membantu menghemat uang, mengurangi risiko, mengkomunikasikan manfaat produk dan meningkatkan pendapatan. *GaBi* menilai setiap bahan baku dan proses di setiap fase mulai dari ekstraksi hingga akhir masa pakai di seluruh rantai pasokan.

Penelitian ini akan menunjukkan cara untuk melakukan Pengkajian *life cycle* dengan menggunakan *GaBi Education software*. *GaBi Education software* mendukung setiap tahap dari LCA, dari pengumpulan data dan organisasi untuk presentasi hasil dan keterlibatan pemangku kepentingan. *Gabi* secara otomatis melacak semua materi, energi, dan emisi mengalir, serta nilai-nilai yang didefinisikan moneter, waktu kerja dan isu-isu sosial, memberikan akuntansi kinerja instan dalam puluhan kategori dampak lingkungan. Dengan arsitektur modular dan parameter, *Gabi* memungkinkan pemodelan cepat bahkan proses yang kompleks dan pilihan produksi yang berbeda. Arsitektur ini juga memudahkan untuk menambahkan data lain seperti biaya ekonomi atau informasi dampak sosial untuk model, membuat *Gabi* alat analisis siklus hidup holistik. Platform *GaBi Education* dilengkapi dengan yang paling komprehensif, *up-to-date Life Cycle basis* data persediaan tersedia. Dasar pemodelan menggunakan *Gabi* adalah aliran jenis objek. Aliran *Gabi* adalah wakil dari bahan yang sebenarnya atau energi aliran. Arus digunakan untuk mewakili hubungan antara proses dalam siklus hidup.

Proses *Gabi* mewakili proses yang sebenarnya, prosedur teknis atau kelompok prosedur. *Gabi* mengkira-kira sesuai dengan istilah “unit proses” dalam ISO 14040. Seperti arus, proses dalam sistem *Gabi* secara hirarkis dikelompokkan dan dapat disimpan. Hirarki proses memungkinkan Anda untuk menyimpan dan menggunakan proses beberapa kali.

Selain itu, dasar data proses disediakan dalam database untuk membantu dalam penyelesaian dari model. Dalam data upstream tertentu, seperti pembangkit energi, generasi bahan dasar, dll, tidak harus secara khusus dikumpulkan oleh pengguna tergantung pada tujuan dari ruang lingkup penelitian.

2.4 Konseptual Model

Konseptual model adalah suatu kerangka konseptual yang menunjukkan hubungan logis antara variabel yang telah diidentifikasi penting untuk menganalisis masalah penelitian (Sinulingga, 2014). Pada konseptual model terdapat variable-variabel dan juga indikator-indikator sebagai alat ukur variable yang didapatkan dari kajian penelitian sebelumnya dan juga buku yang berkaitan dengan penelitian ini

Variabel penelitian adalah suatu atribut atau sifat atau nilai dari orang, obyek atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2012:61). Variabel terbagi menjadi 2 yaitu variable dependen dan variabel independen. Variabel dependen atau variable terikat merupakan variable yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variable bebas (Sugiyono, 2011:61). Kemudian variabel independent atau variable bebas menurut Sugiyono (2011:61) merupakan variable yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variable terikat (dependen)

Konseptual model dibuat untuk memudahkan dalam melakukan penelitian. Konseptual model penelitian ini dibangun melalui variable dan indicator yang diperoleh melalui kajian paper dan atau buku dan juga artikel-artikel yang mampu menunjang penelitian yang diteliti.

2.4.1 Penjelasan Konseptual Model

Pada masa sekarang terdapat banyak sekali *coffee shop* yang menjual produk mereka menggunakan *cup-cup* minuman. Namun mereka tidak atau belum mengetahui dampak

dari penggunaan *cup* plastic terhadap lingkungan. Hal ini tentu akan sangat berpengaruh terhadap keseimbangan lingkungan seperti misalnya terjadinya penumpukan sampah, banjir, tercemarnya ekosistem laut, hingga pemanasan global dll. Plastic menjadi penyumbang bahan baku utama pembuatan cup. Plastic ini pula yang menjadi penyebab utama tercemarnya lingkungan karena plastic susah untuk diurai oleh tanah.

Dari kondisi permasalahan tersebut yang juga telah dijelaskan pada latar belakang bab 1, akan dibuat konseptual model yang dapat digunakan untuk menganalisis dampak lingkungan yang ditimbulkan dari produk cup. Sehingga diharapkan setelah mengetahui proses mana yang memiliki pengaruh paling besar, kita dapat meminimalisir dampak lingkungan. Untuk menunjang penelitian ini dilakukan kajian melalui buku dan paper untuk memperoleh variable-variabel yang mempengaruhi dampak lingkungan. Hipotesis yang didapatkan yaitu sebagai berikut:

- a) Setiap jenis barang atau produk yang berbahan plastik, setelah dimanfaatkan oleh manusia pada akhirnya akan terbuang dan menjadi sampah (Wied Harry, 2010, h.5).

Salah satu dari jenis-jenis plastic yaitu plastic jenis PS

$H_0 = \text{Cup}$ dari plastic jenis PS tidak memiliki pengaruh terhadap dampak lingkungan

$H_1 = \text{Cup}$ dari plastic jenis PS memiliki pengaruh terhadap dampak lingkungan

Setelah ditemukan varabel yang mempengaruhi dampak lingkungan dan hipotesis yang didapat. Selanjutnya dapat digambar konseptual model yaitu pada Gambar 2.2 berikut:



Gambar 2.2 Konseptual Model Penelitian

Keterangan dari kode-kode indicator di konseptual model gambar 2.2 akan dijelaskan pada tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.3 Penjelasan Konseptual Model

No	Variabel	Indikator	Kode Indikator	Sumber
1.	Plastik <i>Polystylene</i>	<i>Sulfur dioxide</i>	PS1	WHO (1979)
		Gas Metana	PS2	Bogner et al. (2008)
		<i>Nitrogen dioxide</i>	PS3	Slamet (2009)
2.	Dampak lingkungan	<i>Acidification Potential</i>	D1	Silva et al. (2013)
		<i>Global Warming</i>	D2	Silva et al. (2013)
		<i>Ozone Depletion</i>	D3	Silva et al. (2013)
		<i>Terrestrial Eutrophication</i>	D4	Vitousek et al., (1997)
		<i>Aquatic Eutrophication</i>	D5	Silva et al. (2013)

Selanjutnya definisi dari setiap variable berdasarkan gambar konseptual model diatas akan dijelaskan pada tabel 2.3 dibawah ini:

Tabel 2.4 Penjelasan Variabel Model Konseptual

No	Variabel	Definisi Variabel
1.	Plastik Polystylene (PS)	PS adalah jenis dari plastic hasil dari produk polimerisasi dari monomer-monomer stirena, dimana monomer stirena-nya

		didapat dari hasil proses dehidrogenisasi dari etil benzene. Biasa digunakan untuk cup minuman
2.	Dampak lingkungan	Dampak lingkungan adalah perubahan lingkungan yang diakibatkan oleh suatu aktivitas

2.5 Kesimpulan

Berdasarkan kajian literature induktif dan deduktif diatas didapatkan kesimpulan bahwa penelitian ini memiliki kebaruaran atau *novelty* yang didapat yaitu melihat dampak lingkungan yang dihasilkan dari cup plastic kemudian menganalisis pada proses produksi mana yang memiliki dampak paling besar terhadap lingkungan

State of the art pada penelitian ini adalah mengenai cara meminimalisir dampak lingkungan menggunakan variable-variabel dan indicator-indikator yang belum pernah ditemukan. Serta metode pengolahan data yang digunakan juga berbeda, yaitu menggunakan *GaBi education Software*. Perbedaan lainnya yaitu pada penggunaan metode SLR dan *CK-Chart Planning and Tools*.