

BAB I

PENDAHULUAN

Dalam melakukan penelitian diperlukan beberapa hal yang digunakan sebagai dasar dalam pelaksanaannya. Pada bab ini akan dibahas mengenai hal-hal yang melatarbelakangi penelitian ini. Komponen-komponen yang terdapat dalam bab pendahuluan ini meliputi latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan ruang lingkup penelitian.

1.1 Latar Belakang

Era globalisasi menuntut banyak perusahaan untuk melakukan perbaikan kualitas layanan dan kemampuan pengelolaan sumber daya, agar menimbulkan kepercayaan publik terhadap produk serta komitmen yang ditawarkan. Perekonomian masyarakat semakin meningkat seiring dengan perkembangan dalam dunia industri. Akan tetapi hal tersebut terkadang tidak sejalan dengan upaya pemerintah untuk lebih mengedepankan faktor lingkungan. Dunia industri menimbulkan dampak lingkungan yang cukup besar, sehingga perlu perhatian yang lebih kepada pelaku industri untuk lebih memperhatikan kebijakan terhadap lingkungan supaya keberadaannya tidak mengganggu kualitas lingkungan. Salah satu dampak kegiatan industri khususnya industri manufaktur adalah limbah yang dihasilkan oleh keseluruhan kegiatan manufaktur di industri tersebut. Limbah merupakan bahan buangan dari aktivitas industri yang berdampak negatif apabila tidak dikelola dengan baik.

Dengan semakin banyaknya industri manufaktur, akan berakibat pada banyaknya limbah yang dihasilkan. Salah satu perusahaan yang teridentifikasi sebagai perusahaan manufaktur yang berpotensi menyebabkan sumber pencemaran adalah perusahaan keramik. Pada saat ini industri keramik semakin berkembang karena makin banyaknya permintaan masyarakat pada produk keramik. Peningkatan permintaan secara langsung akan mendorong peningkatan limbah produksinya, dimana limbah dari sisa proses produksi keramik berupa padatan dan cairan tersebut dapat membahayakan bagi lingkungan apabila tidak ditangani secara serius. Dengan semakin banyaknya limbah yang dihasilkan oleh suatu industri, maka kebijakan mengenai lingkungan hidup di bidang perindustrian juga semakin ketat. Perusahaan industri wajib melaksanakan upaya keseimbangan dan kelestarian sumber daya alam serta pencegahan timbulnya kerusakan

dan pencemaran terhadap lingkungan hidup akibat kegiatan industri yang dilakukannya (Pasal 21 UU Perindustrian).

Kerusakan dan pencemaran terhadap lingkungan hidup seringkali terjadi akibat adanya limbah dari kegiatan industri yang tidak diolah dengan baik. Berdasarkan wujudnya, limbah dapat diklasifikasikan menjadi tiga yaitu, limbah padat, limbah cair, dan limbah gas. PT. Keramik Paolo sebagai perusahaan yang memproduksi berbagai macam olahan keramik menghasilkan 2 macam limbah, yaitu limbah padat dan limbah cair. Limbah padat dikenal sebagai sampah yang seringkali tidak dikehendaki karena tidak memiliki nilai ekonomis. Limbah padat terdiri dari senyawa organik dan senyawa anorganik. Dengan konsentrasi dan kuantitas tertentu, kehadiran limbah dapat berdampak negatif terhadap lingkungan terutama bagi kesehatan manusia. Limbah cair keramik berasal dari air buangan dan sisa endapan dari bahan baku keramik yang telah diproses. Pada penelitian ini akan difokuskan pada produk keramik guci air, dimana produk tersebut merupakan produk yang memiliki nilai komoditi paling tinggi selama satu tahun ini di PT. Keramik Paolo. Guci air yang diproduksi memiliki beraneka ragam bentuk dan warna, serta dengan *finishing* berupa glasir yang menjadikan keistimewaan produk ini sehingga dapat menarik perhatian konsumen. Keberadaan limbah dari pembuatan keramik dapat merugikan lingkungan, karena dalam proses produksi keramik tersebut juga menggunakan bahan-bahan mineral berbahaya. Adapun bahan yang digunakan adalah *Feldspar*, *Limestone*, *Clay*, *Kaolin*, *Silica Sand*, *Zinc Oxide*, *Magnesium Silicate*, dan *Zirconium Silicate*. Sebagaimana sifatnya, *Feldspar* adalah mineral yang mengandung *Kalium (K)* dan *Natrium (Na)* sebagai pelebur aktif yaitu meningkatkan koefisien muai panas. Sementara *Zinc Oxide* merupakan bahan yang mempunyai titik lebur tinggi. Limbah keramik yang dibuang begitu saja dapat merusak lingkungan dan tidak dapat terurai atau busuk, serta akan mempengaruhi unsur hara dalam tanah serta pengaruh air bawah tanah. Oleh karena itu keberlangsungan industri keramik dapat membahayakan lingkungan apabila tidak ditangani dengan baik, sehingga perlu dilakukan evaluasi dengan cara mengidentifikasi hal-hal yang berpengaruh terhadap lingkungan untuk mengetahui seberapa besar dampak yang kemungkinan ditimbulkan pada saat pembuatan produk keramik.

Dampak lingkungan tersebut dihasilkan dari kegiatan *supply chain* yang mencakup proses dari hulu ke hilir yang menghasilkan limbah pada proses produksi. *Supply chain* yang dimaksud adalah terkait *life cycle* mulai dari bahan baku yang diambil dari alam, dikirimkan dari *supplier* sampai distribusi produk ke *customer*, dipakai dan kemudian

dibuang kembali ke alam. *Supply chain* merupakan jejaring seluruh organisasi (mulai dari pemasok sampai ke pengguna akhir) dan aktivitas yang berhubungan dengan aliran dan transformasi dari barang, informasi, dan uang (Handfield dan Nichols, 2002). Limbah dan emisi yang dihasilkan dari kegiatan *supply chain* merupakan sumber utama masalah pencemaran lingkungan diantaranya pemanasan global dan hujan asam (Bloemhof-Ruwaard, 1995). Konsep *supply chain* yang dapat digunakan untuk mempertimbangkan lingkungan adalah konsep *Green Supply Chain Management (GSCM)*. *Green Supply Chain Management* sangat diperlukan bagi kesuksesan implementasi ekosistem industrial dan ekologi industrial (*industrial ecosystem and industrial ecology*). Penerapan *green supply chain* ini salah satunya adalah dengan mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan dari seluruh kegiatan produksi perusahaan mulai dari pengambilan bahan baku sampai proses akhir dari rangkaian kegiatan produksi. Identifikasi dari dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh kegiatan *supply chain* ini perlu dilakukan supaya dapat dilakukan langkah-langkah perbaikan (Mutiara, 2010). Dasar metodologi yang berkaitan dengan isu-isu lingkungan dalam industri tersebut telah dikembangkan secara ekstensif selama dekade terakhir ini, dan telah diatur dalam standar internasional (ISO)

ISO 14000 merupakan standar pengelolaan lingkungan yang berlaku bagi perusahaan, industri, konsultan, pendidikan, pemasok jasa atau produk untuk meminimumkan dampak negatif dari kegiatan operasional terhadap lingkungan. Secara umum ISO 14000 merupakan seri enam standar berdasarkan enam isu lingkungan yang berbeda. Tiga standar berhubungan dengan evaluasi organisasi, yaitu ISO 14001 (Sistem Manajemen Lingkungan), ISO 14010-12 (Audit Lingkungan) dan ISO 14031 (Evaluasi Kinerja Lingkungan). Sedangkan tiga standar yang berkaitan dengan evaluasi produk adalah ISO 14020-24 (Label Lingkungan), ISO 14040-43 (Penentuan Siklus Hidup atau *Life Cycle Assessment*) dan Aspek Lingkungan dalam Standar Produk. Mengacu pada ISO 14040-43, *Life Cycle Assessment* sangat penting bagi keberlangsungan industri sebagai evaluasi terhadap dampak lingkungan.

Life Cycle Assessment (LCA) adalah metoda pengujian pengaruh penyediaan suatu bahan atau produk secara lengkap, mulai dari penyediaan bahan dasar, proses pengolahan, distribusi sampai dengan penjualan ke konsumen, terhadap lingkungan. Teknik ini dilakukan dengan menggunakan kompilasi dan analisis data input dan output pada sistem produksi, evaluasi, serta melakukan interpretasi dari hasil kompilasi dan analisis serta hasil penilaian efek-efek yang berhubungan dengan tujuan LCA ini. Ruang lingkup dari LCA yaitu *cradle to grave*, *cradle to gate*, *gate to gate*, dan *cradle to cradle*.

Dalam penelitian ini, ruang lingkup yang digunakan adalah *cradle to gate*. *Cradle to gate* merupakan penilaian dari sebagian siklus hidup produk mulai dari ekstraksi sumber daya sampai produk didistribusikan ke konsumen. *Cradle to gate* dipilih karena berdasarkan fakta yang ada, dampak lingkungan yang terdapat di sekitar perusahaan merupakan limbah yang dihasilkan dari kegiatan internal *supply chain* perusahaan terutama pada bagian produksi. Dengan memperhatikan dampak pada keseluruhan siklus hidup produk, LCA memberikan pandangan secara luas atas aspek lingkungan dari produk atau proses. Konsep dasar dari LCA ini didasarkan pada pemikiran bahwa suatu sistem industri tidak lepas kaitannya dengan lingkungan tempat industri itu berada. Dalam suatu sistem industri terdapat input dan output. Input dalam sistem adalah material-material yang diambil dari lingkungan dan outputnya akan dibuang ke lingkungan kembali. Input dan output dari sistem industri ini tentu saja akan memberi dampak terhadap lingkungan. Pengambilan material (*input*) yang berlebihan akan menyebabkan semakin berkurangnya persediaan material, sedangkan hasil keluaran dari sistem industri yang bisa berupa limbah (padat, cair, udara) akan banyak memberi dampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu LCA berusaha untuk melakukan evaluasi untuk meminimumkan pengambilan material dari lingkungan dan juga meminimumkan limbah industri. Tujuan LCA adalah untuk membandingkan semua kemungkinan kerusakan lingkungan yang dapat diakibatkan dari suatu produk maupun proses, agar dapat dipilih produk maupun proses yang mempunyai dampak paling minimum. Perusahaan dapat mengetahui proses atau kegiatan yang memiliki dampak terbesar terhadap lingkungan yaitu pada nilai *environmental impact* dimana terdapat tiga elemen yaitu *characterization*, *normalisation* dan *weighting* sehingga akan diperoleh bagian mana yang memberikan kontribusi terbesar terhadap lingkungan untuk selanjutnya diberikan alternatif-alternatif perbaikan.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan masalah di atas, maka masalah yang teridentifikasi yaitu:

1. Belum adanya pengukuran atau analisa mengenai dampak kegiatan produksi terhadap lingkungan sepanjang aliran *supply chain* produk keramik di PT. Keramik Paolo Probolinggo.
2. Belum adanya penanganan masalah limbah yang baik akibat proses produksi di PT. Keramik Paolo Probolinggo.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi yang telah dilakukan, maka permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Apa saja dampak lingkungan yang ditimbulkan akibat kegiatan produksi sepanjang *supply chain* produk keramik di PT. Keramik Paolo Probolinggo?
2. Seberapa besar nilai dampak lingkungan (*environmental impact*) yang ditimbulkan oleh produk keramik selama siklus hidupnya berdasarkan hasil penilaian *life cycle assessment*?
3. Bagaimana upaya untuk mereduksi dampak lingkungan yang ditimbulkan dari kegiatan *supply chain* produk keramik?

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah diatas, maka tujuan penelitian yang ingin dicapai adalah:

1. Mengobservasi apa saja dampak lingkungan yang ditimbulkan sepanjang *supply chain* produk keramik dan menerapkan metode *life cycle assesment* dalam mengidentifikasi dampak lingkungan.
2. Menganalisis seberapa besar dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh aktivitas produksi keramik terhadap lingkungan selama siklus hidupnya berdasarkan hasil penilaian *life cycle assessment*.
3. Memberikan saran perbaikan untuk mereduksi dampak lingkungan yang ditimbulkan dari kegiatan *supply chain* produk keramik.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui apa saja dampak lingkungan yang ditimbulkan sepanjang *supply chain* produk keramik dan menerapkan metode *Life Cycle Assesment* dalam mengidentifikasi dampak lingkungan.
2. Dapat mengetahui seberapa besar dampak yang ditimbulkan oleh aktivitas produksi keramik terhadap lingkungan selama siklus hidupnya berdasarkan hasil penilaian *Life Cycle Assessment*.
3. Metode ini diharapkan dapat memberikan saran perbaikan kepada pihak perusahaan untuk mereduksi dampak lingkungan yang ditimbulkan dari kegiatan *supply chain* produk keramik.

1.6 Batasan Penelitian

Batasan yang digunakan dalam memfokuskan penelitian ini adalah:

1. Penelitian dilakukan pada *life cycle* produk keramik guci air di PT. Keramik Paolo, Probolinggo.
2. Penelitian ini menggunakan ruang lingkup *cradle to gate* dengan raw material dari supplier langsung 1 level upstream dan distribusi produk ke distributor langsung 1 level downstream tanpa ekstraksi bahan baku.
3. Solusi yang diberikan untuk mengurangi dampak lingkungan tersebut hanya sampai pada tahap rekomendasi tidak sampai tahapan implementasi.
4. Penelitian ini hanya dilakukan dalam *internal supply chain* perusahaan.

1.7 Asumsi Penelitian

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Teknologi yang digunakan dalam perusahaan tidak mengalami perubahan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam melakukan setiap penelitian diperlukan dasaran teori dan argumen yang saling berhubungan dengan konsep-konsep pemasalahan penelitian dan akan dipakai dalam proses analisis. Bab ini berisi tentang landasan teori yang diuraikan secara ringkas dan nantinya digunakan sebagai pendukung saat pelaksanaan penelitian.

2.1 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini:

1. Pringgajaya (2012) melakukan penelitian dengan judul “Implementasi *Life Cycle Assesment* (LCA) dan Pendekatan *Analitical Network Process* (ANP) untuk Pengembangan Produk *Hetric Lamp* yang Ramah Lingkungan”. Mempertimbangkan produk ramah lingkungan yang menjadi isu lingkungan belakangan ini, product *hetric lamp* telah dicitrakan sebagai produk yang ramah lingkungan dilihat dari material penyusun produk serta fungsi produk. Dari hasil *Life Cycle Assesment* (LCA) ditemukan empat alternatif utama yang akan dipilih untuk mengurangi dampak lingkungan pada proses produksi dengan menggunakan metode *Analytical Network Process* (ANP). Metode ANP digunakan pada penelitian ini dikarenakan data-data yang ada memiliki hubungan keterkaitan antara satu elemen kriteria dengan elemen kriteria lainnya dan hubungan keterkaitan antara kriteria dengan subkriterianya. Dalam pemilihan alernatif terdapat tiga kriteria dan sub kriteria yang akan dibobotkan untuk mengetahui tingkat kepentingan dari masingmasing kriteria dan sub kriteria. Kriteria tersebut antara lain kriteria biaya, SDM dan bahan baku produk. Sedangkan sub kriteria yang telah ditentukan mencakup biaya material, spesifikasi material dan kompetensi SDM. Dari hasil pembobotan tersebut ditemukan alternatif terbaik untuk mengurangi dampak lingkungan yaitu mengganti komponen *hetric lamp* yaitu lampu DOP dengan menggunakan lampu berjenis LED dengan bobot sebesar 0.575.
2. Yunianto (2012) melakukan penelitian dengan judul “Kajian *Life Cycle Assesment* (LCA) untuk Perbaikan Produksi Air Bersih Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Ngagel II PDAM Surabaya dengan Pendekatan *Analitic Network Process* (ANP)”. Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kota Surabaya merupakan

perusahaan yang menyediakan dan mendistribusikan air bersih yang memenuhi syarat-syarat kesehatan. Untuk memenuhi kebutuhan air bersih, PDAM saat ini memiliki 6 Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM), yaitu IPAM Ngagel I, Ngagel II, Ngagel III, KarangPilang I, KarangPilang II, dan KarangPilang III. Dalam menghasilkan air bersih yang memenuhi standar kualitas, diperlukan serangkaian pengelolaan usaha secara profesional dengan teknologi tepat guna. Namun, dalam setiap aktivitas proses pengolahan air bersih tersebut akan timbul dampak negatif pada lingkungan. Penelitian ini akan menganalisa dampak lingkungan dengan menggunakan pendekatan *Life Cycle Assessment* (LCA). Dari hasil LCA, diketahui bahwa bagian pompa air baku memiliki dampak terbesar yaitu sebesar 73 kPt. Dari hasil LCA, diidentifikasi alternatif pengurangan dampak lingkungan di bagian pompa, yaitu Perubahan Kapasitas Pompa; Peningkatan Intensitas Maintenance; serta Pelatihan dan Pengembangan Operator. Metode yang digunakan untuk proses pemilihan alternatif pengurangan dampak pada penelitian ini adalah dengan pendekatan *Analytic Network Process* (ANP). Terdapat tiga kriteria dengan tujuh sub-kriteria yang kemudian diberikan nilai pembobotan untuk mengetahui tingkat kepentingan dari masing-masing kriteria dan sub-kriteria tersebut. Dari hasil perankingan diketahui bahwa alternatif pengurangan dampak lingkungan yang optimal sebagai rekomendasi perbaikan proses produksi untuk pihak IPAM Ngagel II adalah alternatif Perubahan Kapasitas Pompa.

3. Dodbiba (2008) melakukan penelitian dengan judul "*The recycling of plastic wastes from discarded TV sets: comparing energy recovery with mechanical recycling in the context of life cycle assessment*". Dalam penelitian ini dihadapkan pada dua pilihan penanganan, yaitu pemulihan energi dan daur ulang mekanik limbah plastik dari TV set yang dibuang, serta dibandingkan dalam konteks dari metodologi penilaian siklus hidup (LCA). Perkiraan untuk beban lingkungan dari setiap opsi dihitung sebagai jumlah dari penipisan sumber daya abiotik (ADP), *global warming potential* (GWP), potensi pengasaman (AP), *Photo-oxydant formation potential* (POCP), potensi eutrofikasi (EP), dan potensi toksisitas manusia (HTP). Setelah memperhitungkan beban lingkungan dari setiap pilihan pengobatan, analisis sensitivitas dilakukan. Tujuan utama adalah untuk menunjukkan parameter sistem yang memiliki pengaruh kuat pada hasil dari LCA dalam rangka untuk menemukan cara-cara untuk menurunkan beban lingkungan, dan akhirnya menyarankan strategi untuk desain TV. Temuan utama dari studi ini adalah bahwa daur ulang mekanik dari plastik adalah

pilihan penanganan yang lebih menarik dalam hal lingkungan daripada insinerasi untuk pemulihan energi, yang menghasilkan beban lingkungan yang lebih besar. Akhirnya, berdasarkan hasil analisis sensitivitas, strategi desain yang disarankan yaitu dengan mengurangi jumlah jenis plastik yang digunakan dalam proses pembuatan TV.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian ini

Pengarang	Judul	Objek Penelitian	Metode	Hasil
Pringgajaya (2012)	Implementasi <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA) dan Pendekatan <i>Analytical Network Process</i> (ANP) untuk Pengembangan Produk <i>Hetric Lamp</i> yang Ramah Lingkungan	<i>Hetric lamp</i>	LCA & ANP	Dari hasil pembobotan ditemukan alternatif terbaik untuk mengurangi dampak lingkungan yaitu mengganti komponen <i>hetric lamp</i> yaitu lampu DOP dengan menggunakan lampu berjenis LED dengan bobot sebesar 0.575.
Yunianto (2012)	Kajian <i>Life Cycle Assesment</i> (LCA) untuk Perbaikan Produksi Air Bersih Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Ngagel II PDAM Surabaya dengan Pendekatan <i>Analytic Network Process</i> (ANP)	Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Ngagel II PDAM Surabaya	LCA & ANP	Dari hasil LCA, diketahui bahwa bagian pompa air baku memiliki dampak terbesar yaitu sebesar 73 kPt. Identifikasi alternatif pengurangan dampak lingkungan di bagian pompa, yaitu Perubahan Kapasitas Pompa; Peningkatan Intensitas Maintenance; serta Pelatihan dan Pengembangan Operator. Dari hasil perancangan diketahui bahwa alternatif pengurangan dampak lingkungan yang optimal sebagai rekomendasi perbaikan proses produksi untuk pihak IPAM Ngagel II adalah alternatif Perubahan Kapasitas Pompa.
Dodbiba (2008)	<i>The recycling of plastic wastes from discarded TV sets: comparing energy recovery with mechanical recycling in the context of life cycle assessment</i>	Plastik Limbah dari TV set di Jepang	LCA	Daur ulang mekanik dari plastik adalah pilihan penanganan yang lebih menarik dalam hal lingkungan daripada pembakaran untuk energi recovery yang memiliki beban lingkungan yang lebih besar. Selain itu strategi desain disimpulkan yaitu untuk mengurangi jumlah jenis plastik yang digunakan dalam proses manufaktur pembuatan TV set.
Penelitian ini	Implementasi <i>Life Cycle Assesment</i> (LCA) Sebagai Evaluasi Terhadap Dampak Lingkungan Di Perusahaan Keramik	PT. Keramik Paolo, Probolinggo	LCA	Rekomendasi perbaikan untuk mengurangi dampak lingkungan akibat <i>life cycle</i> produk keramik.

2.2 Supply Chain Management

Supply chain adalah jaringan perusahaan-perusahaan yang secara bersama-sama bekerja untuk menciptakan dan menghantarkan suatu produk ke tangan pemakai akhir. SCM biasanya terdiri dari supplier, pabrik, distributor, toko atau ritel serta perusahaan pendukung seperti perusahaan jasa logistik. SCM dapat didefinisikan sebagai sekumpulan aktivitas (dalam bentuk entitas atau fasilitas) yang terlibat dalam proses transformasi dan

distribusi barang mulai dari bahan baku paling awal dari alam sampai produk jadi pada konsumen akhir.

The Council of Logistics Management mendefinisikan bahwa SCM adalah sistematis koordinasi strategis dari fungsi bisnis tradisional dalam sebuah perusahaan swasta dan menyeberangi bidang usaha dalam *supply chain* untuk tujuan meningkatkan kinerja jangka panjang dari perusahaan individu dan *supply chain* sebagai keseluruhan. Definisi SCM adalah pengintegrasian aktivitas pengadaan bahan dan pelayanan, pengubahan menjadi barang setengah jadi, dan produk akhir, serta pengiriman ke pelanggan (Heizer dan Render, 2005).

Dalam *supply chain* terdapat dua macam tipe yaitu *external supply chain* dan *internal supply chain*. *External supply chain* meliputi perusahaan lain yang ada hubungannya dengan pelanggan termasuk pemasaran dan penjualan serta *supplier*. *Internal supply chain* meliputi setiap fungsi / departemen / unit bisnis dalam organisasi. *Internal supply chain* merupakan aktivitas dalam perusahaan untuk mengembangkan suatu produk untuk pelanggan. Pada suatu *supply chain* biasanya ada 3 macam aliran yang harus dikelola, yaitu:

- a. Aliran barang yang mengalir dari hulu (*upstream*) ke hilir (*downstream*). Contohnya adalah bahan baku yang dikirim dari *supplier* ke pabrik. Setelah produk selesai diproduksi, mereka dikirim ke distributor, lalu ke ritel, kemudian ke pemakai akhir.
- b. Aliran uang yang mengalir dari hilir ke hulu.
- c. Aliran informasi yang biasa terjadi dari hulu ke hilir atau sebaliknya.
 - Informasi tentang persediaan produk di supermarket dibutuhkan oleh distributor dan pabrik
 - Informasi tentang ketersediaan kapasitas produksi yang dimiliki oleh *supplier* dibutuhkan oleh pabrik
 - Informasi tentang status pengiriman bahan baku dibutuhkan oleh perusahaan yang mengirim maupun yang akan menerima

2.2.1 Green Supply Chain Management

Green supply chain membawa dampak pada industri untuk meningkatkan keseimbangan antara kinerja marketing dengan isu lingkungan yang melahirkan isu baru seperti penghematan penggunaan energi dan pengurangan polusi bukan hanya untuk *long term survival* tetapi juga untuk *long term profitability* (Gifford, 1997). Beberapa

pendekatan yang dapat digunakan dalam *green supply chain* yaitu lingkungan, strategi dan logistik.

Manfaat penerapan *green supply chain management* menurut Salam (2008) adalah sebagai berikut:

1. Peningkatan ekonomi melalui peningkatan efisiensi.
2. Keuntungan berkompetisi melalui inovasi.
3. Meningkatkan kualitas produk.
4. Memelihara konsistensi terhadap lingkungan.
5. Meningkatkan citra perusahaan.
6. Konservasi alam.
7. Pengurangan limbah.
8. Menghemat biaya.
9. Mengurangi jumlah zat-zat atau bahan berbahaya.

Contoh praktik GSCM termasuk mengurangi limbah, menilai pemasok yang didasarkan pada kinerja lingkungan, lebih mengembangkan produk dan kemasan ramah lingkungan dan mengurangi emisi karbon yang dikaitkan dengan distribusi barang (Walker et al., 2008).

Ada tiga pendekatan yang dapat digunakan dalam *green supply chain* yaitu lingkungan, strategi, dan juga logistik. Pendekatan ini dipakai karena *green supply chain* sendiri merupakan strategi yang berhubungan dengan pertimbangan terhadap perlindungan lingkungan, kebijakan pengambilan keputusan jangka panjang dan sangat dipengaruhi oleh kegiatan pemesanan *raw material*, *material handling*, distribusi penyimpanan dan pembuangan material.

Green Supply Chain Management sebagai proses menggunakan input yang ramah lingkungan dan mengubah input tersebut menjadi keluaran yang dapat digunakan kembali pada akhir siklus hidupnya sehingga menciptakan rantai pasok yang berkelanjutan (Penfield, 2007).

2.3 Life Cycle Assessment

Isu lingkungan dan pemanasan global merupakan hal yang sering dibicarakan dan didiskusikan dalam berbagai forum baik di tingkat nasional maupun internasional. Berbagai pendekatan dan pembuatan sistem yang ditujukan untuk mengurangi resiko pemanasan global maupun kerusakan alam sudah dihasilkan dan dilaksanakan oleh berbagai pihak yang memiliki perhatian serius pada permasalahan tersebut. Salah satu

metode yang dikembangkan untuk mencapai tujuan tersebut adalah *Life Cycle Assessment* (LCA).

2.3.1 Pengertian *Life Cycle Assessment*

ISO 14040 mendefinisikan LCA sebagai kumpulan dan evaluasi dari *input* dan *output* serta potensi dampak lingkungan dari siklus hidup sebuah sistem produk. Menurut Curran (1996) LCA adalah suatu metode pengukuran dampak suatu produk tertentu terhadap ekosistem yang dilakukan dengan mengidentifikasi, mengukur, menganalisis, dan menakar besarnya konsumsi energi, bahan baku, emisi serta faktor-faktor lainnya yang berkaitan dengan produk tersebut sepanjang siklus hidupnya.

LCA merupakan suatu metode analisis lingkungan dan dampak lingkungan yang berhubungan dengan suatu produk, proses, atau jasa dengan jalan melakukan inventori input energi dan material, serta limbahnya yang dibuang ke lingkungan; analisis dampak lingkungan dari input dan limbah, serta interpretasi hasil-hasilnya untuk digunakan dalam pengambilan keputusan. Ketersediaan perangkat lunak (software) mempermudah pelaksanaan LCA yang membutuhkan basis data yang besar.

LCA dapat diterapkan dalam pengembangan strategis dan pemasaran produk. Metodologi LCA telah dikembangkan secara ekstensif selama dekade terakhir ini. Selain itu, sejumlah standar yang terkait LCA (ISO 14.040-14.043) dan laporan teknis telah diterbitkan dalam ISO untuk merampingkan metodologi tersebut.

Life Cycle Assessment merupakan satu pendekatan “*Cradle to Grave*” dimulai dari pengambilan bahan mentah dari lingkungan untuk membuat produk dan berakhir pada pembuangan limbah ke lingkungan. Esensi dari *Life Cycle Assessment* adalah evaluasi dampak teknologi, ekonomi dan lingkungan, yang relevan dengan bahan mentah (material), proses dan / atau produk, sepanjang siklus hidup mulai dari pembuatannya hingga menjadi limbah.

Tujuan LCA adalah untuk membandingkan semua kemungkinan kerusakan lingkungan yang dapat diakibatkan dari suatu produk maupun proses, agar dapat dipilih produk maupun proses yang mempunyai dampak paling minimum. Salah satu manfaat yang diperoleh dalam penerapan metode *Life Cycle Assesment* adalah membantu perusahaan untuk mengerti dampak lingkungan dari keseluruhan operasinya, barang dan jasa yang kemudian digunakan untuk mengidentifikasi peluang perbaikan proses di perusahaannya (Lewis and Demmers, 1996). Kelemahan yang dimiliki LCA adalah metode ini dianggap terlalu kompleks sehingga menghabiskan waktu yang lama, serta relatif mahal

dibandingkan dengan penggunaan praktisnya dalam memperbaiki kinerja lingkungan perusahaan (Lewis and Demmers, 1996)

2.3.2 Ruang lingkup *Life Cycle Assessment*

Menurut Hermawan (2013), ruang lingkup dalam LCA dapat dibagi menjadi empat ruang lingkup, yaitu :

1. *Cradle to grave*

Cradle to grave merupakan penilaian siklus hidup secara keseluruhan mulai dari pengambilan *raw material* dari bumi untuk membuat produk dan berakhir pada titik dimana seluruh material kembali ke bumi. *Cradle to grave* mencakup keseluruhan dari daur hidup produk, yaitu: proses, pengestrakan, pemrosesan bahan mentah, pemanufakturan, transportasi dan distribusi, penggunaan / penggunaan ulang / pemeliharaan, daur ulang, dan pembuangan akhir.

2. *Cradle to cradle*

Cradle to cradle merupakan bagian dari analisa daur hidup yang menunjukkan ruang lingkup dari *raw material* sampai pada daur ulang material. *Cradle to cradle* merupakan pendekatan yang lebih spesifik dari *cradle to grave*, dimana tahap pembuangan akhir dalam *cradle to grave* merupakan daur ulang dalam *cradle to cradle*.

3. *Cradle to gate*

Cradle to gate merupakan penilaian dari sebagian siklus hidup produk mulai dari ekstraksi sumber daya sampai produk didistribusikan ke konsumen. Pada ruang lingkup ini, fase kegunaan (*use*) dan pembuangan (*disposal*) dari produk dihilangkan.

4. *Gate to gate*

Gate to gate merupakan ruang lingkup yang terpendek karena hanya menilai pada proses yang memiliki nilai tambah dalam aliran produksi. Menurut Thomas et al (2011) kebanyakan pendekatan LCA selalu menggunakan ruang lingkup *cradle to grave* yang meliputi fase ekstraksi material hingga penggunaan produk. Namun, fase penggunaan produk merupakan fase yang sangat sulit untuk dievaluasi karena sulit untuk memprediksikan bagaimana konsumen akan menggunakannya dan bagaimana untuk membuang produk tersebut. Sulit untuk menentukan apa yang terjadi pada produk setelah proses produksi dan pengiriman. Tidak ada cara untuk mengetahui berapa lama produk akan bertahan, atau ketika konsumen akan membuangnya. Dengan alasan ini, menggunakan LCA dengan ruang lingkup *cradle to gate* memungkinkan untuk menghasilkan hasil yang mewakili dan dapat dipercaya.

2.3.3 Stage Amatan Life Cycle Assessment

Menurut EPA (1993) dalam Curran (1996) yang menjadi fokus pengamatan dalam pelaksanaan *Life Cycle Assessment* (LCA) adalah:

1. Geografis

Tempat pelaksanaan aktivitas manufaktur berpengaruh besar terhadap dampak yang dihasilkan terhadap lingkungan. Efek dari aktivitas - aktivitas itu pun dapat berpengaruh secara lokal, regional maupun global. Proses produksi yang dilakukan di tempat yang berbeda akan menghasilkan tingkat emisi udara yang berbeda pula, dan emisi ini pun mempunyai pengaruh yang berbeda pula tergantung pada populasi, kondisi meteorologis, habitat dan faktor - faktor lain.

2. Ekstraksi *Raw Material*

Siklus hidup produk dimulai dengan perpindahan *raw material* dan sumber energi dari bumi. Sebagai contoh, memotong pohon dan pertambangan material yang tidak dapat diperbarui termasuk ke dalam ekstraksi *raw material*. Transportasi material-material ini mulai dari pengambilan ke proses pengolahannya termasuk ke dalam stage ini.

3. *Material processing* dan manufaktur

Tahap ini adalah tahap utama dalam analisa siklus hidup. Banyak proses yang terlibat dalam produksi, bahkan untuk produk yang sederhana sekalipun. Selama proses manufaktur, *raw material* diubah menjadi produk atau kemasan, hingga selanjutnya sampai ke tangan konsumen. Proses manufaktur ini terdiri dari 3 bagian yaitu *material manufacture*, *product fabrication*, dan *filling packaging*.

a. *Material manufacture*

Langkah ini melibatkan aktivitas-aktivitas yang mengubah *raw material* sehingga menjadi suatu bentuk yang dapat dipakai untuk fabrikasi produk jadi.

b. *Product fabrication*

Langkah ini yaitu ketika material yang dimanufaktur diproses hingga menjadi produk yang siap diisi atau dikemas.

c. *Filling packaging*

Langkah ini sebagai tahap akhir produk dan persiapan untuk dikirim. Melibatkan seluruh aktivitas transportasi manufaktur yang diperlukan untuk pengisian, pengemasan, dan distribusi produk jadi. Transportasi produk baik ke outlet - outlet ritel atau langsung kepada konsumen. Tahap ini memperhitungkan efek lingkungan yang disebabkan oleh jenis - jenis transportasi, seperti *trucking* ataupun *shipping*.

4. *Use / reuse*

Tahap ini melibatkan penggunaan, *reuse*, dan *maintenance* aktual konsumen atas produk. Setelah didistribusikan pada konsumen, seluruh aktivitas berhubungan dengan waktu guna produk turut diperhitungkan. Termasuk didalamnya kebutuhan energi dan buangan lingkungan dari penyimpanan produk dan konsumsi. Produk atau material mungkin memerlukan *recondition*, perbaikan atau servis sehingga dapat mempertahankan performansinya. Saat konsumen tidak memerlukan produk, produk ini akan didaur ulang atau dibuang.

5. *Recycle*

Tahap ini turut memperhitungkan kebutuhan energi dan buangan ke lingkungan sehubungan atas disposisi produk dan material.

2.3.4 Tahapan Proses *Life Cycle Assessment*

1. Penentuan tujuan dan cakupan kajian (*Goal and Scope Definition*)

Fase pertama dalam LCA adalah penyusunan definisi tujuan dan cakupan penerapan LCA. Dalam fase ini juga dilakukan penentuan unit fungsional. Misalnya menentukan produk susu dalam kemasan 1 liter yang siap dikonsumsi atau 1 kg daging sapi yang siap dikonsumsi. Penentuan cakupan sistem LCA misalnya sistem produksi tahu (mulai persiapan bahan mentah, proses produksi, distribusi dan sampai pasar), selanjutnya yang dibandingkan adalah skala industri tahu tersebut. Tujuan LCA ini berbeda untuk setiap kelompok pengguna. Tujuan ini antara lain adalah perbandingan produk, proses, kemasan, kegiatan atau pemilihan tempat dan teknologi, perbaikan dan pengembangan produk, pengurangan dan pencegahan pencemaran, optimasi proses, penggunaan LCA sebagai piranti penyelesaian masalah. Ruang lingkup atau cakupan LCA harus ditetapkan saat awal kajian dan ranahnya bisa sangat spesifik dan *global*. Tujuan penggunaan LCA akan mempengaruhi lingkup dan isi kajian LCA. *Scoping* atau penentuan batas kajian, asumsi dan keterbatasan suatu LCA. *Scoping* akan menetapkan jenis kegiatan dan dampak yang dicakup serta alasan yang digunakan. Lebih lanjut penentuan batasan ini berhubungan dengan tujuan kajian, jenis data yang dihimpun dan wilayah dampak yang dinilai. Cakupan kajian harus ditetapkan sebelum kegiatan penilaian dimulai, untuk meyakinkan bahwa 1) luas dan kedalaman analisis sesuai dan memadai dengan tujuan, 2) semua batas, metodologi, klasifikasi data dan asumsi telah diterapkan secara menyeluruh dan jelas.

2. Analisis Persediaan (*Inventory Analysis*)

Analisis persediaan adalah identifikasi dan kuantifikasi input dari lingkungan pada sistem produk dan emisi serta limbah yang dibuang sistem ke lingkungan. Analisis ini berisi kesetimbangan materi dan energi secara detail pada sistem yang didefinisikan sebelumnya. Hasil dari analisis persediaan ini adalah tabel persediaan yang menunjukkan sumber daya yang digunakan dan emisi yang terkumpul untuk menyediakan satu unit fungsional. Analisis persediaan merupakan bagian LCA yang berupa persediaan input yang berupa energi maupun bahan baku, dan output yang berupa emisi maupun limbah. SETAC (*Society of Environmental Toxicology and Chemistry*) mengembangkan kerangka kerja teknis untuk fase kedua ini atau *Life Cycle Inventory* (LCI). *Life Cycle Inventory* bertujuan untuk mengetahui keseluruhan penggunaan sumber daya, penggunaan energi, dan pelepasan ke lingkungan terkait dengan sistem yang sedang dievaluasi. Tahapan yang ada LCI ini adalah:

- a. Pengambilan bahan baku,
- b. Pengolahan, formulasi,
- c. Distribusi dan pengangkutan,
- d. Penggunaan / penggunaan ulang / perawatan,
- e. Daur ulang, dan
- f. Pengelolaan limbah.

Setiap tahapan menerima masukan bahan baku dan energi serta mengeluarkan energi dan bergerak ke arah fase selanjutnya serta mengeluarkan limbah ke lingkungan.

3. Penilaian dampak (*Impact Assessment*)

Penilaian dampak ini dimulai dengan identifikasi banyaknya emisi yang dikeluarkan sistem ke lingkungan serta kontribusinya terhadap dampak lingkungan. Selanjutnya juga dikenal istilah “*stressor*” atau kondisi yang mengarah pada gangguan kesehatan manusia, kerusakan ekologis atau penyusutan sumber daya. Data inventarisasi dalam *Life Cycle Inventory* yang terdiri dari limbah yang dikeluarkan sistem ke lingkungan dianalisis dampaknya dalam fase ini, yang selanjutnya dikenal dengan istilah *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA). Analisis dampak ini dapat menghubungkan timbulnya suatu dampak berkaitan dengan penggunaan atau pembebanan terhadap lingkungan produk tertentu atau daur hidup produk. Dalam LCA terdapat empat kelompok dampak yang relevan yaitu:

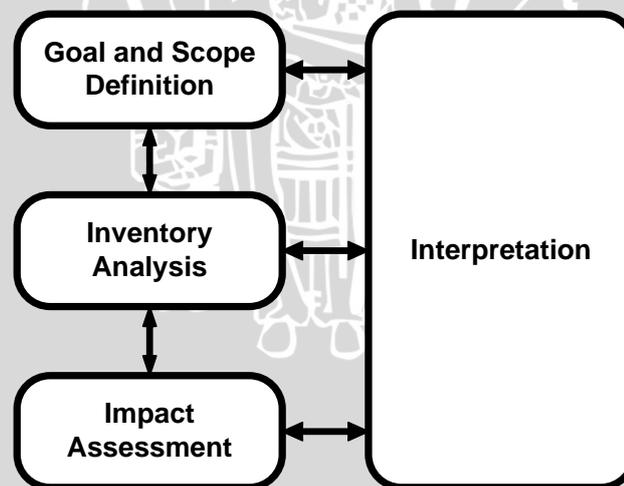
- a. Kesehatan ekologi
- b. Kesehatan manusia

- c. Penyusutan sumber daya
- d. Kesejahteraan sosial (sosio - ekonomik).

4. Interpretasi (*Interpretation*)

Interpretasi adalah teknik yang sistematis untuk melakukan identifikasi, melakukan kualifikasi, pengecekan, serta mengevaluasi informasi dari hasil LCI dan LCIA pada sistem dan menjawab tujuan dan cakupan LCA yang telah ditetapkan. Interpretasi juga termasuk cara komunikasi untuk memberikan kredibilitas hasil analisis LCI dan LCIA dalam format yang komprehensif sehingga mempermudah untuk mengambil keputusan. Secara umum elemen dalam fase interpretasi adalah identifikasi isu lingkungan berdasarkan LCI dan LCIA, evaluasi kelengkapan, sensitivitas dan cek konsistensi, kesimpulan yang berisi rekomendasi dan isu yang signifikan untuk diselesaikan. Semua hasil yang diperoleh dalam LCA ini hanya berlaku pada kondisi yang ditetapkan pada fase scoping.

Hasil penilaian LCA ini dapat digunakan untuk berbagai kepentingan, misalnya pengembangan dan perbaikan produk, optimasi dan perbaikan proses, maupun merencanakan kebijakan publik tentang lingkungan. Selanjutnya penerapan LCA ini diharapkan dapat memberikan keuntungan bagi industri dan lingkungan.



Gambar 2.1 Tahap dalam *Life Cycle Assessment (LCA)*
Sumber: Williams (2009)

BAB III

METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan cara atau prosedur beserta tahapan - tahapan yang jelas dan disusun secara sistematis sebelum melakukan penyelesaian masalah yang sedang dibahas. Bab ini menjelaskan tahapan yang dilakukan dalam penelitian agar proses penelitian dapat terarah dengan baik sesuai dengan tujuan penelitian.

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada skripsi ini adalah metode deskriptif. Metode deskriptif digunakan untuk menggambarkan suatu keadaan yang terjadi pada saat sekarang. Ciri utamanya adalah memberikan penjelasan obyektif, komparasi, dan evaluasi sebagai bahan pengambilan keputusan yang berwenang. Dalam metode deskriptif juga dapat melakukan perbaikan terhadap kondisi saat ini yang dirasa perlu untuk dilakukan perbaikan.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. Keramik Paolo yang berlokasi di Jl. Brantas No.46 Probolinggo. Penelitian dilakukan pada tanggal 16 Februari 2015 – 15 Agustus 2015.

3.3 Objek Penelitian

Objek penelitian yang diamati terpusat pada kegiatan *supply chain* yang terkait dengan *life cycle* produk guci air di PT. Keramik Paolo untuk mengetahui dampaknya terhadap lingkungan.

3.4 Tahap Penelitian

Untuk mendapatkan solusi dari permasalahan yang sedang dikaji diperlukan langkah-langkah yang harus dilalui agar penelitian bisa dilakukan secara sistematis. Tahap-tahap yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi lapangan

Pada tahap awal penelitian ini adalah melakukan studi lapangan dengan objek penelitian di PT. Keramik Paolo untuk mengetahui seluruh kegiatan perusahaan dalam hubungannya dengan *life cycle* produk keramik dengan tujuan untuk melakukan

pengambilan data sesuai dengan konsep *Life Cycle Assessment* (LCA). Metode pengumpulan data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

a. Observasi

Observasi adalah suatu metode pengumpulan data dengan melakukan pengamatan langsung suatu kegiatan yang sedang dilakukan terhadap objek penelitian. Pada penelitian ini, observasi yang dihasilkan adalah untuk mengetahui informasi mengenai penggunaan energi, penggunaan material, dan *waste* yang digunakan.

b. Wawancara

Wawancara adalah suatu metode pengumpulan data dengan cara melakukan komunikasi langsung dengan tim manajemen dan pembimbing lapangan yang melakukan hubungan secara langsung dengan objek yang diteliti. Untuk penelitian ini, wawancara dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui proses produksi keramik di PT. Keramik Paolo.

c. Dokumentasi perusahaan

Dokumentasi perusahaan adalah metode yang digunakan sebagai penunjang atau pelengkap dalam suatu penelitian. Metode ini mengambil sumber dari arsip, dokumen, atau catatan yang dimiliki perusahaan.

2. Studi Literatur

Tahapan penelitian selanjutnya adalah penelusuran referensi yang bersumber dari jurnal, buku, maupun penelitian yang ada sebelumnya. Hal ini berguna untuk mendukung tercapainya tujuan penelitian yang telah disusun dengan melakukan pemahaman konsep *Life Cycle Assessment* (LCA).

3. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Dalam tahapan ini, peneliti melakukan pengumpulan informasi. Dengan identifikasi masalah akan dapat dilakukan perumusan per masalah yang akan menjadi fokus dalam penelitian ini. Pada tahap ini dilakukan identifikasi dampak lingkungan dari *life cycle* produk keramik di PT. Keramik Paolo.

4. Tujuan Penelitian

Setelah dilakukan identifikasi masalah dan perumusan masalah, maka selanjutnya menetapkan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian berkaitan dengan masalah yang ada dalam perusahaan. Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengevaluasi dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh *life cycle* produk keramik PT. Keramik Paolo

sehingga akan diketahui seberapa besar dampak yang ditimbulkan, selain itu peneliti akan memberi usulan perbaikan untuk dapat mengurangi dampak lingkungan akibat limbah yang dihasilkan.

5. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Data tinjauan umum PT. Keramik Paolo.
- b. Data mesin-mesin dan energi yang digunakan dalam proses pembuatan produk keramik.
- c. Data bahan baku utama dan bahan tambahan yang digunakan selama proses yang dilalui produk.
- d. Data alat-alat transportasi yang digunakan sebagai alat pendistribusian dari supplier maupun ke konsumen.
- e. Data jarak yang ditempuh untuk pendistribusian dari supplier maupun ke konsumen.

6. Identifikasi Dampak Lingkungan menggunakan *Life Cycle Assessment* (LCA)

Dari keseluruhan data yang telah dikumpulkan, selanjutnya akan dilakukan tahap pengolahan data dengan mengidentifikasi dampak lingkungan tersebut menggunakan *Life Cycle Assessment* (LCA). Langkah ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

- a. Melakukan identifikasi dengan membuat *Life Cycle Inventory*. Pada tahapan ini dilakukan perhitungan input output di seluruh tahapan *life cycle*. Perhitungan dilakukan pada penggunaan material, energi (*input*), total produksi selama siklus hidup produk (*output*)
- b. Hasil dari *Life Cycle Inventory* akan diolah dalam software SimaPro 7.1.8 untuk mendapatkan nilai *environmental impact*, dimana terdapat tiga elemen yaitu *characterization*, *normalization*, dan *weighting* yang kesemuanya tersebut diperoleh dari software.
- c. Dari nilai *environmental impact* akan diperoleh proses mana yang memberikan kontribusi terbesar terhadap lingkungan.

7. Pembahasan

Selanjutnya pada tahapan ini, hasil dari pengolahan data di tahap sebelumnya dilakukan analisa serta diuraikan secara detail dan sistematis dari hasil pencapaian

pengolahan data yang dilakukan. Dari pembahasan dapat diketahui proses mana yang memberikan dampak paling besar terhadap lingkungan.

8. Rekomendasi Perbaikan

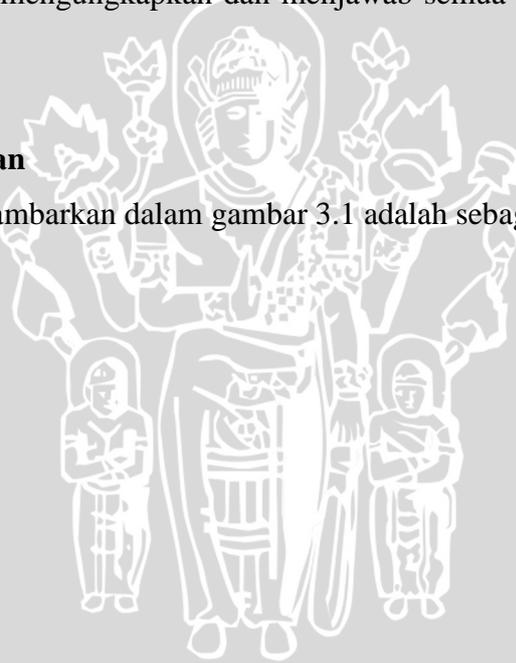
Rekomendasi perbaikan ini adalah berupa saran perbaikan langsung yang diberikan sehingga dapat dilakukan upaya untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan sepanjang *supply chain* produk keramik di PT. Keramik Paolo terhadap lingkungan.

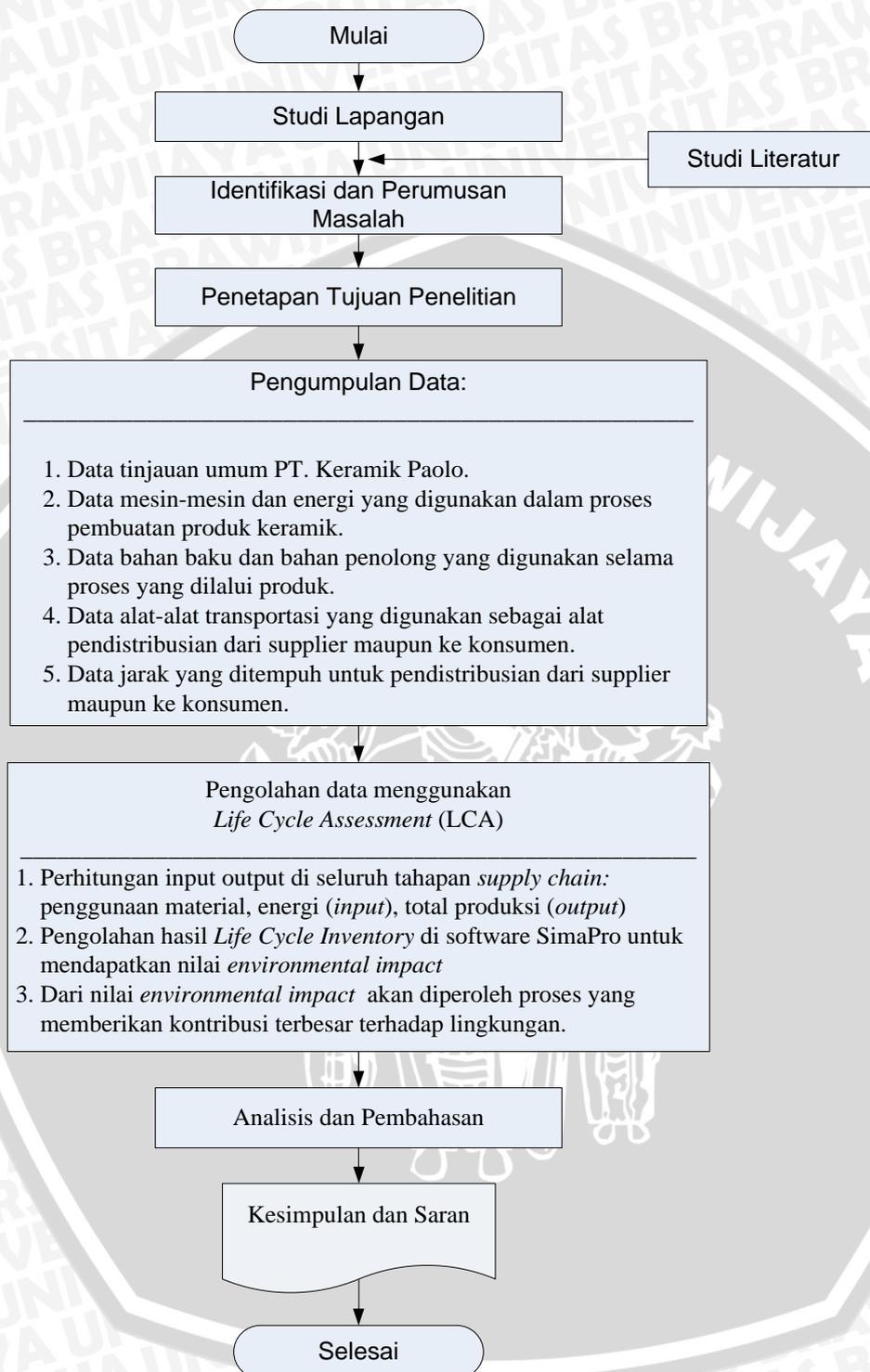
9. Kesimpulan dan Saran

Tahap terakhir yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan menarik kesimpulan dan saran dari keseluruhan tahap yang telah dilalui. Perusahaan akan menerima manfaat sesuai ekspektasi yang dapat diimplementasikan dalam saran - saran perbaikan. Isi dari kesimpulan harus dapat mengungkapkan dan menjawab semua tujuan dari penelitian ini.

3.5 Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian digambarkan dalam gambar 3.1 adalah sebagai berikut:





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini merupakan salah satu tahapan proses dalam suatu penelitian yang akan menjelaskan mengenai proses pengumpulan dan pengolahan data sehingga didapatkan hasil penelitian yang nantinya akan menjawab rumusan masalah yang telah ditentukan pada bab pertama. Data yang dikumpulkan merupakan data observasi, wawancara serta dokumentasi perusahaan. Dari data tersebut, kemudian dilakukan pengolahan data berdasarkan metodologi penelitian sebagaimana yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya serta pembahasan dari hasil penelitian untuk menjawab rumusan masalah dan tujuan penelitian yang telah ditetapkan.

4.1 Profil Perusahaan

Pada subbab ini, dijelaskan tentang profil perusahaan PT. Keramik Paolo Probolinggo yang terdiri dari sejarah, visi dan misi, dan struktur organisasi perusahaan. Berikut adalah penjelasannya.

4.1.1 Sejarah Perusahaan

PT. Keramik Paolo merupakan salah satu perusahaan perorangan yang didirikan oleh Christ Paulus pada tahun 1992. Berawal dari home industri di jalan Hayam Wuruk kelurahan Jati, Kota Probolinggo yang bertenaga kerja kurang lebih 10 orang, kemudian karena tuntutan pasar maka Paolo keramik mengembangkan usahanya dengan mendirikan sebuah pabrik didesa Laweyan, Kabupaten Probolinggo yang didirikan pada tahun 1994. Di tahun ini Paolo keramik mencoba untuk mempekerjakan 50 orang tenaga kerja dengan sistem kerja manual atau tangan.

Dari tahun ke tahun usaha yang dikembangkan oleh perusahaan ini menjadi lebih berkembang dan menuntut untuk melakukan suatu ekspansi atau mengembangkan usaha kerja dari perusahaan. Perkembangan itu dilakukan dengan cara mendirikan sebuah pabrik lagi untuk memenuhi pesanan dari para pembeli sebagai usaha untuk dapat memenuhi permintaan pasar. Pendirian pabrik itu terlaksana pada tahun 2001 yaitu pabrik sekaligus *showroom* sebagai cabang dari pabrik utama yang terletak di jalan Brantas, Desa Pilang, Probolinggo. Selain itu juga didirikan *Branch / Marketing Office* di Surabaya dan Jakarta.

Sampai saat ini, PT. Keramik Paolo tetap eksis sekalipun semakin bertambahnya para pengusaha (kompetitor) keramik, dengan mengedepankan kualitas serta motif-motif

yang sesuai dengan tuntutan pasar dan selalu siap memanjakan para konsumen dengan segala desain yang menyesuaikan perkembangan zaman. Hal ini dapat diartikan bahwa perusahaan tersebut tidak dapat dipandang sebelah mata.

4.1.2 Lokasi Perusahaan

Berikut ini merupakan penjelasan mengenai lokasi PT Keramik Paolo Probolinggo.

Alamat : Jl. Brantas No. 46 Probolinggo 67225

Telepon : (0335) 430600



Gambar 4.1 PT Keramik Paolo

4.1.3 Produk PT Keramik Paolo

Keramik Paolo telah memproduksi bermacam-macam model, warna dan jenis keramik. Keramik-keramik tersebut telah tersebar hampir ke seluruh Indonesia bahkan ke negara Australia dan Korea.

Produk yang dihasilkan oleh PT Keramik Paolo Probolinggo adalah keramik hias (*home appliances*) dengan aneka macam bentuk, seperti:

1. Guci Air / TA

Guci air merupakan produk dari PT. Keramik Paolo yang memiliki nilai jual paling tinggi. Kapasitas produksi dari Guci Air ini mencapai 150 *pieces* per hari tergantung dari pesanan. Guci air yang diproduksi memiliki beraneka ragam bentuk dan warna, serta dengan finishing berupa glasir yang menjadikan keistimewaan produk ini sehingga dapat menarik perhatian konsumen.

2. Pot / Vas Bunga

Pot dan vas bunga merupakan produk yang memiliki variasi bentuk yang beragam. *Volume* produksi dari pot dan vas bunga ini mencapai 200 *pieces* per hari.

3. *Hotel Wear*

PT. Keramik Paolo menyediakan produk untuk perhotelan dimana *hotel wear* ini *volume* produksinya mencapai 180 *pieces* per hari.

4. *Cup Saucer*

Cup saucer merupakan produk yang berupa mangkuk kecil yang diproduksi di perusahaan ini, *volume* produksinya merupakan yang tertinggi dengan 1600 *pieces* per hari.

5. *Roster*

Produk ini biasa digunakan sebagai hiasan dinding atau sebagai ventilasi keluar masuknya udara di dalam rumah. *Volume* produksi dari produk *roster* ini mencapai 50 *pieces* per hari.

6. Souvenir

Berbagai macam bentuk desain dan warna souvenir telah diproduksi di perusahaan ini, ukurannya-pun bervariasi sehingga dapat menambah keindahan rumah tinggal. *Volume* produksi dari souvenir ini mencapai 50 *pieces* per hari.

4.1.4 Peralatan dan Fasilitas Pendukung PT Keramik Paolo

PT Keramik Paolo berusaha untuk menyediakan sarana yang dibutuhkan dan dianggap penting didalam kelancaran proses pembuatan keramik. Peralatan yang digunakan adalah mesin berat dan beberapa peralatan yang digunakan dalam proses produksi.

4.1.4.1 Mesin Utama

Mesin-mesin utama yang digunakan dalam proses pembuatan produk guci air di PT Keramik Paolo yaitu:

1. *Ball mill* Kecil

Ball mill kecil ini merupakan mesin dengan energi listrik yang digunakan untuk menggiling bahan pewarna.

2. *Ball mill* Besar

Mesin *ball mill besar* berfungsi untuk menggiling bahan adonan keramik.

3. Mesin Reduser Atas Bawah

Mesin reduser atas bawah berfungsi untuk mengalirkan bahan dari *ball mill* ke bagian *casting*.

4. *Wilden Pump*

Mesin *wilden pump* berfungsi memompa / menyedot bahan dari *ball mill*.

5. Mesin *Mixer*

Mesin *mixer* merupakan mesin yang berfungsi mencampurkan bahan adonan keramik dan glasir.

6. Mesin *Potmill* Besar + Kecil

Mesin *potmill* berfungsi untuk menggiling bahan pewarna.

7. Mesin Selep

Mesin selep berfungsi untuk menghaluskan bahan baku.

8. *Filter Press*

Filter press berfungsi sebagai penyaring bahan casting.

9. *Extruder*

Extruder berfungsi untuk melakukan proses penggilingan dan penyampuran bahan.

10. *Jigger*

Mesin *jigger* berfungsi untuk melakukan proses pencetakan produk dengan memutar.

11. *Dryer*

Dryer berfungsi untuk mengeringkan bahan pada proses *casting*.

12. *Mesin Oven / Kiln*

Mesin *oven / kiln* digunakan untuk pembakaran produk setelah diglasir.

Jumlah kebutuhan mesin utama yang digunakan dalam proses pembuatan produk guci air di PT Keramik Paolo dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Jumlah Kebutuhan Mesin Utama yang Digunakan

No.	Nama Mesin	Jumlah
1.	<i>Ball mill</i> Kecil	8
2.	<i>Ball mill</i> Besar	5
3.	Reduser Atas Bawah	4
4.	<i>Wilden Pump</i>	2
5.	<i>Mixer</i>	16
6.	<i>Potmill</i> Besar + Kecil	2
7.	Mesin Selep	1
8.	<i>Filter Press</i>	2
9.	<i>Extruder</i>	2
10.	<i>Jigger</i>	5
11.	<i>Dryer</i>	1
12.	<i>Oven / Kiln</i>	5

Sumber: PT. Keramik Paolo

4.1.4.2 Mesin Pendukung

Mesin pendukung yang digunakan oleh PT Keramik Paolo dalam proses produksi guci air yaitu:

1. Pompa Air

Pompa Air berfungsi untuk melakukan pengambilan air tanah dari sumur bor dan mengalirkan air untuk pencampuran bahan dan glasir.

2. *Genset (Generating Set)*

Genset (Generating Set) yang digunakan pada PT Keramik Paolo merupakan pembangkit listrik tenaga diesel yang berfungsi sebagai pembangkit listrik tambahan untuk kebutuhan proses produksi keramik disamping energi dari PLN.

3. *Compressor*

Mesin *compressor* berfungsi untuk menyalurkan angin untuk *wilden pump* dan *spray* glasir.

4. *Oven* Kecil

Oven kecil berfungsi untuk menguji coba / membakar produk sampel.

5. Kipas Pengering

Kipas pengering merupakan peralatan yang digunakan untuk mengeringkan produk setelah *finishing*.

6. Kipas *Blower*

Kipas *blower* digunakan untuk mengeringkan produk setelah proses glasir.

7. Mesin Bor

Mesin bor digunakan untuk melakukan pengeboran benda kerja.

8. Lampu Pemanas

Lampu pemanas digunakan untuk membantu mempercepat proses pengeringan.

Jumlah kebutuhan mesin pendukung yang digunakan dalam proses pembuatan produk guci air di PT Keramik Paolo dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Jumlah Kebutuhan Mesin Pendukung yang Digunakan

No.	Nama Mesin	Jumlah
1.	Pompa Air	3
2.	<i>Genset</i>	1
3.	<i>Compressor</i>	7
4.	<i>Oven</i> Kecil	2
5.	Kipas Pengering	4
6.	Kipas <i>Blower</i>	17
7.	Mesin Bor	1
8.	Lampu Pemanas	7

Sumber: PT. Keramik Paolo

4.1.4.3 Peralatan Pendukung

Peralatan pendukung yang digunakan oleh PT Keramik Paolo dalam proses produksi guci air yaitu:

1. Saringan Bahan

Saringan Bahan merupakan peralatan yang digunakan sebagai penyaring bahan untuk menjaga kehalusan adonan.

2. Meja *Press Roster*

Meja *press roster* berfungsi untuk melakukan pencetakan *roster*

3. Meja *Press*

Meja *press* berfungsi untuk melakukan pencetakan tekan tumpuk.

4. Meja *Casting* Kecil

Meja *casting* kecil berfungsi sebagai tempat pencetakan dengan ukuran produk yang kecil.

5. Meja *Casting Besar*

Meja *casting* besar berfungsi sebagai tempat pencetakan dengan ukuran produk yang besar.

6. Meja Putar

Meja putar berfungsi untuk membuat dekorasi produk dengan cara manual menggunakan tenaga manusia.

7. Meja Pengering

Meja pengering berfungsi untuk meletakkan produk sebelum dilakukan proses pembakaran.

8. Meja *Jigger*

Meja *jigger* berfungsi untuk meletakkan benda yang dilakukan proses pencetakan putar.

9. Kereta

Kereta merupakan alat pendukung di perusahaan sebagai alat transportasi dan tempat untuk penyusunan barang / produk yang akan dimasukkan ke dalam mesin pengovenan.

10. Regulator

Regulator merupakan peralatan yang berfungsi untuk mengatur kecil besarnya gas yang dibutuhkan dalam proses pengovenan.

Jumlah kebutuhan peralatan pendukung yang digunakan dalam proses pembuatan produk guci air di PT Keramik Paolo dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Jumlah Kebutuhan Peralatan Pendukung yang Digunakan

No.	Nama Peralatan	Jumlah
1.	Saringan Bahan	3
2.	Meja <i>Press Roster</i>	3
3.	Meja <i>Press</i>	8
4.	Meja <i>Casting</i> Kecil	16
5.	Meja <i>Casting</i> Besar	43
6.	Meja Putar	15
7.	Meja Pengering	7
8.	Meja <i>Jigger</i>	5
9.	Kereta	8
10.	<i>Regulator</i>	5

Sumber: PT. Keramik Paolo

4.1.4.4 Fasilitas Pendukung

Fasilitas pendukung yang digunakan oleh PT Keramik Paolo dalam proses produksi guci air meliputi:

1. Alat Transportasi

PT Keramik Paolo menggunakan alat transportasi dalam pengadaan bahan baku dan alat transportasi yang digunakan sebagai pendistribusian produk akhir. Alat transportasi yang digunakan oleh PT Keramik Paolo yaitu berupa mobil *box* dan truk yang menggunakan bahan bakar solar.

2. Pengadaan Listrik

Energi listrik yang digunakan dalam proses produksi dan dalam kegiatan administratif atau kantor di PT Keramik Paolo berasal dari PLN dan juga *genset* yang dimiliki oleh PT Keramik Paolo. Energi listrik yang berasal dari PLN dimanfaatkan untuk kantor dan untuk menggerakkan semua sarana produksi yang terdapat didalam ruang produksi. Sedangkan penggunaan *genset* digunakan apabila aliran energi listrik dari PLN terputus.

3. Pengadaan Air

Air merupakan salah satu bahan pembantu yang digunakan dalam proses produksi keramik. Pada awalnya, air yang digunakan pada PT Keramik Paolo merupakan pasokan dari PDAM. Tetapi, karena PDAM tidak lagi memenuhi kebutuhan dan juga berhubungan dengan biaya produksi, maka perusahaan memilih untuk menggunakan air dari sumur bor.

4.1.5 Visi Misi Perusahaan

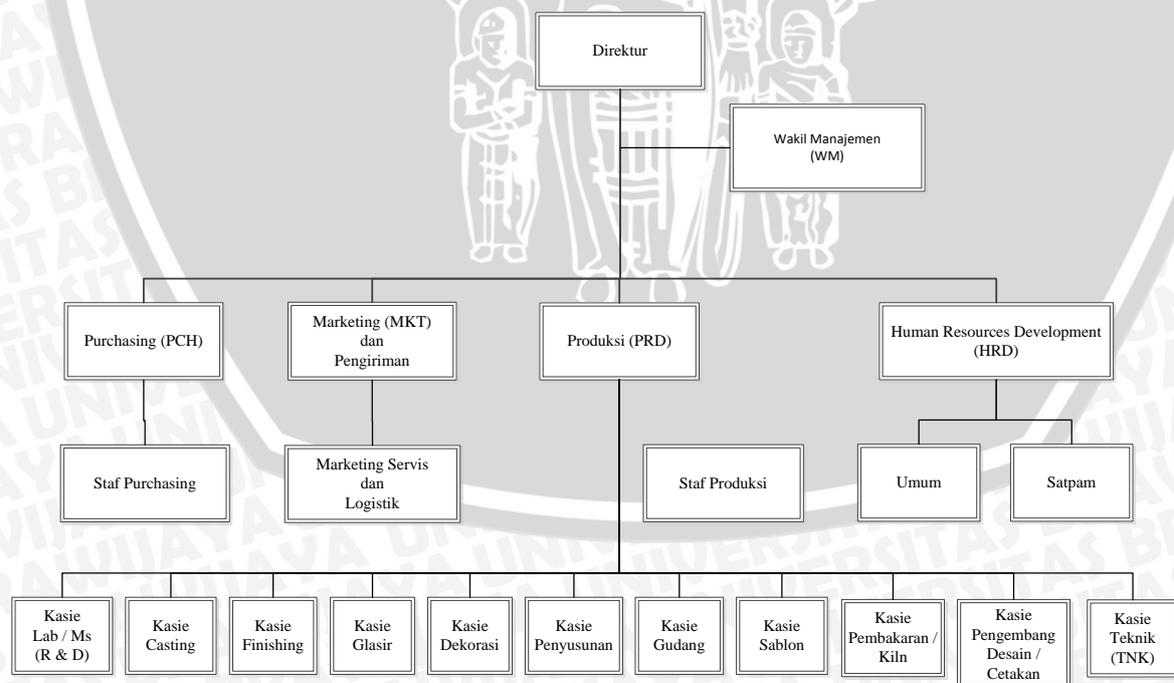
Agar suatu perusahaan dapat bertahan dalam persaingan dengan perusahaan lain, maka perusahaan harus memiliki visi dan misi yang jelas. Visi dan misi haruslah dikomunikasikan ke seluruh karyawan perusahaan agar dapat memotivasi karyawan untuk meningkatkan hasil kerjanya. Berikut ini merupakan visi dan misi dari PT. Keramik Paolo.

VISI : Peningkatan mutu kerja adalah peningkatan hasil.

MISI: Memberikan kepuasan penuh dengan biaya yang efektif bagi pelanggan serta kesempatan berkarir bagi pekerja.

4.1.6 Struktur Organisasi Perusahaan

Dalam menjalankan proses bisnisnya, perusahaan memiliki struktur organisasi untuk memudahkan informasi dan penentuan kebijakan. Saat ini, PT. Keramik Paolo dipimpin oleh seorang Direktur Utama dan dibantu oleh seorang wakil manajemen. Direktur utama tersebut membawahi langsung *Purchasing* (PCH), *Marketing* (MKT) dan pengiriman, *Produksi* (PRD) dan *Human Resource & Development* (HRD). Struktur organisasi tersebut telah ditetapkan oleh direktur PT. Keramik Paolo yaitu Bapak Chirst Paulus. Struktur organisasi PT. Keramik Paolo selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Struktur Organisasi PT. Keramik Paolo

Sumber: PT. Keramik Paolo

4.1.7 Job Description

Berikut aktivitas dari masing-masing bagian dalam produksi:

a. Kepala Produksi

1. Mengkoordinir seluruh staff produksi yang menjadi bawahannya untuk mengimplementasikan program kerja yang sudah disusun sesuai dengan sasaran (Jatuh tempo).
2. Mengawasi pelaksanaan produksi secara keseluruhan.
3. Memberikan perintah untuk memproduksi barang.
4. Mengambil keputusan sehubungan dengan operasional produksi demi kelancaran pencapaian program kerja produksi.
5. Melakukan *quality control*.

b. Wakil Produksi

1. Membuat *formula HPP*.
2. Melakukan *quality control*.
3. Bertanggung jawab atas bagian pencetakan, massa / lab dan dekorasi.
4. Mengawasi pelaksanaan produksi agar sesuai dengan rencana yang sudah disusun berdasarkan permintaan *marketing*.
5. Memberi pengarahan dan motivasi kepada bawahan untuk kelancaran proses produksi sesuai dengan program kerja dan sasaran yang telah ditetapkan.
6. Melaporkan hasil pelaksanaan program kerja pabrik kepada kepala produksi secara periodik, sesuai dengan kebutuhan manajemen.
7. Memberi masukan dan pertimbangan-pertimbangan kepada kepala produksi yang bertujuan memperbaiki produktivitas dan efisiensi.
8. Sebagai koordinator dan penanggung jawab pelaksanaan program kerja bagian produksi.

c. Staf Produksi

1. Membantu kegiatan wakil produksi seperti halnya menyusun laporan dan membuat *formula HPP*.
2. Mengecek dokumen-dokumen mengenai laporan kerja harian karyawan dibawahnya.

d. Massa / Lab

1. Membuat bahan baku *body*.
2. Membuat bahan glasir / pewarna.

3. Mengetes tiap-tiap cetakan / *casting* dalam hal berapa menit adonan mengering dan siap menjadi *body* yang sudah siap untuk diproses ke tahap selanjutnya.
4. Menentukan jumlah bahan baku *body* maupun glasir yang akan diproses.
5. Melakukan perawatan mesin *ball mill* dan mencatat jam kerja mesin.
6. Memasukkan bahan baku dan bahan glasir yang siap digunakan ke dalam tempat penyimpanan yang akan disalurkan ke bagian *casting* dan glasir melalui selang.
7. Membuat laporan hasil bahan yang sudah diproses (harian).

e. *Casting*

1. Mengisi cetakan dengan bahan baku *body* yang sudah diproses sebelumnya.
2. Mengecek apakah adonan sudah mengering sesuai waktu yang ditetapkan.
3. Menuangkan kembali sisa adonan bahan baku *body* jika permukaan sudah mengering.
4. Memberikan sisa adonan ke bagian lab / massa.
5. Membuat laporan hasil harian.

f. *Finishing*

1. Memperhalus tampilan *body* dengan mengampelas dan memberikan serbuk kapur di seluruh permukaan.
2. Mempertajam corak / garis *body*.
3. Memotong bagian-bagian berlebih.
4. Membuat laporan hasil harian.

g. Glasir

1. Menyemprotkan / mencelupkan *body* keramik dengan pewarna.

h. Dekorasi

1. Memberikan sentuhan seni berupa lukisan, gambar, huruf dan garis sesuai permintaan.
2. Memberikan warna terhadap lukisan, gambar, huruf dan garis.

i. Penyusunan

1. Menyusun plat bakar dan keramik yang akan dibakar.
2. Membongkar plat bakar dan keramik yang sudah dibakar.
3. Mencatat produk apa saja yang akan dibakar.
4. Memelihara dan mengecek plat bakar.

j. Gudang

1. Mengecek kualitas barang.

2. Mengklasifikasikan barang berdasarkan standart kualitas dan memisahkan serta menyimpan di tempat yang berbeda.
 3. Membuat laporan harian barang yang sudah *dipacking*.
 4. Membuat laporan barang cacat dan barang yang berkualitas.
- k. Sablon
1. Menyiapkan material dan desain sablon.
 2. Melakukan proses penyablonan pada produk.
- l. Pembakaran / *Kiln*
1. Mengatur suhu yang dibutuhkan dalam pengovenan untuk memastikan produk terbakar dengan sempurna.
 2. Menyiapkan segala kebutuhan berkaitan dengan proses pembakaran.
- m. Pengembang Desain / Cetakan
1. Membuat desain cetakan (*casting*)
 2. Mencetak hasil desain cetakan sampai siap digunakan.
 3. Mendesain model keramik terbaru.
 4. Membuat laporan hasil yang sudah tercetak (harian).
- n. Teknik
1. Membimbing pekerja untuk melakukan pekerjaan sesuai dengan posisi.

4.1.8 Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan penduduk yang berada dalam usia kerja. Menurut UU No. 13 tahun 2003 Bab I pasal 1 ayat 2 disebutkan bahwa tenaga kerja adalah setiap orang yang mampu melakukan pekerjaan guna menghasilkan barang dan atau jasa baik untuk memenuhi kebutuhan sendiri maupun untuk masyarakat. Secara garis besar penduduk suatu negara dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu tenaga kerja dan bukan tenaga kerja. Berikut ini merupakan data tenaga kerja dari PT. Keramik Paolo Probolinggo.

Tabel 4.4 Tenaga Kerja di PT. Keramik Paolo Probolinggo

No.	Jenis Tenaga Kerja	Jumlah (Orang)	Tingkat Pendidikan			
			SD/Sederajat	SMP/Sederajat	SMU/Sederajat	PT/Sederajat
1	WNI					
	Laki-laki	105	25	24	53	3
	Perempuan	111	48	19	41	3
2	WNA					
	Laki-laki	-				
	Perempuan	-				
	Jumlah	216	73	43	94	6

Sumber: PT. Keramik Paolo

4.2 Pengumpulan Data

Life Cycle Assessment (LCA) secara umum adalah alat atau metode untuk menganalisis beban lingkungan di tahapan dalam siklus hidup. Oleh karena itu, pada proses pengumpulan data, data yang dikumpulkan adalah data deskripsi produk amatan, deskripsi bahan baku, dan deskripsi ruang lingkup *Life Cycle Assessment* pada produk keramik.

4.2.1 Deskripsi Produk Amatan

Keramik adalah hasil seni bersifat padat yang telah mengalami proses pembakaran. Sebagaimana lazimnya, bahan mentah yang dipergunakan di keramik Paolo adalah kumpulan mineral-mineral atau batuan yang bersifat anorganik, yaitu *kaolin*, *feldspar*, *piropilit*, *clay* dan bahan pewarna.

Sebagaimana sifatnya, *kaolin* difungsikan sebagai pembentuk kerangka, sehingga sifat fisiknya kurang plastis, susut kering rendah dan kekuatan keringnya rendah. Sebaliknya *clay* yaitu sifatnya sangat plastis, kekuatan kering tinggi, selebihnya mengandung bahan pelebur, sehingga mampu meningkatkan kekuatan kering. Guna mendukung fungsi *clay*, maka digunakan juga *feldspar* yaitu mineral batuan yang terdiri dari senyawa alumina silikat dari *K* dan *Na* yang fungsinya juga sebagai pelebur. Sebagai bahan pengganti *feldspar* sebagian atau seluruhnya, maka dapat digunakan *piropilit*.

Pada penelitian ini akan difokuskan pada produk keramik guci air, dimana produk tersebut merupakan produk yang memiliki nilai komoditi paling tinggi selama satu tahun ini di PT. Keramik Paolo. Guci air yang diproduksi memiliki beraneka ragam bentuk dan warna, serta dengan *finishing* berupa glasir yang menjadikan keistimewaan produk ini sehingga dapat menarik perhatian konsumen.

4.2.2 Deskripsi Bahan Baku

Pada pembuatan produk keramik guci air diperlukan bahan baku utama dan bahan tambahan. Berikut ini merupakan bahan baku utama dan bahan tambahan dalam pembuatan guci air.

1. Bahan Baku Utama

Bahan baku utama dalam pembuatan produk guci air adalah sebagai berikut.

a. *Feldspar*

Feldspar adalah nama kelompok mineral yang terdiri atas *Kalium (K)*, *Natrium (Na)* dan *Kalsium alumino silikat*. *Feldspar* ditemukan pada batuan beku, batuan

erupsi dan metamorfosa, baik yang berupa asam maupun basa. Seluruh jenis *feldspar* umumnya mempunyai sifat fisik yang hampir sama, sedangkan warna bervariasi mulai dari putih keabu-abuan, merah jambu, coklat kuning dan hijau. *Feldspar* dari alam setelah diolah dapat digunakan untuk keperluan industri, salah satunya di industri keramik. *Feldspar* diperlukan sebagai bahan pelebur/perekat pada suhu tinggi dalam pembuatan keramik halus seperti barang pecah belah, *saniter*, *isolator* dan juga digunakan dalam industri gelas/kaca. Jenis *feldspar* yang digunakan dalam industri keramik adalah *orthoklas* / *mikrolin* dan *albit* / *plagioklas* asam (*natrium feldspar*). Persyaratan untuk industri keramik berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) adalah SNI NO. 1145 – 1984.

b. *Limestone* (Batu Kapur)

Batu kapur merupakan material dengan kandungan silika yang tinggi dan memiliki ketersediaan cukup banyak pada kawasan yang luas di Indonesia. Batu kapur terbentuk pada *zone* ubahan argilik lanjut (hipogen) seperti *kaolin*, namun terbentuk pada temperatur tinggi dan kadar pH asam. Kegunaan batu kapur adalah untuk bahan baku industri keramik dan porselin

c. *Clay*

Clay atau biasa disebut dengan tanah liat / lempung adalah partikel mineral berkerangka dasar silikat yang berdiameter kurang lebih 4 mikrometer. Lempung mengandung leburan silika dan/atau aluminium yang halus. Lempung terbentuk dari proses pelapukan batuan silika oleh asam karbonat dan sebagian dihasilkan dari aktivitas panas bumi. Lempung membentuk gumpalan keras saat kering dan lengket apabila basah terkena air. Tanah liat mempunyai sifat berbutir halus, berwarna krem / abu-abu / coklat / merah jambu / kuning, suhu matang antara 9000°C – 14000°C. Dalam pembuatan keramik, *clay* digunakan untuk meningkatkan kekuatan kering, sehingga dapat mengurangi kerugian didalam pengangkutan dan penyusunan barang setengah jadi.

d. *Kaolin*

Kaolin merupakan tanah liat utama hasil pembusukan *feldspar* melalui tindakan *geothermal* dan *hydrological*. *Kaolin* adalah tanah liat putih yang mempunyai mutu penyusutan yang baik selama pengeringan dan pembakaran. Mineral jenis ini merupakan yang paling penting dalam pembuatan keramik dan paling putih diantara clay lainnya, karena kandungan besinya yang paling rendah. Adapun sifat dari *kaolin* adalah tidak terlalu plastis, mempunyai kekuatan kering yang rendah,

titik leburnya $1700\text{ }^{\circ}\text{C} - 1785\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan memberikan warna putih pada badan keramik.

e. Pasir silika (SiO_2)

Pasir silika adalah bahan galian yang terdiri atas kristal-kristal silika (SiO_2) dan mengandung senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan. Pada umumnya senyawa pengotor tersebut terdiri dari oksidasi besi, oksidasi kalsium, oksidasi alkali oksida, magnesium lempung, dan zat organik hasil pelapukan sisa-sisa hewan maupun tumbuhan. Pasir silika di industri keramik digunakan sebagai bahan mentah untuk pembuatan badan keramik bersama dengan *kaolin* dan *clay feldspar*. Penggunaan yang utama adalah sebagai bahan keramik saniter. Fungsi pasir silika yaitu untuk memperpendek *pushion* atau panjang lelehan dari glasir, sehingga mempermudah proses pengeringan, mengontrol penyusutan dan memberi rangka pada bahan keramik.

f. *Zinc Oxide* (ZnO)

Zinc Oxide merupakan senyawa anorganik dengan rumus ZnO . Senyawa ini merupakan bubuk putih yang tidak larut dalam air, dan secara luas digunakan sebagai bahan aditif dalam berbagai bahan dan produk termasuk karet, plastik keramik, kaca, semen, pelumas, cat, salep, lem, sealant, pigment, makanan, baterai, ferit dan retardants api. Dalam dunia keramik, zat ini digunakan sebagai campuran glasir yaitu bahan pelapis keramik dan sebagai pewarna. *Zinc Oxide* adalah komposisi yang banyak digunakan khususnya keramik *glaze* dan *frit*. *Zinc Oxide* memiliki dua sifat penting yaitu menurunkan suhu pencairan *glaze* dan meningkatkan pigmen untuk mengembangkan warna intrinsik yang kuat.

g. *Magnesium Silicate* (*Talc*)

Talc adalah *Magnesium silicate* berbentuk putih dan sangat halus. Biasanya dipakai untuk bahan pengisi (*filler*). *Talc* merupakan bahan peleleh di temperature *earthenware*, juga merupakan peleleh yang kuat pada pembakaran *stone ware*, membuat rangenya lebih panjang (toleransi temperature lebih besar)

h. *Zirconium Silicate* (ZrSiO_4)

Zirkonium silikat merupakan mineral yang melimpah di alam dan dapat diperoleh dengan harga murah. ZrSiO_4 memiliki stabilitas termal dan kimia yang baik, sehingga dapat dijadikan sebagai material alternatif untuk pembuatan membran keramik.

2. Bahan Tambahan

Selain bahan baku utama, dalam proses produksi guci air perlu adanya bahan tambahan. Adapun bahan tambahan yang diperlukan adalah sebagai berikut:

a. Air

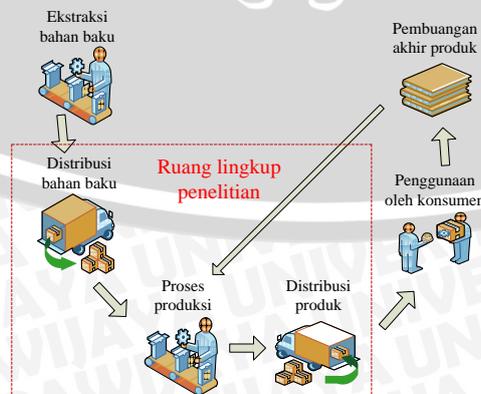
Air (H_2O) sebagai salah satu bahan penunjang mempunyai peranan yang sangat penting dalam proses pengolahan dan pembentukan *masse* bodi keramik. Air dalam proses produksi ini digunakan untuk membentuk suspensi media pencuci dari bahan mentah yang diolah/diproses. Air memberi pengaruh keplastisan lempung bila pH air di luar batas pH 6,0 – 8,5 karena pada pH inilah keplastisan lempung paling tinggi.

b. *Corrugated board* (Kardus)

Kardus adalah material yang digunakan sebagai pengemas produk keramik yang telah jadi untuk menghindari produk dari kerusakan saat pengiriman. Kardus terdiri dari bahan kertas karton bergelombang dengan laminasi berupa kertas kraft dua sisi.

4.2.3 Deskripsi Ruang Lingkup

Ruang lingkup *supply chain* pada produk guci air dimulai dari proses pengolahan bahan baku oleh *supplier*, proses produksi guci air, distribusi produk ke *customer*, penggunaan oleh konsumen, dan pembuangan akhir produk. Sedangkan pada penelitian ini, ruang lingkup hanya mencakup 3 aspek yaitu distribusi bahan baku, proses produksi, dan distribusi produk. Untuk ruang lingkup penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.3. Penjelasan dari masing-masing ruang lingkup produk keramik akan dijelaskan pada subbab selanjutnya.



Gambar 4.3 Ruang Lingkup Penelitian

4.2.3.1 Distribusi Bahan Baku

Supplier pada pembuatan produk keramik ini meliputi *supplier* bahan baku utama dan bahan tambahan. *Supplier* bahan-bahan tersebut merupakan *supplier* lokal karena bahan-bahan tersebut mudah ditemukan di dalam negeri dan terdapat dalam jumlah banyak. Keseluruhan pendistribusian bahan baku tersebut dilakukan dengan cara pengiriman langsung oleh masing-masing pihak *supplier* menggunakan truk bermuatan 28 ton ke lokasi perusahaan PT. Keramik Paolo di kota Probolinggo. Pada tahap pengolahan data akan dilakukan perhitungan jarak *supplier* bahan baku tersebut. *Supplier-supplier* pada pembuatan produk keramik guci air dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 *Supplier* Bahan Baku Produk Guci Air

No.	Nama Bahan Baku	Nama <i>Supplier</i>	Kota
1.	Feldspar	Mitra Jaya Mandiri	Purbalingga
2.	<i>Limestone</i> (Batu Kapur)	Dian Malang	Malang
3.	<i>Clay</i>	Focusindo	Surabaya
4.	<i>Kaolin</i>	Hazzel Bangun Persada	Belitung
5.	Pasir Silika (SiO_2)	Spring Indo Perkasa	Surabaya
6.	<i>Zinc Oxide</i> (ZnO)	Halim Perdana	Surabaya
7.	<i>Magnesium Silicate</i> (<i>Talc</i>)	PT. Delphia Prima Jaya	Surabaya
8.	<i>Zirconium Silicate</i> ($ZrSiO_4$)	Katingan	Jakarta
9.	<i>Corrugated Carton box</i> (Kardus)	CV. Dwicipta Sukses Makmur	Sidoarjo

Sumber: PT. Keramik Paolo

4.2.3.2 Data Input Output

Data *input output* menunjukkan deskripsi proses produksi yang meliputi penggunaan energi dan material yang ada. Data tersebut akan digunakan untuk penilaian dampak lingkungan. Berikut ini data *input output* dalam pembuatan produk keramik guci air.

1. Total Produksi

Total produksi produk guci air pada tahun 2014 dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Total Produksi Produk Guci Air Tahun 2014

No.	Bulan produksi	Total Produksi (pieces)
1.	Januari 2014	4.751
2.	Februari 2014	
3.	Maret 2014	
4.	April 2014	3.512
5.	Mei 2014	
6.	Juni 2014	
7.	Juli 2014	10.088
8.	Agustus 2014	
9.	September 2014	
10.	Oktober 2014	8440
11.	November 2014	
12.	Desember 2014	
TOTAL		26.791

Sumber: PT. Keramik Paolo

2. Bahan baku utama dan bahan tambahan yang digunakan

Total penggunaan bahan baku utama dan bahan tambahan yang digunakan untuk memproduksi produk guci air selama tahun 2014 dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Total Penggunaan Bahan Baku dan Bahan Tambahan Tahun 2014

No.	Bahan Baku dan Bahan Tambahan	Total Penggunaan (Kg)
1.	<i>Feldspar</i>	351675
2.	<i>Limestone</i> (Batu Kapur)	277575
3.	<i>Clay</i>	353905
4.	<i>Kaolin</i>	223693
5.	Pasir Silika (SiO_2)	9828
6.	<i>Zinc Oxide</i> (ZnO)	1436
7.	<i>Magnesium Silicate</i> (<i>Talc</i>)	756
8.	<i>Zirconium Silicate</i> (ZrSiO_4)	5364
9.	<i>Corrugated Carton box</i> (kardus)	4465,2
10.	Air	1200000 L

Sumber: PT. Keramik Paolo

3. Energi yang digunakan

Total energi yang digunakan untuk memproduksi produk guci air sebanyak 26.791 unit dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Total Penggunaan Energi Selama Tahun 2014

No.	Jenis	Total Penggunaan
1	Energi listrik (PLN)	183144 kWh
2	Gas Alam	660000 m ³

Sumber: PT. Keramik Paolo

4.2.3.3 Proses Produksi

Proses produksi merupakan proses yang mengubah bahan baku menjadi produk jadi. Berikut ini merupakan proses produksi produk keramik guci air.

1. Desain

Proses desain merupakan proses pembuatan desain bentuk yang selanjutnya digunakan sebagai *master* (induk) bagi proses cetakan. Bahan yang digunakan untuk kedua proses tersebut yaitu *gypsum* (gip) dicampur dengan air. Khusus pada proses desain ini, bahan baku *gypsum* tidak dimasukkan ke dalam pengolahan data bahan baku, hal ini dikarenakan *master* cetakan tersebut telah dibuat pada tahun sebelumnya sehingga tidak dimasukkan pada data proses produksi tahun 2014.

2. Laboratorium / Massa

Didalam proses laboratorium ini dilakukan uji kelayakan / eksperimentasi terhadap bahan baku, baik bahan baku bodi maupun bahan baku glasir, yang selanjutnya diproses menjadi bahan siap pakai.

3. Penggilingan Bahan

Setelah melalui proses uji kelayakan, keseluruhan bahan-bahan baku utama tersebut dicampur dalam satu komposisi dengan air dan digiling dalam mesin-mesin penggiling (*ball mill*), kemudian selanjutnya siap digunakan untuk proses selanjutnya yaitu proses *casting*.

4. Casting

Proses selanjutnya adalah proses *casting*. Casting adalah proses penuangan (pengecoran) massa ke cetakan, selanjutnya terjadi proses absorpsi atas kandungan air yang terdapat dalam massa oleh cetakan. Proses memakan waktu yang relatif, tergantung pada besar, kecil dan bentuk cetakan. Pada akhirnya massa yang mengeras pada dinding-dinding cetakan dipisahkan dari cetakan dan selanjutnya dilakukan proses penjemuran / pengeringan. Dalam proses ini diidentifikasi menghasilkan limbah lumpur adonan baik dalam bentuk cair maupun kering, serta memiliki jumlah yang paling banyak diantara proses yang lain.

5. Finishing

Proses penyelarasan bentuk atas barang hasil dari proses *casting*, antara lain yaitu menghilangkan sirip haluan *casting*, mengelap, menggosok / mengampelas, menghaluskan dan sejenisnya. Adapun alat bantu yang digunakan antara lain pisau kecil, sekop, kuas, ampelas dan air. Dalam proses ini diidentifikasi menghasilkan limbah lumpur dalam bentuk kering.

6. Dekorasi

Proses pendekorasian untuk lebih memberikan sentuhan seni dalam bentuk antara lain yaitu garis / ornamen, lukisan / gambar dan huruf / tulisan. Proses pendekorasian dapat dilakukan pada pasca *finishing* ataupun pasca glasir, tergantung pada model / desain yang diinginkan. Dalam proses ini diidentifikasi menghasilkan limbah lumpur keramik dalam bentuk kering.

7. Pengglasiran

Proses pewarnaan terhadap barang pasca *finishing* dengan menggunakan beberapa cara, antara lain yaitu spray dan celup. Bahan baku glasir adalah pencampuran antara silika (SiO_2) dan *feldspar*. Penentuan penggunaan cara tergantung dari besar, kecil dan bentuk barang. Dalam proses ini diidentifikasi menghasilkan limbah glasir dalam bentuk cair dengan jumlah relatif banyak dan mengandung logam berat seperti tembaga.

8. Penyusunan

Proses penyusunan barang-barang pasca glasir ataupun pasca dekorasi dalam kereta bakar antara lain dengan menggunakan plat bakar. Proses penyusunan didasarkan antara lain penyusunan dilakukan secara vertikal, memperhitungkan efisiensi ruang bakar, peletakan barang dengan warna di posisi ruang kereta bakar. Dalam proses ini tidak teridentifikasi menghasilkan limbah.

9. Kiln / Oven

Proses pembakaran dengan menggunakan bahan bakar gas alam hingga pada temperatur 1200 derajat celcius dan memakan waktu 10 sampai dengan 12 jam. Selanjutnya dilakukan proses pendinginan selama 12 jam. Dalam proses ini diidentifikasi menghasilkan limbah keramik dalam bentuk padat.

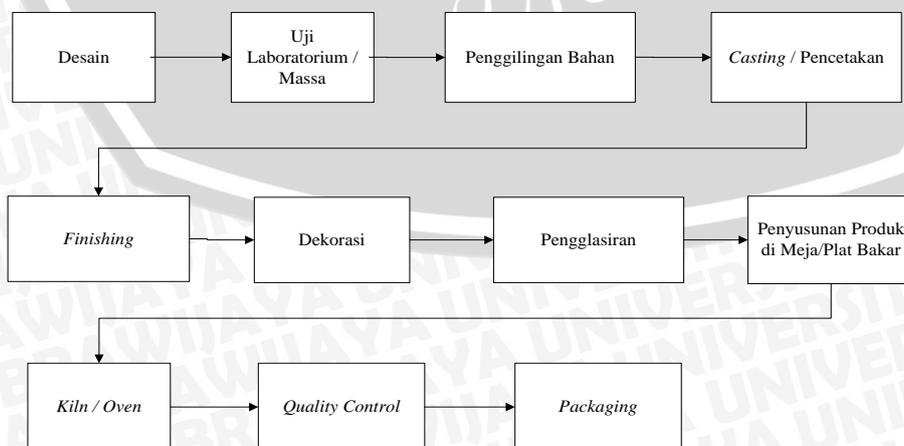
10. Quality Control

Setelah gudang barang jadi menerima keramik dari bagian susunan bagian gudang akan melakukan *quality control* terhadap keramik yang siap dijual dan mengklasifikasikannya berdasarkan standar kualitas yang berlaku di perusahaan. Dalam proses ini diidentifikasi menghasilkan limbah keramik dalam bentuk padat yang tidak memenuhi kualifikasi.

11. Packaging

Setelah barang selesai pada proses *quality control*, maka tahap selanjutnya adalah tahap akhir dari proses produksi yaitu produk guci air dibungkus dengan menggunakan kardus kemasan yang nantinya memudahkan untuk dilakukan pengiriman serta menjaga barang tidak pecah. Dalam proses ini tidak teridentifikasi menghasilkan limbah.

Untuk mengetahui lebih jelas mengenai proses produksi guci air dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Proses Produksi Keramik Guci Air
Sumber: PT. Keramik Paolo

4.2.3.4 Proses Distribusi Produk

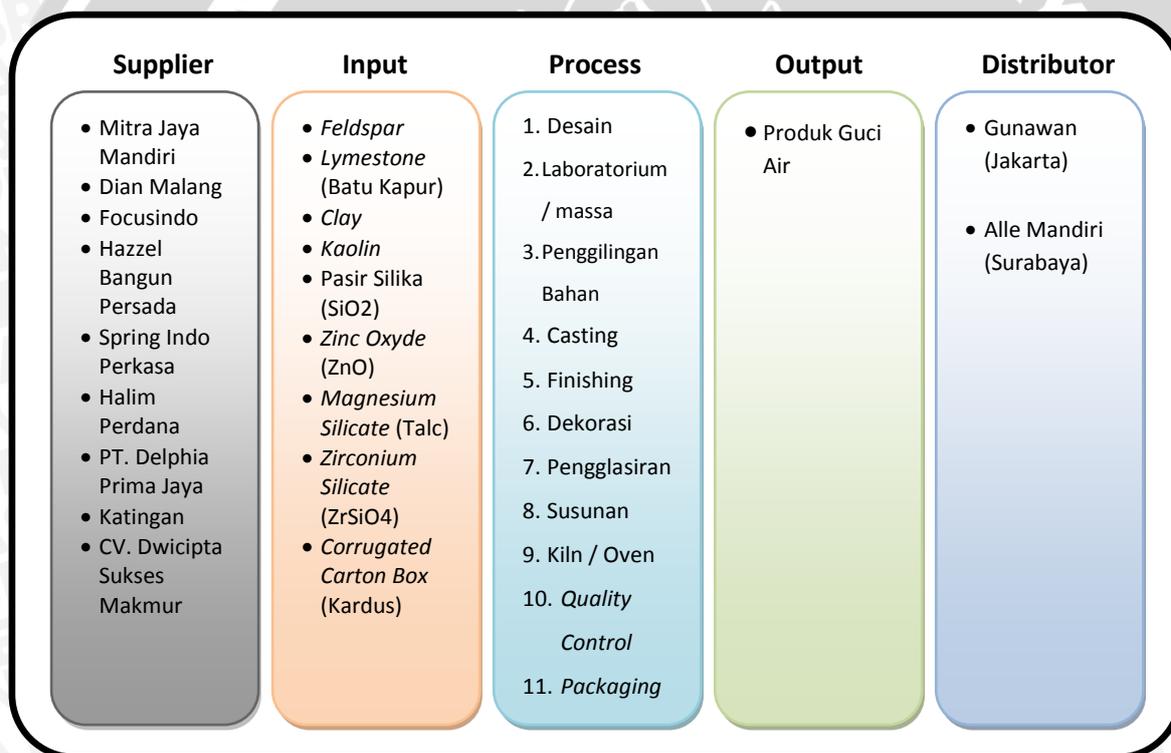
Proses distribusi merupakan proses pengiriman produk ke *customer*. Pada PT. Keramik Paolo, proses pendistribusian langsung diberikan kepada distributor utama. Perhitungan proses distribusi dilihat berdasarkan tempat tujuan utama distribusi, sedangkan untuk distribusi dari *customer* ke *end customer* tidak diperhitungkan karena setiap *end customer* mempunyai tujuan dan jangkauan distribusi yang berbeda-beda. Pada tahap pengolahan data akan dilakukan perhitungan jarak dari *customer* tersebut. Nama-nama *customer* (pemesan) produk keramik guci air tahun 2014 dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Nama-nama *Distributor* Produk Guci Air Tahun 2014

No.	Nama <i>Distributor</i>	Kota
1	Gunawan	Jakarta
2	Alle Mandiri	Surabaya

Sumber: PT. Keramik Paolo

Secara keseluruhan data untuk pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.5 diagram SIPOD (*Supplier, Input, Process, Output & Distributor*) di bawah ini.



Gambar 4.5 Diagram SIPOD

4.3 Pengolahan Data

Pada tahap pengolahan data ini, data-data yang telah diperoleh dari subbab pengumpulan data akan dilakukan pengolahan menggunakan *software* Simapro 7.1.8. Dalam tahap ini akan dilakukan *input* data mulai dari data proses distribusi bahan baku

sampai proses distribusi produk, kemudian dari *input-input* data yang sudah dimasukkan ke dalam software tersebut akan dilakukan penggabungan.

4.3.1 Life Cycle Inventory

Life Cycle Inventory (LCI) merupakan proses pengumpulan data berupa jumlah *input* dan *output* suatu proses. *Input* merupakan penggunaan material dan energi yang dibutuhkan dalam proses tersebut, sedangkan *output* merupakan hasil produksi atau proses berupa emisi atau *waste*. Dalam mendapatkan keseluruhan data *input* dan *output* pada sistem amatan tidak mudah, terutama mengenai jumlah emisi yang dihasilkan untuk setiap proses dan bahan yang digunakan karena keterbatasan data yang didapatkan dan waktu penelitian. Data-data *input* dan *output* tersebut dimasukkan ke dalam *software* Simapro 7.1.8 berdasarkan ruang lingkup LCA yang telah ditentukan sebelumnya meliputi distribusi bahan baku, proses produksi, dan distribusi produk.



Gambar 4.6 Tampilan Awal Software SimaPro 7.1.8

Software ini membantu melakukan analisis terhadap aspek-aspek lingkungan secara sistematis sehingga dapat diketahui dampak lingkungan yang dihasilkan oleh sistem tersebut. Berikut penjelasannya dari masing-masing ruang lingkup.

1. Distribusi bahan baku

Pada distribusi bahan baku, *input* yang digunakan adalah data jarak dari *supplier* ke PT. Keramik Paolo serta alat transportasi yang digunakan. Transportasi yang digunakan pada distribusi bahan baku adalah truk mesin diesel bermuatan gandeng. Jenis distribusi yang digunakan berupa pengiriman bahan baku yang dilakukan oleh tiap *supplier*. Jadi

terdapat rute transportasi yang berbeda untuk mengirimkan bahan baku ke PT. Keramik Paolo yang berlokasi di kota Probolinggo, Jawa Timur.

Dikarenakan keterbatasan *database* pada *software* Simapro, maka dilakukan penyamaan ukuran satuan berat. Dalam *database* Simapro 7.1.8, satuan yang digunakan untuk distribusi adalah ton kilometer (tkm) sehingga perlu dilakukan perhitungan konversi data yang telah dimiliki untuk disesuaikan dengan *database* Simapro 7.1.8. Tabel 4.10 merupakan hasil perhitungan distribusi bahan baku oleh *supplier*.

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Distribusi Bahan Baku oleh *Supplier*

Jenis Bahan Baku	Daerah	jarak (km)	Jumlah Pesanan (ton)	Jenis Truk (ton)	Jumlah Truk	Total Jarak	Total tKm
Feldspar	Purbalingga	520	351,675	Truck 28 ton	13	6760	2377323,000
Limestone (Batu Kapur)	Malang	139	277,575	Truck 28 ton	10	1390	385829,250
Clay	Surabaya	93	353,905	Truck 28 ton	13	1209	427871,145
Kaolin	Belitung	1311	223,693	Truck 28 ton	8	10488	2346092,184
Pasir Silika (SiO ₂)	Surabaya	90	9,828	Delivery van 3,5 ton	3	270	2653,560
Zinc Oxide (ZnO)	Surabaya	89	1,436	Delivery van 3,5 ton	1	89	127,804
Magnesium Silicate (Talc)	Surabaya	94	0,756	Delivery van 3,5 ton	1	94	71,064
Zirconium Silicate (ZrSiO ₄)	Jakarta	885	5,364	Delivery van 3,5 ton	2	1770	9494,280
Corrugated Carton box (kardus)	Sidoarjo	94	4,465	Delivery van 3,5 ton	2	188	839,458

Berikut ini contoh perhitungan untuk distribusi bahan baku *Feldspar*:

- Total Jarak = Jarak x Jumlah truk
Total Jarak dari Purbalingga ke Probolinggo = 520 x 13
= 6.760 km
- Distribusi Feldspar = Jumlah pesanan x Total jarak
Distribusi Feldspar Dari Purbalingga ke Probolinggo = 351,675 x 6.760
= 2.377.323 tkm

Setelah itu, memasukkan data tersebut ke dalam *software* Simapro 7.1.8. Proses *input* data distribusi bahan baku pada *software* Simapro 7.1.8 dapat dilihat pada Gambar 4.7.

Name	Image	Comment
Distribusi bahan baku		
Status		
Materials/Assemblies	Amount	Unit
(Insert line here)		
Processes	Amount	Unit
Truck 28t B250	2377323	tkm
Truck 28t B250	385829,25	tkm
Truck 28t B250	427871,145	tkm
Truck 28t B250	2346092,184	tkm
Delivery van (<3.5t) B250	2653,56	tkm
Delivery van (<3.5t) B250	127,804	tkm
Delivery van (<3.5t) B250	71,064	tkm
Delivery van (<3.5t) B250	9494,28	tkm
Delivery van (<3.5t) B250	839,4576	tkm
(Insert line here)		

Gambar 4.7 Input Data Proses Distribusi Bahan Baku

2. Proses produksi

Pada tahap data proses produksi, *input* yang digunakan adalah data penggunaan bahan baku dan energi dalam mengoperasikan mesin dan peralatan selama satu tahun yang diidentifikasi dan disesuaikan dengan *database* dalam Simapro. Tabel 4.11 merupakan penyesuaian dengan *database* dalam *software* Simapro 7.1.8.

Tabel 4.11 Input Data pada Proses Produksi

No.	Bahan Baku	Database	Jumlah Penggunaan
1.	Feldspar	Feldspar	351675 Kg
2.	Limestone (Batu Kapur)	Limestone, milled, packed	277575 Kg
3.	Clay	Clay	353905 Kg
4.	Kaolin	Kaolin B250	223,693 Kg (<i>software</i> dalam satuan per 1000 Kg)
5.	Pasir Silika (SiO ₂)	Silica sand	9828 Kg
6.	Zinc Oxide (ZnO)	Zinc oxide	1436 Kg
7.	Magnesium Silicate (Talc)	Magnesium	756 Kg
8.	Zirconium Silicate (ZrSiO ₄)	Zircon	5364 Kg
9.	Kardus kemas	Corrugated board base paper, kraftliner	4465 Kg
10.	Air	Tap water	1200000 L

Sumber: PT. Keramik Paolo

Pada *database* Kaolin B250, dampak ke lingkungan dihitung bukan tiap kilogram, melainkan tiap 1000 kilogram. Sehingga jumlah untuk penggunaan kaolin adalah:
 $223693 \text{ Kg} : 1000 = 223,693 \text{ Kg}$ (*software* dihitung untuk setiap 1000 Kg)

Sedangkan pada bahan baku yang lain, dampak ke lingkungan dihitung tiap kilogram, sehingga data yang digunakan sama seperti pada Tabel 4.7. Setelah itu, memasukkan data tersebut ke dalam *software* Simapro 7.1.8. Proses *input* data proses produksi pada *software* Simapro 7.1.8 dapat dilihat pada Gambar 4.8.

S Professional; Introduction to SimaPro 7 - [Edit assembly product stage 'Proses produksi keramik']

File Edit Calculate Tools Window Help

Input/output Parameters

Name	Image	Comment				
Proses produksi keramik						
Status						
Materials/Assemblies	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment
Feldspar, at plant/RER S	351675	kg	Undefined			Sebagai bahan pelebur
Limestone, milled, packed, at plant/CH S	277575	kg	Undefined			Sebagai bahan pelebur
Clay, at mine/CH S	353905	kg	Undefined			Sebagai bahan pelebur dan meningkatkan kekuatan kering
Kaolin B250	223,693	kg	Undefined			Sebagai pembentuk kerangka
Silica sand, at plant/DE S	9828	kg	Undefined			Sebagai pembentuk kerangka
Zinc oxide, at plant/RER S	1436	kg	Undefined			Sebagai bahan pewarna
Magnesium, at plant/RER S	756	kg	Undefined			Sebagai bahan pengisi (filler) dan bahan peleleh
Zircon, 50% zirconium, at plant/AU S	5364	kg	Undefined			Sebagai bahan pewarna
Corrugated board base paper, kraftliner, at plant/RER S	4465,2	kg	Undefined			Sebagai kardus kemasan (packaging)
Tap water, at user/RER S	2887836	kg	Undefined			Sebagai pembentuk suspensi media pencuci dari bahan mentah yang diolah
(Insert line here)						
Processes	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment
Electricity from coal B250	183144	kWh	Undefined			Energi listrik yang digunakan selama satu tahun
Heat, natural gas, at industrial furnace >100kW/RER S	20945760	MJ	Undefined			Gas alam sebagai pembakaran keramik selama satu tahun
(Insert line here)						

Gambar 4.8 Input Data Proses Produksi

3. Data pada distribusi produk

Pada tahap data distribusi produk, *input* yang digunakan adalah data jarak dari PT Keramik Paolo ke *distributor* serta alat transportasi yang digunakan. Transportasi yang digunakan pada distribusi produk adalah truk mesin diesel bermuatan 16 ton. Berbeda dengan distribusi bahan baku, jenis distribusi yang digunakan dalam distribusi produk berupa pengiriman produk yang dilakukan secara bersamaan. Jadi terdapat rute transportasi yang sama untuk mengirimkan produk ke *distributor*. Tabel 4.12 merupakan perhitungan distribusi produk.

Tabel 4.12 Jumlah Pesanan Keramik Guci Air Tahun 2014

Pengiriman ke-	Tujuan	Total pesanan (pcs)
1	Jakarta	1583
	Surabaya	2376
2	Jakarta	1170
	Surabaya	1757
3	Jakarta	3362
	Surabaya	5045
4	Jakarta	2318
	Surabaya	4220

Sumber: PT. Keramik Paolo

Dikarenakan keterbatasan *database* pada *software* Simapro, maka dilakukan penyamaan spesifikasi agar hasil yang didapatkan sama dengan di lapangan. Berat produk keramik guci air dalam kemasan adalah 4,5 kg yang dikemas menggunakan kardus karton dengan laminasi *kraft* berbentuk kubus 25 x 25 cm². Pengiriman produk guci air

menggunakan kapasitas volume. Setiap satu truk dengan muatan 16 ton pengiriman barang hanya dapat diisi dengan maksimal sebanyak 410 pcs guci air, sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Total 1 truk pengiriman} &= (\text{Berat produk} \times \text{Jumlah produk}) \\ &= 4,5 \text{ kg} \times 410 \text{ pcs} \\ &= 1845 \text{ kg} \approx 1,845 \text{ ton} \end{aligned}$$

Jadi dengan kondisi tersebut, setiap satu truk hanya dapat mengangkut sebanyak 1,845 ton meskipun truk tersebut memiliki kapasitas 16 ton.

Dalam *database* Simapro 7.1.8, satuan yang digunakan untuk distribusi adalah ton kilometer (tkm) sehingga perlu dilakukan perhitungan konversi data yang telah dimiliki untuk disesuaikan dengan *database* Simapro 7.1.8. Keseluruhan produk dikirimkan dari perusahaan yang berlokasi di kota Probolinggo. Tabel 4.13 merupakan perhitungan distribusi produk.

Tabel 4.13 Perhitungan Distribusi Produk

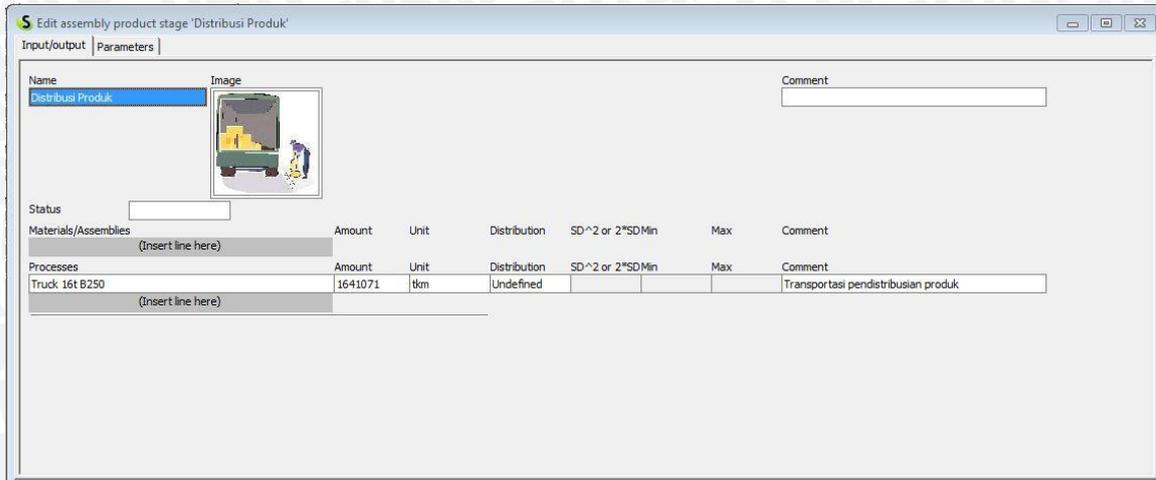
Pengiriman ke-	Tujuan	Total Pesanan (Ton)	Jarak (Km)	Jumlah Truk	Total Jarak	tKm
1	Jakarta	7,1235	900	10	9960	177442
	Surabaya	10,6920	96			
2	Jakarta	5,2650	900	8	7968	104951
	Surabaya	7,9065	96			
3	Jakarta	15,1290	900	21	20916	791284
	Surabaya	22,7025	96			
4	Jakarta	12,6585	900	18	17928	567394
	Surabaya	18,9900	96			
TOTAL TKM						1641071

Berikut ini contoh perhitungan untuk distribusi produk pengiriman ke-1:

- Jumlah truk = Jumlah pesanan : Total 1 truk pengiriman
 $= (7,1235 + 10,6920) : 1,845 \text{ ton}$
 $= 9,6561 \approx 10 \text{ truk}$
- Total jarak = Jarak x Jumlah truk
 (Dari Probolinggo ke Jakarta dan Surabaya) $= (900+96) \times 10$
 $= 9960 \text{ km}$
- Distribusi produk = Jumlah pesanan x Total jarak
 (Dari Probolinggo ke Jakarta dan Surabaya) $= (7,1235 + 10,6920) \times 9960$
 $= 177442 \text{ tkm}$

Dikarenakan truk yang digunakan untuk distribusi produk adalah truk dengan kapasitas yang sama, maka hasil perhitungan pada Tabel 4.9 dapat dijumlahkan. Setelah itu,

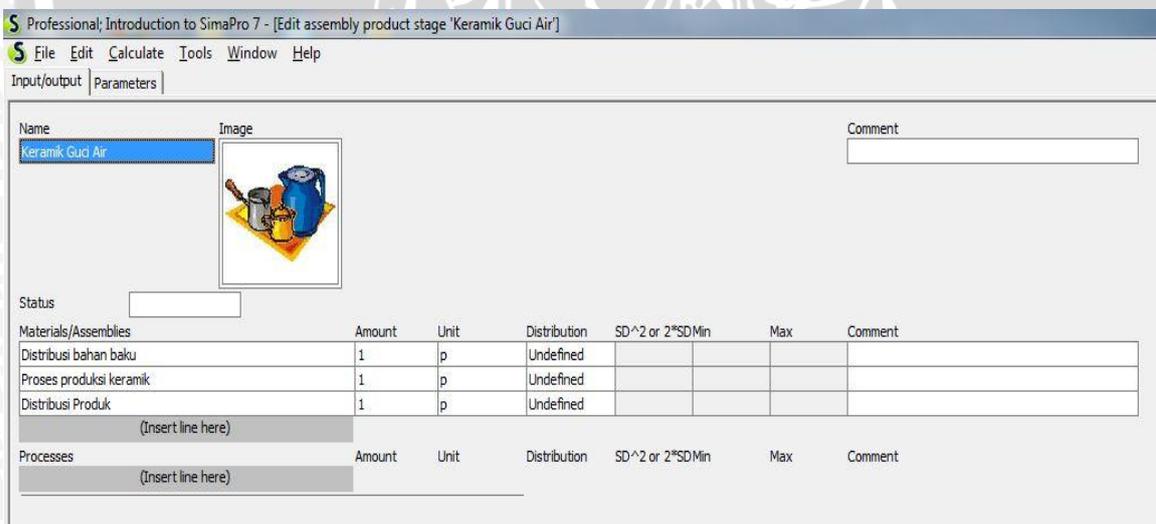
memasukkan data tersebut ke dalam *software* Simapro 7.1.8. Proses *input* data distribusi bahan baku pada *software* Simapro 7.1.8 dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Input Data Proses Distribusi Produk

4. Penggabungan *input* data

Dari *input-input* data yang sudah dimasukkan ke dalam *software*, maka dilakukan penggabungan *input-input* data tersebut. Penggabungan *input-input* data ke dalam *software* Simapro 8 dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Input Data Keseluruhan Ruang Lingkup

4.4 Pembahasan

Setelah melakukan proses pengolahan data, selanjutnya pada subbab ini akan ditampilkan analisa dan pembahasan hasil pengolahan *software* Simapro 7.1.8 untuk *life cycle product* yaitu dimulai dari kegiatan pengiriman bahan baku langsung hingga pendistribusian produk langsung ke distributor. Dalam tahap ini akan didapatkan nilai *impact assessment* yang nantinya digunakan sebagai dasar perbaikan dalam penelitian ini.

Setelah mengetahui bagian mana yang memiliki nilai *impact assessment* tinggi, maka dilakukan analisis untuk memberikan rekomendasi terhadap perusahaan sebagai pertimbangan perbaikan.

4.4.1 Life Cycle Impact Assessment

Pada tahap ini dilakukan perhitungan untuk mengetahui seberapa besar nilai dampak lingkungan yang dihasilkan dari proses-proses pada ruang lingkup LCA. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah EDIP/UMIP 97 (*Environmental Design of Industrial Product*) yang sudah ada dalam *database software* Simapro 7.1.8. Metode tersebut dipilih karena metode ini metode global yang sering digunakan di berbagai negara untuk mengukur dampak lingkungan. Kategori yang tercakup dalam hasil *impact assessment* dibagi menjadi 16 kategori. Kategori-kategori ini merupakan uraian dampak yang akan ditimbulkan oleh suatu proses. Tabel 4.14 merupakan *impact category* pada metode EDIP/UMIP 97.

Tabel 4.14 *Impact Category* pada Metode EDIP/UMIP 97

No.	Impact Category	Penjelasan
1	<i>Global Warming</i>	Proses meningkatnya suhu rata-rata atmosfer, laut, dan daratan di bumi sehingga menyebabkan bumi terasa lebih panas.
2	<i>Ozone Depletion</i>	Proses penipisan lapisan ozon stratosfir yang akan menyebabkan lebih banyak sinar ultra ungu memasuki bumi.
3	<i>Acidification</i>	Juga dikenal sebagai hujan asam terjadi ketika emisi sulfur dioksida dan nitrogen oksida bereaksi di atmosfer dengan air, oksigen, dan oksidan hingga terbentuk berbagai senyawa asam.
4	<i>Eutrophication</i>	Penurunan kualitas air yang disebabkan oleh pembebanan gizi, yang menyebabkan pergeseran dalam komposisi spesies dan peningkatan produktivitas biologis seperti ganggang. Nitrogen dan Fosfor adalah dua zat yang paling terlibat dalam eutrofikasi
5	<i>Photochemical smog</i>	jenis yang unik dari polusi udara yang disebabkan oleh reaksi antara sinar matahari dan polutan seperti hidrokarbon dan nitrogen dioksida. Meskipun kabut asap fotokimia sering terlihat, itu bisa sangat berbahaya, menyebabkan iritasi pada saluran pernapasan dan mata.
6	<i>Ecotoxicity water chronic</i>	efek samping terhadap ekosistem air dari suatu zat yang dihasilkan. Akibat dari efek ini dapat terasa ketika mengalami paparan berulang-ulang dalam jangka waktu yang lama (bulan atau tahun).
7	<i>Ecotoxicity water acute</i>	efek samping terhadap ekosistem air dari suatu zat yang dihasilkan dalam waktu singkat (biasanya kurang dari 24 jam).
8	<i>Ecotoxicity soil chronic</i>	efek samping terhadap ekosistem tanah dari suatu zat yang dihasilkan. Akibat dari efek ini dapat terasa ketika mengalami paparan berulang-ulang dalam jangka waktu yang lama (bulan atau tahun).
9	<i>Human toxicity air</i>	Emisi dari beberapa zat (seperti logam berat) yang dapat berdampak pada kesehatan manusia melalui media udara.
10	<i>Human toxicity water</i>	Emisi dari beberapa zat (seperti logam berat) yang dapat berdampak pada kesehatan manusia melalui media air.
11	<i>Human toxicity soil</i>	Emisi dari beberapa zat (seperti logam berat) yang dapat berdampak pada kesehatan manusia melalui media tanah.
12	<i>Bulk waste</i>	jenis-jenis limbah yang memiliki ukuran terlalu besar untuk dapat diterima oleh pengumpulan sampah biasa seperti sofa, lemari es, TV, dll.
13	<i>Hazardous waste</i>	limbah yang menimbulkan ancaman besar atau potensial terhadap kesehatan masyarakat atau lingkungan. Limbah ini dapat ditemukan dalam keadaan fisik yang berbeda seperti gas, cairan, atau padatan.

Lanjutan Tabel 4.14 *Impact Category* pada Metode EDIP/UMIP 97

No.	<i>Impact Category</i>	Penjelasan
14	<i>Radioactive waste</i>	limbah yang mengandung bahan radioaktif. Limbah radioaktif biasanya oleh-produk dari pembangkit tenaga nuklir dan aplikasi lainnya dari fisi nuklir atau teknologi nuklir
15	<i>Slags/ashes</i>	limbah padat yang berupa abu, biasanya hasil pembakaran. Sampah ini mudah terbawa angin karena ringan dan tidak mudah membusuk.
16	<i>Resource (All)</i>	Efisiensi sumber daya yang digunakan.

Sumber: Simapro Database Manual Methods

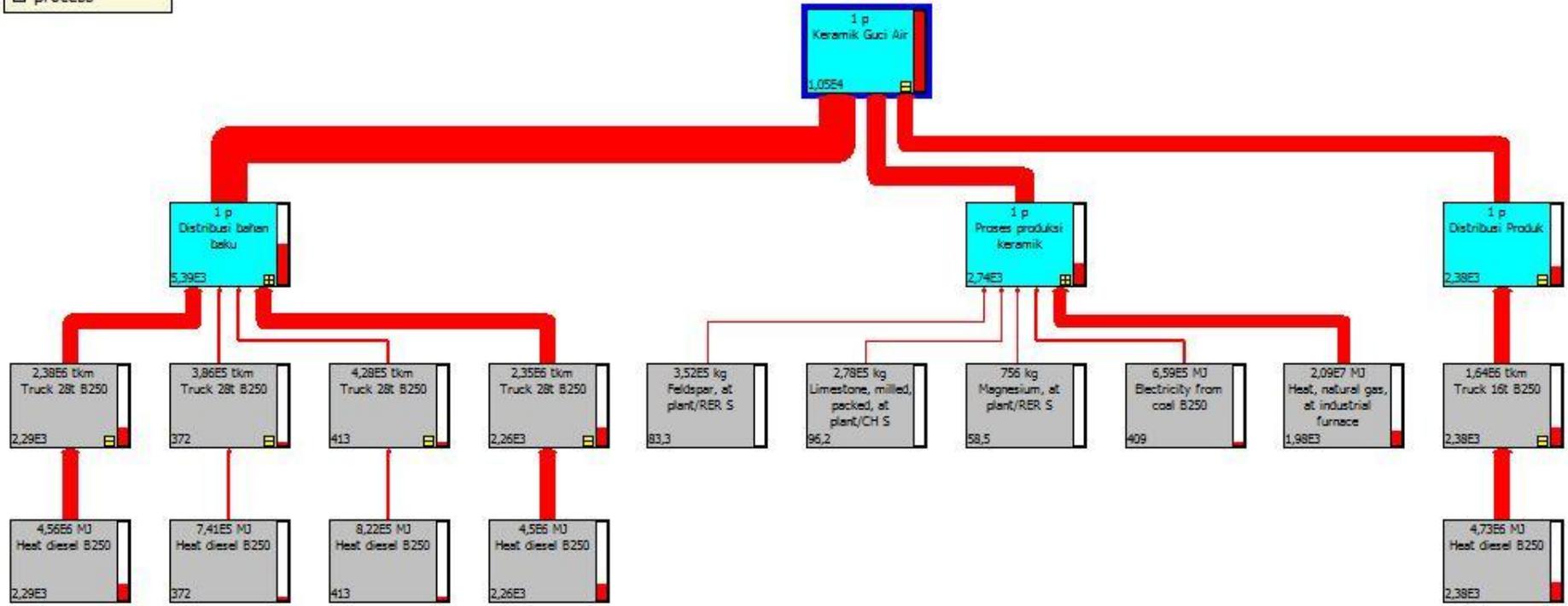
Dalam *Life Cycle Impact Assessment* terdapat beberapa tahapan yaitu pembuatan *tree diagram*, *characterization*, *normalisation*, dan *weighting*. Untuk mengetahui bagian mana pada ruang lingkup yang paling berkontribusi terhadap lingkungan, maka akan ditambahkan *process contribution*. Berikut analisa dan pembahasan dari masing-masing tahapan.

4.4.1.1 *Tree Diagram*

Langkah pertama dalam *impact assessment* adalah membuat *tree diagram* dengan menggunakan *software* Simapro 7.1.8. *Tree diagram* ini merupakan penggambaran secara keseluruhan sistem yang akan diteliti beserta proses-proses yang ada di dalamnya dan seberapa besar kontribusi dari setiap proses yang ada dalam sistem tersebut. Dimana besarnya tingkat kontribusi dapat diketahui melalui diagram batang berwarna merah untuk masing-masing proses. *Tree diagram* dari produk Guci Air PT Keramik Paolo dapat dilihat pada Gambar 4.11.



assembly
 process



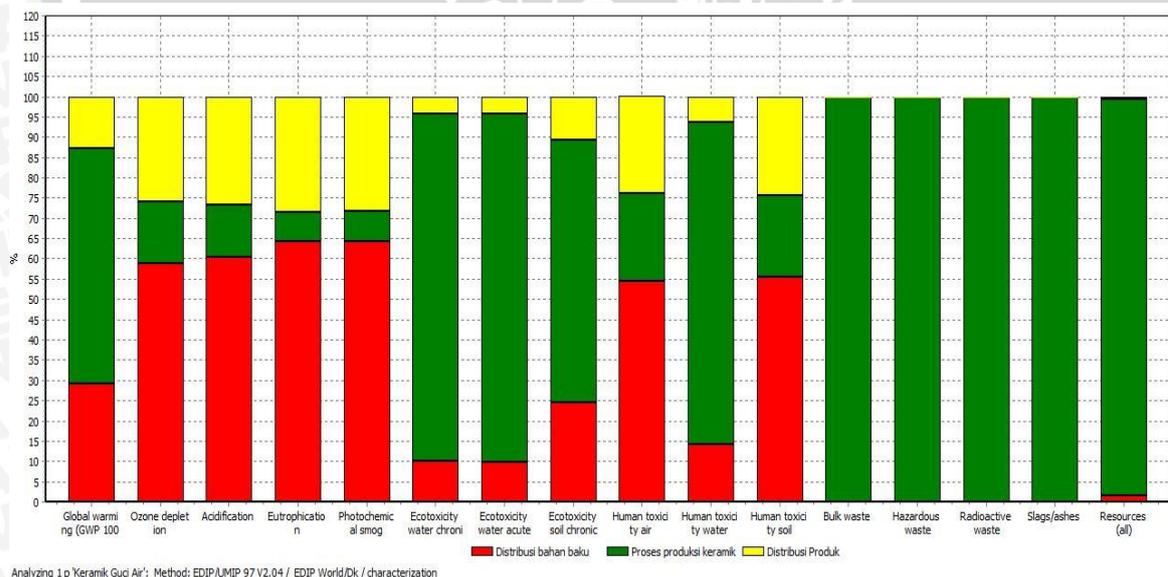
Keterangan: Assembly Process

Gambar 4.11 Tree Diagram Produk Guci Air

Dari Gambar 4.11 dapat dilihat bahwa terdapat garis merah yang merupakan indikator untuk melihat kontribusi masing-masing material atau proses terhadap lingkungan. Garis merah yang paling tebal terdapat pada distribusi bahan baku dengan nilai sebesar $5,39 \times 10^3$ Point (Pt). Hal ini dikarenakan penggunaan truk dengan muatan 28 ton dan jarak antara supplier dengan perusahaan yang terlampaui jauh sehingga membutuhkan jumlah truk dan energi yang cukup banyak dalam pendistribusian. Sedangkan pada proses produksi keramik, kontribusi terhadap dampak lingkungan memiliki nilai sebesar $2,74 \times 10^3$ Pt. Hal ini dikarenakan penggunaan gas alam yang sangat banyak selama proses produksi. Selain itu, dampak lingkungan juga dihasilkan dari proses distribusi produk yaitu sebesar $2,38 \times 10^3$ Pt. Hal ini dikarenakan penggunaan truk diesel 16 ton sebagai alat transportasi untuk pendistribusian produk jadi ke lokasi distributor di Surabaya dan Jakarta.

4.4.1.2 Characterization

Pada tahap ini dilakukan penilaian besarnya substansi yang berkontribusi pada tiap kategori *impact*. Bahan dan energi yang sudah dimasukkan ke dalam *software* Simapro 7.1.8 diidentifikasi apa saja emisi yang dihasilkan pada tiap kategori *impact*. Nilai *characterization factor* untuk masing-masing kategori *impact* berbeda-beda. *Characterization* dari produk Guci Air PT Keramik Paolo dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Characterization Setiap Impact Category

Dari Gambar 4.12 dapat dilihat bahwa beberapa dampak terbesar dari proses distribusi bahan baku yaitu Penurunan kualitas air yang disebabkan oleh pembebanan gizi,

yang menyebabkan pergeseran dalam komposisi spesies dan peningkatan produktivitas biologis (*eutrophication*), polusi udara yang disebabkan oleh reaksi antara sinar matahari dan polutan seperti hidrokarbon dan nitrogen dioksida (*photochemical smog*), dan pembentukan berbagai senyawa asam yang terjadi ketika emisi sulfur dioksida dan nitrogen oksida bereaksi di atmosfer dengan air, oksigen, dan oksidan (*acidification*) dengan masing-masing nilai sebesar 64,3 %, 64,2 %, dan 60,4 %.

Sedangkan, beberapa dampak terbesar dari proses produksi keramik yaitu limbah yang memiliki ukuran terlalu besar untuk dapat diterima oleh pengumpulan sampah biasa (*bulk waste*), limbah yang menimbulkan ancaman besar atau potensial terhadap kesehatan masyarakat atau lingkungan (*hazardous waste*), limbah yang mengandung bahan radioaktif (*radioactive waste*), dan limbah padat yang berupa abu, biasanya hasil pembakaran (*slags/ashes*) dengan nilai sebesar 100 %. Meskipun keempat dampak tersebut memiliki nilai maksimal yaitu 100%, namun pada kondisi yang sebenarnya tidak terlalu berpengaruh jika dibandingkan dengan dampak yang lain karena dampak tersebut hanya terjadi di proses produksi saja sehingga dapat memiliki nilai yang maksimal. Berbeda dibandingkan dengan nilai dari dampak lain yang persentasenya terbagi dalam proses distribusi bahan baku, proses produksi dan proses distribusi produk.

Selain itu, beberapa dampak terbesar dari distribusi produk yaitu Penurunan kualitas air yang disebabkan oleh pembebanan gizi, yang menyebabkan pergeseran dalam komposisi spesies dan peningkatan produktivitas biologis (*eutrophication*), polusi udara yang disebabkan oleh reaksi antara sinar matahari dan polutan (*photochemical smog*), dan pembentukan berbagai senyawa asam yang terjadi ketika emisi sulfur dioksida dan nitrogen oksida bereaksi di atmosfer dengan air, oksigen, dan oksidan (*acidification*) dengan masing-masing nilai sebesar 28,6 %, 28,2 %, dan 26,8 %. Pada tahap *characterization* ini, *impact* pada grafik ditunjukkan dalam bentuk prosentase. Hal ini dikarenakan satuan yang digunakan untuk masing-masing *impact category* berbeda-beda sehingga perbandingan tidak dapat dilakukan untuk kategori yang berbeda. *Output* dari *characterization* yang berupa angka dapat dilihat pada Gambar 4.13.

Professional; Introduction to SimaPro 7 - [Analyze Keramik Guci Air]

File Edit Calculate Tools Window Help

Network | Tree Impact assessment | Inventory | Process contribution | Setup | Checks (434,7)

Characterization Normalization Weighting Single score

Skip categories Never

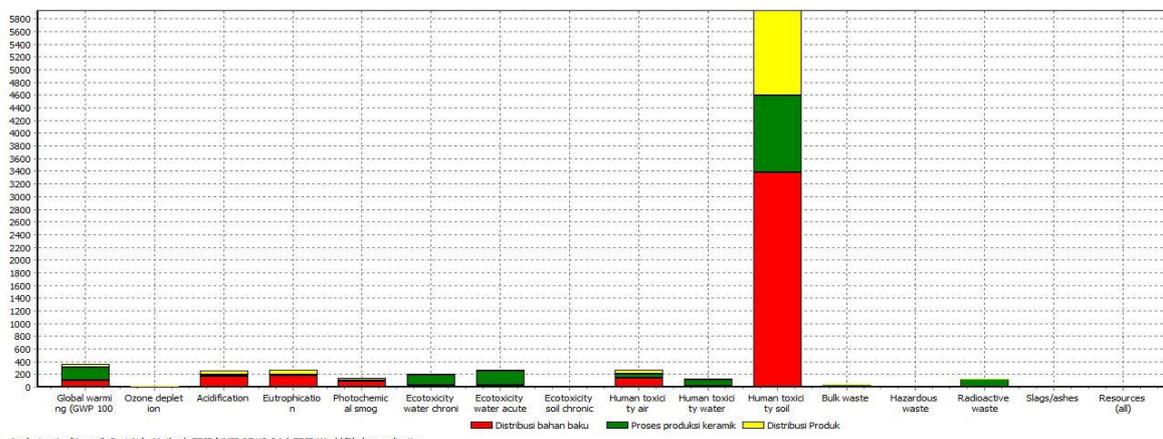
Impact category	Unit	Total	Distribusi bahan baku	Proses produksi keramik	Distribusi Produk
Global warming (GWP 100)	g CO2	3,1E9	9,06E8	1,79E9	3,99E8
Ozone depletion	g CFC11	1,26E3	739	191	326
Acidification	g SO2	1,97E7	1,19E7	2,53E6	5,27E6
Eutrophication	g NO3	3,21E7	2,07E7	2,28E6	9,18E6
Photochemical smog	g ethene	3,55E6	2,28E6	2,67E5	1E6
Ecotoxicity water chronic	m3	7,17E7	7,13E6	6,14E7	3,14E6
Ecotoxicity water acute	m3	7,93E6	7,7E5	6,82E6	3,39E5
Ecotoxicity soil chronic	m3	2,04E6	4,99E5	1,32E6	2,2E5
Human toxicity air	m3	8,24E11	4,48E11	1,79E11	1,97E11
Human toxicity water	m3	6,72E6	9,48E5	5,35E6	4,16E5
Human toxicity soil	m3	7,72E5	4,29E5	1,54E5	1,89E5
Bulk waste	kg	5,83E4	0	5,83E4	0
Hazardous waste	kg	29,1	0	29,1	0
Radioactive waste	kg	4,37	0	4,37	0
Slags/ashes	kg	206	0	206	0
Resources (all)	kg	697	11	681	4,86

Gambar 4.13 Nilai *Characterization*

Gambar 4.13 di atas menjelaskan mengenai nilai dampak lingkungan tiap sistem amatan untuk 16 kategori yang dianalisa. Sebagai contoh, nilai dampak lingkungan untuk distribusi bahan baku, proses produksi dan distribusi produk pada kategori *global warming* (GWP 100) yaitu $9,06 \times 10^8$, $1,79 \times 10^9$ dan $3,99 \times 10^8$ dengan total nilai $3,1 \times 10^9$.

4.4.1.3 Normalisation

Pada tahap ini dilakukan penyeragaman satuan untuk semua *impact category*. *Normalisation* berfungsi untuk mempermudah membandingkan antar *impact category*, sehingga mempermudah pula dalam menentukan proses yang berkontribusi besar terhadap dampak lingkungan. Penyeragaman ini dilakukan dengan mengalikan nilai *characterization* dengan nilai normal yang ada pada metode EDIP/UMIP 97. Nilai normal metode EDIP/UMIP 97 dapat dilihat pada Lampiran 1. *Normalisation* dari produk guci air PT. Keramik Paolo dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 *Normalisation* Setiap *Impact Category*

Pada Gambar 4.14, dapat dilihat bahwa setelah dilakukan penyeragaman unit, beberapa dampak terbesar yaitu emisi dari beberapa zat yang dapat berdampak pada kesehatan manusia melalui media tanah (*human toxicity soil*) dengan nilai tertinggi yaitu sebesar 6080, meningkatnya suhu rata-rata atmosfer, laut, dan daratan di bumi sehingga menyebabkan bumi terasa lebih panas (*global warming GWP 100*) dengan nilai sebesar nilai sebesar 356, dan efek samping terhadap ekosistem air dari suatu zat yang dihasilkan dalam waktu singkat (*ecotoxicity water acute*) dengan nilai sebesar nilai sebesar 273. Hal ini disebabkan oleh semua ruang lingkup yaitu distribusi bahan baku, proses produksi, dan distribusi produk. Pada Gambar 4.14, tidak dapat diketahui nilai dampak lingkungan untuk masing-masing ruang lingkup. Oleh karena itu, berikut ini Gambar 4.15 yang merupakan nilai *normalisation* masing-masing ruang lingkup.

Impact category	Unit	Total	Distribusi bahan baku	Proses produksi keramik	Distribusi Produk
Global warming (GWP 100)		356	104	206	45,9
Ozone depletion		12,2	7,18	1,86	3,17
Acidification		266	160	34,1	71,2
Eutrophication		270	174	19,2	77,1
Photochemical smog		142	91,1	10,7	40,1
Ecotoxicity water chronic		204	20,3	174	8,92
Ecotoxicity water acute		273	26,5	235	11,7
Ecotoxicity soil chronic		2,12	0,519	1,38	0,229
Human toxicity air		269	146	58,4	64,5
Human toxicity water		129	18,2	103	7,99
Human toxicity soil		6,08E3	3,38E3	1,21E3	1,49E3
Bulk waste		43,2	0	43,2	0
Hazardous waste		1,4	0	1,4	0
Radioactive waste		125	0	125	0
Slags/ashes		0,589	0	0,589	0
Resources (all)		0	0	0	0

Gambar 4.15 Nilai Normalisation

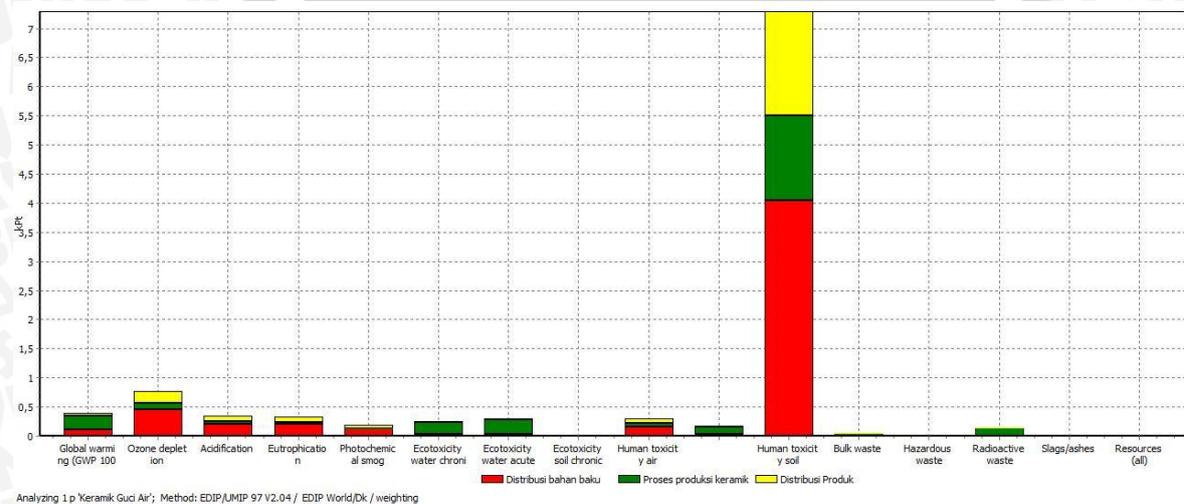
Pada Gambar 4.15, dapat dilihat bahwa dampak *human toxicity soil* dari semua ruang lingkup yaitu distribusi bahan baku, distribusi produk, dan proses produksi dengan nilai masing-masing sebesar $3,38 \times 10^3$, $1,21 \times 10^3$, dan $1,49 \times 10^3$. Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk mendapatkan nilai *normalisation* dampak *human toxicity soil* pada distribusi bahan baku.

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai normalisation} &= \text{Nilai hasil characterization} \times \text{nilai normal} \\
 &= (4,29 \times 10^5) \times (7,87 \times 10^{-3}) \\
 &= 3,38 \times 10^3
 \end{aligned}$$

Setelah ini dilakukan tahap selanjutnya yaitu tahap *weighting*, karena angka pada *normalisation* masih belum sesuai dengan tingkat kepentingan.

4.4.1.4 Weighting

Pada tahap ini dilakukan perkalian nilai *normalisation* dengan bobot yang terdapat pada metode EDIP/UMIP 97. Nilai bobot metode EDIP/UMIP 97 dapat dilihat pada Lampiran 1. Dengan dilakukannya pembobotan, maka hasil yang diperoleh akan sesuai dengan tingkat kepentingan. *Weighting* dari produk Guci Air PT Keramik Paolo dapat dilihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Weighting Setiap Impact Category

Pada Gambar 4.16 nilai weighting ditunjukkan menggunakan unit kPt atau kilo-point (1 kPt = 1000 points). Dapat dilihat bahwa setelah dilakukan pembobotan, dampak *human toxicity soil* masih menjadi dampak yang paling besar diantara yang lainnya yaitu dengan nilai sebesar 7,29 kPt. Tetapi terjadi peningkatan terhadap dampak penipisan lapisan ozon stratosfir yang akan menyebabkan lebih banyak sinar ultra ungu memasuki bumi (*ozone depletion*) menjadi sebesar 0,769 kPt sehingga menjadikan dampak tersebut berada di posisi kedua terbesar. Hal ini dikarenakan dampak *ozone depletion* memiliki tingkat kepentingan yang cukup tinggi. Diurutan dampak terbesar ke-tiga adalah dampak meningkatnya suhu rata-rata atmosfer, laut, dan daratan di bumi sehingga menyebabkan bumi terasa lebih panas (*global warming GWP 100*) dengan nilai sebesar 0,392 kPt. Sebagaimana diketahui, dampak *global warming (GWP 100)* pada diagram *normalisation* sebelumnya menempati urutan tertinggi ke-dua. Pada Gambar 4.16, tidak dapat diketahui nilai dampak lingkungan untuk masing-masing ruang lingkup. Oleh karena itu, nilai *weighting* masing-masing ruang lingkup dapat dilihat pada Gambar 4.17 berikut ini.

Impact category	Unit	Total	Distribusi bahan baku	Proses produksi keramik	Distribusi Produk
Total	Pt	1,05E4	5,39E3	2,74E3	2,38E3
Global warming (GWP 100)	Pt	392	115	227	50,5
Ozone depletion	Pt	769	452	117	199
Acidification	Pt	345	209	44,3	92,5
Eutrophication	Pt	324	209	23	92,5
Photochemical smog	Pt	184	118	13,9	52,1
Ecotoxicity water chronic	Pt	244	24,3	209	10,7
Ecotoxicity water acute	Pt	300	29,1	258	12,8
Ecotoxicity soil chronic	Pt	2,12	0,519	1,38	0,229
Human toxicity air	Pt	296	161	64,3	70,9
Human toxicity water	Pt	168	23,7	134	10,4
Human toxicity soil	Pt	7,29E3	4,05E3	1,46E3	1,78E3
Bulk waste	Pt	47,5	0	47,5	0
Hazardous waste	Pt	1,54	0	1,54	0
Radioactive waste	Pt	138	0	138	0
Slags/ashes	Pt	0,648	0	0,648	0
Resources (all)	Pt	0	0	0	0

Gambar 4.17 Nilai Weighting

Pada Gambar 4.17, dapat dilihat bahwa dampak emisi dari beberapa zat yang dapat berdampak pada kesehatan manusia melalui media tanah (*human toxicity soil*). Dari semua ruang lingkup yaitu distribusi bahan baku, distribusi produk, dan proses produksi keramik dengan nilai masing-masing sebesar 4,05 kPt, 1,78 kPt, dan 1,46 kPt. dampak *human toxicity soil* memiliki nilai yang paling dominan jika dibandingkan dengan dampak yang lain, hal ini dikarenakan dalam keseluruhan proses *supply chain* keramik menggunakan material dari bahan-bahan mineral seperti *feldspar*, *clay*, *limestone* dan *kaolin* yang berpotensi menimbulkan emisi beberapa zat seperti logam yang sangat berbahaya bagi manusia. Apabila dilihat dari angkanya, yang terbesar adalah pada distribusi bahan baku, hal ini dikarenakan mineral tersebut masih dalam jumlah kapasitas yang sangat banyak dan belum diolah dalam proses produksi. Angka-angka tersebut didapatkan dari perkalian antara nilai *normalisation* dengan nilai bobot. Berikut ini adalah contoh perhitungan dari tahap *weighting* untuk kategori dampak *human toxicity soil* pada distribusi bahan baku.

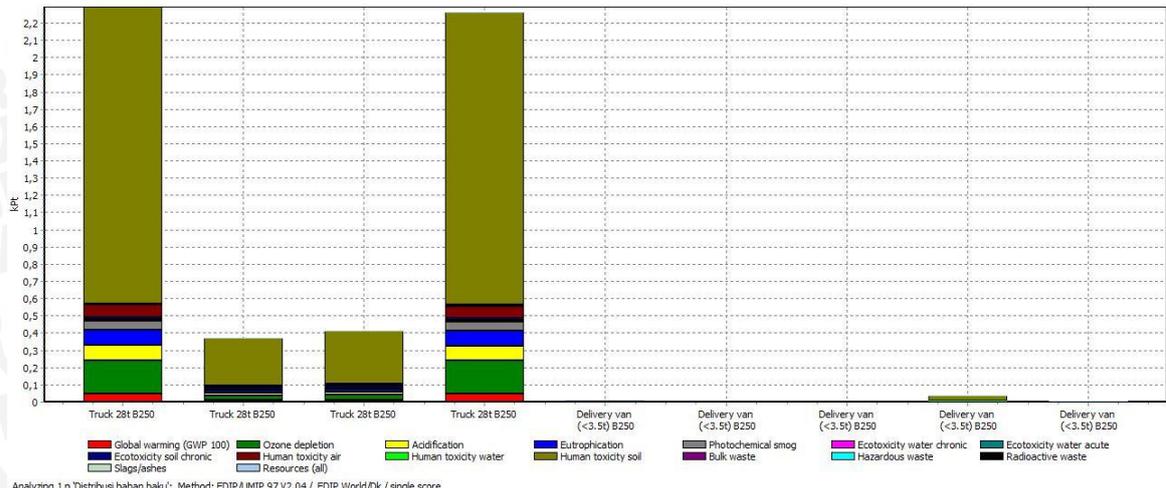
Weighting = Nilai normalisation x bobot

Weighting = $(3,38 \times 10^3) \times 1,2$
 = 4056 Pt
 = 4,05 kPt

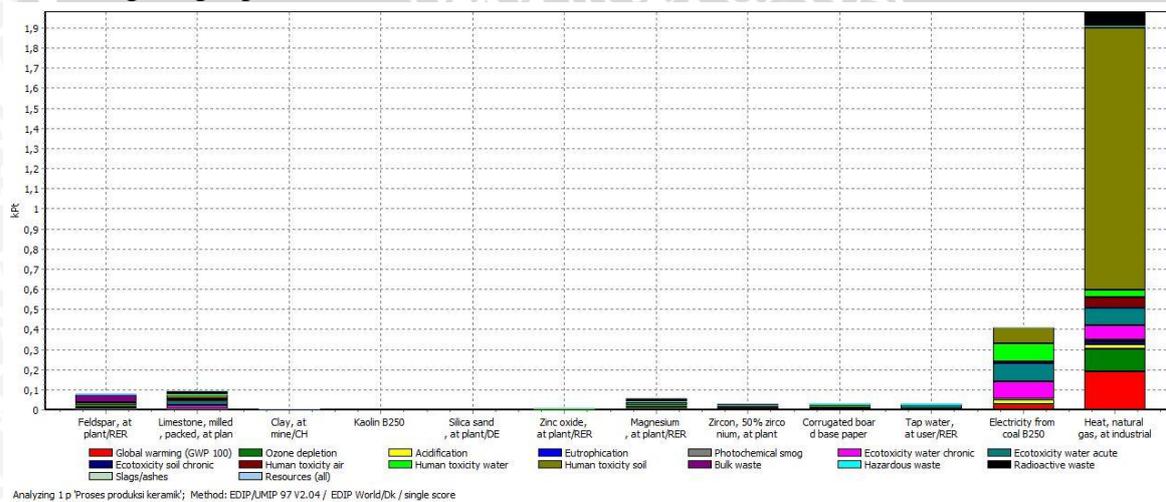
4.4.1.5 Process Contribution

Dikarenakan, pada tahap-tahap sebelumnya tidak diketahui bagian mana pada semua ruang lingkup yang paling berkontribusi terhadap lingkungan, maka dilakukan pengelompokan berdasarkan kontribusi terhadap lingkungan. Gambar 4.18 merupakan proses kontribusi pada semua ruang lingkup.

a. Ruang Lingkup Distribusi Bahan baku



b. Ruang Lingkup Proses Produksi



Gambar 4.18 Proses Kontribusi

Dari Gambar 4.18 dapat dilihat bahwa pada ruang lingkup distribusi bahan baku, proses yang paling berkontribusi terhadap lingkungan adalah truk dengan muatan 28 ton. Truk ini adalah truk yang digunakan untuk mengangkut *feldspar*. Feldspar merupakan bahan utama yang digunakan dalam pembuatan keramik yang berfungsi sebagai bahan pelebur/perekat pada suhu tinggi sehingga membutuhkan material dengan jumlah yang sangat banyak. Di sisi lain, pengambilan lokasi bahan baku feldspar tersebut yang jauh yaitu terletak di Purbalingga, Jawa Tengah, sehingga memerlukan banyak truk dengan

muatan 28 ton dalam pendistribusiannya. Semakin banyak truk yang digunakan, maka semakin banyak emisi yang dikeluarkan seperti gas karbon.

Pada ruang lingkup proses produksi, proses yang paling berkontribusi terhadap lingkungan adalah *Heat, Natural gas*. Gas alam merupakan bahan utama yang digunakan sebagai bahan bakar untuk proses pembakaran keramik dengan menggunakan mesin oven. Hal ini mengakibatkan gas yang telah digunakan sangat berdampak pada lingkungan dan panas yang ditimbulkan oleh proses pembakaran dapat memicu kerusakan lingkungan. PT Keramik Paolo menggunakan gas dari Pembangkit Gas Negara (PGN) yang langsung didistribusikan melalui pipa-pipa gas untuk perusahaan.

4.5 Rekomendasi Perbaikan

Setelah mengetahui proses mana yang paling berkontribusi terhadap dampak lingkungan, maka langkah selanjutnya adalah dilakukan rekomendasi perbaikan langsung untuk mengurangi dampak lingkungan. Rekomendasi perbaikan diusulkan berdasarkan hasil analisis *life cycle assessment*, kemudian didiskusikan dengan pihak yang ahli di PT Keramik Paolo sehingga menghasilkan keputusan rekomendasi yang terbaik. Pihak-pihak yang ahli yaitu bagian pengadaan (logistik), bagian produksi, dan tim manajemen. Adapun rekomendasi yang dilakukan adalah perbaikan dampak dari hasil analisis Life Cycle Impact Assessment dan perbaikan pada masing-masing ruang lingkup.

4.5.1 Rekomendasi Perbaikan Life Cycle Impact Assessment

Berdasarkan analisis hasil *Life Cycle Impact Assessment* dari nilai *weighting* pada Gambar 4.17 telah diketahui bahwa dampak lingkungan terbesar untuk keseluruhan unit *supply chain* produk keramik guci air di PT. Keramik Paolo Probolinggo adalah kategori dampak *human toxicity soil* yaitu dengan nilai masing-masing sebesar 4,05 kPt, 1,78 kPt, dan 1,46 kPt untuk distribusi bahan baku, distribusi produk, dan proses produksi keramik.

Human toxicity soil adalah emisi dari beberapa zat yang bisa berdampak pada kesehatan manusia melalui media tanah. Hal tersebut menjadikan ancaman yang sangat membahayakan bagi lingkungan jika tidak diatasi dengan baik di perusahaan tersebut. PT Keramik Paolo sebagai perusahaan yang melakukan kegiatan usaha pembuatan keramik telah mengetahui akan ancaman terkait dengan dampak untuk kategori *human toxicity soil* tersebut. Jenis limbah yang dihasilkan dari proses produksi keramik di PT Keramik Paolo Probolinggo ini adalah limbah cair dan limbah padat.

4.5.1.1 Limbah Cair

Limbah yang berupa *slurry* (lumpur) dari proses produksi di unit perusahaan keramik ini merupakan endapan dari sisa-sisa lumpur yang mengandung banyak air yang digunakan dalam proses produksi. Bahan baku dalam proses produksi keramik guci air ini diantaranya adalah *feldspar*, *limestone* (batu kapur), *clay*, *kaolin*, silika (SiO_2), *zinc oxide* (ZnO), *magnesium silicate* (*talca*), dan *zirconium silicate* ($ZrSiO_4$). Salah satu proses produksi keramik yang menghasilkan limbah berbahaya adalah pada tahap pewarnaan atau glasir. Pada proses glasir menggunakan bahan dasar *magnesium silicate*, SiO_2 dan *feldspar* yang mengandung logam berat, seperti tembaga yang berbahaya bagi lingkungan jika tidak dikelola dengan baik.

Dalam praktiknya, PT Keramik Paolo telah menyediakan kolam sebagai fasilitas penampung untuk limbah dari proses produksi, sehingga keseluruhan bahan-bahan sisa dari proses pencetakan keramik akan ditampung dalam kolam tersebut. Kolam tersebut memiliki ukuran yang luas yaitu $5 \times 10 \text{ m}^2$ sehingga cukup untuk menampung limbah yang terbuang. Akan tetapi belum ada pengelolaan limbah lebih lanjut sehingga limbah tersebut sebatas untuk ditampung dan selanjutnya hanya dialirkan langsung ke saluran pembuangan. Berdasarkan penelitian yang telah ada sebelumnya, limbah tersebut dapat ditangani yaitu dengan memanfaatkan sistem osmosis balik, dimana limbah yang dihisap dari pompa air akan melewati adsorben berupa limbah lempung / tanah liat yang kemudian menetralkan kandungan logam berat di dalamnya. Kandungan kimia tanah liat sebagai adsorben menunjukkan bahwa adsorben mengandung kaolinite yang mempunyai kemampuan untuk mengikat kation sehingga dapat digunakan sebagai adsorben dalam adsorpsi logam. Adsorben dari tanah liat yang mengandung 28,4% kaolinite dapat menyisihkan sekitar 44% logam Pb dan 23% logam Zn. Kadar logam Pb dan Zn yang terkandung pada limbah yang teradsorpsi telah memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup, yaitu 1 mg/L untuk Pb dan 5 mg/L untuk Zn (Rianti, Cindy 2014). Hasilnya limbah cair menjadi lebih ramah lingkungan ketika dibuang ke sungai. Selain itu, limbah cair yang diolah selanjutnya dapat dimanfaatkan kembali dalam proses produksi keramik sehingga turut mendorong efisiensi bahan produksi.

4.5.1.2 Limbah Padat

Selain limbah cair, di dalam proses produksi keramik juga menghasilkan limbah padat. Limbah ini tidak dapat digunakan sebagaimana mestinya karena tidak sesuai dengan standar dan mengalami kerusakan. Limbah keramik padat selama ini hanya dibuang begitu

saja tanpa mempertimbangkan efek yang akan terjadi di lingkungan sekitar, walaupun pembuangannya di lokasi yang memang telah disediakan untuknya seperti untuk urugan atau peninggian tanah bangunan, namun hal tersebut juga dapat menimbulkan pencemaran. Untuk rekomendasinya, limbah keramik yang berupa limbah padat yaitu terdiri dari pecahan-pecahan keramik memiliki massa padat dan keras, dengan demikian memungkinkan digunakan sebagai bahan campuran beton, dalam hal ini difungsikan sebagai agregat halus.

Untuk menjadikan limbah padat keramik menjadi agregat halus langkahnya adalah memecah dan menggiling limbah tersebut dengan menggunakan mesin los angeles. Hasil gilingan kemudian disaring dengan ayakan yang telah ditentukan dalam SNI. Melakukan pengujian, yaitu dengan membuat kubus beton dengan campuran hasil ayakan keramik dan semen berukuran 15x15 cm, kemudian dilakukan pengujian dengan mengikuti tata cara pengujian kuat tekan beton. Langkah selanjutnya yaitu menganalisis hasil pengujian kuat tekan beton, limbah agregat halus keramik telah diayak dan sesuai persyaratan bisa digunakan sebagai campuran pengganti sebagian agregat halus pasir untuk beton (Syamsul, Ahmad 2013). Dengan adanya pengolahan tersebut, maka limbah padat keramik menjadi bermanfaat bagi warga yang membutuhkan limbah tersebut sebagai bahan campuran beton untuk mendirikan rumah dan utamanya untuk lingkungan.

Rekomendasi perbaikan tersebut kemudian didiskusikan dengan pihak perusahaan. Berdasarkan hasil diskusi tersebut kemudian menghasilkan keputusan yaitu pihak perusahaan sangat mengapresiasi rekomendasi yang diberikan. Untuk rekomendasi pengolahan limbah cair, perusahaan menyetujui dan akan melakukan rekomendasi tersebut karena itu merupakan masalah lingkungan yang belum dapat ditangani hingga saat ini di perusahaan. Selain itu dapat mengefisiensi penggunaan bahan produksi sehingga pengolahan tersebut sangat bermanfaat. Untuk rekomendasi pengolahan limbah padat, perusahaan juga telah mengapresiasi dan akan mengaplikasikan cara pengolahan limbah padat keramik tersebut karena selama ini limbah padat di perusahaan hanya dimanfaatkan sebagai urugan di lingkungan perusahaan tanpa dilakukan pengolahan sehingga dapat membahayakan lingkungan. Selain itu biaya yang dikeluarkan tidak terlalu banyak yaitu untuk pembelian mesin penggiling dan alat uji beton.

4.5.2 Rekomendasi Perbaikan Masing-masing Ruang Lingkup

Setelah mengetahui proses mana yang paling berkontribusi terhadap lingkungan dari masing-masing ruang lingkup berdasarkan *process contribution* pada Gambar 4.18, maka

dilakukan rekomendasi perbaikan agar dapat mengurangi dampak lingkungan tersebut. Rekomendasi perbaikan yang diberikan adalah perbaikan pada proses distribusi bahan baku dan proses produksi dengan cara menambah, mengurangi atau mengganti untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan.

Pada ruang lingkup distribusi produk tidak diberikan rekomendasi perbaikan, hal ini dikarenakan PT Keramik Paolo mengirim produk sesuai jumlah pesanan. Selain itu PT Keramik Paolo juga memilih untuk menghindari pengiriman produk menggunakan pihak lain dikarenakan untuk menghindari adanya kerusakan produk keramik. Rekomendasi perbaikan yang diberikan nantinya diusahakan dapat menurunkan dampak dari masing-masing *stage* tersebut sehingga berpengaruh dalam menurunkan dampak secara keseluruhan terhadap sistem amatan. Berikut ini beberapa rekomendasi perbaikan yang diusulkan untuk mengurangi dampak lingkungan.

4.5.2.1 Rekomendasi Perbaikan Distribusi Bahan Baku

Pada ruang lingkup distribusi bahan baku, proses yang paling berkontribusi terhadap lingkungan adalah truk dengan muatan 28 ton. Truk ini adalah truk yang digunakan untuk mengangkut *feldspar*. Feldspar merupakan bahan utama yang digunakan dalam pembuatan keramik yang berfungsi sebagai bahan pelebur/perekat pada suhu tinggi sehingga membutuhkan material dengan jumlah yang sangat banyak. Di sisi lain, pengambilan lokasi bahan baku feldspar tersebut yang jauh yaitu terletak di Purbalingga, Jawa Tengah, sehingga memerlukan banyak truk dengan muatan 28 ton dalam pendistribusiannya. Selama ini PT Keramik Paolo menggunakan truk pribadi milik perusahaan untuk mengambil bahan baku langsung dari lokasi *supplier*, sehingga membutuhkan waktu yang relatif lama. Dalam segi cost, hal tersebut juga sangat merugikan bagi perusahaan, karena memerlukan biaya bahan bakar yang lebih banyak dan membutuhkan banyak truk yang menyebabkan emisi yang dikeluarkan seperti gas karbon juga semakin banyak.

Dengan dampak yang diberikan oleh proses pendistribusian bahan baku tersebut, maka perusahaan perlu memikirkan bagaimana dampak tersebut dapat segera diminimalkan. Rekomendasi perbaikan yang dapat diberikan adalah dengan mengganti alat transportasi sebagai pendistribusian bahan baku dari penggunaan truk 28 ton untuk beralih menggunakan kereta api barang. Nantinya *feldspar* yang dibawa oleh truk dari *supplier* di Purbalingga, langsung dipindahkan ke gerbong kereta api untuk dibawa menuju PT Keramik Paolo Probolinggo. Jarak tempuh yang dilalui kereta api menuju PT Keramik Paolo Probolinggo yaitu sekitar 500 km. Keuntungan yang didapatkan dengan

menggunakan alat transportasi kereta api yaitu muatan yang dibawa lebih banyak, serta konsumsi bahan bakar dapat lebih diminimalkan.

Rekomendasi perbaikan tersebut kemudian didiskusikan dengan pihak perusahaan. Perusahaan sangat mengapresiasi rekomendasi yang diberikan. Akan tetapi perusahaan masih akan mempertimbangkan lagi untuk menggunakan jasa kereta api, hal tersebut dikarenakan biaya yang dikeluarkan relatif lebih tinggi jika dibandingkan menggunakan truk. Selain itu jarak stasiun ke perusahaan yang relatif jauh akan menjadikan permasalahan lagi karena nantinya perusahaan masih harus menyediakan truk untuk mengangkut bahan tersebut ke perusahaan dan membutuhkan sumber daya manusia yang cukup.

4.5.2.2 Rekomendasi Perbaikan Proses Produksi

Pada ruang lingkup proses produksi, proses yang paling berkontribusi terhadap lingkungan adalah *Heat Natural gas*. Gas alam merupakan bahan utama yang digunakan sebagai bahan bakar untuk proses pembakaran keramik dengan menggunakan mesin Oven / Kiln atau juga biasa disebut dengan furnace.

Mesin kiln sebagai tungku pembakaran adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk pemanasan sebagai pembuatan keramik. Kiln adalah dapur sebagai penerima panas bahan bakar untuk pembakaran yang terdapat fire gate di bagian bawah sebagai alas bahan bakar dan yang sekelilingnya adalah pipa-pipa air ketel yang menempel pada dinding tembok ruang pembakaran yang menerima panas dari bahan bakar secara radiasi, konduksi, dan konveksi. Tungku adalah sebuah peralatan yang digunakan untuk melelehkan logam untuk pembuatan bagian mesin (casting) atau untuk memanaskan bahan serta mengubah bentuk atau merubaha sifatnya (perlakuan panas). Karena gas buang dari bahan bakar berkontak langsung dengan bahan baku, maka jenis bahan bakar yang dipilih menjadi penting. Adapun bahan bakar yang paling umum untuk kiln modern adalah gas alam, termasuk *liquefied petroleum gas (LPG)*, bahan bakar minyak, batu bara atau kayu. Dalam beberapa kasus pemanasan resistensi listrik juga sering digunakan sebagai sumber panas, apabila biaya listriknya rendah. Adapun bahan bakar padat akan menghasilkan bahan partikulat yang akan mengganggu bahan baku yang ditempatkan di dalam tungku, maka hampir seluruh kiln menggunakan bahan bakar cair, bahan bakar gas atau listrik sebagai masukan energinya.

PT Keramik Paolo menggunakan gas dari Perusahaan Gas Negara (PGN) yang langsung didistribusikan melalui pipa-pipa gas untuk perusahaan. Selama tahun 2014, PT

Keramik Paolo membutuhkan gas alam sebanyak 660.000 m³ sebagai bahan bakar untuk proses kiln. Hal ini mengakibatkan gas yang telah digunakan sangat berdampak pada lingkungan dan panas yang ditimbulkan oleh proses pembakaran dapat memicu kerusakan lingkungan. Oleh karena itu, berdasarkan penelitian ini diharapkan dapat membantu perusahaan dalam mengatasi persoalan lingkungan. Terkait dengan bahan bakar untuk mesin kiln, peneliti merekomendasikan untuk mengganti bahan bakar tersebut dari *nature gas* dan beralih ke penggunaan *Compressed Natural Gas* (CNG).

Compressed Natural Gas (CNG) merupakan gas alam dalam bentuk terkompresi. CNG berbeda dengan *Liquid Petroleum Gas* yang merupakan turunan dari tambang minyak bumi, CNG merupakan sumber gas yang lebih bersih. Selain ramah terhadap lingkungan, penggunaan CNG pada mesin produksi dapat menghemat biaya bahan bakar hingga 40%. Adapun spesifikasi dari gas ini adalah:

- *Methane* : 95% - 97%
- *Gross Heating Value* : 8,000-10,658 Kcal/M³ (900-1200 BTU/SCF)
- SG : 0.55 – 0.85
- *Water Content* : 0.16028 gr/M³ (10 Lbs/MMSCF)
- *Temperature* : 300 C – 380 C (850 F – 1000 F)
- *CO₂* : *Max* 5%

Dengan residu buang berupa CO₂ dan H₂O atau gas karbondioksida dan air, CNG menjadikannya sumber daya yang bersih dan efisien. Efeknya mesin kiln akan bekerja dengan lebih baik, bersih dan tahan lama. Apabila memilih bahan bakar CNG tersebut, mesin kiln dapat digunakan melalui proses migrasi. Secara teoritis mesin berbahan bakar minyak, gas dan batu bara dapat dikonversikan untuk menggunakan CNG. Oleh sebab itu penggunaan CNG direkomendasikan kepada perusahaan guna menciptakan kondisi lingkungan yang lebih baik.

Rekomendasi perbaikan dalam proses produksi tersebut kemudian didiskusikan dengan pihak perusahaan. Beberapa hal yang menarik bagi perusahaan adalah spesifikasi dari gas tersebut yang baik dan lebih ramah terhadap lingkungan. Akan tetapi perusahaan masih akan mempertimbangkan lagi untuk menggunakan CNG, hal tersebut dikarenakan proses pendistribusian CNG yang masih menggunakan truk tangki dan belum ada pendistribusian langsung ke perusahaan dengan menggunakan pipa gas, sehingga perusahaan harus menambah biaya lagi untuk pendistribusiannya dan menyediakan tangki gas untuk menampung CNG nantinya.

BAB V

PENUTUP

Pada bab ini akan dijelaskan kesimpulan dan saran yang akan diberikan berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Kesimpulan merupakan jawaban dari tujuan penelitian yang telah dirumuskan. Sedangkan saran ditulis untuk memberikan masukan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dampak lingkungan berupa limbah yang ditimbulkan dari aktivitas *supply chain* produk keramik guci air meliputi distribusi bahan baku, proses produksi, dan distribusi produk. Pada proses produksi keramik, limbah yang dihasilkan berupa limbah padat, limbah cair dan limbah gas. Limbah padat dalam proses pembuatan keramik berupa produk yang mengalami gagal produksi/cacat produksi yang dibuang. Limbah cair dalam proses pembuatan keramik guci air berupa lumpur sisa proses casting yang mengandung senyawa kimia berbahaya. Sementara limbah gas yang dihasilkan dalam pembuatan keramik berupa gas panas yang dikeluarkan dari proses pembakaran keramik.
2. Pada analisa dampak lingkungan aktivitas *supply chain* produk guci air, dampak lingkungan terbesar adalah *human toxicity soil* dengan nilai total sebesar 7,29 kPt, *ozone depletion* dengan nilai total sebesar 0,769 kPt, dan *global warming* dengan nilai total sebesar 0,392 kPt. Nilai dampak lingkungan pada kategori *human toxicity soil* pada sistem amatan distribusi bahan baku, proses produksi, dan distribusi produk masing-masing adalah sebesar 4,05 kPt, 1,46 kPt dan 1,78 kPt. Sedangkan nilai dampak lingkungan untuk kategori *ozone depletion* yaitu 0,452 kPt, 0,117 kPt, dan 0,199 kPt. Nilai dampak lingkungan untuk kategori *global warming* yaitu 0,115 kPt, 0,227 kPt dan 0,0505 kPt.
3. Dari analisa yang sudah dilakukan dengan menggunakan metode LCA dapat diketahui bahwa aktivitas *supply chain* produk keramik guci air memiliki total dampak sebesar 10,5 kPt dengan urutan kontribusi yaitu distribusi bahan baku, proses produksi, dan distribusi produk dengan masing-masing nilai sebesar 5,39 kPt,

2,74 kPt, dan 2,38 kPt. Dari proses kontribusi diketahui bahwa proses yang menyebabkan dampak lingkungan paling tinggi adalah penggunaan truk dengan kapasitas 28 ton untuk pendistribusian bahan baku feldspar dengan nilai sebesar 2,29 kPt, penggunaan truk dengan kapasitas 28 ton untuk pendistribusian bahan baku kaolin dengan nilai sebesar 2,26 kPt, serta penggunaan gas alam untuk mesin oven dengan nilai sebesar 1,98 kPt.

4. Rekomendasi perbaikan untuk analisis hasil Life Cycle Impact Assessment pada limbah cair adalah mengolah limbah cair dengan menggunakan adsorben lempung / tanah liat, sedangkan pada limbah padat yaitu dengan mengolah limbah padat keramik untuk dijadikan sebagai agregat halus bahan campuran beton. Rekomendasi perbaikan untuk masing-masing ruang lingkup adalah mereduksi dampak ke lingkungan yang ditimbulkan dari distribusi bahan baku dengan mengganti truk muatan 28 ton untuk pendistribusian bahan baku *feldspar* dengan kereta api barang. Sedangkan rekomendasi perbaikan untuk mereduksi dampak ke lingkungan yang ditimbulkan dari proses produksi produk keramik guci air adalah dengan mengubah penggunaan gas alam menjadi CNG (*Compressed Natural Gas*) sebagai bahan bakar mesin kiln.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini agar dapat digunakan untuk perbaikan dalam penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan dalam melakukan analisa *Life Cycle Assessment* (LCA) menggunakan ruang lingkup yang lebih luas mulai dari ekstraksi bahan baku, distribusi bahan baku, proses produksi, distribusi produk, penggunaan konsumen, dan pembuangan akhir produk.
2. Sebaiknya melakukan perhitungan biaya pada pemilihan alternatif perbaikan. Perhitungan biaya tersebut meliputi biaya-biaya yang digunakan dalam mengaplikasikan alternatif perbaikan, seperti biaya bahan baku dan energi.
3. Sebaiknya melakukan perhitungan *Life Cycle Assessment* (LCA) per proses agar limbah yang dihasilkan dapat diketahui secara lebih rinci.