

ANALISIS LIFE CYCLE ASSESSMENT PADA PRODUK *BATHTUB* DAN *BASIN*
DI CV APAISER INDONESIA

LIFE CYCLE ASSESSMENT ANALYSIS OF *BATHTUB* AND *BASIN* IN CV APAISER
INDONESIA

Erham Verdian¹⁾, Ishardita Pambudi Tama²⁾, Rakhmat Himawan³⁾

Jurusan Teknik Industri, Universitas Brawijaya

Jl. Mayjen Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail: erham25@gmail.com¹⁾, kangdith@ub.ac.id²⁾, himawan@ub.ac.id³⁾

ABSTRAK

Pada penelitian ini meneliti LCA di CV Apaiser Indonesia menggunakan batasan gate to gate yang merupakan analisis LCA dimulai dari bahan masuk perusahaan hingga proses produksi selesai. Analisis LCA ini diawali dengan mengumpulkan seluruh data bahan dan mesin yang digunakan oleh perusahaan untuk membuat satu produk. Selanjutnya dilakukan perhitungan dampak lingkungan. Dari hasil perhitungan peneliti memilih beberapa kategori tertinggi untuk dicari rekomendasi penanggulangan dampak negatif terhadap lingkungan tersebut. Berdasarkan hasil perhitungan pada proses pembuatan bathtub dampak negatif terhadap lingkungan tertinggi adalah Aquatic eutrophication (P), Human toxicity air, dan Ecotoxicity soil chronic. Untuk proses pembuatan basin adalah Aquatic eutrophication (P), Humantoxicity air, dan Human toxicity water. Rekomendasi yang diberikan adalah penggantian polyester unsaturated resin konvensional ke green polyester unsaturated resin. Penyesuaian penggunaan masker untuk masing-masing stasiun kerja. Pembangunan pengolahan limbah cair perusahaan. Pindahkan tempat pembuangan limbah ke daerah tidak produktif. Dan penggantian metode pembuatan basin dari teknik casting ke teknik spraying.

Kata kunci: CV Apaiser Indonesia, analisis dampak lingkungan, ISO 14040, Life Cycle Assessment

1. **Pendahuluan**

Konsumen saat ini mulai sadar tentang dampak negatif terhadap lingkungan yang timbul dari penggunaan produk. Masalah yang ditimbulkan dari kegiatan produksi perusahaan yang berdampak terhadap lingkungan di sekitarnya juga mulai menjadi perhatian konsumen saat ini, seperti limbah baik cair, gas maupun padat, dan sumber daya yang semakin berkurang akibat kegiatan perusahaan. Sehingga hal ini membuat berbagai negara di dunia untuk membuat regulasi tentang keamanan lingkungan pada setiap produk yang dihasilkan oleh perusahaan.

CV Apaiser Indonesia merupakan objek penelitian ini, yang terletak di Pasuruan, Jawa Timur. CV Apaiser Indonesia saat ini memproduksi *bathtub* dan *basin*. Proses produksi CV Apaiser Indonesia menggunakan 3 bahan baku utama yaitu *fiberglass*, *polyester resin* dan batu alam.

Pada produksi *bathtub* dan *basin* CV Apaiser Indonesia menggunakan banyak resin, yang dikhawatirkan berbahaya bagi lingkungan, penggunaan monomer *styrene* di *polyester unsaturated resin* merupakan masalah pada

lingkungan dan masalah kesehatan yang disebabkan oleh penguapan dan emisi, yang muncul selama pemrosesan resin [1]. Selain itu untuk produksi *bathtub* sendiri juga memerlukan *fiberglass*. Penggunaan *styrene* dalam kebanyakan metode produksi *fiberglass* dapat menyebabkan polusi udara yang berbahaya pada level yang berlebihan dan penggunaan *solvent* dapat membuat limbah berbahaya bagi lingkungan jika tidak ditangani dengan benar[2].

Proses produksi CV Apaiser Indonesia menghasilkan 2 limbah yaitu limbah padat dan cair yang selama ini belum ada penanganan khusus dari CV Apaiser Indonesia. Limbah padat dari CV Apaiser Indonesia merupakan hasil proses penghalusan mekanik dan penggabungan sisi luar dan sisi dalam (*finishing*) *bathtub* dan *basin*. Dan limbah cair dihasilkan dari proses pencucian dan *manual finishing*. Pada Tabel 1.1 merupakan data limbah yang dihasilkan pada setiap produksi *bathtub* dan *basin*.

Tabel 1. Data Limbah *Bathtub* dan *Basin*

No	Jenis Limbah	<i>Bathtub</i>	<i>Basin</i>
1	Padat	2%	1%
2	Cair	20 liter	10 liter

Diharapkan penelitian ini dapat mengetahui dampak yang terjadi di lingkungan perusahaan, sehingga nantinya dapat diketahui bagaimana alternatif yang dapat diusulkan untuk mengurangi dampak negatif dari kegiatan produksi perusahaan.

Meskipun CV Apaiser Indonesia merupakan cabang internasional dari perusahaan Apaiser masih belum menerapkan ISO 14001, hal ini akan berdampak pada regulasi di beberapa negara di dunia mewajibkan adanya sertifikasi terhadap dampak lingkungan yang dihasilkan dari produk yang dikirimkan ke negaranya sehingga hal ini juga berdampak pada produk dari CV Apaiser Indonesia. Untuk mendapatkan sertifikasi ISO 14001, terdapat banyak kriteria yang harus dipenuhi. Salah satu kriteria yang harus dipenuhi untuk mendapatkan sertifikasi ISO 14001 adalah penilaian dampak lingkungan dari produk yang dihasilkan sehingga CV Apaiser Indonesia ingin mengetahui bagaimana dampak lingkungan dari proses produksinya.

Untuk mendapatkan sertifikasi keamanan lingkungan internasional membutuhkan data pendukung berupa analisis dampak lingkungan dari kegiatan produksi dari perusahaan. Salah satu alat yang digunakan terutama dalam lingkup *life cycle* produk adalah analisis *Life Cycle Assessment* (LCA). LCA merupakan satu-satunya metode penilaian *life cycle* yang terdaftar dalam ISO dengan nomor 14040-14044.

Pada penelitian ini batasan yang digunakan untuk meneliti LCA di CV Apaiser Indonesia adalah *gate to gate* yang merupakan analisis LCA dimulai dari bahan baku masuk perusahaan hingga proses produksi sebelum sampai ke tangan konsumen. *Gate to gate* dipilih karena pada batasan ini dapat terlihat bagaimana dampak yang ditimbulkan dari proses produksi di CV Apaiser Indonesia.

Life Cycle Assessment yang selanjutnya disebut LCA merupakan metode untuk mengetahui pengaruh dari kegiatan manufaktur terhadap lingkungan sekitarnya, mulai dari penyediaan bahan baku produk, proses pembuatan produk hingga produk sampai ke konsumen. Metode ini dilakukan dengan

menggabungkan dan menganalisis data *input* dan *output* pada sistem produksi, yang selanjutnya akan dilakukan evaluasi dan melakukan interpretasi dari hasil analisis dampak lingkungan sesuai dengan tujuan LCA. Batasan LCA sendiri yaitu *cradle to cradle*, *cradle to grave*, *cradle to gate*, *wheel to wheel*, dan *gate to gate*. Tujuan dari LCA adalah menilai semua kemungkinan dampak lingkungan yang dapat ditimbulkan oleh proses pembuatan produk maupun produk itu sendiri, agar dapat dipilih produk atau proses yang mempunyai dampak paling sedikit terhadap lingkungan. Sehingga perusahaan dapat memilih alternatif-alternatif yang ada.

Metode LCA dianggap sesuai dengan perusahaan dikarenakan metode ini akan sangat membantu untuk data penunjang untuk pemilihan alternatif dari berbagai alternatif yang ada untuk mengurangi dampak lingkungan yang dihasilkan dari proses produksi perusahaan. Pada penjelesan hal yang dibutuhkan pada ISO 14001 pada nomor 4.3.1 *Environmental aspect*. Yang menyebutkan bahwa “untuk mengidentifikasi aspek lingkungan dari aktifitas, produk dan jasa dengan mendefinisikan ruang lingkup sistem manajemen lingkungan yang dapat dikendalikan dan dapat mempengaruhi perhitungan, perencanaan atau pengembangan baru, atau perubahan aktivitas, produk dan jasa. Untuk menentukan aspek tersebut yang memiliki atau dapat memiliki dampak lingkungan yang signifikan”. Diperjelas pada Annex A nomor A.3.1 *Environmental Aspect* bahwa sebuah organisasi harus mengidentifikasi aspek lingkungan dengan ruang lingkup dari sistem manajemen lingkungan, yang mempertimbangkan *input* dan *output* terkait dengan aktifitas saat ini dan sebelumnya, produk dan jasa, perencanaan atau pengembangan baru, atau aktivitas baru dan modifikasi aktifitas, produk dan jasa. Pada proses ini harus mempertimbangkan kondisi operasi normal dan abnormal, kondisi *shut down* dan *start up*, serta situasi gawat darurat [3].

Selain itu untuk menunjang ISO 14001 juga diperlukan rekomendasi perbaikan dari hasil LCA sesuai pada ISO 14001 nomor 4.6 tentang *management review* bahwa pada poin “h” harus memasukkan rekomendasi untuk perbaikan [3].

2. Pembahasan

Penelitian ini akan membahas tentang

analisis LCA pada produk *bathhtub* dan *basin* di CV Apaiser Indonesia.

2.1 Metode Penelitian

Tahapan yang digunakan dalam analisa LCA di CV Apaiser Indonesia adalah sebagai berikut:

1. Studi Lapangan

Metode ini digunakan dalam pengumpulan data, dimana peneliti secara langsung mengamati proses produksi dan pengamatan penggunaan bahan. sedangkan cara lain yang dipakai dalam studi lapangan ini adalah

- Wawancara, yaitu suatu metode yang digunakan dalam mendapatkan data dengan jalan mengajukan pertanyaan secara langsung kepada pihak-pihak terkait atau yang berwenang untuk memperoleh informasi yang tepat.
- Observasi, yaitu suatu metode dalam memperoleh data, dengan mengadakan pengamatan langsung terhadap keadaan yang sebenarnya dalam perusahaan.
- Dokumentasi, yaitu melihat dan menggunakan laporan-laporan dan catatan-catatan yang ada pada perusahaan.

2. Studi Pustaka

Metode ini digunakan untuk mendapatkan informasi dengan cara studi literatur dari berbagai sumber terkait dengan *Life Cycle Assessment*.

3. Mengidentifikasi masalah

Mengidentifikasi masalah dilakukan terhadap CV Apaiser Indonesia tentang masalah yang terdapat di CV Apaiser. Pengamatan dilakukan dengan pihak manajemen CV Apaiser Indonesia.

4. Merumuskan Masalah

Merumuskan masalah dari identifikasi masalah yang telah dilakukan sesuai dengan kejadian dilapangan.

5. Menentukan Tujuan Penelitian

Menentukan tujuan penelitian dengan dasar dari rumusan masalah yang telah dilakukan supaya penelitian terarah dalam analisis *Life Cycle Assessment*.

6. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan untuk memperoleh data yang valid, dapat dipercaya dan relevan dengan melakukan

survey di perusahaan. Berikut adalah data yang diambil dalam penelitian ini.

- Data semua transportasi yang digunakan dalam kegiatan produksi di CV Apaiser Indonesia.
- Data mesin dan alat yang digunakan dalam proses produksi di CV Apaiser Indonesia.
- Data bahan baku dan bahan penunjang dalam proses produksi di CV Apaiser Indonesia.

7. Pengolahan dan Analisa Data

Pengolahan data dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

- Setelah mendapatkan data yang diperlukan dalam analisis LCA kemudian memasukkan data *inventory* untuk mengolah *Life Cycle Inventory* untuk melakukan perhitungan *input* dan *output* di seluruh tahapan *life cycle* dari CV Apaiser Indonesia berupa data bahan produksi, energi dan *output* produksi yang digunakan dalam proses pembuatan *bathhtub* dan *basin*. Dari pengolahan data ini akan keluar hasil detail *output*, *input* dan energi yang digunakan pada setiap titik prosesnya yang selanjutnya akan di *input* dalam program Simapro. Berikut adalah langkah-langkah dalam LCI:

- Membuat diagram alir dari proses yang dievaluasi.
- Merencanakan pengumpulan data terkait dengan proses produksi
- Mengumpulkan data terkait dengan *input* dan *output* dari setiap proses yang ada.
- Mengevaluasi dan melaporkan hasil.

- Hasil dari *Life Cycle Inventory* akan diolah dalam *software* Simapro untuk mendapatkan nilai *environmental impact*. Pada tahapan ini nantinya akan memunculkan dampak-dampak lingkungan yang dihasilkan dari kegiatan produksi di CV Apaiser Indonesia.

- Menentukan dampak lingkungan terbesar dari kegiatan produksi di CV Apaiser Indonesia. Dari

beberapa kategori yang telah dilakukan dalam *impact assessment* dipilih dari proses produksi maupun produk yang digunakan yang mempunyai dampak negatif terhadap lingkungan yang terbesar, sehingga peneliti dapat memilih proses atau penggunaan produk apa yang harus dicari alternatif lain untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

- d. Memberikan berbagai alternatif untuk mengurangi dampak lingkungan dari kegiatan produksi CV Apaiser Indonesia. Alternatif yang diberikan adalah berdasarkan diskusi dengan pihak CV Apaiser Indonesia dan juga berdasarkan jurnal penelitian LCA yang terkait dengan permasalahan yang ada.
5. Rekomendasi alternatif
Rekomendasi alternatif ini berupa saran alternatif untuk mengurangi dampak lingkungan yang lebih baik dan lebih ramah terhadap lingkungan.
6. Analisa dan Pembahasan
Pada tahapan analisa dan pembahasan dilakukan pembahasan dari hasil pengolahan data yang didapatkan. Untuk mendapatkan hasil apakah hasil penelitian sesuai dengan tujuan penelitian.
7. Kesimpulan dan Saran
Membuat kesimpulan dan saran berdasarkan hasil pengolahan dan analisa data yang telah dilakukan sehingga dapat menjawab rumusan masalah di awal penelitian. Selain itu dapat memberikan saran perbaikan bagi perusahaan dan penelitian selanjutnya

2.2 Pengolahan Data

Pada produksi *bathtub* dan *basin* diperlukan bahan untuk membuat produk tersebut, berikut merupakan bahan yang dipakai dalam proses produksi di CV Apaiser Indonesia yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Kebutuhan Material

Nama Bahan	Satuan	Jumlah kebutuhan setiap produk	
		Bathtub	basin
Resin	kg	75	7
Gel Coat	kg	25	2
Wax	kg	2	0,5
Fiber Glass	kg	6	-
Batu	kg	10	3
Air	l	20 (20 kg)	10 (10 kg)
Kayu Packaging	m3	0,25	0,02

Tabel 2. Kebutuhan Material (lanjutan)

Nama Bahan	Satuan	Jumlah kebutuhan setiap produk	
		Bathtub	basin
Plastik packaging	kg	0,5	0,01
Sterofoam	kg	1,5	0,3
Kertas	gr	21	21
Multiplex / Plywood	kg	7	1
Paku	gr	306 (0,306 kg)	96 (0,096 kg)

Selain itu CV Apaiser juga menggunakan mesin yang digunakan untuk menunjang proses produksi di CV Apaiser Indonesia. Berikut merupakan daftar kebutuhan mesin yang diperlukan yang dapat dilihat pada pada Tabel 3.

Tabel 3 Penggunaan Mesin

Nama Mesin	Satuan	Penggunaan	
		Bathtub	Basin
Crusher	Kg	10	3
Mixer	Menit	10	5
Air Compressor	m ³	1,5	-
Gerinda	Menit	50	30
Nailgun	detik	102	32
Truk	meter	500	500
Hand Forklift	meter	-	-

Pada pembuatan *bathtub* dan *basin* masing masing terdapat 3 tahap, yaitu tahap persiapan material, tahap produksi dan tahap *packaging*. Tahap pembuatan *bathtub* dapat dilihat pada Gambar 1 dan *basin* pada Gambar 2.



Gambar 1 tahap pembuatan bathtub



Gambar 2. tahap pembuatan basin

2.2.1 Life Cycle Inventory

Life cycle inventory merupakan input data konsumsi energi, penggunaan mesin dan bahan yang digunakan ke dalam Simapro 8 untuk perhitungan analisis dampak lingkungan dari kegiatan dan bahan penyusun produk. Pada *life cycle inventory* keseluruhan kegiatan utama maupun penunjang akan dimasukkan seluruhnya untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal. Setelah semua data yang digunakan untuk inventory didapatkan maka langkah selanjutnya adalah melakukan input database yang belum

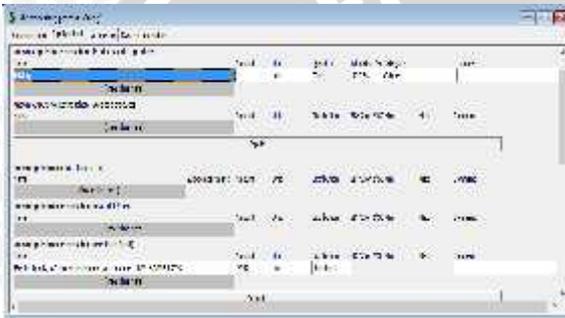
tersedia dalam Simapro 8.1.

Pada penelitian ini terdapat beberapa mesin yang belum tersedia di dalam simapro beserta data konsumsi daya diantaranya adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Tabel Konsumsi Daya

Nama Mesin	Konsumsi Daya
Crusher	5 pk (1 ton/jam)
Mixer	4 pk
Gerinda	1010 watt
Nailgun	300 watt
Compressor	5 pk

Untuk memasukkan data penggunaan mesin yang belum tersedia dalam Simapro 8.1 maka dilakukan input seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Input Data Mesin yang Belum Tersedia

Untuk memasukkan data konsumsi daya diperlukan konversi energi dikarenakan terdapat beberapa mesin yang menggunakan satuan berbeda dalam penggunaan satuan energi di Simapro. Berikut merupakan data konversi satuan energi yang digunakan

a. *Crusher* (5 pk)

$$\begin{aligned} & \text{konsumsi energi dalam watt} \\ & = (\text{jumlah daya dalam pk}) \\ & \quad \times (\text{nilai konversi dari pk ke watt}) \\ & = 5 \times 735,499 \\ & = 3677,495 \text{ watt (1 ton per jam)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Untuk konsumsi daya per kg} \\ & = \text{konsumsi daya} : \text{kapasitas} \\ & = 3677,495 : 1000 \\ & = 36,77495 \text{ watt} \end{aligned}$$

b. *Mixer* (4 pk)

$$\begin{aligned} & \text{konsumsi energi dalam watt} \\ & = (\text{jumlah daya dalam pk}) \\ & \quad \times (\text{nilai konversi dari pk ke watt}) \\ & = 4 \times 735,499 \\ & = 2941,996 \text{ watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Untuk konsumsi daya per menit} \\ & = 2941,996 : 60 \\ & = 49 \text{ watt} \end{aligned}$$

c. *Compressor* (5 pk)

$$\begin{aligned} & \text{konsumsi energi dalam watt} \\ & = (\text{jumlah daya dalam pk}) \\ & \quad \times (\text{nilai konversi dari pk ke watt}) \\ & = 5 \times 735,499 \\ & = 3677,495 \text{ watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Untuk konsumsi daya per menit} \\ & = 3677,495 : 60 \\ & = 61,292 \text{ watt} \end{aligned}$$

1. *Input data bathtub*
Berikut merupakan input data pembuatan *bathtub* yang akan diolah dalam Simapro 8.

a. Tahap 1 Persiapan Material *Bathtub*
Pada tahap 1 yaitu persiapan material *bathtub* membutuhkan input berupa batu alam giling, mesin giling batu dan transportasi. Pada Tabel 4 merupakan kebutuhan material di tahap 1.

Tabel 5. Tabel Kebutuhan Bahan di Tahap 1
Persiapan Material *Bathtub*

Nama Bahan	Nama Bahan di Simapro	Kebutuhan
Batu	Crushed stone	10 kg

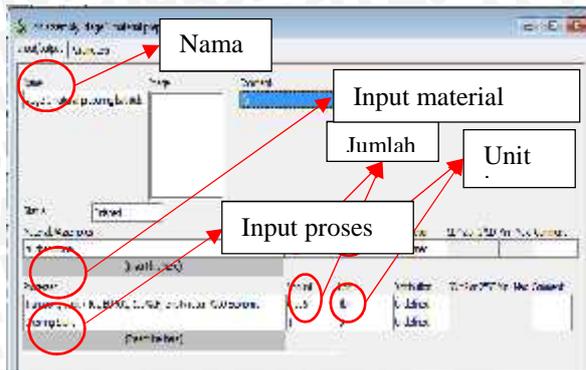
Pada Tabel 5 merupakan kebutuhan mesin dan penggunaannya. Penggunaan truk untuk pengangkutan bahan dalam 500 meter.

$$\begin{aligned} \text{Penggunaan truk per kg} & = 0,001 \times 0,5 \text{ km} \\ & = 0,0005 \text{ tkm} \\ \text{Kebutuhan} & = 10 \text{ kg} \times 0,0005 \text{ tkm} \\ & = 0,005 \end{aligned}$$

Tabel 6. Tabel Kebutuhan Mesin di Tahap 1
Persiapan Material *Bathtub*

Nama Mesin	Kebutuhan penggunaan
Truk	0,005 tkm
Crusher	10 kg

Pada Gambar 4 merupakan contoh input kebutuhan material pada tahap 1.



Gambar 4. Input Tahap 1 Persiapan Material Bath tub

b. Tahap 2 Produksi Bath tub
Berikut merupakan input proses pada tahap 2 yang memasukkan keseluruhan proses produksi bath tub.

- 1) *Mixing*
Pada Tabel 6 merupakan bahan yang digunakan dalam proses *mixing*.

Tabel 7. Tabel Kebutuhan Bahan di Proses *Mixing*

Nama Bahan	Nama Bahan di Simapro	Kebutuhan
Resin	<i>Polyester resin, unsaturated</i>	75 kg
Gel Coat	<i>Polyester resin, unsaturated</i>	20 kg

Pada Tabel 7 merupakan kebutuhan mesin dan penggunaannya

Tabel 8. Tabel Kebutuhan Mesin di Proses *Mixing*

Nama Mesin	Kebutuhan penggunaan
<i>Mixer</i>	2x 5 menit= 10 menit

- 2) *Spraying*
Pada Tabel 8 merupakan kebutuhan dari proses *casting*.

Tabel 9. Tabel Kebutuhan Bahan di Proses *Spraying*

Nama Bahan	Nama Bahan di Simapro	Kebutuhan
Kertas	<i>Printed paper</i>	15 g
<i>Fiber glass</i>	<i>Glass fibre reinforced plastic</i>	6 kg
Wax	<i>Wax, lost-wax casting</i>	3 kg

Pada Tabel 9 merupakan kebutuhan mesin dan penggunaannya.

Tabel 10. Tabel Kebutuhan Mesin Proses *Spraying*

Nama Mesin	Kebutuhan penggunaan
<i>Air Compressor</i>	5 menit

- 3) *Assembly dan Grinding*
Pada Tabel 10 merupakan kebutuhan mesin dari proses

grinding.

Tabel 11. Kebutuhan Mesin Proses *Grinding*

Nama Mesin	Kebutuhan penggunaan
<i>Gerinda</i>	60 enit

- 4) *Finishing*
Pada Tabel 11 merupakan kebutuhan dari proses *finishing*.

Tabel 12. Kebutuhan Bahan Proses *Finishing*

Nama Bahan	Nama Bahan di Simapro	Kebutuhan
Air	<i>Tapwater groundwater</i>	(from) 20 liter

- c. Tahap 3 *Packaging*
Bath tub akan dikemas untuk menjaga *bath tub* agar tetap dalam kondisi utuh. Pada Tabel 12 merupakan kebutuhan dari proses *packaging*.

Tabel 13. Tabel Kebutuhan Bahan di Proses *Packaging*

Nama Bahan	Nama Bahan di Simapro	Kebutuhan
Kayu	<i>Sawlog, softwood,</i>	0,24 m3
<i>Packaging</i>	<i>debarked.</i>	
Plastik	<i>PET Film</i>	0,5 kg
<i>packaging</i>		
<i>Sterofoam</i>	<i>Polystherene foam slab</i>	1,5 kg
Kertas	<i>Printed paper</i>	6 gr
<i>Multiplex Plywood</i>	<i>Panel trim, from trim and saw at plywood plant</i>	7 kg
Paku	<i>Steel</i>	306 gr

Pada Tabel 13 merupakan kebutuhan mesin dan penggunaannya.

Tabel 14. Kebutuhan Mesin Proses *Packaging*

Nama Mesin	Kebutuhan penggunaan
<i>Nailgun</i>	102 tik

2. *Input data basin*
Berikut merupakan input data pembuatan *basin* yang akan dioalah dalam Simapro 8.

- a. Tahap 1 Persiapan Material *Basin*
Pada tahap 1 yaitu persiapan material *bath tub* membutuhkan input berupa batu alam giling, mesin giling batu dan transportasi. Pada Tabel 14 merupakan daftar kebutuhan material pada tahap 1.

Tabel 15. Kebutuhan Bahan Tahap 1 Persiapan Material *Basin*

Nama Bahan	Nama Bahan di Simapro	Kebutuhan
Batu	<i>Crushed stone</i>	3 kg

Selain bahan juga terdapat proses yang menggunakan mesin dan transportasi. Pada Tabel 15 merupakan kebutuhan mesin dan penggunaannya, penggunaan truk untuk pengangkutan bahan dalam 500 meter.

$$\begin{aligned} \text{Penggunaan truk per kg} &= 0,001 \times 0,5 \text{ km} \\ &= 0,0005 \text{ tkm} \\ \text{Kebutuhan} &= 3 \text{ kg} \times 0,0005 \text{ tkm} \\ &= 0,0015 \end{aligned}$$

Tabel 16. Kebutuhan Mesin Tahap 1 Persiapan Material *Basin*

Nama Mesin	Kebutuhan penggunaan
Truk	0,0015 tkm
Crusher	3 kg

b. Tahap 2 Produksi *Basin*

Berikut merupakan *input* proses pada tahap 2 yang memasukkan keseluruhan proses produksi *bathtub*.

1) *Mixing*

Pada Tabel 16 merupakan bahan yang digunakan dalam proses *mixing*.

Tabel 17. Kebutuhan Bahan Proses *Mixing*

Nama Bahan	Nama Bahan di Simapro	di	Kebutuhan
Resin	<i>Polyester unsaturated</i>	<i>resin,</i>	7 kg
Gel Coat	<i>Polyester unsaturated</i>	<i>resin,</i>	2 kg

Pada Tabel 17 merupakan kebutuhan mesin dan penggunaannya.

Tabel 18. Kebutuhan Mesin Proses *Mixing*

Nama Mesin	Kebutuhan penggunaan
<i>Mixer</i>	3 menit

2) *Casting*

Pada Tabel 18 merupakan kebutuhan dari proses *casting*.

Tabel 19. Kebutuhan Bahan Proses *Casting*

Nama Bahan	Nama Bahan di Simapro	di	Kebutuhan
Kertas	<i>Printed paper</i>		15 g
Wax	<i>Wax, lost-wax casting</i>		0,5 kg

3) *Grinding*

Pada Tabel 19 merupakan kebutuhan mesin dari proses *grinding*.

Tabel 20. Kebutuhan Mesin Proses *Grinding*

Nama Mesin	Kebutuhan penggunaan
Gerinda	30 enit

4) *Finishing*

Pada Tabel 20 merupakan kebutuhan dari proses *finishing*.

Tabel 21. Kebutuhan Bahan Proses *Finishing*

Nama Bahan	Nama Bahan di Simapro	di	Kebutuhan
Air	<i>Tapwater groundwater</i>	<i>(from</i>	10 liter

3 Tahap 3 *Packaging*

Pada Tabel 21 merupakan kebutuhan dari proses *packaging*.

Tabel 22. Kebutuhan Bahan Proses *Packaging*

Nama Bahan	Nama Bahan di Simapro	di	Kebutuhan
Kayu <i>Packaging</i>	<i>Sawlog, debarked.</i>	<i>softwood,</i>	0,02 m3
Plastik <i>packaging</i>	<i>PET Film</i>		0,01 kg
<i>Sterofom</i>	<i>Polystherene foam slab</i>		0,3 kg
Kertas	<i>Printed paper</i>		6 gr
<i>Multiplex / Plywood</i>	<i>Panel trim, from trim and saw at plywood plant</i>		1 kg
Paku	<i>Steel</i>		96 gr

Selain bahan juga terdapat proses yang menggunakan mesin dan transportasi. Pada Tabel 22 merupakan kebutuhan mesin dan penggunaannya.

Tabel 23. Kebutuhan Mesin Proses *Packaging*

Nama Mesin	Kebutuhan penggunaan
Nailgun	102 detik

2.3 Analisa Hasil (*Life Cycle Impact Assessment*)

Pada sub bab ini akan dilakukan perhitungan dampak lingkungan dari proses produksi *bathtub* dan *basin*.

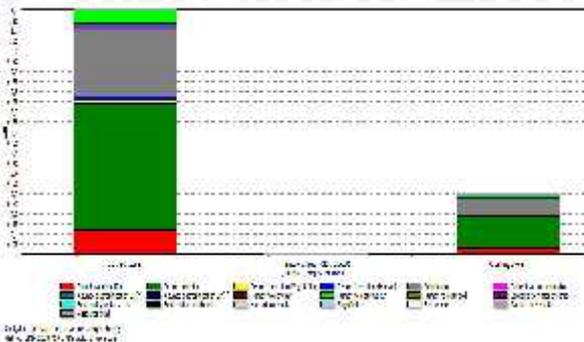
2.3.1 *Life Cycle Impact Assessment Bathtub*

1. Tahap 1 Persiapan Material *Bathtub*

Pada penilaian *single score* seperti yang terlihat pada Gambar 5 bahwa penggunaan dari batu alam giling merupakan material yang paling banyak berkontribusi pada dampak negatif terhadap lingkungan di tahap 1, dan selanjutnya adalah penggunaan mesin



crushing.



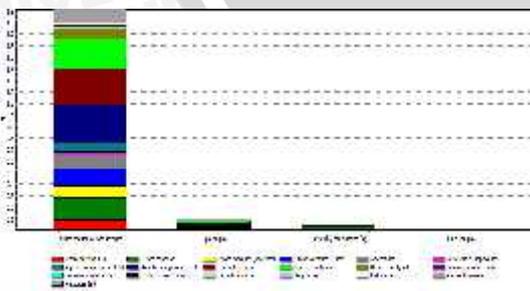
Gambar 5. Tahap 1 Persiapan Material *Bathtub* (Single Score)

Pada Gambar 6 terlihat bahwa penggunaan batu alam merupakan yang paling berkontribusi diantara penggunaan bahan dan mesin pada tahap 1, hal ini dikarenakan penggunaan energi listrik yang besar pada prosesnya.



Gambar 6. Network Tahap 1

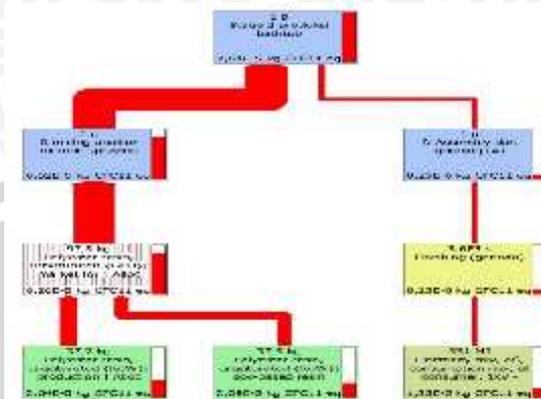
- Tahap 2 Produksi *Bathtub*
Pada perhitungan *single score* seperti terlihat pada Gambar 7 bahwa proses *mixing* merupakan proses yang berkontribusi paling tinggi diantara proses lainnya.



Gambar 7. Tahap 2 Produksi *Bathtub* (Single Score)

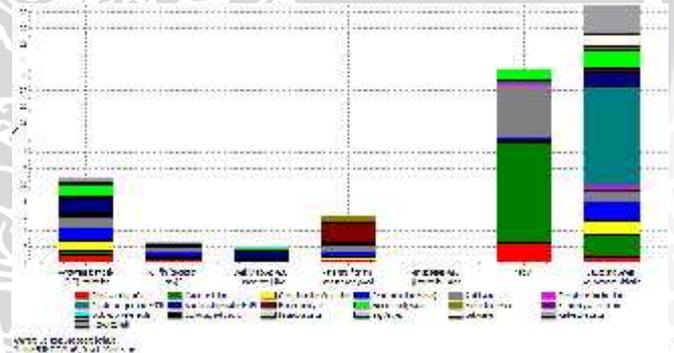
Pada Gambar 8 terlihat bahwa proses *mixing* merupakan yang terbesar diantara proses

lainnya, untuk proses yang berpengaruh selanjutnya yaitu *assembly* dan *grinding*.



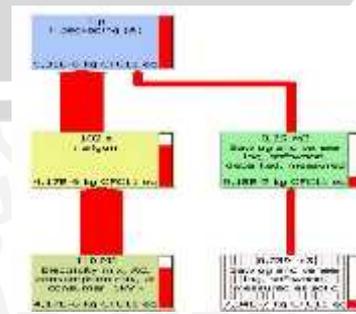
Gambar 8. Network Tahap 2

- Tahap 3 *Packaging*
Pada perhitungan *single score* terlihat di Gambar 9 didapatkan bahwa penggunaan kayu merupakan material dengan kontribusi paling tinggi pada tahap *packaging*, selanjutnya yaitu penggunaan *nailgun*, dan yang ketiga adalah penggunaan material *Styrofoam*.



Gambar 9. Tahap 3 *Packaging* (single score)

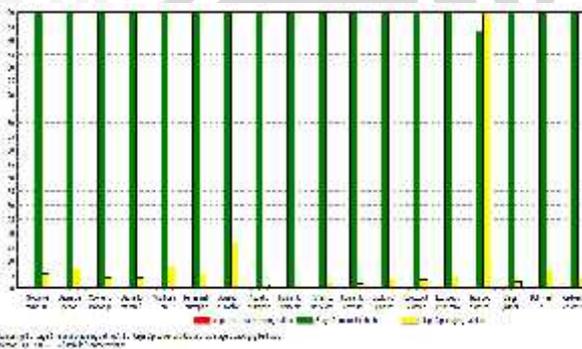
Pada Gambar 10 terlihat bahwa penggunaan *nailgun* pada proses *packaging* mempunyai kontribusi paling besar terhadap dampak negatif terhadap lingkungan.



Gambar 10. Network Tahap 3

4. Perbandingan Keseluruhan Produksi *Bathtub*

Pada perhitungan *characterization* pada Gambar 11 terlihat bahwa tahap 2 produksi *bathtub* merupakan proses dengan dampak terbesar dari keseluruhan kategori dampak negatif terhadap lingkungan. Hal ini dikarenakan penggunaan *polyester resin unsaturated* yang berkontribusi paling banyak diantara penggunaan produk lainnya. Selain itu penilaian yang mencolok pada proses *packaging* yaitu pada *hazardous waste*, karena penggunaan plastik *packaging* yang berbahaya bagi lingkungan.



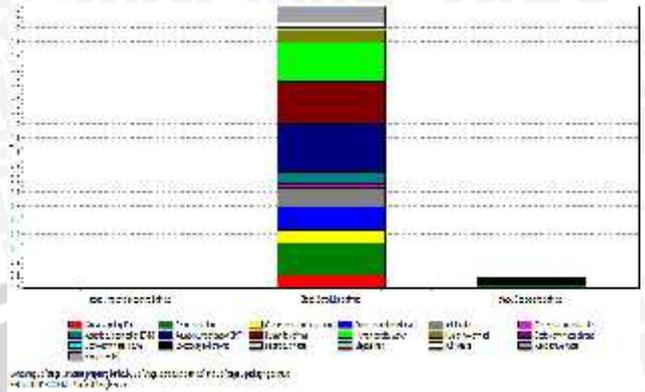
Gambar 11. Output Perbandingan Proses *Bathtub*

Pada Gambar 12 Terlihat bahwa dampak lingkungan tertinggi terdapat pada *Aquatic eutrophication (P)*, *human toxicity air*, *human toxicity water* dan *ecotoxicity soil chronic*.



Gambar 12. Output Perbandingan Keseluruhan Proses *Bathtub*

Pada perhitungan *single score* seperti terlihat pada Gambar 13 bahwa tahap 2 yaitu produksi *bathtub* merupakan tahap yang memiliki dampak negatif terhadap lingkungan yang paling tinggi diantara tahap lainnya.

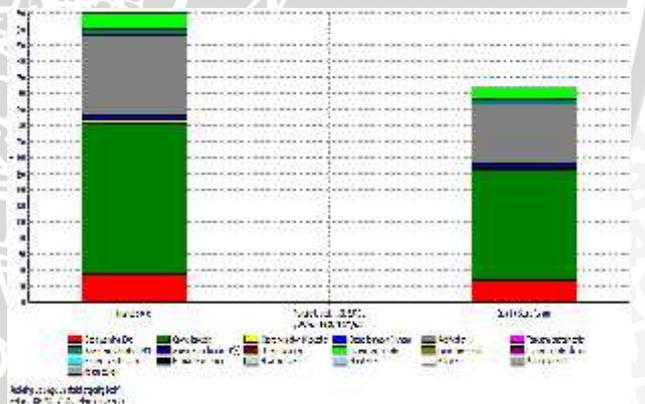


Gambar 13. Perbandingan Keseluruhan Proses *Bathtub*.

2.3.2 *Life Cycle Impact Assessment Basin*

1. Tahap 1 Persiapan Material *Basin*

Pada perhitungan *single score* untuk mengetahui perbandingan antar penggunaan material dan proses terlihat pada Gambar 14 bahwa penggunaan batu alam giling merupakan dampak negatif terhadap lingkungan yang paling tinggi di tahap 1 persiapan material *basin* dan selanjutnya adalah penggunaan mesin giling batu yang mempunyai dampak negatif terhadap lingkungan yang cukup tinggi.



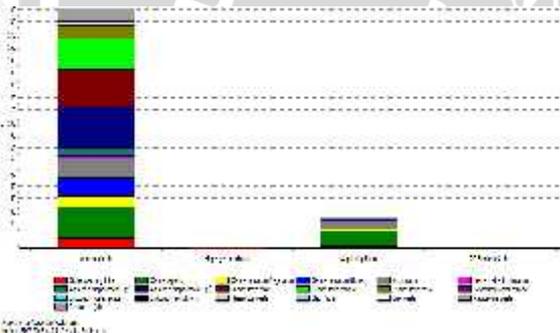
Gambar 14. Tahap 1 Persiapan Material *Basin* (*Single Score*)

Pada Gambar 15 terlihat bahwa kontribusi dampak lingkungan tertinggi adalah penggunaan batu alam giling dan penggunaan mesin giling dikarenakan penggunaan energi yang cukup tinggi.



Gambar 15. Network Tahap 1

- Tahap 2 Produksi *Basin*
 Pada perhitungan *single score* terlihat pada Gambar 16 bahwa pada proses *mixing* merupakan proses dengan kontribusi dampak lingkungan paling tinggi diantara proses lainnya, selanjutnya adalah *grinding*, dan proses lainnya tidak terlalu berpengaruh pada dampak terhadap lingkungan.



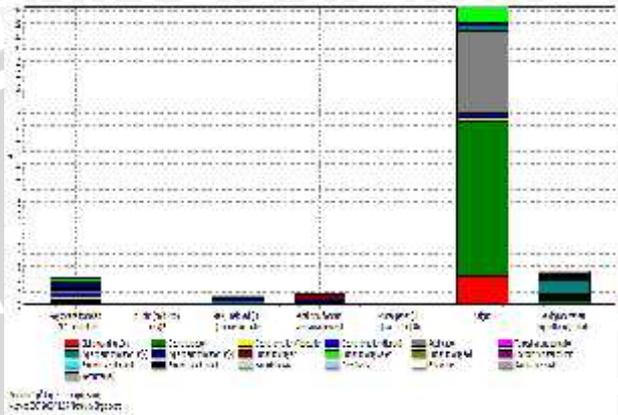
Gambar 16. Output Tahap 2 Produksi *Basin* (Single Score)

Pada *network* Gambar 17 terlihat bahwa pada proses *mixing* mempunyai potensi dampak lingkungan paling besar dan selanjutnya yaitu *grinding*.



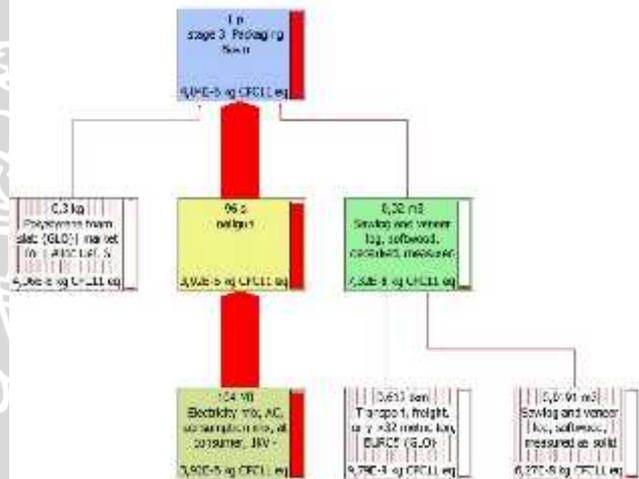
Gambar 17. Network Tahap 2

- Tahap 3 *Packaging Basin*
 Pada Gambar 18 yaitu perhitungan *single score* terlihat bahwa penggunaan *nailgun* merupakan kontribusi yang paling besar di tahap 3.



Gambar 18. Output Tahap 3 *Packaging* (Single Score)

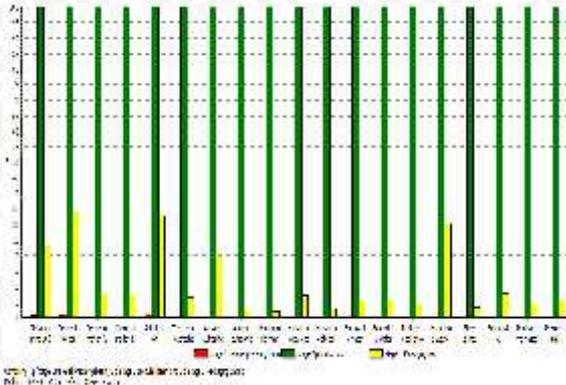
Pada Gambar 19 terlihat bahwa pada proses *packaging* penggunaan *nailgun* memberikan kontribusi paling besar diantara material dan proses lainnya.



Gambar 19. Network Tahap 3

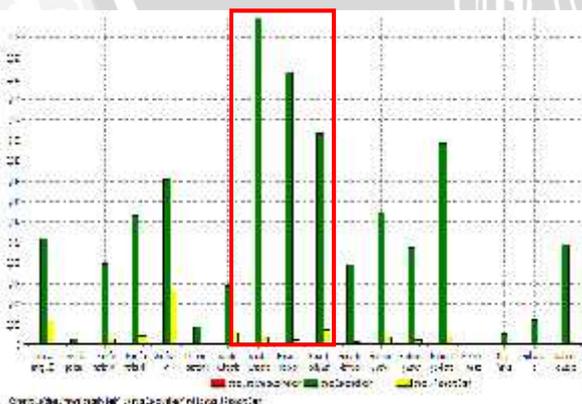
- Perbandingan Keseluruhan Produksi *Basin*
 Pada perhitungan karakterisasi seperti terlihat pada Gambar 20 keseluruhan dampak lingkungan didominasi oleh tahap 2 yaitu produksi *basin* dikarenakan penggunaan bahan utama *basin* yaitu *polyester unsaturated resin* yang berbahaya bagi lingkungan. Selain proses tahap 2, tahap 3 yaitu *packaging* juga mempunyai dampak lingkungan yang

cukup tinggi pada perhitungan dampak lingkungan *global warming*, *ozone depletion*, *acidification*, dan *hazardous waste* hal ini dikarenakan penggunaan daya listrik pada *nailgun*.



Gambar 20. Output Perbandingan Keseluruhan Proses Pembuatan *Basin* (Karakterisasi)

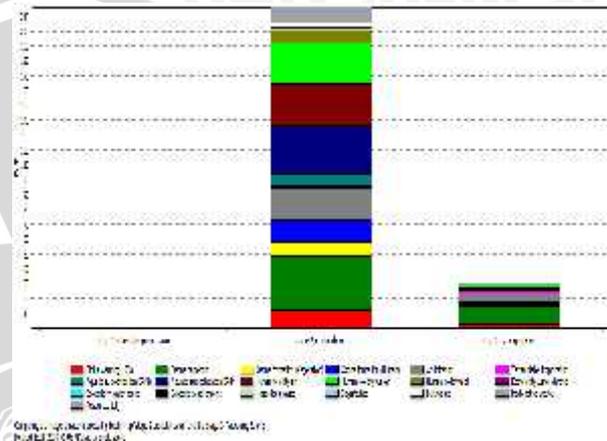
Pada perhitungan normalisasi seperti terlihat pada Gambar 21 bahwa dampak lingkungan tertinggi terdapat pada *aquatic eutrophication (P)*, *humantoxicity air*, dan *human toxicity water*. Pada keseluruhan proses tahap 2 yaitu produksi *basin* merupakan tahapan yang paling berpengaruh terhadap dampak lingkungan dikarenakan pada proses mixing menggunakan *polyester resin unsaturated* yang dalam penilaian Simapro 8.1 mempunyai dampak negatif pada lingkungan yang cukup tinggi dibandingkan dengan penggunaan material lainnya.



Gambar 21. Output Perbandingan Keseluruhan Proses Pembuatan *Basin* (Normalisasi)

Pada perhitungan *single score* diperlukan untuk mengetahui pada tahap mana yang merupakan dampak lingkungan tertinggi

diantara tahapan lainnya. Pada perhitungan ini seperti terlihat pada Gambar 22 terlihat bahwa tahap 2 merupakan tahapan yang paling berkontribusi di antara tahapan lainnya. Selanjutnya adalah tahap 3 yaitu *packaging* dan terakhir yaitu tahap 1 yaitu persiapan material yang dampak lingkungannya sangat kecil dibandingkan dengan tahapan lainnya.



Gambar 22. Output Perbandingan Keseluruhan Proses Pembuatan *Basin* (*Single Score*)

2.3.3 Rekomendasi Perbaikan

Setelah dilakukan perhitungan dengan menggunakan program Simapro 8, selanjutnya melakukan rekomendasi perbaikan yang ditujukan kepada CV Apaiser Indonesia.

1. Rekomendasi Perbaikan *Bathtub*

Pada hasil penilaian LCIA didapatkan bahwa penggunaan *polyester unsaturated resin* merupakan material paling mendominasi dalam penilaian dampak lingkungan. Sebaiknya untuk proses produksi *bathtub* CV Apaiser Indonesia menggunakan *green polyester resin unsaturated* sebagai pengganti *polyester resin unsaturated*, karena dengan penggunaan *green polyester resin* pada penggunaan *Acrylic bonding resin* menunjukkan bahwa resin yang mengandung bahan daur ulang dan terbarukan sebesar 39% yang diuji dengan metode ASTM C297 lebih kuat dengan nilai 1400 psi dibandingkan dengan penggunaan resin konvensional dengan nilai 1200 psi [4].

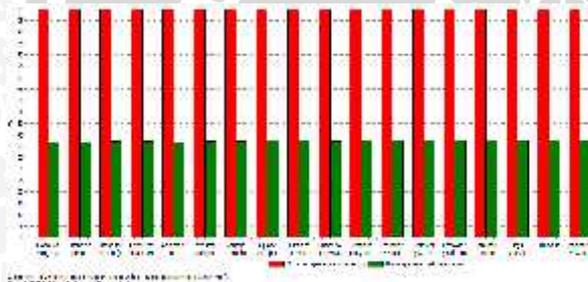
Pada penilaian LCIA menunjukkan *human toxicity air* mempunyai nilai yang cukup besar yaitu $1,33 \times 10^3$. Pada stasiun kerja *spraying* dan *mixing* sebaiknya dilakukan di tempat tertutup sehingga dapat mengurangi dampak terhadap lingkungan. CV Apaiser Indonesia sudah membuat stasiun kerja *spraying*

dan *mixing* pada tempat tertutup, sehingga dapat mengurangi dampak lingkungan pada stasiun kerja ini.

2. Rekomendasi Perbaikan *Basin*

Pada hasil penilaian LCIA didapatkan bahwa penggunaan *polyester unsaturated resin* merupakan material paling mendominasi dalam penilaian dampak lingkungan. Sebaiknya CV Apaiser Indonesia mengganti teknik *casting basin* dengan teknik *spraying*. Hal ini direkomendasikan karena mengingat pernyataan dari *factory manager* bahwa penggunaan teknik *spraying* dapat mengurangi hingga 75% material yang digunakan.

Sebagai contoh berikut merupakan perbandingan penggunaan teknik *casting* (warna merah) dengan teknik *spraying* (warna hijau) pada proses *mixing* pembuatan *bathtub*. Pada Gambar 23 terlihat bahwa perbandingan teknik *spraying* dan *casting* mempunyai perbedaan dampak negatif lingkungan yang cukup besar dengan rata-rata 60% dengan menggunakan metode EDIP 2003.



Gambar 23. Grafik Perbandingan *Mixing* Teknik *Spraying* Dan *Casting*.

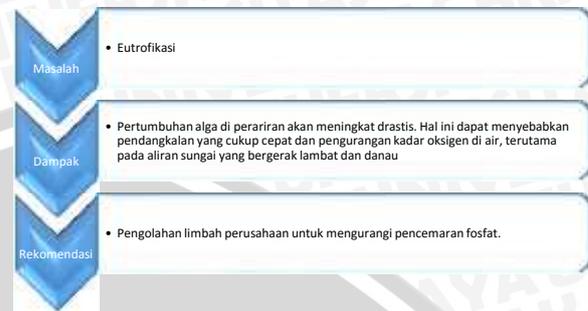
3. Rekomendasi untuk perusahaan

Perusahaan juga memerlukan beberapa perbaikan terkait dampak negatif dari pembuatan *bathtub* dan *basin*. Berikut merupakan beberapa rekomendasi yang diusulkan oleh peneliti berdasarkan dampak lingkungan tertinggi.

a. *Aquatic eutrophication (P)*

Pada analisis dampak lingkungan kategori *aquatic eutrophication* seperti pada gambar 24 peneliti menyarankan perusahaan untuk membuat pengolahan limbah cair dari hasil proses produksi untuk pengurangan gangguan fosfat dengan metode adsorpsi menggunakan tanah haloisit agar mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan yang menyebabkan eutrofikasi, penyisihan dengan metode adsorpsi ini dapat

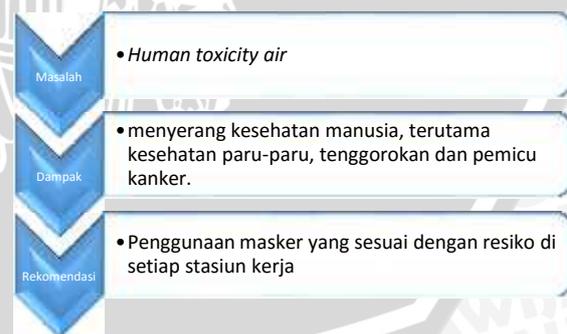
mencapai efisiensi 70%. Sehingga nantinya produk sampingan ini dapat digunakan untuk penggunaan pupuk [5].



Gambar 24. Analisis Dampak Lingkungan (*Aquatic Eutrophication (P)*)

b. *Human toxicity air*

Pada analisis dampak lingkungan kategori *human toxicity air* seperti terlihat pada gambar 25, peneliti menyarankan penggunaan masker yang sesuai dengan masing-masing lingkungan kerja, seperti pada stasiun kerja *spraying* dan *mixing* menggunakan masker jenis *full face supplied air respirator mask respirator*. Pada proses *grinding* sebaiknya menggunakan *full face mask respirator*. Untuk keseluruhan stasiun kerja selain *mixing*, *spraying*, dan *grinding* peneliti menyarankan menggunakan masker tipe N95.

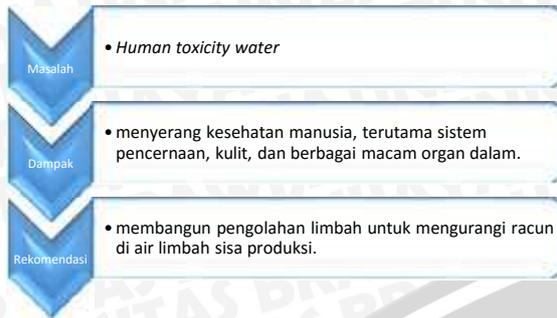


Gambar 25. Analisis Dampak Lingkungan (*Human Toxicity Air*)

c. *Human toxicity water*

Pada analisis dampak lingkungan kategori *human toxicity water* seperti terlihat pada gambar. Peneliti menyarankan pembangunan pengolahan limbah air untuk mengurangi racun yang ada di air yang

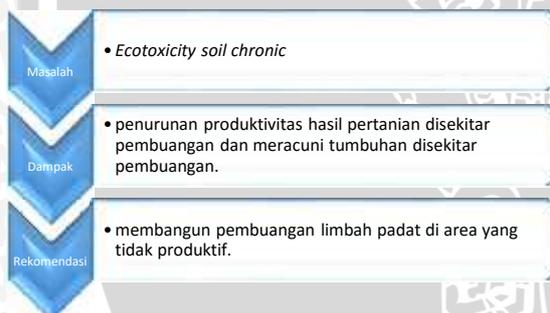
berbahaya terhadap kesehatan manusia.



Gambar 26. Analisis Dampak Lingkungan (*Human Toxicity Water*)

d. *Ecotoxicity soil chronic*

Pada analisis dampak lingkungan kategori *ecotoxicity soil chronic* seperti terlihat pada gambar 27 membangun tempat pembuangan limbah padat pada lahan tidak produktif atau tidak dekat dengan persawahan dan perkebunan untuk menanggulangi *ecotoxicity soil chronic*.



Gambar 27. Analisis Dampak Lingkungan (*Ecotoxicity Soil Chronic*)

3. Penutup

Setelah dilakukan perhitungan dan intepetasi dari perhitungan maka dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut.

Hasil perhitungan menggunakan program simapro 8.1 dapat dilihat bahwa untuk pembuatan produk *bathtub* dampak lingkungan tertinggi terdapat pada *aquatic eutrophication (P)*, *human toxicity air*, dan *ecotoxicity soil chronic*. Selanjutnya untuk produk *basin* dampak lingkungan tertinggi terdapat pada *aquatic eutrophication (P)*, *humantoxicity air*, dan *human toxicity water*.

Hasil perhitungan simparo 8.1 total dampak lingkungan tertinggi yang ditimbulkan oleh proses pembuatan *bathtub* adalah pada tahap produksi dengan kategori *Aquatic*

euthropication (P) sebesar 0,0992 kg P, *Human toxicity air* sebesar $1,37 \times 10^8$ person, *Human toxicity water* sebesar $1,01 \times 10^4$ m³, *Ecotoxicity soil chronic* sebesar $1,55 \times 10^4$ m³

Untuk proses pembuatan *basin* total dampak lingkungan tertinggi adalah pada tahap produksi dengan kategori *Aquatic euthropication (P)* sebesar 0,00899 kg P, *Human toxicity air* sebesar $1,26 \times 10^7$ person, *Human toxicity water* sebesar 974 m³.

Rekomendasi perbaikan dari penelitian ini didapatkan dari hasil diskusi dengan pihak perusahaan dan *review* jurnal. Berikut merupakan rekomendasi perbaikan yang diusulkan kepada CV Apaiser Indonesia.

Bagi produksi dari produk *bathtub* peneliti mengusulkan untuk proses produksi *bathtub* CV Apaiser Indonesia mengganti *polyester resin unsaturated* dengan *green polyester unsaturated*.

Untuk produksi dari *basin*, peneliti merekomendasikan untuk mengganti metode pembuatan *basin* dari metode pengecoran ke metode *spraying*. Karena dengan penggantian metode ini akan mengurangi penggunaan material yang cukup banyak yaitu sebanyak 75% dan juga mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dengan rata-rata pengurangan dampak lingkungan sebesar 60% hingga 80%.

Untuk perusahaan, peneliti merekomendasikan penggunaan *full face supplied air respirator mask respirator* untuk operator di stasiun kerja *mixing* dan *spraying*, *full face mask respirator* pada operator stasiun kerja *grinding*, dan keseluruhan stasiun kerja selain *mixing*, *spraying*, dan *grinding* peneliti menyarankan menggunakan masker tipe N95, untuk menanggulangi dampak dari *human toxicity air*. Selain itu untuk peneliti juga merekomendasikan membuat pengolahan limbah cair untuk menanggulangi *aquatic eutrophication* dan *human toxicity water*; juga membangun tempat pembuangan limbah padat pada lahan tidak produktif atau tidak dekat dengan persawahan dan perkebunan untuk menanggulangi *ecotoxicity soil chronic*.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Dholakiya, Bharat. (2012). *Unsaturated Polyester Resin or Specialty Application*. Gujarat: Sardar Vallabhbaail National Institute of Technology.

- [2] Hillwig, Rebecca. (2010). *Fiberglass Renewable and Recycled Raw Materials. Manufacturing and the Environment*. Oregon: Department of Environmental Quality.
- [3] ISO. (2004). *Environmental management system-requirement with guidance for use*. Geneva: ISO.
- [4] McAlvin, John. E. (2011). *Green Composites Through the Use of Styrene-Free Resins and Unsaturated Polyesters Derived from*
- [5] Masduki, Ali. (2004). *Penurunan Senyawa Fosfat dalam Air Limbah Buatan Dengan Proses Adsorpsi Menggunakan Tanah Haloisit*. Surabaya: ITS.

