

ANALISIS DAMPAK LINGKUNGAN PADA AKTIVITAS *SUPPLY CHAIN*  
PRODUK KULIT MENGGUNAKAN METODE LCA DAN ANP

THE ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL IMPACT IN LEATHER'S SUPPLY  
CHAIN ACTIVITY BY USING LCA AND ANP

Galuh Zuhria Kautzar<sup>1)</sup>, Yeni Sumantri<sup>2)</sup>, Rahmi Yuniarti<sup>3)</sup>

Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang, 65145, Indonesia

E-mail : [galuhzuhriakautzar@gmail.com](mailto:galuhzuhriakautzar@gmail.com)<sup>1)</sup>, [yeni@ub.ac.id](mailto:yeni@ub.ac.id)<sup>2)</sup>, [rahmi\\_yuniarti@ub.ac.id](mailto:rahmi_yuniarti@ub.ac.id)<sup>3)</sup>

**Abstrak**

*PT XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang penyamakan kulit, dimana dalam aktivitas supply chain perusahaan menghasilkan limbah yang berdampak terhadap lingkungan. Limbah tersebut tidak hanya dihasilkan dari aktivitas produksi perusahaan, tetapi juga dapat dihasilkan dari aktivitas supply chain. Supply Chain Management yang berorientasi terhadap lingkungan disebut Green Supply Chain Management (GSCM). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui aktivitas supply chain yang memiliki dampak terbesar terhadap lingkungan yang nantinya akan digunakan untuk menentukan alternatif-alternatif perbaikan. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menerapkan GSCM yaitu Life Cycle Assessment (LCA), selanjutnya pemilihan alternatif terbaik menggunakan metode Analytical Network Process (ANP) dengan mempertimbangkan berbagai kriteria keputusan, seperti benefits, opportunities, costs and risks. Berdasarkan analisis LCA, aktivitas yang memiliki dampak terbesar terhadap lingkungan adalah proses produksi kulit. Hasil dari analisis LCA tersebut akan digunakan sebagai dasar dalam penentuan alternatif perbaikan. Pada penelitian ini diusulkan tiga alternatif perbaikan. Dan setelah dilakukan pembobotan menggunakan ANP, maka alternatif yang terpilih berdasarkan kriteria benefit, opportunities, costs and risks adalah menggunakan limbah lumpur penyamakan kulit yang mengandung chromium sebagai bahan baku kompos.*

**Kata kunci** : *Green Supply Chain Management, Life Cycle Assessment (LCA), Analytical Network Process (ANP).*

**1. Pendahuluan**

Pada era globalisasi ini semakin banyak industri yang bermunculan. Industri tersebut disamping memenuhi segala kebutuhan hidup manusia juga memberikan dampak negatif terhadap manusia akibat terjadinya pencemaran lingkungan. Seiring dengan bertambahnya industri, tak sedikit pula yang mulai memperhatikan isu pencemaran lingkungan. Isu lingkungan mulai ramai dibicarakan sejak diselenggarakannya Konferensi PBB tentang Lingkungan Hidup di Stockholm, Swedia, pada tanggal 15 Juni 1972. Di Indonesia, tonggak sejarah masalah lingkungan hidup dimulai dengan diselenggarakannya Seminar Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Pembangunan Nasional oleh Universitas Pajajaran Bandung pada tanggal 15 – 18 Mei 1972.

Salah satu dampak dari aktivitas industri tersebut adalah limbah yang dihasilkan oleh perusahaan. Limbah tersebut tidak hanya dihasilkan dari aktivitas produksi perusahaan, tetapi juga dapat dihasilkan dari aktivitas *supply chain*, dimana *supply chain* tersebut mencakup proses dari hulu ke hilir yaitu proses untuk mendapatkan bahan mentah hingga pendistribusiannya ke konsumen. *Supply Chain Management* (SCM) yang berorientasi terhadap lingkungan disebut *Green Supply Chain Management* (GSCM). Limbah dan emisi yang dihasilkan dari aktivitas *supply chain* merupakan sumber utama masalah pencemaran lingkungan diantaranya pemanasan global dan hujan asam (Bloemhof-Ruward,1995).

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menerapkan GSCM adalah dengan menggunakan *Life Cycle Assessment* (LCA). LCA adalah metode yang digunakan untuk mengevaluasi potensi dampak lingkungan dari suatu produk, proses atau aktivitas selama seluruh siklus hidup dengan mengukur penggunaan sumber daya dan emisi lingkungan yang berkaitan dengan sistem yang sedang dievaluasi.

Menurut Hermawan (2013) 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. Pada ruang lingkup ini, fase kegunaan (*use*) dan pembuangan (*disposal*) dari produk dihilangkan. *Cradle to gate* dipilih karena berdasarkan fakta yang ada, dampak lingkungan yang terdapat di sekitar perusahaan merupakan limbah yang dihasilkan dari aktivitas internal *supply chain* perusahaan terutama pada bagian produksi. Selain itu, menurut Thom (2011) fase penggunaan produk merupakan fase yang sangat sulit untuk dievaluasi karena sulit untuk memprediksikan bagaimana konsumen akan menggunakannya. 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 lebih akurat.

PT XYZ merupakan salah satu pabrik penyamakan kulit yang ada di Jawa Timur. PT XYZ memproduksi dua jenis kulit yaitu kulit *box* dan kulit sol. Kulit *box* merupakan kulit yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan tas, sepatu, dan dompet. Sedangkan kulit sol merupakan kulit yang digunakan sebagai alas dari sepatu.

Industri penyamakan kulit merupakan salah satu contoh industri yang berbahaya karena menghasilkan sejumlah limbah, baik berupa limbah cair, limbah padat dan limbah gas. Dari ketiga jenis limbah tersebut, limbah cair merupakan limbah yang paling banyak dihasilkan. Industri ini menghasilkan limbah cair yang mengandung sisa bahan penyamak

kimia seperti kromium, kapur dan amonia dalam jumlah besar. Senyawa kromium (Cr) dalam limbah cair industri penyamakan kulit berasal dari proses penyamakan (*tanning*), dimana dalam proses penyamakan tersebut menggunakan senyawa kromium sebesar 60%-70%. Dalam proses tersebut, tidak semua larutan kromium dapat terserap oleh kulit sehingga sisanya dikeluarkan dalam bentuk cairan sebagai limbah cair. Keberadaan kromium dengan konsentrasi yang tinggi dalam limbah cair industri penyamakan kulit tentunya dapat menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan (Joko, 2003).

Dengan melihat permasalahan tersebut, agar dapat mengurangi dampak lingkungan yang dihasilkan dari aktivitas *supply chain* perusahaan maka dalam penelitian ini akan dilakukan analisis mengenai dampak lingkungan yang dihasilkan dari aktivitas *supply chain* dengan menggunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA). Dalam metode ini akan menggambarkan aktivitas *supply chain* perusahaan serta menggambarkan limbah yang dihasilkan dari kegiatan *supply chain* tersebut. Dari metode ini nantinya akan menghasilkan *output* berupa proses atau aktivitas yang memiliki dampak terbesar terhadap lingkungan. Hasil tersebut akan digunakan sebagai acuan untuk menentukan alternatif-alternatif perbaikan untuk mengurangi dampak lingkungan yang dihasilkan dari aktivitas *supply chain* perusahaan.

Pada penelitian ini, pemilihan alternatif dilakukan dengan menggunakan metode *Analytical Network Process* (ANP) untuk mengestimasi pembobotan dari tiap kriteria. ANP dipilih karena keunggulannya dalam menangkap interaksi ketergantungan dan interdependensi antar kriteria dan subkriteria. ANP memberikan kerangka baru untuk menangani permasalahan keputusan tanpa membuat asumsi independensi elemen yang lebih tinggi levelnya dari elemen yang lebih rendah, bahkan ANP menggunakan jaringan tanpa perlu menetapkan level seperti dalam hirarki. Dalam penelitian ini, alternatif akan dipilih berdasarkan analisa *Benefits Opportunities Costs and Risks* (BOCR). Keempat kriteria tersebut nantinya akan digunakan sebagai kriteria utama dalam ANP. Analisa BOCR dipilih karena mampu untuk menganalisa secara keseluruhan baik dari sisi *internal* yang berupa *benefits* dan *costs* tetapi

juga dari sisi *external* berupa *opportunities* dan *risks*.

## **2. Metode Penelitian**

Pada penelitian ini, tahap penelitian dibagi menjadi tiga tahap, yaitu tahap identifikasi awal, tahap pengumpulan dan pengolahan data, dan tahap analisa dan kesimpulan.

### **2.1 Tahap Identifikasi Awal**

Pada tahap identifikasi awal meliputi:

- a. Mengidentifikasi masalah dan studi pustaka sesuai dengan topik yang diambil
- b. Merumuskan masalah
- c. Menentukan tujuan penelitian
- d. Menentukan manfaat penelitian

### **2.2 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data**

Tahapan pengumpulan dan pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Pengumpulan data diperlukan dalam penelitian ini adalah data umum perusahaan yang meliputi sejarah perusahaan, visi dan misi, struktur organisasi, data produk yang diproduksi, data *supplier* bahan baku, data alat transportasi yang digunakan untuk mendistribusikan bahan baku dan produk, data penggunaan bahan baku, data jumlah energi yang digunakan, serta mengamati aktivitas *supply chain* perusahaan, limbah yang dihasilkan dari aktivitas *supply chain* di PT XYZ dan dampak lingkungan yang dihasilkan dari aktivitas *supply chain*.
- b. Menganalisis dampak lingkungan yang dihasilkan dari aktivitas *supply chain* perusahaan menggunakan metode LCA. Tahap-tahap dari LCA yaitu :
  - 1) Mendefinisikan tujuan, ruang lingkup dan batasan dari penelitian
  - 2) Mendefinisikan *input* dan *output* dari tiap-tiap proses yang dilakukan
  - 3) Mengidentifikasi dampak lingkungan yang akan terjadi selama aktivitas *supply chain*
  - 4) Mengetahui dampak lingkungan terbesar
- c. Melakukan penilaian alternatif perbaikan dengan pembobotan alternatif perbaikan menggunakan metode *Analytical Network Process* (ANP).

- 1) Menentukan kriteria dan sub kriteria
- 2) Menentukan alternatif perbaikan
- 3) Mengidentifikasi dan menentukan hubungan antara kriteria, sub kriteria, dan alternatif
- 4) Memberikan pembobotan dengan ANP

### **2.3 Tahap Penarikan Kesimpulan dan Saran**

Setelah diperoleh pemecahan masalah, maka langkah selanjutnya adalah menarik kesimpulan. Kesimpulan yang ditarik nantinya dapat menjawab tujuan penelitian yang dilakukan. Selain itu juga dapat memberikan saran untuk perusahaan dan penelitian selanjutnya.

## **3. Hasil dan Pembahasan**

Pada bagian ini akan menjelaskan mengenai hasil dan pembahasan dari pengolahan data yang telah dilakukan.

### **3.1 Life Cycle Assessment (LCA)**

*Life Cycle Assessment* (LCA) merupakan suatu metode pengukuran dampak lingkungan dari 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. Langkah-langkah dalam LCA yaitu *goal and scope definition*, *life cycle inventory*, *life cycle impact assessment*, dan *interpretation step*. *Output* dari LCA adalah proses atau aktivitas yang memiliki dampak terbesar terhadap lingkungan. (Curran, 1996)

#### **3.1.1 Goal and Scope Definition**

Tahap ini merupakan proses mengidentifikasi alasan untuk melaksanakan LCA dan menentukan ruang lingkup, batasan, serta unit fungsional dalam penelitian. Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi limbah dan menganalisa dampak lingkungan yang dihasilkan dari aktivitas *supply chain* perusahaan.

Pada penelitian ini, produk yang digunakan sebagai objek penelitian adalah kulit *box*. Kulit *box* dipilih karena kulit *box* memiliki proses produksi yang lebih panjang dibandingkan dengan kulit *sol*. Ruang lingkup yang digunakan dalam penelitian ini yaitu "*cradle to*

gate” yang meliputi serangkaian aktivitas *supply chain* seperti proses pengadaan bahan baku, proses produksi, serta proses distribusi produk. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data dalam satu tahun pada tahun 2012.

### 3.1.2 Life Cycle Inventory

Tahap ini merupakan tahapan pengumpulan data berupa *input* bahan-bahan kimia yang digunakan dalam proses penyamakan kulit, energi, serta alat transportasi yang digunakan dalam proses penyamakan kulit. *Input* bahan baku, energi, serta alat transportasi tersebut nantinya akan disesuaikan dengan *database* SimaPro 8.0.3.14.

SimaPro 8.0.3.14 merupakan salah satu *software* yang dapat digunakan untuk melakukan analisis dampak lingkungan dari suatu sistem amatan tertentu. Data yang dimasukkan dalam *software* SimaPro 8.0.3.14 ditentukan berdasarkan deskripsi sistem amatan yang sudah dijelaskan sebelumnya meliputi distribusi bahan baku, proses produksi, serta distribusi produk akhir. Berikut ini merupakan penjelasan mengenai deskripsi sistem amatan:

#### 1) Distribusi Bahan Baku

Dalam distribusi bahan baku, *input* data yang digunakan dalam *Software* SimaPro berupa alat transportasi yang digunakan serta jarak antara *supplier* dengan perusahaan. Dalam hal ini karena alat transportasi yang digunakan untuk memasok bahan baku adalah truk dan mobil *box* maka setelah dilakukan penyamaan spesifikasi, *database* yang digunakan adalah *truck* 28t dan *delivery van*. Pada kedua *database* tersebut, satuan yang digunakan adalah ton kilometer (tkm) sehingga perlu dilakukan konversi satuan. Setelah dilakukan perhitungan konversi satuan tersebut, langkah selanjutnya adalah melakukan *input* data distribusi bahan baku ke dalam *software* SimaPro

#### 2) Proses Produksi

Pada proses produksi, *input* data yang digunakan dalam *software* SimaPro berupa jumlah bahan baku serta energi yang digunakan selama proses penyamakan kulit. Dalam penelitian ini, bahan baku yang digunakan dalam proses penyamakan kulit meliputi bahan baku utama dan bahan baku pendukung. Bahan baku utama berupa kulit sapi mentah sementara bahan

baku pendukung berupa bahan-bahan kimia. Dalam *database leather* pada SimaPro 8.0.3.14 terdapat asumsi yang menyatakan bahwa kulit sapi diasumsikan sebagai produk sampingan dari produksi susu dan sapi tanpa memiliki nilai yang signifikan. Setelah melakukan penyesuaian *input* bahan baku dengan *database* SimaPro, langkah selanjutnya adalah melakukan *input* data ke dalam *software* SimaPro.

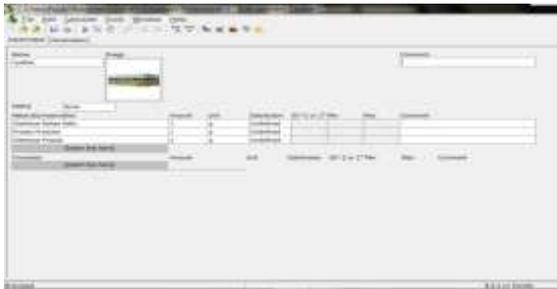
*Database* yang digunakan untuk bahan baku air yaitu *tapwater (from surface water)* dengan jumlah yang digunakan dalam satu tahun sebesar 4041743 liter. *Database* yang digunakan untuk bahan baku *detergent* yaitu *soap at plant* dengan jumlah yang digunakan sebesar 505 kg. Sementara *database* yang digunakan untuk bahan baku kapur yaitu *lime (hydrated)* dengan jumlah yang digunakan dalam satu tahun sebesar 2028 kg. Kapur merupakan bahan kimia yang digunakan pada proses *liming*. *Database* yang digunakan untuk bahan baku  $\text{Na}_2\text{S}$  yaitu *sodium sulphate* dengan jumlah yang digunakan dalam setahun sebesar 7578 kg.  $\text{Na}_2\text{S}$  merupakan bahan baku pendukung yang digunakan pada proses *dehairing*. Sedangkan *database* yang digunakan untuk bahan baku ZA yaitu *ammonium sulphate* dengan jumlah yang digunakan dalam setahun sebesar 17682 kg. ZA merupakan bahan baku pendukung yang digunakan pada proses *deliming*. *Database* yang digunakan untuk bahan baku garam,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , kromium, soda ash, soda kue,  $\text{HCOONa}$  yaitu *NaCl*, *sulphuric acid*, *chromium oxide*, *formic acid*, *sodium carbonate*, *sodium formate*.

#### 3) Distribusi Produk

Dalam distribusi produk, *input* data yang digunakan dalam *Software* SimaPro berupa alat transportasi yang digunakan serta jarak antara perusahaan dengan konsumen. Karena keterbatasan dari *database* SimaPro maka dilakukan konversi satuan sehingga hasil yang didapat sesuai dengan yang ada di lapangan. Setelah dilakukan penghitungan konversi data distribusi produk tersebut, langkah berikutnya adalah melakukan *input* data pada *software* SimaPro.

Tahap akhir dari proses *life cycle inventory* adalah penggabungan *input* distribusi bahan baku, proses produksi serta distribusi produk sehingga akan membentuk sebuah *life cycle*. Dari *life cycle* tersebut nantinya akan diketahui proses yang memiliki dampak terbesar terhadap lingkungan. Berikut merupakan penggabungan *input* distribusi bahan baku, proses produksi serta distribusi produk pada *software* SimaPro.

Gambar 3 merupakan proses *input* data yang dilakukan untuk menggambarkan *life cycle* dari sebuah sistem amatan. Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, bahwa dalam penelitian ini sistem amatan yang diamati meliputi distribusi bahan baku, proses produksi dan distribusi produk. Sehingga dalam pembuatan *life cycle*, *input* yang dimasukkan berupa distribusi bahan baku, proses produksi dan distribusi produk dengan total 1p.



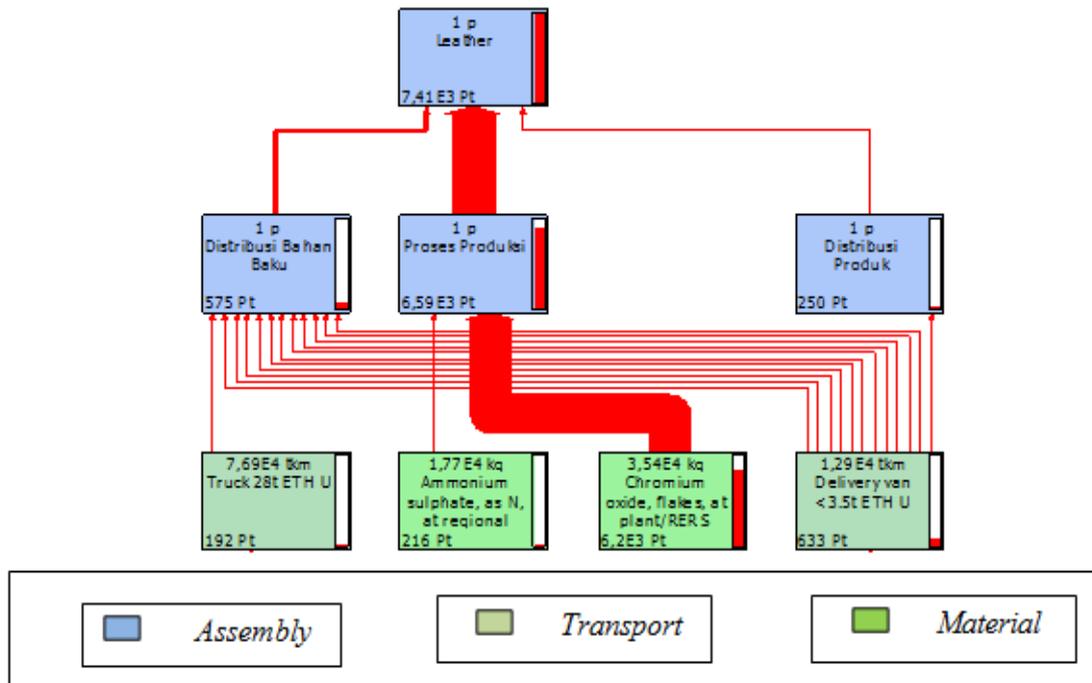
**Gambar 1** *Input* Data Keseluruhan Sistem Amatan

Setelah dilakukan penggabungan *input* distribusi bahan baku, proses produksi serta distribusi produk maka akan dihasilkan sebuah *network* yang menggambarkan aktivitas *supply chain leather* atau yang biasa disebut sebagai *tree diagram*. *Tree diagram* produk *leather* dapat dilihat pada Gambar 2

Dari Gambar 2 tersebut dapat dilihat bahwa proses produksi kulit memiliki dampak terbesar terhadap lingkungan. Hal ini dibuktikan dengan adanya garis tebal berwarna merah dengan nilai  $6,59 \times 10^3$  Pt. Garis merah tersebut menunjukkan besar kontribusi dampak pada *life cycle* produk. Sedangkan nilai yang terdapat pada distribusi bahan baku dan distribusi produk yaitu 575 Pt dan 250 Pt.

### 3.1.3 *Life Cycle Impact Assessment*

Pada tahap ini akan dilakukan perhitungan untuk mengetahui dampak lingkungan yang dihasilkan dari aktivitas *supply chain* perusahaan. Dalam *life cycle impact assessment* terdapat tiga langkah utama yaitu *characterization*, *normalization* dan *weighting*. Berikut merupakan penjelasan dari masing-masing langkah tersebut.



**Gambar 2** *Tree Diagram* Produk *Leather*

1. *Characterization*

*Characterization* merupakan tahapan dimana keseluruhan *input* dan *output* akan dinilai kontribusinya terhadap lingkungan sesuai dengan kategori dampak yang telah ditentukan sebelumnya. Hasil dari tahap ini adalah suatu profil dampak lingkungan dari sistem yang diamati. Pada tahap *characterization* ini *output* yang dihasilkan berupa prosentase. *Output* dari *characterization* yang berupa angka dapat dilihat pada Gambar 3.

Impact category	Unit	Total	Individual Impact	Individual Product
Global warming (CO <sub>2</sub> eq)	kg CO <sub>2</sub>	4.117	4.117	4.117
Acidification	kg SO <sub>2</sub>	2.000	2.000	2.000
Eutrophication	kg N	3.185	3.185	3.185
Photochemical smog	g ethene	1.749	1.749	1.749
Human toxicity acute	mg	2.660	2.660	2.660
Human toxicity chronic	mg	2.410	2.410	2.410
Human toxicity soil	mg	1.340	1.340	1.340
Human toxicity non-cancer	mg	1.299	1.299	1.299
Human toxicity cancer	mg	0.168	0.168	0.168
Respiratory inorganic	mg	2.46	2.46	2.46
Respiratory organic	mg	3.5	3.5	3.5
Ecotoxicity	kg	8.96	8.96	8.96
Fluorination (aF)	kg	0.000	0.000	0.000

**Gambar 3** *Output Characterization* Produk Leather

Gambar 3 menjelaskan mengenai nilai dampak lingkungan tiap sistem amatan untuk 16 kategori yang di analisa. Sebagai contoh, nilai dampak lingkungan untuk distribusi bahan baku, proses produksi dan distribusi produk pada kategori *global warming* (GWP 100) yaitu  $3.12 \times 10^7$ ,  $4.2 \times 10^8$  dan  $8.96 \times 10^6$  dengan total nilai  $4.61 \times 10^8$ .

2) *Normalization*

*Normalization* merupakan tahapan penyamaan satuan unit untuk semua kategori. Hal ini dilakukan untuk mempermudah dalam melakukan analisa antar kategori dampak lingkungan. Dari Gambar 3.4 dapat dilihat bahwa nilai *normalization* distribusi bahan baku, proses produksi dan distribusi produk pada kategori *ecotoxicity water acute* yaitu 102, 2290, dan 28. Sedangkan nilai *normalization* pada kategori *ecotoxicity water chronic* yaitu 85, 1900, dan 23.5. Nilai *normalization* pada kategori *human toxicity soil* yaitu 249, 730, dan 140.

Impact category	Unit	Total	Individual Impact	Individual Product
Global warming (CO <sub>2</sub> eq)	kg CO <sub>2</sub>	4.117	4.117	4.117
Acidification	kg SO <sub>2</sub>	2.000	2.000	2.000
Eutrophication	kg N	3.185	3.185	3.185
Photochemical smog	g ethene	1.749	1.749	1.749
Human toxicity acute	mg	2.660	2.660	2.660
Human toxicity chronic	mg	2.410	2.410	2.410
Human toxicity soil	mg	1.340	1.340	1.340
Human toxicity non-cancer	mg	1.299	1.299	1.299
Human toxicity cancer	mg	0.168	0.168	0.168
Respiratory inorganic	mg	2.46	2.46	2.46
Respiratory organic	mg	3.5	3.5	3.5
Ecotoxicity	kg	8.96	8.96	8.96
Fluorination (aF)	kg	0.000	0.000	0.000

**Gambar 4** *Output Normalization* Produk Leather

3) *Weighting*

*Weighting* merupakan tahapan dimana keseluruhan dampak yang telah dinilai akan dibandingkan dan disederhanakan dalam suatu basis ukuran yang sama. Setelah dilakukan pembobotan, kategori *ecotoxicity water acute*, *ecotoxicity water chronic* dan *human toxicity soil* tetap menjadi kategori dengan dampak lingkungan yang paling besar dengan nilai total masing-masing sebesar 2.66 kPt, 2.41 kPt dan 1.34 kPt. Untuk mengetahui nilai dampak lingkungan dari masing-masing sistem amatan dapat dilihat pada Gambar 5

Impact category	Unit	Total	Individual Impact	Individual Product
Global warming (CO <sub>2</sub> eq)	kg CO <sub>2</sub>	4.117	4.117	4.117
Acidification	kg SO <sub>2</sub>	2.000	2.000	2.000
Eutrophication	kg N	3.185	3.185	3.185
Photochemical smog	g ethene	1.749	1.749	1.749
Human toxicity acute	mg	2.660	2.660	2.660
Human toxicity chronic	mg	2.410	2.410	2.410
Human toxicity soil	mg	1.340	1.340	1.340
Human toxicity non-cancer	mg	1.299	1.299	1.299
Human toxicity cancer	mg	0.168	0.168	0.168
Respiratory inorganic	mg	2.46	2.46	2.46
Respiratory organic	mg	3.5	3.5	3.5
Ecotoxicity	kg	8.96	8.96	8.96
Fluorination (aF)	kg	0.000	0.000	0.000

**Gambar 5** *Output Weighting* Produk Leather

Dari gambar 5 dapat dilihat bahwa nilai *weighting* untuk kategori *ecotoxicity water acute* pada sistem amatan distribusi bahan baku, proses produksi, dan distribusi produk masing-masing adalah sebesar 0.112 kPt, 2.52 kPt dan 0.0308 kPt. Sedangkan nilai *weighting* untuk kategori *ecotoxicity water chronic* yaitu 0.102 kPt, 2.28 kPt, dan 0.0282 kPt. Nilai *weighting* untuk kategori *human toxicity soil* yaitu 0.299 kPt, 0.876 kPt dan 0.168 kPt.

Berdasarkan analisa, diketahui proses produksi merupakan proses atau aktivitas yang memiliki dampak terbesar terhadap lingkungan. Hal ini dibuktikan dengan dilakukan analisa *characterization, normalization* dan *weighting*. Ketiga analisa tersebut menyatakan bahwa kategori *ecotoxicity water acute, ecotoxicity water chronic* dan *human toxicity soil* merupakan kategori dengan dampak lingkungan terbesar. Dari penjelasan diatas, maka dapat disimpulkan bahwa limbah PT XYZ memiliki efek samping terhadap ekosistem air baik dalam waktu singkat dan jangka waktu yang lama. Selain itu limbah PT XYZ juga beberapa zat logam berat yang dapat berdampak pada kesehatan manusia melalui media tanah.

Dari analisa yang dilakukan dapat disimpulkan, proses produksi memiliki dampak yang besar terhadap lingkungan. Maka langkah selanjutnya adalah melakukan analisa dampak lingkungan dari tiap proses dalam penyamakan kulit. Analisa ini bertujuan untuk mengetahui proses apa yang memiliki dampak lingkungan terbesar dalam proses produksi kulit.

### 3.1.4 Interpretation Step

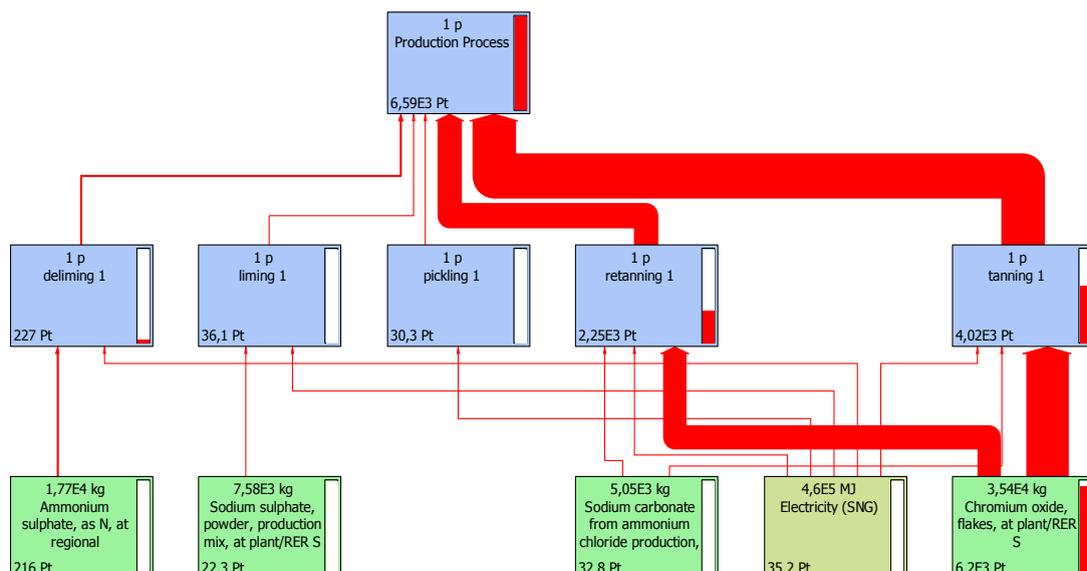
Tahap *interpretation step* merupakan tahap interpretasi dari seluruh tahap yang sudah dilakukan sebelumnya. Setelah mengetahui aktivitas yang memiliki dampak terbesar, maka langkah selanjutnya adalah melakukan analisa lebih lanjut mengenai sistem amatan yang memiliki dampak terbesar. Dengan

dilakukannya analisa dalam proses produksi, maka diharapkan alternatif perbaikan yang diberikan sesuai dengan permasalahan yang ada.

### 3.2 Analisis Dampak Lingkungan pada Proses Produksi Kulit

Dalam melakukan analisis dampak lingkungan pada proses produksi kulit akan dilakukan analisa yang sama seperti pada penilaian dampak lingkungan dari aktivitas *supply chain*. Analisa tersebut meliputi analisa *characterization, normalization* serta *weighting*. Sebelum melakukan analisa tersebut, langkah pertama yang harus dilakukan adalah membuat *tree diagram* proses produksi kulit.

Gambar 6 menjelaskan bahwa proses produksi kulit terdiri dari berbagai proses. Proses-proses tersebut membutuhkan berbagai macam bahan baku. Dimana beberapa bahan baku tersebut mengandung senyawa kimia yang dapat menimbulkan dampak lingkungan. Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa, proses yang memiliki dampak lingkungan terbesar adalah proses *tanning* dan *retanning* dengan total nilai 4020 kPt dan 2250 kPt. Hal tersebut dibuktikan dengan adanya garis tebal berwarna merah pada proses *tanning* dan *retanning*. Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, garis tebal berwarna merah tersebut menunjukkan besarnya kontribusi dampak yang dihasilkan dari proses produksi.



**.Gambar 6 Tree Diagram Proses Produksi Kulit**

Setelah membuat *tree diagram* proses produksi, langkah selanjutnya adalah melakukan analisa dampak lingkungan yang meliputi analisa *characterization*, *normalization* dan *weighting*. Berikut ini merupakan penjelasan mengenai analisa *characterization*, *normalization* dan *weighting* pada proses produksi kulit.

### 3.2.1 Characterization Proses Produksi Kulit

Tahap *characterization* ini merupakan penilaian dampak lingkungan dari keseluruhan *input* dan *output*. Dalam penilaian tersebut akan mempertimbangkan kategori-kategori sesuai dengan metode yang digunakan. Pada tahap ini dapat dilihat bahwa proses *tanning* merupakan salah satu proses dalam proses produksi kulit yang mempunyai dampak terbesar terhadap lingkungan. Hal ini ditunjukkan dengan banyaknya kontribusi proses *tanning* terhadap dampak lingkungan dari 16 kategori yang diamati. Dalam *characterization*, nilai dampak lingkungan masih berupa prosentase dikarenakan satuan yang digunakan dalam analisa tersebut berbeda-beda.

Berdasarkan hasil analisa *characterization* kategori *human toxicity air* memiliki nilai total terbesar yaitu  $1.01 \times 10^{11}$ . Tetapi karena dalam *characterization* nilai dampak lingkungan yang dihasilkan belum dilakukan penyamaan satuan, maka hasil tersebut dianggap belum bisa diandalkan.

### 3.2.2 Normalization Proses Produksi Kulit

Pada tahap *normalization* ini akan dilakukan penyamaan satuan, sehingga akan mempermudah dalam menentukan proses yang berkontribusi besar terhadap dampak lingkungan. Berdasarkan hasil analisa *normalization*, kategori yang memiliki dampak terbesar adalah *ecotoxicity water acute*. Dan nilai *normalization* untuk masing-masing proses *deliming*, *fatliquoring*, *liming*, *pickling*, *retanning*, *soaking*, dan *tanning* yaitu 35.4, 0.335, 5.17, 7.32, 800, 1.46, dan 1440.

Dari nilai *normalization* tersebut dapat dilihat bahwa proses *tanning* memiliki nilai dampak terbesar dengan nilai sebesar 1440. Proses *tanning* tersebut tidak hanya memiliki dampak terbesar pada kategori *ecotoxicity water acute*, tetapi juga pada kategori *ecotoxicity water chronic* dan *human toxicity soil* dengan nilai 1190 dan 405.

### 3.2.3 Weighting Proses Produksi Kulit

Dalam tahap *weighting* ini nantinya akan dilakukan perbandingan dan penyerdehanaan keseluruhan dampak yang telah dinilai. Tujuan dari tahapan ini adalah untuk mendapatkan nilai perbandingan yang sama untuk setiap kategori yang diamati sehingga akan memudahkan dalam menentukan proses apa dalam proses produksi yang memiliki dampak terbesar terhadap lingkungan. Setelah dilakukan perbandingan, kategori *ecotoxicity water acute*, *ecotoxicity water chronic* dan *human toxicity soil* tetap menjadi kategori yang memiliki nilai dampak lingkungan terbesar dengan nilai masing-masing 2.52 kPt, 2.28 kPt, dan 0.876 kPt.

Berdasarkan nilai yang dihasilkan dari *weighting*, kategori yang memiliki dampak terbesar terhadap lingkungan adalah *ecotoxicity water acute*. Dengan nilai untuk pada proses *deliming*, *fatliquoring*, *liming*, *pickling*, *retanning*, *soaking*, dan *tanning* masing-masing adalah sebesar 0.0389, 0.000368, 0.00569, 0.00805, 0.88, 0.00161, dan 1.58. Dari nilai dampak tersebut dapat dilihat bahwa proses *tanning* memiliki nilai dampak lingkungan terbesar dalam kategori *ecotoxicity water acute* dengan nilai sebesar 1.58. Tidak hanya dalam kategori *ecotoxicity water acute*, proses *tanning* juga memiliki nilai dampak terbesar pada kategori *ecotoxicity water chronic* dan *human toxicity soil* dengan nilai masing-masing sebesar 1.43 dan 0.486.

Berdasarkan analisa *characterization*, *normalization* dan *weighting* dapat disimpulkan bahwa proses *tanning* dalam proses produksi kulit merupakan proses yang memiliki dampak terbesar terhadap lingkungan dan menjadi penyebab aktivitas produksi menjadi aktivitas yang memiliki dampak terbesar dalam aktivitas *supply chain* perusahaan. Dan setelah dilakukan analisa tersebut dapat disimpulkan juga bahwa dalam proses produksi kulit, kategori yang memiliki dampak lingkungan terbesar yaitu *ecotoxicity water acute*, *ecotoxicity water chronic* dan *human toxicity soil*.

Setelah dilakukan analisa tersebut, maka selanjutnya perlu untuk dilakukan analisa mendalam mengenai penyebab proses *tanning* memiliki dampak yang cukup besar terhadap lingkungan. dalam proses *tanning*, bahan baku yang memiliki kontribusi terbesar terhadap lingkungan adalah kromium. Menurut Asmadi (2009) dalam proses penyamakan kulit,

senyawa kromium digunakan sebanyak 60-70% dan tidak semuanya diserap oleh kulit. Sehingga, sisanya dikeluarkan dalam bentuk cairan sebagai limbah cair. Melihat keadaan tersebut, maka keberadaan *chromium* dengan kadar yang tinggi pada limbah cair industri penyamakan kulit tentunya dapat menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan.

Setelah dilakukan analisa *process contribution* maka langkah selanjutnya adalah menentukan beberapa alternatif perbaikan untuk mengurangi dampak lingkungan yang dihasilkan. Alternatif perbaikan tersebut nantinya akan dibobotkan menggunakan *Analytical Network Process* (ANP). Penjelasan mengenai alternatif perbaikan akan dijelaskan pada subbab berikutnya.

### 3.3 Penentuan Alternatif Perbaikan

Alternatif-alternatif perbaikan ini merupakan hasil wawancara dan brainstorming dengan para ahli di PT XYZ. Para ahli tersebut yaitu Kepala Departemen Limbah dan Direktur Utama. Berikut ini merupakan alternatif perbaikan yang diusulkan untuk mengurangi dampak lingkungan yang dihasilkan dari proses tanning. Alternatif-alternatif perbaikan ini merupakan hasil yang didapatkan dari studi literatur dan penelitian-penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya.

- 1) Menggunakan senyawa alkali berupa  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , dan  $\text{NaHCO}_3$  untuk menurunkan

kadar kromium dalam limbah penyamakan kulit.

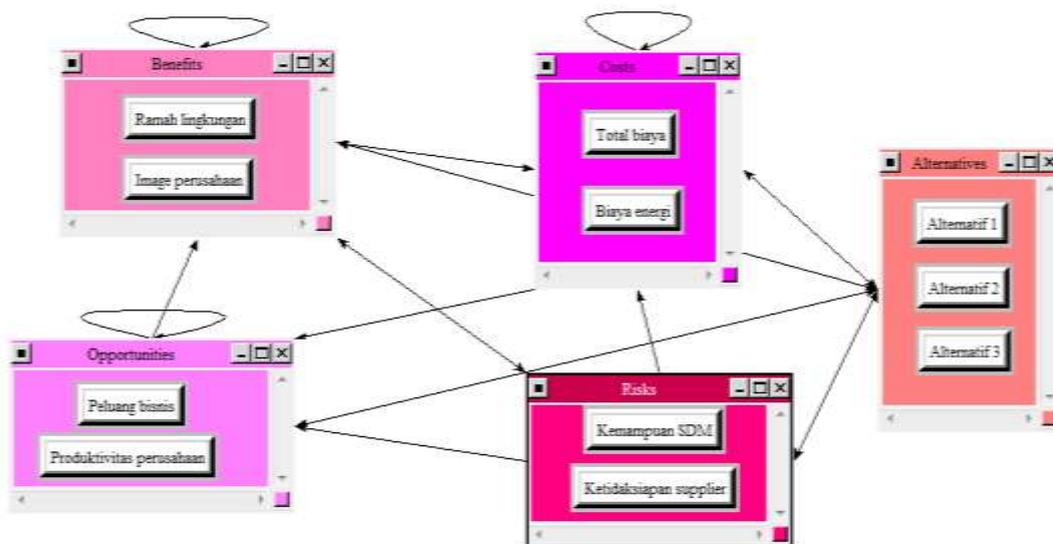
- 2) Menggunakan limbah lumpur penyamakan kulit yang mengandung kromium sebagai bahan baku kompos.
- 3) Menurunkan kadar kromium dan COD pada limbah penyamakan kulit menggunakan senyawa  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  dan  $\text{FeCl}_3$ .

#### 3.3.1 Penentuan Kriteria dan Sub Kriteria

Penentuan subkriteria ini juga dilakukan dengan wawancara dan diskusi dengan para ahli di PT XYZ. Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, para ahli yang dimaksud disini adalah Kepala Departemen Limbah dan Direktur Utama PT XYZ. Kriteria dan subkriteria yang didapatkan dari hasil wawancara dan diskusi dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1** Kriteria dan Subkriteria dalam Pemilihan Alternatif Perbaikan

No	Kriteria	Subkriteria
1	<i>Benefits</i>	Ramah lingkungan
		<i>Image</i> perusahaan
2	<i>Opportunities</i>	Peluang bisnis
		Produktivitas perusahaan
3	<i>Costs</i>	Jumlah biaya
		Biaya energi
4	<i>Risks</i>	Kemampuan SDM
		Ketidaksiapan <i>supplier</i>



**Gambar 7** Model ANP Pemilihan Alternatif

**3.3.2 Pemilihan Alternatif Perbaikan menggunakan Metode Analytical Network Process (ANP)**

Pada tahap ini akan dilakukan evaluasi terhadap beberapa alternatif yang sudah diberikan. Evaluasi ini bertujuan untuk menentukan alternatif perbaikan yang paling sesuai dengan kriteria dan subkriteria yang digunakan. Kriteria dan subkriteria tersebut meliputi elemen strategis dan operasional dari perusahaan yang saling dipengaruhi dan mempengaruhi.

**a. Penentuan Hubungan Saling Ketergantungan Antar Subkriteria**

Penentuan hubungan saling ketergantungan tersebut merupakan hasil kuesioner yang diberikan pada pihak yang dianggap memiliki kemampuan pada bidang tersebut, yaitu Kepala Departemen Limbah dan Direktur Utama. Hasil dari kuesioner ini akan dijadikan acuan untuk membuat *network* pada *software* Super Decision. Gambar 7 merupakan *network* pemilihan alternatif terbaik menggunakan *software* Super Decision.

**b. Pembobotan Subkriteria**

Pembobotan subkriteria ini dilakukan dengan menyebarkan kuesioner. Kuesioner tersebut akan diberikan kepada pihak yang ahli dibidangnya. Dalam hal ini yang dianggap memiliki kemampuan di bidang tersebut adalah Kepala Departemen Limbah dan Direktur Utama dari PT Kasin. Kedua responden tersebut nantinya akan diberikan bobot yang berbeda. Responden yang bertindak sebagai pengambil keputusan atau Direktur Utama diberikan bobot yang lebih besar, yaitu 60%. Sedangkan bobot untuk Kepala Departemen Limbah sebesar 40%.

Setelah dilakukan penyebaran kuesioner pembobotan subkriteria, maka langkah selanjutnya adalah melakukan rekapitulasi data serta menghitung rata-rata geometri dari hasil kuesioner tersebut. Perhitungan rata-rata geometri digunakan karena setiap responden memiliki bobot yang berbeda. Hasil perhitungan rata-rata geometri tersebut nantinya akan digunakan sebagai *input* pada *software* Super Decision.

**c. Prioritas Akhir**

Nilai prioritas akhir didapatkan dari supermatriks limit. Setelah menentukan nilai prioritas akhir, maka langkah selanjutnya adalah melakukan normalisasi berdasarkan kelompok kriteria sehingga total nilai prioritas pada masing-masing kelompok berjumlah satu. Hasil prioritas akhir dari perhitungan menggunakan *software* Super Decision dapat dilihat pada Gambar 8.

Isian	Name	Normalized by Cluster	Limiting
No Isian	Alternatif 1	0,23458	0,007011
No Isian	Alternatif 2	0,53084	0,100062
No Isian	Alternatif 3	0,23487	0,007003
No Isian	Image perusahaan	0,02344	0,022711
No Isian	Ramah lingkungan	0,00030	0,107000
No Isian	Biaya energi	0,11118	0,000079
No Isian	Total biaya	0,00012	0,000001
No Isian	Peluang bisnis	0,00703	0,103720
No Isian	Produktivitas perusahaan	0,02005	0,010791
No Isian	Kemampuan SDM	0,02355	0,000014
No Isian	Ketersediaan supplier	0,23445	0,017200

**Gambar 8** Prioritas Akhir

Dari Gambar 8 di atas dapat dilihat bahwa alternatif 2 memiliki nilai prioritas tertinggi dibandingkan dengan alternatif 1 dan 3 dengan nilai 0,53084. Pada *output* Super Decision tersebut juga dapat dilihat bahwa subkriteria ramah lingkungan merupakan subkriteria yang memiliki nilai tertinggi. Dari hasil tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa subkriteria ramah lingkungan dianggap memiliki pengaruh yang paling besar terhadap pemilihan alternatif.

**4. Kesimpulan**

Dari hasil pengolahan data dan analisis data yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang didapatkan adalah

1. Limbah yang ditimbulkan dari aktivitas *supply chain* PT XYZ meliputi limbah dari distribusi bahan baku, proses produksi, dan distribusi produk. Pada proses produksi kulit, limbah yang dihasilkan berupa limbah padat, limbah cair dan limbah gas. Limbah padat dalam proses penyamakan kulit berupa sisa-sisa bulu dan kulit yang tidak digunakan. Sementara limbah cair dalam proses penyamakan kulit berupa lumpur yang mengandung berbagai

senyawa kimia berbahaya, diantaranya kromium, kapur dan ammonia. Limbah gas yang dihasilkan dalam penyamakan kulit berupa bau yang menyengat. Bau ini merupakan bau yang dihasilkan dari proses *soaking* dan *liming*.

2. Pada analisa dampak lingkungan aktivitas *supply chain* produk kulit, dampak lingkungan terbesar adalah *ecotoxicity water acute*, *ecotoxicity water chronic* dan *human toxicity soil* dengan total nilai masing-masing sebesar 2.66 kPt, 2.41 kPt dan 1.34 kPt. Nilai dampak lingkungan pada kategori *ecotoxicity water acute* pada sistem amatan distribusi bahan baku, proses produksi, dan distribusi produk masing-masing adalah sebesar 0.112 kPt, 2.52 kPt dan 0.0308 kPt. Sedangkan nilai dampak lingkungan untuk kategori *ecotoxicity water chronic* yaitu 0.102 kPt, 2.28 kPt, dan 0.0282 kPt. Nilai dampak lingkungan untuk kategori *human toxicity soil* yaitu 0.299 kPt, 0.876 kPt dan 0.168 kPt.
3. Dari analisa yang sudah dilakukan dengan menggunakan metode LCA dapat diketahui bahwa proses produksi kulit pada aktivitas *supply chain* PT Kasin memiliki dampak terbesar terhadap lingkungan. Dalam proses produksi kulit, dampak lingkungan terbesar adalah kategori *ecotoxicity water acute*, *ecotoxicity water chronic* dan *human toxicity soil* dengan nilai masing-masing sebesar 2.52 kPt, 2.28 kPt, dan 0.876 kPt. Nilai dampak lingkungan pada kategori *ecotoxicity water acute* pada proses *deliming*, *fatliquoring*, *liming*, *pickling*, *retanning*, *soaking*, dan *tanning* masing-masing adalah sebesar 0.0389, 0.000368, 0.00569, 0.00805, 0.88, 0.00161, dan 1.58. Dari nilai dampak tersebut dapat dilihat bahwa proses *tanning* memiliki nilai dampak lingkungan terbesar dalam kategori *ecotoxicity water acute* dengan nilai sebesar 1.58. Proses *tanning* memiliki nilai dampak terbesar tidak hanya dalam kategori *ecotoxicity water acute*, tetapi juga memiliki nilai dampak terbesar pada kategori *ecotoxicity water chronic* dan *human toxicity soil* dengan nilai masing-masing sebesar 1.43 dan 0.486.
4. Alternatif-alternatif perbaikan untuk mengurangi dampak lingkungan yang dihasilkan dari proses produksi kulit

adalah menggunakan senyawa alkali berupa  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dan  $\text{NaHCO}_3$  untuk menurunkan kadar kromium dalam limbah penyamakan kulit, menggunakan limbah lumpur penyamakan kulit yang mengandung kromium sebagai bahan baku kompos, dan mengaplikasikan metode elektrolisis menggunakan elektroda platina (Pt), tembaga (Cu), dan karbon (C) untuk menurunkan kadar kromium pada limbah penyamakan kulit. Dengan menggunakan metode *Analytical Network Process* (ANP) didapatkan alternatif perbaikan terbaik berdasarkan kriteria *benefit*, *opportunities*, *costs and risks* adalah menggunakan limbah lumpur penyamakan kulit yang mengandung *chromium* sebagai bahan baku kompos dengan nilai prioritas sebesar 0.47249.

#### Daftar Pustaka

- Asmadi. (2009). Pengurangan Chrom (Cr) Pada Limbah Cair Industri Kulit Pada Proses Tannery Menggunakan Senyawa Alkali  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{NaOH}$  dan  $\text{NaHCO}_3$ . *Jurnal Air Indonesia* Vol. 5. No. 1, <http://download.portalgaruda.org/article.php?article=61980&val=4559> ( diakses 5 September 2014)
- Curran, Marry Ann. (1996). *Environmental Life Cycle Assessment*. Mc Graw-Hill, New York, USA.
- Hermawan., Marzuki, F. P., Abduh, M. & Driejana, R. (2013). Peran Life Cycle Analysis (LCA) Pada Material Konstruksi Dalam Upaya Menurunkan Dampak Emisi Karbon Dioksida Pada Efek Gas Rumah Kaca. *Jurnal Manajemen Konstruksi*, <http://sipil.ft.uns.ac.id/konteks7/prosiding/031K> ( diakses tanggal 8 Mei 2014)
- Joko,Tri. (2003). Penurunan Kromium(Cr) dalam Limbah Cair Proses Penyamakan Kulit Menggunakan Senyawa Alkali  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{NaOH}$  dan  $\text{NaHCO}_3$ . *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, [http://eprints.undip.ac.id/5285/1/artikel\\_Tri\\_Joko](http://eprints.undip.ac.id/5285/1/artikel_Tri_Joko) ( diakses tanggal 2 Oktober 2014)
- Ruwaard, B., Van Beck,J. M. P., Hordijk, L. & Van Wassnhove, L. N. (1995). *Interactions Between Operational and Environmental*

Management. *Journal of Operational Research*.  
85 (2): 229-243, [http:// www. sciencedirect.  
com/ science/ article/ pii/ 037722179400294M](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037722179400294M)  
(diakses tanggal 30 April 2014)

Thom, M.J., Kraus, J. L & Parker, D. R. (2011).  
*Life Cycle Assessment as a Sustainability  
Management Tool: Strength, Weakness, and  
Other Considerations*. Wiley Periodicals.