

## 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 historis perusahaan, diskusi, wawancara serta penyebaran kuesioner. Dari data tersebut, kemudian dilakukan pengolahan data berdasarkan metodologi penelitian sebagaimana yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya serta pembahasan dari hasil penelitian untuk menjawab tujuan penelitian yang telah ditetapkan.

### 4.1 Profil Perusahaan

Pada subbab ini, dijelaskan tentang profil perusahaan PT Kertas Leces Persero yang terdiri dari sejarah, visi dan misi, dan struktur organisasi perusahaan. Berikut adalah penjelasannya.

#### 4.1.1 Sejarah Perusahaan

PT Kertas Leces Persero merupakan salah satu BUMN di lingkungan Departemen Perindustrian yang bergerak dalam bidang industri kertas tertua kedua setelah Pabrik Kertas Padalarang. Lokasi pabrik terletak 82 km ke arah timur Surabaya atau 12 km ke arah selatan Probolinggo. Dibangun oleh Ir. Tromp pada tahun 1939 dan mulai beroperasi pada tanggal 22 Februari 1940 dengan kepala pabrik Van Dee Lee. PT Kertas Leces Persero merupakan cabang dari Papier Fabriek Padalarang dibawah naungan dan pengelolaan NV Papier Fabriek Nijmegen Nederland.

Tahun 1958 dengan berlandaskan kepada UU Nasionalisasi No. 86/1957 dan PP No. 23 tahun 1958 NV, Papier Fabriek diambil alih oleh pemerintah Indonesia. Pengambilan alih dan pengurusan perusahaan dilakukan oleh Dewan Pimpinan Pabrik Kertas Padalarang Ledjes. Selanjutnya Dewan Pimpinan mengalami perubahan bentuk menjadi *Board Of Management* (BOM). Pada tahun 1961 dengan berlandaskan pada UU No. 19/1960 dan PP No. 137/1961 menjadi Perusahaan Negara “PN Kertas Letjes” dengan susunan organisasi yang tersendiri. Dimana pada tahun 1962 Abdoel Sjoekoer menjadi Presiden Direktur dan untuk melengkapi direksi PN Kertas Letjes, maka Ir. Hartanto diangkat sebagai Direktur merangkap menjadi Kepala Team perluasan yang dibantu oleh Ir. Sedyana. Pada bulan

November 1983 dengan akte notaris Mohammad Ali PN Kertas Letjes menjadi PT Kertas Leces. Berikut ini gambar perusahaan PT Kertas Leces Persero.



Gambar 4.1 PT Kertas Leces Persero

Produk yang dihasilkan oleh PT Kertas Leces Persero antara lain:

1. Kertas Industri

Kertas industri pada Unit *Paper I* dengan kapasitas 30 ton/hari. Kertas industri meliputi kertas *medium liner*, kertas karton, dan kertas duplek yang biasa digunakan untuk kardus. Kertas ini memiliki *gramature* tinggi (lebih dari 100 gr/m<sup>2</sup>).

2. Kertas Putih

Kertas putih diproduksi pada Unit *Paper II* dengan kapasitas produksi 70 ton/hari. Kertas putih yang diproduksi meliputi jenis *cyclostyle*, gambar, BG, BCMG, dan kertas karton jenis lainnya. *Range gramature* kertas produksi 70-180 gr/m<sup>2</sup>.

3. Kertas Tulis Cetak

Kertas tulis cetak diproduksi di Unit *Paper III* dengan kapasitas 200 ton/hari. Kertas tulis cetak yang diproduksi meliputi HVS, HVO, *Art Paper*, *Duplicator*, *Copy Paper*, *BC Paper*. Kertas *fotocopy* yang dihasilkan memiliki *gramature* 70/80 gsm.

4. Kertas *Tissue*

Kertas *Tissue* diproduksi di Unit *Paper IV* dengan kapasitas 30 ton/hari. Jenis kertas yang dihasilkan *Paper Plant IV* meliputi :

- a. Toilet *Tissue* dengan *gramature* 15-21 gsm. *Tissue* ini terdiri dari 2 macam yaitu ply dan 2 ply.
- b. Napkin *Tissue* dengan *gramature* 21-22 gsm.
- c. Towel *Tissue* (*Tissue Handuk*) dengan *gramature* 25-4 gsm.
- d. Facial *Tissue* (*Tissue wajah*) dengan *gramature* 12-15 gsm.
- e. MG (*Machine Glossy*) dengan *gramature* 17-19 gsm.

5. Kertas koran.

#### 4.1.2 Visi Misi Perusahaan

Berikut ini merupakan visi dan misi dari PT Kertas Leces Persero.

1. Visi

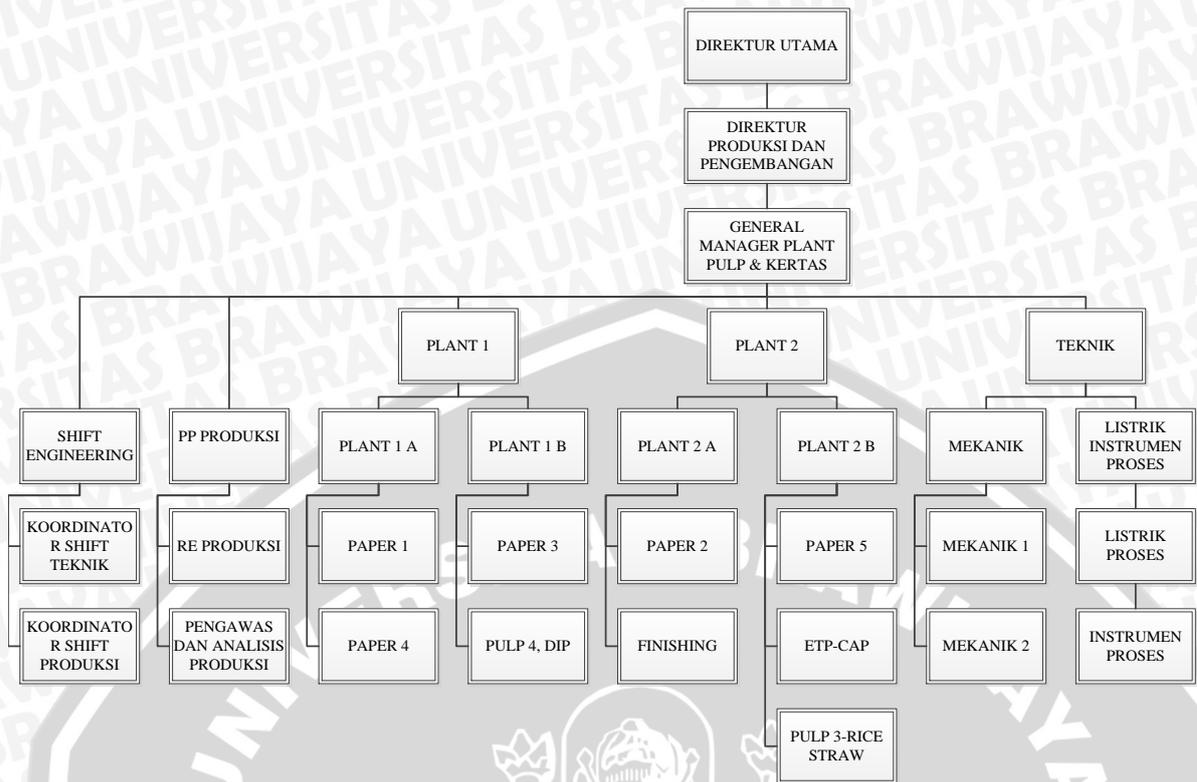
Menjadi produsen kertas yang terintegrasi, berwawasan lingkungan, dan kuat dalam persaingan global.

2. Misi

- a. Menghasilkan produk yang bermutu dan mampu bersaing di pasar bebas.
- b. Meningkatkan produktifitas dan efisiensi yang berkesinambungan.
- c. Berorientasi pada keuntungan dan memberikan nilai tambah bagi pemegang saham.
- d. Memberikan kesejahteraan karyawan dan peduli terhadap masyarakat sekitar.
- e. Peduli terhadap kelestarian lingkungan serta mengutamakan keselamatan dan kesehatan kerja.
- f. Mengelola perusahaan dengan prinsip kejujuran, keterbukaan, dan tanggung jawab.

#### 4.1.3 Struktur Organisasi Perusahaan

Dalam menjalankan proses bisnisnya, perusahaan memiliki struktur organisasi untuk memudahkan informasi dan penentuan kebijakan. Saat ini, PT Kertas Leces Persero dipimpin oleh seorang Direktur Utama dan dibantu oleh seorang Direkur Produksi dan Pengembangan serta seorang General Manager Plant *Pulp & Kertas*. General Manager Plant *Pulp & Kertas* membawahi senior manager Plant 1, Plant 2, dan Teknik. Struktur organisasi PT Kertas Leces Persero ditetapkan berdasarkan Surat Keputusan Direksi PT Kertas Leces Persero No. 105/Kpts-Up/L/XI/2010. Struktur organisasi PT Kertas Leces Persero selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 4.2.



.Gambar 4.2 Struktur Organisasi PT Kertas Lececs Persero  
Sumber: PT Kertas Lececs Persero

## 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 kertas.

### 4.2.1 Deskripsi Produk Amatan

Kertas adalah bahan tipis yang terbuat dari serat-serat nabati yang diendapkan dan dikeringkan, biasanya dicampur bahan pewarna dan bahan-bahan tambahan lain. Pada penelitian ini akan difokuskan pada produk kertas Brief Card, dimana produk tersebut merupakan produk yang paling banyak diproduksi selama dua tahun ini di PT Kertas Lececs Persero. Nama lain dari kertas Brief Card adalah kertas manila. Kertas ini biasanya digunakan untuk undangan, kartu stok perusahaan, buku gambar, kartu bayaran sekolah, serta form-form isian data.

#### 4.2.2 Deskripsi Bahan Baku

Pada pembuatan produk Brief Card diperlukan bahan baku utama dan bahan penolong. Berikut ini merupakan bahan baku utama dan bahan penolong dalam pembuatan Brief Card.

##### 1. Bahan Baku Utama

Bahan baku utama dalam pembuatan produk Brief Card adalah sebagai berikut.

###### a. *Pulp Kayu*

*Pulp* kayu yang digunakan adalah *wood LBKP (Long Leaf Bleached Kraft Pulp)*. *Wood LBKP* adalah *pulp* dari *Hardwood* yang diproses menggunakan sistem *Kraft pulping* yang telah mengalami proses pemutihan. *Hardwood* merupakan jenis kayu yang banyak tumbuh di seluruh dunia, terutama di daerah tropis dan subtropis. *Hardwood* memiliki ciri-ciri yaitu daun sempurna (bertangkai, berhelai dan berurat) dan tergolong dalam *Ordo Dicotyledon*. Panjang serat *hardwood* sekitar 0,8 -1,6 mm. *Pulp* ini memiliki sifat hampir sama dengan *pulp* jerami dan *bagasse*.

###### b. *Bagasse*

*Bagasse* merupakan bahan baku kertas yang terbuat dari ampas tebu.

###### c. Afval

Afval merupakan kertas cacat atau limbah dari proses permesinan.

##### 2. Bahan Penolong

Selain bahan baku utama, dalam proses produksi Brief Card perlu adanya bahan penolong yang berupa bahan kimia. Adapun bahan kimia yang diperlukan adalah sebagai berikut:

###### a. *Cationic*

*Cationic* merupakan bahan kimia yang terbuat dari serbuk yang berguna sebagai perekat untuk mengikat daya ikat antar serat. Selain itu, berfungsi untuk meningkatkan *surface strength* dan karakteristik kertas serta kekuatan *sheet* saat dalam proses di mesin kertas, misalnya ketika *wax pick test* dan lain-lain. Salah satu contoh *cationic* adalah indocat.

###### b. *Retention Agent (Retention Aids)*

*Retention agent* dibagi menjadi dua, yaitu promotor dan polimer. Promotor adalah bahan kimia yang digunakan untuk mengendalikan muatan listrik dalam stok sehingga mencapai *surface strength* yang baik, sedangkan polimer adalah bahan kimia yang digunakan untuk membantu pemisahan air di *wire part* dan mengikat semua zat yang ditambahkan pada proses.

c. AKD (Alkil Keton Dimer)

AKD (Alkil Keton Dimer) merupakan salah satu *sizing agent* yang digunakan untuk melicinkan, meratakan permukaan serta sebagai perekat agar kertas dapat tahan terhadap daya tembus air ataupun tinta.

d. OBA (*Optical Brightening Agent*)

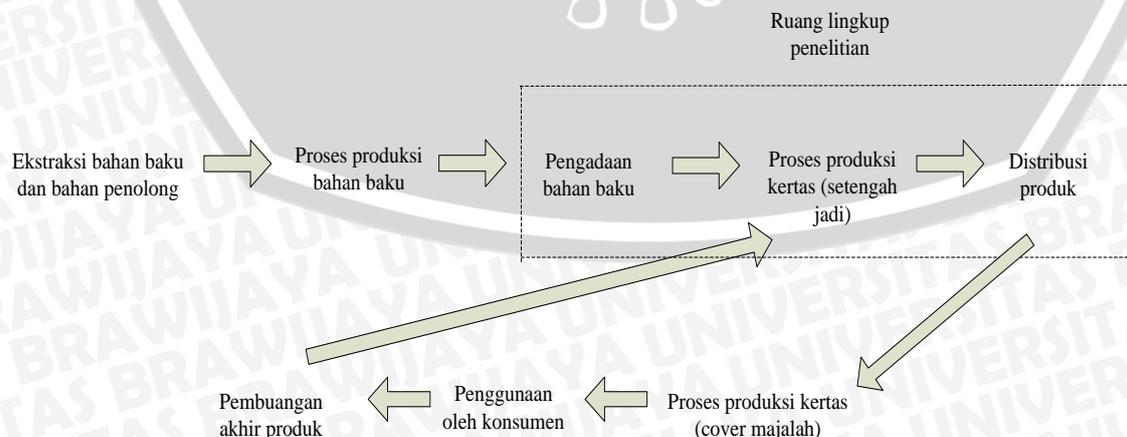
OBA (*Optical Brightening Agent*) merupakan bahan kimia yang digunakan untuk mencerahkan atau memutihkannya kertas.

e.  $\text{CaCO}_3$

Bahan kimia ini digunakan sebagai pengisi (*filler*). Tujuan dari bahan pengisi dalam kertas adalah mengisi celah serat, peningkatan kemampuan penyerapan tinta, menghaluskan kertas, serta menaikkan berat jenis kertas sehingga kertas menjadi berkualitas. Selain itu, adanya pengisi (*filler*) dapat mengurangi biaya karena menghemat hingga 40 % dari bahan serat *pulp* kayu.

#### 4.2.3 Deskripsi Ruang Lingkup

Ruang lingkup *supply chain* pada produk kertas dimulai dari proses pengolahan bahan baku oleh *supplier*, proses produksi kertas, distribusi produk ke *customer*, penggunaan oleh konsumen, dan pembuangan akhir produk. Sedangkan pada penelitian ini, ruang lingkup yang digunakan adalah *gate to gate*. *Gate to gate* merupakan ruang lingkup yang mencakup *material processing* dan *product manufacturing*, tetapi pada penelitian ini tidak mencakup ruang lingkup *material processing*. Hal ini dikarenakan *material processing* tidak dilakukan oleh PT Kertas Leces Persero, tetapi dilakukan oleh pihak *supplier*. Untuk ruang lingkup penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.3. Penjelasan dari masing-masing ruang lingkup produk kertas akan dijelaskan pada subbab selanjutnya.



Gambar 4.3 Ruang Lingkup Penelitian

#### 4.2.3.1 Pengadaan Bahan Baku

*Supplier* pada pembuatan produk Brief Card ini meliputi *supplier* bahan baku utama dan bahan penolong. *Supplier* bahan-bahan tersebut merupakan *supplier* lokal karena bahan-bahan tersebut mudah ditemukan di dalam negeri dan terdapat dalam jumlah banyak. Pada tahap pengolahan data akan dilakukan perhitungan jarak *supplier* bahan baku tersebut. *Supplier-supplier* pada pembuatan produk Brief Card dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 *Supplier* Bahan Baku Produk Brief Card

No.	Nama Bahan Baku	Nama <i>Supplier</i>	Kota
1	Wood LBKP	PT Star Paper	Mojokerto
2	Bagasse	PG. Rajawali	Surabaya
3	Cationic	PT Lautan Warna Sari	Bandung
4	Retention dan Promotor	PT Envira Indonesia	Surabaya
5	AKD (Alkil Keton Dimer)	PT Nanda Permata Millenium	Surabaya
6	OBA (Optical Brightening Agent)	PT Mitra Finex	Medan
7	CaCO <sub>3</sub>	PT Indo Asia Tirta Manuggal (IATM)	Surabaya
8	Batu bara	PT Beringinmas Jaya Abadi	Kalimantan Timur

Sumber: PT Kertas Leces Persero

#### 4.2.3.2 Data Input Output

Data *input output* menunjukkan deskripsi sistem amatan yang meliputi penggunaan energi dan material yang ada. Data tersebut akan digunakan untuk penilaian dampak lingkungan. Berikut ini data *input output* dalam pembuatan produk Brief Card.

##### 1. Total Produksi

Total produksi produk Brief Card pada bulan Januari 2013 - April 2014 dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Total Produksi Produk Brief Card pada Bulan Januari 2013 - April 2014

No.	Bulan produksi	Total Produksi (dalam kg)
1	Januari 2013	219.867
2	Februari 2013	4.959
3	April 2013	251.409
4	Mei 2013	18.995
5	Juni 2013	19.597
6	Juli 2013	276.337
7	Maret 2014	150.645
8	April 2014	492.763
<b>TOTAL</b>		<b>1.434.572</b>

Sumber: PT Kertas Leces Persero

## 2. Bahan baku dan bahan penolong yang digunakan

Total penggunaan bahan baku utama dan bahan penolong yang digunakan untuk memproduksi produk Brief Card sebanyak 1.434.572 kg dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Total Penggunaan Bahan Baku dan Bahan Penolong pada Bulan Januari 2013 - April 2014

No.	Bahan Baku/Bahan Penolong	Total Penggunaan (dalam kg)
1	Wood LBKP ( <i>Long Leaf Bleached Kraft Pulp</i> )	1.307.964
2	<i>Bagasse</i>	148.297
3	Afval	15.818
4	<i>Cationic</i>	2.933
5	<i>Retention Agent</i>	521
6	AKD (Alkil Keton Dimer)	22.559
7	OBA ( <i>Optical Brightening Agent</i> )	15.431
8	CaCO <sub>3</sub>	270.384
9	Batu bara	1.218.195

Sumber: PT Kertas Leces Persero

## 3. Energi yang digunakan

Total energi yang digunakan untuk memproduksi produk Brief Card sebanyak 1.434.572 kg dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Total Penggunaan Energi pada Bulan Januari 2013 - April 2014

No.	Jenis	Total Penggunaan
1	Energi listrik dari batu bara	1.353.551 kWh
2	Air	9.534 m <sup>3</sup>
3	Uap	6.702.114 kg
4	Udara tekan	968.112 m <sup>3</sup>

Sumber: PT Kertas Leces Persero

### 4.2.3.3 Proses Produksi

Proses produksi merupakan proses yang mengubah bahan baku menjadi produk jadi menggunakan beberapa peralatan mesin. Mesin-mesin yang digunakan dalam proses produksi pembuatan produk Brief Card dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Mesin-mesin yang Digunakan dalam Proses Produksi Produk Brief Card

No.	Nama Mesin	Keterangan
1	LBKP <i>chest</i>	Mencampur semua <i>pulp</i> kayu
2	HD <i>cleaner</i>	Memisahkan kotoran berdasarkan berat jenis
3	<i>Broke chest</i>	Mensuspensikan kertas bekas
4	<i>Bagasse chest</i>	Mencampur semua <i>pulp bagasse</i>
5	<i>Double Disc Refiner</i>	Menghancurkan serat agar berbentuk serabut (fibril).
6	Centri <i>Cleaner</i>	Membersihkan kotoran dalam <i>pulp stock level box</i> .
7	<i>Machine chest</i>	Mengaduk <i>pulp</i> agar homogen
8	<i>Level box</i>	Mengatur kestabilan aliran
9	<i>Trimming Refiner</i>	Menumbuk dan menghaluskan <i>pulp</i> .
10	WWC ( <i>White Water Chest</i> )	Menampung sementara <i>pulp</i> sebelum ke <i>centry cleaner</i>

Sumber: PT Kertas Leces Persero

Lanjutan Tabel 4.5 Mesin-mesin yang Digunakan dalam Proses Produksi Produk Brief Card

No.	Nama Mesin	Keterangan
11	<i>Pressure screen</i>	Memisahkan serat halus dari serat kasar dan menghilangkan kotoran dari dalam <i>pulp</i> .
12	<i>Head Box</i>	Membentuk <i>stock pulp</i> menjadi lembaran kertas basah.
13	<i>Wire part</i>	Membentuk lembaran basah dan mengurangi kandungan air secara gravitasi.
14	<i>Press part</i>	Mengurangi kandungan air dalam web dengan proses penekanan dan meningkatkan densitas.
15	<i>Dryer Part</i>	Mengurangi kadar air dengan menggunakan sistem penguapan menggunakan steam.
16	<i>Vibrating Screen</i>	Menyaring kembali fraksi serat yang kasar dari <i>vertical screen</i> .
17	<i>Callander</i>	Menghaluskan, melicinkan, dan meratakan permukaan lembaran serta menaikkan densitas kertas.
18	<i>Mixer vat</i>	Mengaduk dan mencampur <i>pulp</i> agar homogen dan menampung bahan dari <i>stock preparation</i> .
19	<i>Rewinder</i>	Memotong dan menggulung <i>roll</i> dengan ukuran tertentu sesuai dengan pesanan.
20	<i>Wrapping</i>	Membungkus rol kertas yang akan dipasarkan.

Sumber: PT Kertas Leces Persero

Berikut ini merupakan proses produksi produk Brief Card.

#### 1. *Stock Preparation*

*Stock preparation* merupakan tahapan persiapan bahan baku kertas, yaitu mulai dari pengolahan serat menjadi *pulp* dengan berbagai macam proses.

##### a. *Pulp kayu*

*Pulp kayu* dengan konsentrasi 5 % dipompa secara vertikal ke LBKP I *chest* dan LBKP II *chest* yang dilengkapi dengan pengaduk. Kemudian dipompa ke HD *cleaner* untuk memisahkan kotoran berdasarkan berat jenis. Selanjutnya diolah di *double disk refiner* yang berfungsi menyerabutkan serat sehingga ikatan antar serat akan semakin kuat, kemudian dikirim ke *mixer vat*.

##### b. *Pulp Bagasse*

*Pulp bagasse* dipompa vertikal ke *bagasse chest*, kemudian masuk ke HD *cleaner* dan selanjutnya masuk ke *mixer vat*.

##### c. Afval

Afval diambil dari *chouch broke pit* (kegagalan dari *wire part*), *press broke pit* (kegagalan pada *press part*), dengan *end pulper* (kegagalan pada *rewinder*) yang dikumpulkan dalam *broke storage tower*. Setelah itu, dikirim ke *broke chest* dan dipompa ke *deflater* untuk memisahkan gumpalan serat dan menghancurkan serat. Setelah serat hancur, serat dikirim ke *mixer vat*.

*Mixer vat* merupakan proses pencampuran semua *pulp* dari tiga jalur yaitu LBKP, afval, dan *bagasse* dengan penambahan bahan kimia yaitu  $\text{CaCO}_3$ , bahan warna (*pergasol blue*) dan anti slime. Dari *mixer vat*, *pulp* dipompa ke *machine chest* yang dilengkapi dengan pengaduk dan sistem pengendali ketinggian. Pada proses ini dilakukan juga penambahan bahan kimia pemutih yaitu OBA (*Optical Brightening Agent*). Selanjutnya dikirim ke *trimming refiner*. Proses ini berfungsi untuk menghomogenkan macam-macam serat. Setelah itu, *pulp* dibawa ke *level box* yang berfungsi untuk mengatur kestabilan aliran umpan ke WWC I. Pada *level box* ditambahkan *sizing agent* yaitu AKD (Alkil Keton Dimer).

Dari WWC I, kemudian *pulp* masuk ke dalam rangkaian *centry cleaner* yang terdiri atas empat tingkatan. Setelah sampai ke *centry cleaner IV*, *pulp* masuk ke WWC II sedangkan *pulp reject* masuk ke selokan. Pada *centry cleaner* terjadi gelembung-gelembung udara yang dihilangkan dengan menggunakan deculator. Setelah itu, dilakukan penambahan *retention agent* yaitu promotor. Dari deculator, *pulp* dipompa ke *pressure screen* untuk memisahkan serat halus dan serat kasar yang tidak dapat dipisahkan oleh *centry cleaner*. Terjadi penambahan *retention agent* yaitu polimer. Dari *pressure screen*, lalu serat halus masuk ke dalam *head box* sedangkan serat kasar dibawa ke *vibrating screen*. *Head box* adalah tempat didistribusikannya *stock* bubur yang encer dengan konsistensi 0,6-0,8 % ke *wire part* membentuk lembaran secara merata dengan tekanan dan kecepatan pancaran yang tetap. Pada proses ini, mulai terjadi proses pembentukan lembaran kertas.

## 2. Proses pada mesin Kertas

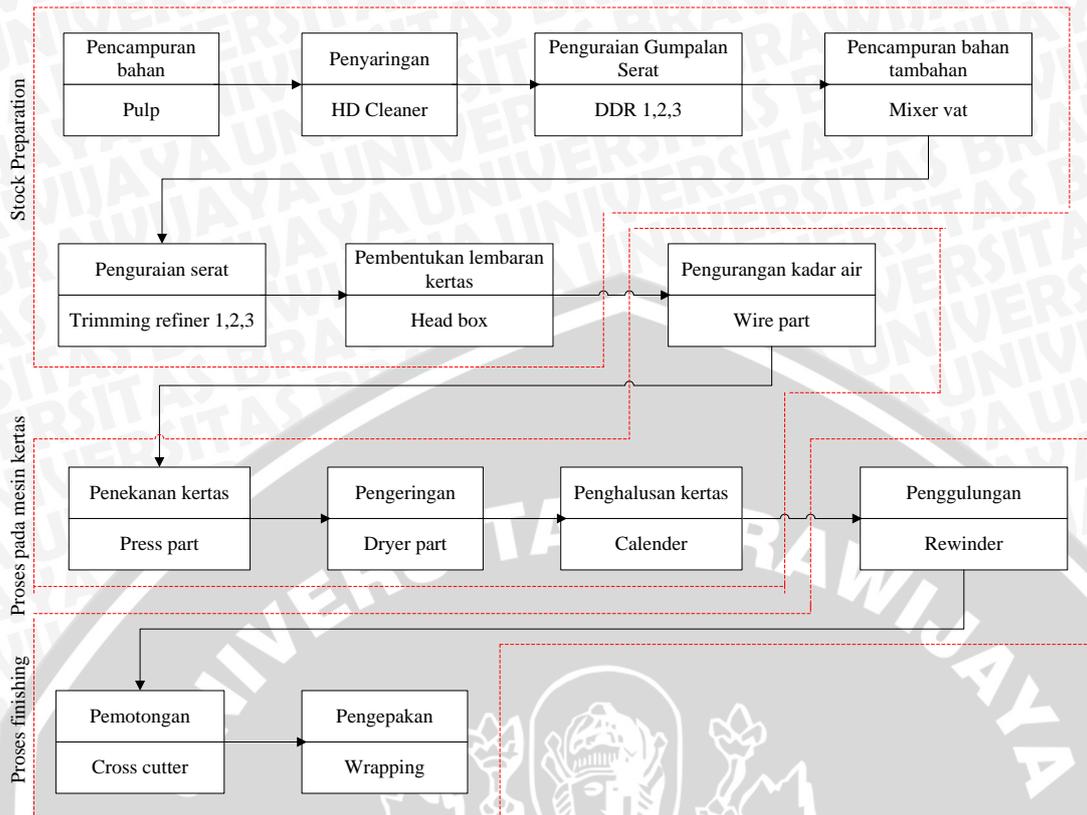
Mesin kertas adalah suatu unit yang menerima *stock* bubur *pulp* yang sudah diolah di *stock preparation* untuk didistribusikan menjadi lembaran basah di *wire part* pada konsistensi *head box* 0,6-0,8 %. Pada *wire part* terjadi pengurangan kadar air menggunakan gaya gravitasi dan vakum. Air dan serat yang lolos dari *wire part* dipisahkan oleh VSA (*Vacuum Save All*) dan ditampung pada WWC II. Air bekas dapat difungsikan kembali untuk daur kertas dan juga pengecoran *pulp*. Sedangkan serat-serat dialirkan kembali ke *machine chest* untuk diproses kembali. Dari *wire part*, lembaran kertas dibawa menuju ke *press part* untuk mengeluarkan air dari dalam lembaran dengan konsistensi *press part* 40 %.

Dari *press part*, lembaran kertas dibawa ke *dryer part*. *Dryer part* membutuhkan *steam* untuk mengurangi kadar air menjadi 5-6 %. Proses pengeringan ini dengan cara

penguapan dan untuk menghindari terjadinya kondensasi atau pengembunan pada proses pengeringan di *dryer*, maka uap hasil pengeringan ditarik keluar menggunakan HEF (*Help Exhaust Fan*). Dari proses *dryer*, lembaran kertas dibawa menuju *calender* yang berfungsi untuk menghaluskan permukaan kertas dan meratakan ketebalan kertas melalui pemampatan secara mekanis dengan menggunakan *roll-roll calender*. Untuk menghindari panas karena gesekan antara permukaan kertas dan *roll calender*, maka diberikan tambahan udara luar melalui ventilasi-ventilasi yang diletakkan pada *roll calender*.

### 3. Proses *Finishing*

Proses selanjutnya adalah proses *rewinder*. *Rewinder* berfungsi memotong dan menggulung ulang *roll* di tambour menjadi bentuk lebih kecil sesuai kebutuhan atau pesanan. Mesin yang digunakan adalah *rewinder* yang digunakan untuk menggulung kertas tipis dan menggulung kertas tebal dengan kecepatan maksimal masing-masing sebesar 550 mpm dan 1800 mpm. *Rewinder* menghasilkan *roll product* dan *sheet product*. Lebar kertas di tambour biasanya 2440 mm dengan berat 2,5 - 2,8 ton yang selanjutnya digulung ulang dan dipotong di *rewinder* menjadi 2 s/d 8 dengan ukuran diameter 100 cm dan berat kira-kira 400 kg. Setelah itu, melakukan proses *wrapping*. *Wrapping* yaitu proses membungkus kertas dan pemberian label *roll* hasil potong di mesin *rewinder* untuk keperluan *roll* kirim. Setelah ditimbang dan entri data rol ke sistem komputer, *roll* diberi identitas dengan memberi label yang dicetak dari sistem *barcode*. Rol kirim yang sudah lengkap, dikirim ke gudang pemasaran lewat lowerator. Untuk rol yang akan diproses dalam bentuk plano tidak dibungkus dahulu. Setelah ditimbang dan dicatat nomor serta beratnya, kertas langsung dikirim ke *cross cutter* untuk dipotong plano sesuai ukuran yang diinginkan. Setelah itu, dilakukan pemotongan ukuran lebih kecil yaitu folio atau A4 di unit *converting*. Untuk mengetahui lebih jelas mengenai proses produksi Brief Card dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Proses Produksi Brief Card  
Sumber: PT Kertas Leces Persero

#### 4.2.3.4 Proses Distribusi Produk

Proses distribusi merupakan proses pengiriman produk ke *customer*. Pada PT Kertas Leces Persero, proses pendistribusian tidak langsung diberikan terhadap *end customer* (pengguna). Hal ini dikarenakan produk yang dihasilkan oleh PT Kertas Leces Persero merupakan produk setengah jadi sehingga perlu diproses lebih lanjut lagi. 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 Brief Card pada bulan Januari 2013 - April 2014 dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Nama-nama *customer* (pemesan) produk Brief Card pada Bulan Januari 2013 - April 2014

No.	Nama Customer (Pemesan)	Kota
1	PT Idebaru Inti Papiez	Jakarta
2	CV. Mitra Jaya	Surabaya

Sumber: PT Kertas Leces Persero

### 4.3 Pengolahan Data

Pada tahap pengolahan data ini, data-data yang telah diperoleh dari subbab pengumpulan data akan dilakukan pengolahan menggunakan *software* Simapro 8. Dalam tahap ini akan didapatkan nilai *impact assessment* yang nantinya digunakan sebagai dasar perbaikan dalam penelitian ini. Pada subbab berikutnya akan ditampilkan hasil pengolahan *software* Simapro 8 untuk *life cycle product* yaitu dimulai dari kegiatan pengadaan bahan baku hingga pendistribusian produk. Setelah mengetahui bagian mana yang memiliki nilai *impact assessment* tinggi, maka dilakukan pemilihan alternatif perbaikan. Pada subbab berikutnya juga akan dijelaskan hasil pengolahan menggunakan *Analytic Network Process* (ANP) dalam pemilihan alternatif perbaikan dengan bantuan *software* Super Decisions.

#### 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 8 berdasarkan ruang lingkup LCA yang telah ditentukan sebelumnya meliputi pengadaan bahan baku, proses produksi, dan distribusi produk. *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. Pengadaan bahan baku

Pada pengadaan bahan baku, *input* yang digunakan adalah data jarak dari *supplier* ke PT Kertas Leces Persero serta alat transportasi yang digunakan. Transportasi yang digunakan pada pengadaan bahan baku adalah truk mesin diesel. Jenis distribusi yang digunakan berupa pengiriman bahan baku yang dilakukan secara masing-masing oleh tiap *supplier*. Jadi terdapat rute transportasi yang berbeda untuk mengirimkan bahan baku ke PT Kertas Leces Persero.

Dikarenakan keterbatasan *database* pada *software* Simapro, maka dilakukan penyamaan spesifikasi agar hasil yang didapatkan sama dengan di lapangan. Dalam *database* Simapro 8, satuan yang digunakan untuk distribusi adalah ton kilometer (tkm)

sehingga perlu dilakukan perhitungan konversi data yang telah dimiliki untuk disesuaikan dengan *database* Simapro 8. Tabel 4.7 merupakan hasil perhitungan pengadaan bahan baku oleh *supplier*.

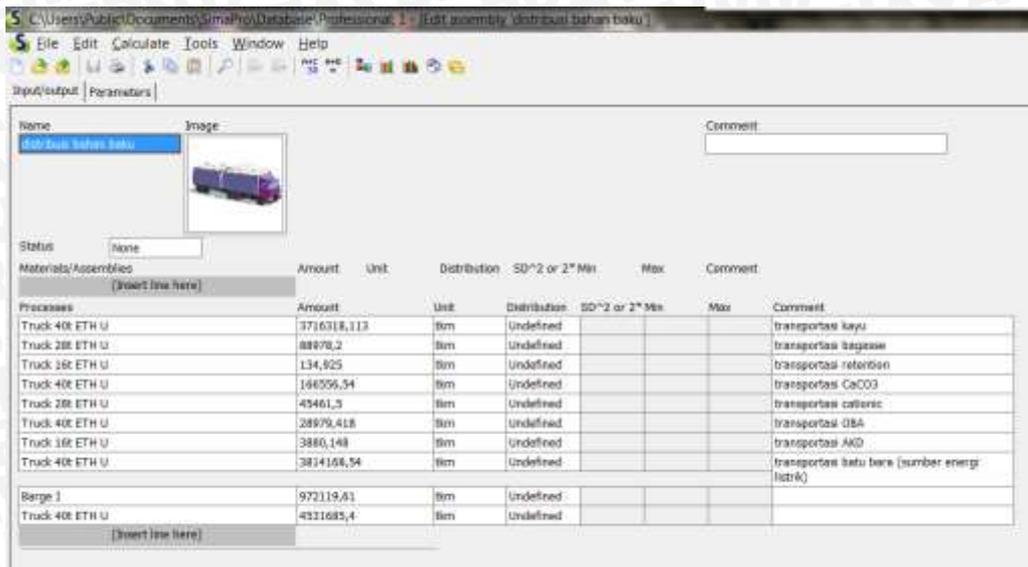
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Pengadaan Bahan Baku oleh *Supplier*

Jenis bahan baku	Daerah	jarak (km)	jumlah pesanan (ton)	jenis transportasi (ton)	jumlah truk	total jarak	total tkm
Wood LBKP	Mojokerto	86,1	1.307,964	Truk 40 ton	33	2.841,3	3.716.318,11
Bagasse	Surabaya	100	148,297	Truk 28 ton	6	600	88.978,20
Retention dan promotor	Surabaya	105	1,285	Truk 16 ton	1	105	134,93
CaCO <sub>3</sub>	Surabaya	88	270,384	Truk 40 ton	7	616	166.556,54
Cationic	Bandung	775	29,330	Truk 28 ton	2	1.550	45.461,50
OBA	Medan	1.878	15,431	Truk 40 ton	1	1.878	28.979,42
AKD	Surabaya	86	22,559	Truk 16 ton	2	172	3880,15
batu bara	Kalimantan Timur	101	1.218,195	Truk 40 ton	38	3.131	3.814.168,55
	Pelabuhan Banjarmasin	798	1.218,195	Kapal tongkang	1	798	972.119,61
	Pelabuhan Surabaya	112	1.218,195	Truk 40 ton	38	3.720	4.531.685,40

Berikut ini contoh perhitungan untuk pengadaan bahan baku *wood* LBKP:

- $total\ jarak = jarak \times jumlah\ truk$   
 $total\ jarak\ dari\ mojokerto\ ke\ probolinggo = 86,1 \times 33$   
 $= 2.841,3\ km$
- $distribusi\ wood = jumlah\ pesanan \times total\ jarak$   
 $dari\ mojokerto\ ke\ probolinggo = 1.307,964 \times 2.841,3$   
 $= 3.716.318,113\ tkm$

Setelah itu, memasukkan data tersebut ke dalam *software* Simapro 8. Proses *input* data pengadaan bahan baku pada *software* Simapro 8 dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Input Data Proses Pengadaan 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 setahun yang diidentifikasi dan disesuaikan dengan *database* dalam Simapro agar hasil yang didapatkan sama dengan di lapangan. Tabel 4.8 merupakan penyesuaian dengan *database* dalam *software* Simapro 8.

Tabel 4.8 Input Data pada Proses Produksi

No.	Bahan Baku	Database
1	Wood LBKP ( <i>Long Leaf Bleached Kraft Pulp</i> )	<i>Kraftpaper bleached</i>
2	<i>Bagasse</i>	<i>Bagasse, from sugarcane</i>
3	Afval	<i>Waste paper, mixed, from public collection</i>
4	<i>Cationic</i>	<i>Cationic resin</i>
5	<i>Retention Aids</i>	<i>Retention Aids, in paper production</i>
6	AKD ( <i>Alkil Keton Dimer</i> )	<i>AKD sizer, in paper production</i>
7	OBA ( <i>Optical Brightening Agent</i> )	<i>Optical Brighteners, in paper production</i>
8	CaCO <sub>3</sub>	CaCO <sub>3</sub>
9	Air	<i>Water</i>
10	Energi listrik dari batu bara	<i>Powerplant coal I</i>
11	Udara tekan	<i>Compressed air</i>
12	Uap	<i>Steam</i>

Pada *database Kraftpaper bleached*, dampak ke lingkungan dihitung bukan tiap kilogram, melainkan tiap 1000 kilogram. Sehingga jumlah untuk penggunaan *wood LBKP* adalah:

$$1.307.964 : 1.000 = 1307,964 \text{ kg}$$

Sedangkan pada bahan baku yang lain, dampak ke lingkungan dihitung tiap kilogram, sehingga data yang digunakan sama seperti pada Tabel 4.3. Selain itu, ada beberapa bahan

baku yang tidak ada dalam *database* seperti anti slime dan *dry strength* sehingga bahan tersebut nantinya tidak dilakukan pengolahan data. Setelah itu, memasukkan data tersebut ke dalam *software* Simapro 8. Proses *input* data proses produksi pada *software* Simapro 8 dapat dilihat pada Gambar 4.6.

Name	Amount	Unit	Distribution	Max	Comment
Kraftpaper bleached B258	1307.964	kg	Undefined		kayu yang telah mengalami proses pemudihan
Waste paper, mixed, from public collection, for furn	1581.8	kg	Undefined		kertas bekas atau kertas yang sudah tidak terpakai lagi
Bagasse, from sugarcane, at sugar refinery/RGR S	148287	kg	Undefined		ampas tahu dari pabrik gula
Retention aids, in paper production, at plant/RGR S	521	kg	Undefined		zat untuk memisahkan air di serat
Cationic resin, at plant/CH S	29338	kg	Undefined		zat untuk mengikat daya ikat antar serat
Optical brighteners, in paper production, at plant/R	15432	kg	Undefined		zat untuk memudihkan kertas
ACD sizer, in paper production, at plant/RGR S	22559	kg	Undefined		zat untuk meratakan permukaan kertas
Water (tap)	9534	m3	Undefined		
CaCO3	270384	kg	Undefined		zat sebagai filler
(Insert line here)					
Processes	Amount	Unit	Distribution	Max	Comment
Powerplant coal 1	1353551	kwH	Undefined		jumlah energi yang digunakan untuk menggunakan peralatan listrik selama setahun
Compressed air, best generabas, >384W, 6 bar ga	968112	m3	Undefined		
Steam	6702134	kg	Undefined		
(Insert line here)					

Gambar 4.6 *Input* Data Proses Produksi

### 3. Data pada distribusi produk

Pada tahap data distribusi produk, *input* yang digunakan adalah data jarak dari PT Kertas Leces Persero ke *customer* serta alat transportasi yang digunakan. Transportasi yang digunakan pada distribusi produk adalah truk mesin diesel dengan muatan 40 ton. Berbeda dengan pengadaan 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 *customer*.

Dikarenakan keterbatasan *database* pada *software* Simapro, maka dilakukan penyamaan spesifikasi agar hasil yang didapatkan sama dengan di lapangan. Dalam *database* Simapro 8, satuan yang digunakan untuk distribusi adalah ton kilometer (tkm) sehingga perlu dilakukan perhitungan konversi data yang telah dimiliki untuk disesuaikan dengan *database* Simapro 8. Tabel 4.9 merupakan perhitungan distribusi produk.

Tabel 4.9 Perhitungan Distribusi Produk

Pengiriman ke-	Tujuan	Total pesanan (ton)	Jarak (km)	Jumlah truk	Total jarak	Tkm
1	Jakarta	85	889	6	5.334	1.120.140
	Surabaya	125	112			
2	Jakarta	340	889	9	8.001	2.720.340
3	Surabaya	100,002	112	3	336	33.600,67

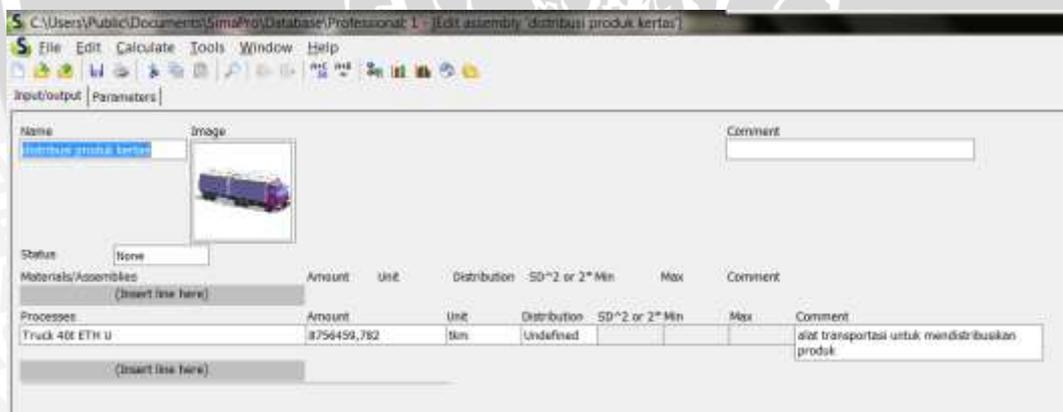
Lanjutan Tabel 4.9 Perhitungan Distribusi Produk

Pengiriman ke-	Tujuan	Total pesanan (ton)	Jarak (km)	Jumlah truk	Total jarak	Tkm
4	Jakarta	257	889	7	6.223	1.599.311
5	Jakarta	227	889	7	6.223	1.571.743,11
	Surabaya	25,57	112			
6	Jakarta	275	889	7	6.223	1.711.325
TOTAL TKM						8.756.459,78

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

- total jarak* = *jarak x jumlah truk*  
*total jarak dari probolinggo ke jakarta dan surabaya* =  $889 \times 6$   
 = 5.334 km
- distribusi produk* = *jumlah pesanan x total jarak*  
*dari probolinggo ke jakarta dan surabaya* =  $(85 + 125) \times 5334$   
 = 1.120.140 tkm

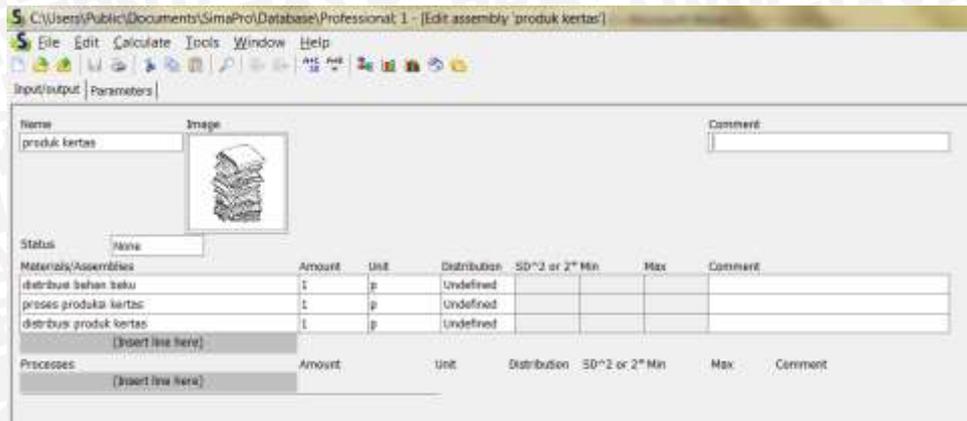
Dikarenakan truk yang digunakan untuk distribusi produk adalah truk dengan kapasitas yang sama, maka hasil perhitungan pada Tabel 4.9 dijumlahkan. Setelah itu, memasukkan data tersebut ke dalam *software* Simparo 8. Proses *input* data distribusi produk pada *software* Simapro 8 dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 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 4.8.

Gambar 4.8 *Input Data Keseluruhan Ruang Lingkup*

### 4.3.2 Life Cycle Impact Assessment

Setelah melakukan proses *input* data, dilakukan proses pengolahan data yaitu tahap *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 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 4.10 merupakan *impact category* pada metode EDIP/UMIP 97.

Tabel 4.10 *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).

Sumber: Simapro *Database Manual Methods*

Lanjutan Tabel 4.10 *Impact Category* pada Metode EDIP/UMIP 97

No.	<i>Impact Category</i>	Penjelasan
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.
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

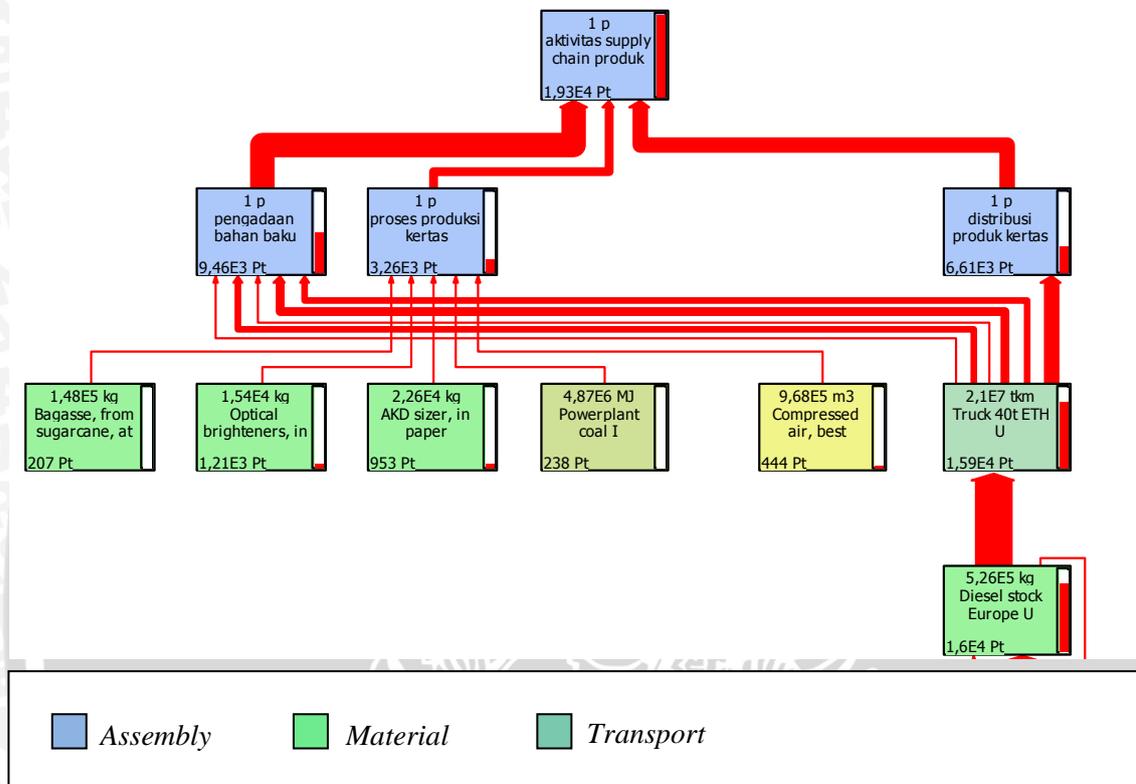
Dalam *impact assessment* terdapat beberapa tahapan yaitu pembuatan *tree diagram*, *characterization*, *normalization*, dan *weighting*. Berikut penjelasan dari masing-masing tahapan.

#### 4.3.2.1 Pembuatan *Tree Diagram*

Langkah pertama dalam *impact assessment* adalah melakukan proses pengolahan data dengan membuat *tree diagram* dengan menggunakan *software* Simapro 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 aktivitas *supply chain* produk Brief Card PT Kertas Leces Persero dapat dilihat pada Gambar 4.9.

Dari Gambar 4.9 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 pengadaan bahan baku dengan nilai sebesar  $9,46 \times 10^3$  Point (Pt). Sedangkan pada distribusi produk, kontribusi terhadap dampak lingkungan memiliki nilai sebesar  $6,61 \times 10^3$  Pt. Kedua hal ini dikarenakan penggunaan truk dengan

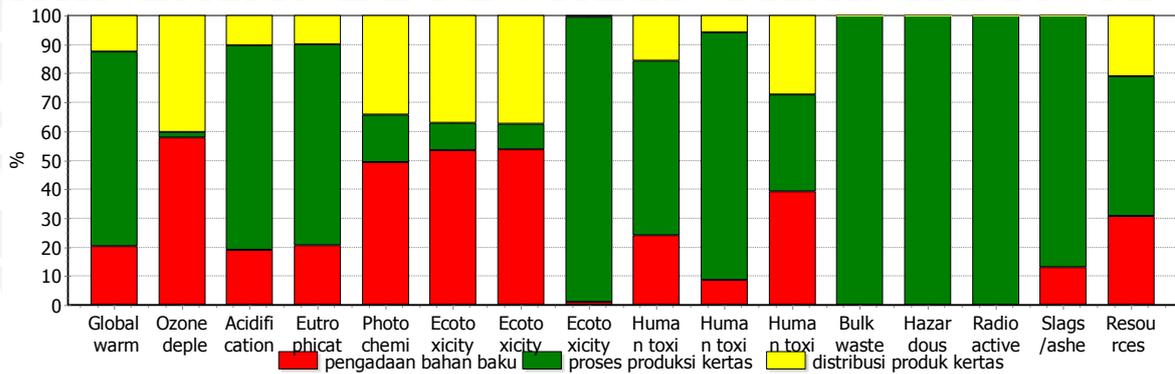
muatan 40 ton sehingga membutuhkan jumlah truk yang cukup banyak dalam pendistribusian. Selain itu, dampak lingkungan juga dihasilkan dari proses produksi yaitu sebesar  $3,26 \times 10^3$  Pt. Hal ini dikarenakan penggunaan bahan kimia OBA (*Optical Brightening Agent*) yang digunakan untuk memutihkan kertas.



Gambar 4.9 Tree Diagram Aktivitas Supply Chain Produk Brief Card

#### 4.3.2.2 Characterization

Pada tahap ini dilakukan penilaian besarnya substansi yang berkontribusi pada tiap kategori *impact*. Bahan dan energi yang sudah dimasukkan ke dalam *software* Simapro 8 diidentifikasi apa saja emisi yang dihasilkan pada tiap kategori *impact*. Nilai *characterization factor* untuk masing-masing kategori *impact* berbeda-beda. *Characterization* dari produk Brief Card PT Kertas Leces Persero dapat dilihat pada Gambar 4.10.



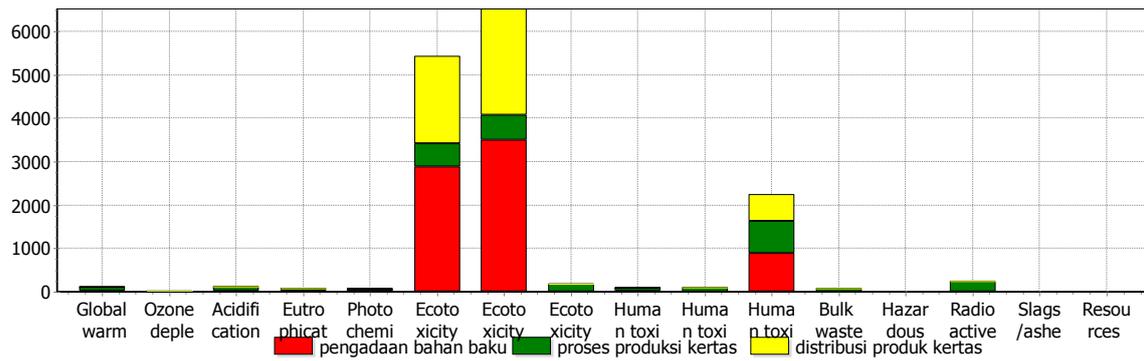
Analyzing 1 p 'aktivitas supply chain produk kertas';  
Method: EDIP/UMIP 97 V2.04 / EDIP World/Dk / Characterization

Gambar 4.10 Characterization Setiap Impact Category

Dari Gambar 4.10 diatas, dapat dilihat bahwa beberapa dampak terbesar dari proses pengadaan bahan baku yaitu *ozone depletion*, *ecotoxicity water acute*, dan *ecotoxicity water chronic* dengan masing-masing nilai sebesar 57,6 %, 53,5 %, dan 53,2 %. Sedangkan, beberapa dampak terbesar dari proses produksi kertas yaitu *bulk waste*, *hazardous waste*, *radioactive waste*, dan *slags* dengan nilai sebesar 100 %. Selain itu, beberapa dampak terbesar dari distribusi produk yaitu *ozone depletion*, *ecotoxicity water acute*, dan *ecotoxicity water chronic* dengan masing-masing nilai sebesar 40,3 %, 37,5 %, dan 37,2 %. 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. Nilai *characterization factor* dapat dilihat pada Lampiran 1.

#### 4.3.2.3 Normalization

Pada tahap ini dilakukan penyeragaman unit untuk semua *impact category*. Hal ini dilakukan untuk mempermudah membandingkan antar *impact category*. 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 2. *Normalization* dari produk Brief Card PT Kertas Leces Persero dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Analyzing 1 p 'aktivitas supply chain produk kertas';  
Method: EDIP/UMIP 97 V2.04 / EDIP World/Dk / Normalization

Gambar 4.11 Normalization Setiap Impact Category

Pada Gambar 4.11, dapat dilihat bahwa setelah dilakukan penyeragaman unit, beberapa dampak terbesar yaitu *ecotoxicity water acute*, *ecotoxicity water chronic*, dan *human toxicity soil* dengan masing-masing nilai sebesar 6500, 5400, dan 2300. Hal ini disebabkan oleh semua ruang lingkup yaitu pengadaan bahan baku, proses produksi, dan distribusi produk. Pada Gambar 4.11, tidak dapat diketahui nilai dampak lingkungan untuk masing-masing ruang lingkup. Oleh karena itu, berikut ini Gambar 4.12 yang merupakan nilai *normalization* masing-masing ruang lingkup.

Sel	Impact category	Unit	Totale	pengadaan bahan baku	proses produksi kertas	distribusi produk kertas
R	Global warming (GWP 100)	125	25,3	84,1	15,7	
R	Ozone depletion	25,9	14,9	0,521	10,4	
R	Acidification	128	24,1	90,6	13,1	
R	Eutrophication	83,7	17,1	58,3	8,33	
R	Photochemical smog	88	43,2	14,6	30,2	
R	Ecotoxicity water chronic	5,42E3	2,48E3	520	2,02E3	
R	Ecotoxicity water acute	6,51E3	3,40E3	584	2,44E3	
R	Ecotoxicity soil chronic	189	1,62	180	1,14	
R	Human toxicity air	101	24,2	61,1	16	
R	Human toxicity water	119	9,34	93,7	4,52	
R	Human toxicity soil	2,24E3	875	754	612	
R	Bulk waste	90,6	0,0114	90,5	x	
R	Hazardous waste	3,96	x	3,36	x	
R	Radioactive waste	254	x	254	x	
R	Slags/ashes	0,383	0,05	0,333	x	
R	Resources (all)	x	x	x	x	

Gambar 4.12 Nilai Normalization

Pada Gambar 4.12, dapat dilihat bahwa dampak *ecotoxicity water acute* dari semua ruang lingkup yaitu pengadaan bahan baku, distribusi produk, dan proses produksi dengan nilai masing-masing sebesar 3490, 2440, dan 584. Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk mendapatkan nilai *normalization* dampak *ecotoxicity water acute* pada distribusi produk kertas.

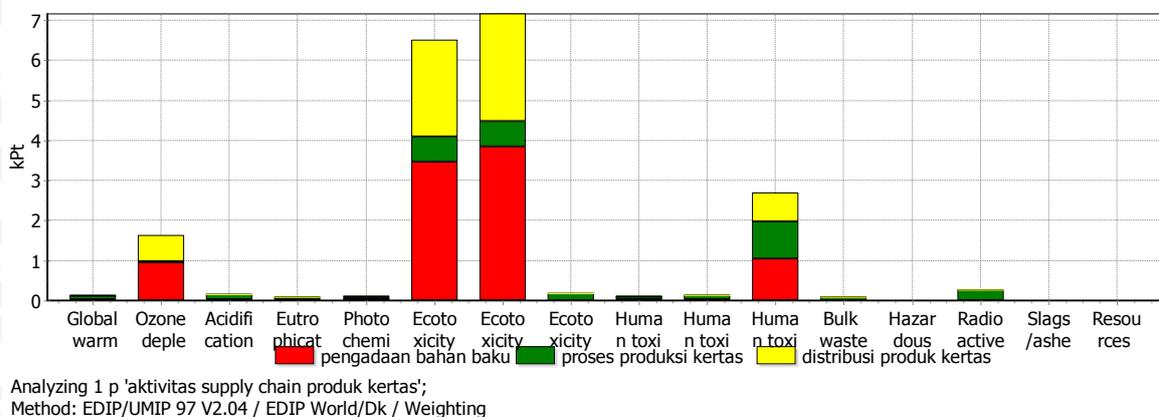
$$\begin{aligned} \text{nilai normalisation} &= \text{nilai hasil characterization} \times \text{nilai normal} \\ &= (7,09 \times 10^7) \times (3,44 \times 10^{-5}) \end{aligned}$$

$$= 2,44 \times 10^3$$

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

#### 4.3.2.4 Weighting

Pada tahap ini dilakukan perkalian nilai *normalization* dengan bobot yang terdapat pada metode EDIP/UMIP 97. Nilai bobot metode EDIP/UMIP 97 dapat dilihat pada Lampiran 2. Dengan dilakukannya pembobotan, maka hasil yang diperoleh akan sesuai dengan tingkat kepentingan. *Weighting* dari produk Brief Card PT Kertas Leces Persero dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 *Weighting* Setiap *Impact Category*

Pada Gambar 4.13 dapat dilihat bahwa setelah dilakukan pembobotan, dampak *ecotoxicity water acute*, *ecotoxicity water chronic*, dan *human toxicity soil* tetap menjadi dampak lingkungan paling besar daripada dampak yang lain dengan masing-masing nilai sebesar 7,16 kPt, 6,5 kPt, dan 2,69 kPt. Kategori dampak *ecotoxicity water* memiliki nilai tertinggi karena limbah cair dari OBA pada proses produksi dan diesel pada pengadaan bahan baku. Ketika limbah cair tersebut terbuang ke ekosistem di sekitarnya dapat menyebabkan kematian pada ikan, kerang, dan invertebrata akuatik lainnya, serta menimbulkan resiko terhadap masyarakat oleh buangan zat kimia berbahaya yang mencemari lingkungan. Dalam percobaan laboratorium, limbah cair dapat menyebabkan penyimpangan reproduktif pada zooplankton dan invertebrata yang merupakan prey/mangsa dari ikan, serta menyebabkan kerusakan genetik dan reaksi sistem kekebalan tubuh pada ikan. Sedangkan kategori dampak *human toxicity soil* juga memiliki nilai tertinggi karena penimbunan limbah padat yang sudah tidak terpakai lagi. Dengan adanya penimbunan ini, permukaan tanah menjadi rusak dan air yang meresap ke dalam tanah mengalami kontaminasi dengan bahan beracun yang mengakibatkan menurunnya kualitas

air tanah. Pada Gambar 4.13 juga dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan terhadap dampak *ozone depletion*. Hal ini dikarenakan dampak *ozone depletion* memiliki tingkat kepentingan yang cukup tinggi. Kategori dampak *ozone depletion* terjadi karena emisi atau asap yang dihasilkan oleh truk diesel yang digunakan untuk pengadaan bahan baku dan distribusi produk. Pada Gambar 4.13, tidak dapat diketahui nilai dampak lingkungan untuk masing-masing ruang lingkup. Oleh karena itu, berikut ini Gambar 4.14 yang merupakan nilai *weighting* masing-masing ruang lingkup.

Impact category	Unit	Total	pengadaan bahan baku	proses produksi	distribusi produk
Total	kPt	19,3	9,46	3,26	6,61
Global warming (GWP 100)	kPt	0,128	0,0276	0,0926	0,0173
Ozone depletion	kPt	1,63	0,939	0,0328	0,657
Acidification	kPt	0,166	0,0213	0,118	0,0171
Eutrophication	kPt	0,1	0,0205	0,07	0,01
Photochemical smog	kPt	0,114	0,0562	0,019	0,0392
Ecotoxicity water chronic	kPt	6,5	3,46	0,626	2,42
Ecotoxicity water acute	kPt	7,16	3,84	0,643	2,69
Ecotoxicity soil chronic	kPt	0,189	0,00162	0,186	0,00114
Human toxicity air	kPt	0,111	0,0266	0,0672	0,0176
Human toxicity water	kPt	0,142	0,0121	0,122	0,00947
Human toxicity soil	kPt	2,69	1,05	0,904	0,735
Risk waste	kPt	0,0996	1,20E-5	0,0996	x
Hazardous waste	kPt	0,0037	x	0,0037	x
Radioactive waste	kPt	0,279	x	0,279	x
Slugs/boles	kPt	0,000421	5,5E-5	0,000366	x
Resources (oil)	x	x	x	x	x

Gambar 4.14 Nilai *Weighting*

Pada Gambar 4.14, dapat dilihat bahwa dampak *ecotoxicity water acute* dari semua ruang lingkup yaitu pengadaan bahan baku, distribusi produk, dan proses produksi dengan nilai masing-masing sebesar 3,84 kPt, 2,68 kPt, dan 0,643 kPt. Angka-angka tersebut didapatkan dari perkalian antara nilai *normalization* dengan nilai bobot. Berikut ini adalah contoh perhitungan dari tahap *weighting* untuk kategori dampak *ecotoxicity water acute* pada distribusi produk.

$Weighting = nilai\ normalisation \times\ bobot$

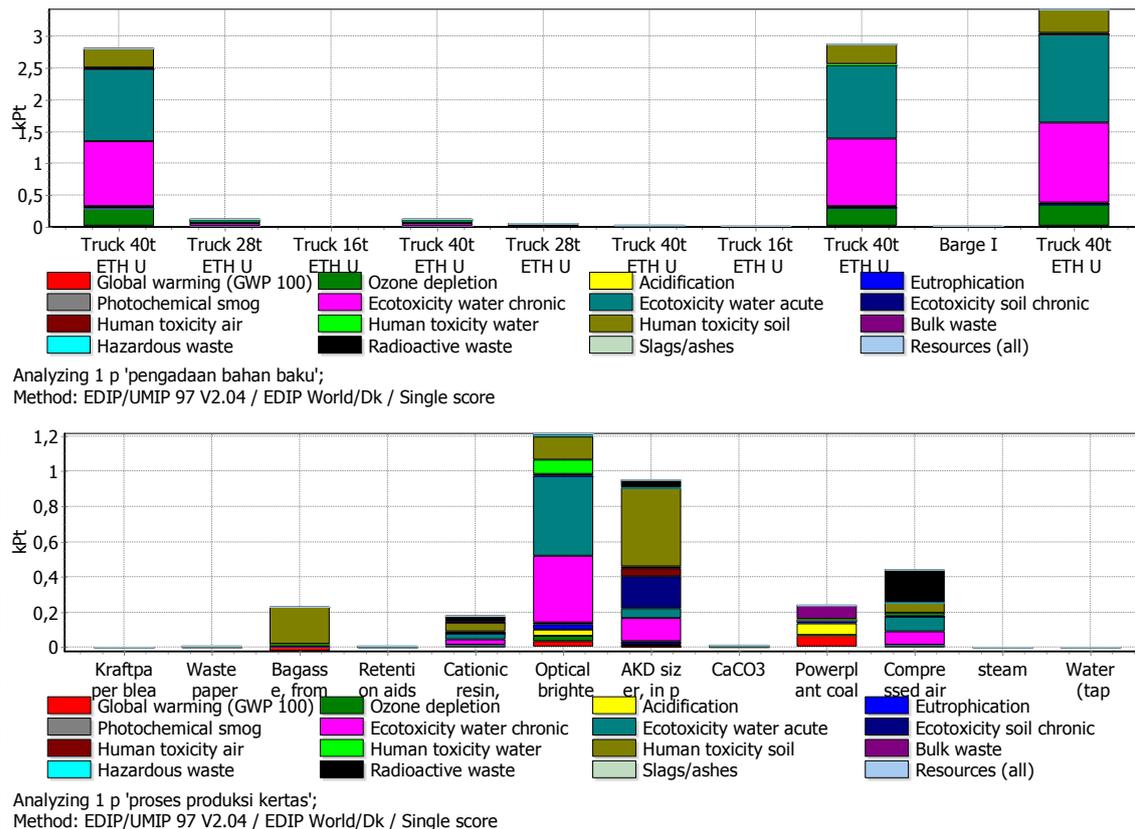
$$Weighting = (2,44 \times 10^3) \times 1,1$$

$$= 2684\ Pt$$

$$= 2,68\ kPt$$

#### 4.3.2.5 Analisa Kontribusi Setiap Ruang Lingkup

Dikarenakan, pada tahap-tahap sebelumnya tidak diketahui bagian mana pada semua ruang lingkup yang paling berkontribusi terhadap lingkungan, maka dilakukan pengelompokkan berdasarkan kontribusi terhadap lingkungan. Gambar 4.15 merupakan kontribusi setiap ruang lingkup.



Gambar 4.15 Kontribusi Setiap Ruang Lingkup

Dari Gambar 4.15 dapat dilihat bahwa pada ruang lingkup pengadaan bahan baku, proses yang paling berkontribusi terhadap lingkungan adalah truk dengan muatan 40 ton dengan nilai sebesar 3,42 kPt. Truk ini adalah truk yang digunakan untuk mengangkut batu bara. Batu bara ini digunakan untuk menghasilkan energi listrik. Hal ini terjadi dikarenakan kebutuhan batu bara yang cukup banyak sehingga memerlukan banyak truk dengan muatan 40 ton dalam pendistribusiannya. Semakin banyak truk yang digunakan, maka semakin banyak emisi yang dikeluarkan seperti gas karbon. Sedangkan pada ruang lingkup proses produksi, proses yang paling berkontribusi terhadap lingkungan adalah *Optical Brightening Agent* (OBA) dengan nilai sebesar 1,21 kPt. Hal ini dikarenakan bahan ini menghasilkan limbah cair yang berdampak besar pada lingkungan. Sedangkan pada ruang lingkup distribusi produk, proses yang paling berkontribusi terhadap lingkungan adalah truk dengan muatan 40 ton dengan nilai sebesar 6,61 kPt. Tetapi pada ruang lingkup distribusi produk tidak diberikan alternatif perbaikan. Hal ini dikarenakan PT Kertas Leces mengirim produk sesuai jumlah pesanan, sehingga tidak bisa dilakukan perbaikan terhadap pendistribusian produk. Setelah mengetahui proses mana yang paling berkontribusi terhadap dampak lingkungan, maka dilakukan penentuan alternatif-alternatif perbaikan untuk mengurangi dampak lingkungan. Nantinya dari alternatif-alternatif perbaikan

tersebut akan dipilih alternatif yang terbaik menggunakan metode ANP (*Analytic Network Process*).

#### 4.3.3 Penentuan Alternatif Perbaikan

Setelah mengetahui proses mana yang paling berkontribusi terhadap lingkungan dari masing-masing ruang lingkup, maka dilakukan penentuan alternatif perbaikan agar dapat mengurangi dampak lingkungan tersebut. Alternatif-alternatif perbaikan didapat dari hasil wawancara dan *brainstorming* dengan pihak yang ahli di PT Kertas Leces Persero. Pihak-pihak yang ahli yaitu Bagian Pengadaan (Logistik), Bagian Produksi, dan General Manager. Alternatif perbaikan yang diberikan adalah perbaikan pada ruang lingkup pengadaan bahan baku dan proses produksi dengan cara menambah, mengurangi atau mengganti untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan. Alternatif 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 alternatif perbaikan yang diusulkan untuk mengurangi dampak lingkungan.

##### 1. Alternatif perbaikan untuk pengadaan bahan baku

Pada awalnya pengadaan bahan baku dari pelabuhan Tanjung Perak ke PT Kertas Leces Persero yaitu menggunakan truk dengan muatan 40 ton. Untuk perbaikan pada ruang lingkup ini, didapatkan empat alternatif perbaikan untuk mengurangi dampak lingkungan. Berikut ini penjelasan dari masing-masing alternatif perbaikan.

##### a. Mengganti truk muatan 40 ton dengan truk gandeng dari pelabuhan Tanjung Perak.

Untuk meminimasi dampak lingkungan, maka pada alternatif perbaikan 1 ini dilakukan dengan mengganti jenis truk yang digunakan yaitu mengganti truk muatan 40 ton dengan truk gandeng. Truk gandeng merupakan truk barang yang bisa memuat barang mencapai 50 ton sehingga dapat meminimasi penggunaan truk pengangkut. Selama ini, PT Kertas Leces Persero menyerahkan distribusi untuk bahan baku ke pihak *supplier*. Oleh karena itu, untuk alternatif perbaikan ini, nantinya pihak PT Kertas Leces Persero akan melakukan kontrak dengan pihak *supplier* sehingga PT Kertas Leces Persero yang menangani masalah pendistribusian bahan baku. Hal ini dilakukan untuk lebih mengefisienkan penggunaan alat transportasi barang. Dilihat dari segi biaya, pihak PT Kertas Leces Persero dapat lebih meminimasi biaya karena lebih sedikit truk yang digunakan untuk mengangkut batu bara. Dengan menggunakan truk gandeng, truk yang dibutuhkan hanya sekitar 25 buah. Nantinya batu bara yang dibawa oleh kapal tongkang

dari Pelabuhan Tanjung Perak, dipindahkan ke truk gandeng untuk dibawa menuju PT Kertas Leces Persero. Jalur yang dilewati oleh truk gandeng ini yaitu Sidoarjo – Bangil – Pasuruan – Probolinggo (PT Kertas Leces Persero) dengan jarak yang ditempuh yaitu sekitar 120 km.

b. Mengganti truk muatan dengan kereta api dari pelabuhan Tanjung Perak.

Pada alternatif perbaikan 2 ini dilakukan dengan mengganti truk muatan 40 ton dengan kereta api berbahan bakar diesel. Hal ini dikarenakan salah satu penyebab tingginya dampak lingkungan adalah banyaknya truk yang digunakan untuk mengangkut bahan batu bara sehingga emisi yang dihasilkan juga banyak. Selama ini PT Kertas Leces Persero menggunakan truk karena belum adanya infrastruktur yang memadai di daerah pelabuhan. Selain itu, belum adanya gerbong kereta api untuk batu bara. Tetapi beberapa tahun yang lalu, PT KAI sudah membangun infrastruktur di daerah pelabuhan sehingga perusahaan-perusahaan bisa mendistribusikan barang menggunakan kereta api. Nantinya batu bara yang dibawa oleh kapal tongkang dari Pelabuhan Tanjung Perak, dipindahkan ke gerbong kereta api untuk dibawa menuju PT Kertas Leces Persero. Jarak tempuh yang dilalui kereta api menuju PT Kertas Leces Persero yaitu sekitar 101 km. Keuntungan yang didapatkan dengan menggunakan alat transportasi kereta api yaitu muatan yang dibawa lebih banyak, sumber daya manusia yang dibutuhkan lebih sedikit, bisa lebih cepat sampai ke tempat tujuan, serta konsumsi bahan bakar lebih sedikit.

c. Mengganti truk muatan dengan kereta api dari pelabuhan Tanjung Tembaga.

Alternatif perbaikan 3 sama dengan alternatif perbaikan 2 yaitu mengganti truk muatan 40 ton dengan kereta api berbahan bakar diesel. Perbedaannya adalah pelabuhan yang dijadikan tempat singgah oleh kapal. Pada alternatif perbaikan 2, pelabuhan yang digunakan adalah pelabuhan Tanjung Perak. Sedangkan pada alternatif 3, pelabuhan yang digunakan adalah pelabuhan Tanjung Tembaga di Probolinggo. Selama ini PT Kertas Leces Persero menggunakan truk karena belum adanya infrastruktur yang memadai di daerah pelabuhan. Selain itu, belum adanya gerbong kereta api untuk batu bara. Tetapi ada wacana bahwa PT KAI akan membangun infrastruktur di daerah pelabuhan Tanjung Tembaga sehingga perusahaan-perusahaan dapat mendistribusikan barang menggunakan kereta api dari pelabuhan tersebut. Nantinya batu bara yang dibawa oleh kapal tongkang dari Pelabuhan Tanjung Tembaga, langsung dipindahkan ke gerbong kereta api untuk dibawa menuju PT Kertas Leces Persero. Jarak tempuh yang dilalui kereta api menuju PT Kertas Leces Persero yaitu sekitar 12,1 km. Keuntungan yang didapatkan dengan menggunakan alat transportasi kereta api yaitu muatan yang dibawa lebih banyak, sumber

daya manusia yang dibutuhkan lebih sedikit, bisa lebih cepat sampai ke tempat tujuan, serta konsumsi bahan bakar lebih sedikit.

d. Mengganti truk muatan 40 ton dengan truk gandeng dari pelabuhan Tanjung Tembaga.

Alternatif perbaikan 4 sama dengan alternatif perbaikan 1 yaitu mengganti truk muatan 40 ton dengan truk gandeng. Perbedaannya adalah pelabuhan yang dijadikan tempat singgah oleh kapal. Pada alternatif perbaikan 1, pelabuhan yang digunakan adalah pelabuhan Tanjung Perak. Sedangkan pada alternatif 4, pelabuhan yang digunakan adalah pelabuhan Tanjung Tembaga di Probolinggo. Selama ini, PT Kertas Leces Persero menyerahkan distribusi untuk bahan baku ke pihak *supplier*. Oleh karena itu, untuk alternatif perbaikan ini, nantinya pihak PT Kertas Leces Persero akan melakukan kontrak dengan pihak *supplier* agar PT Kertas Leces Persero yang menangani masalah pendistribusian bahan baku. Hal ini dilakukan untuk lebih mengefisienkan penggunaan alat transportasi barang. Dilihat dari segi biaya, pihak PT Kertas Leces Persero dapat lebih meminimasi biaya karena lebih sedikit truk yang digunakan untuk mengangkut batu bara. Dengan menggunakan truk gandeng, truk yang dibutuhkan hanya sekitar 25 buah. Nantinya batu bara yang dibawa oleh kapal tongkang dari Pelabuhan Tanjung Tembaga, dipindahkan ke truk gandeng untuk dibawa menuju PT Kertas Leces Persero. Jalur yang dilewati oleh truk gandeng ini yaitu Jalan Lingkar Utara yaitu Jalan Raden Wijaya dengan jarak yang ditempuh yaitu sekitar 15 km. Dikarenakan melintasi kawasan pantai dan persawahan serta yang tanahnya labil, maka pemerintah harus memperbaiki akses jalan daerah tersebut agar bisa dilewati oleh truk-truk pengangkut barang.

2. Alternatif perbaikan untuk proses produksi

Pada proses produksi, didapatkan dua alternatif perbaikan untuk mengurangi dampak lingkungan. Berikut ini penjelasan dari masing-masing alternatif perbaikan.

a. Mengganti bahan kimia OBA dengan  $H_2O_2$ .

OBA merupakan bahan yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan terhadap manusia. Selama ini PT Kertas Leces Persero menggunakan OBA dikarenakan OBA memberikan kualitas yang bagus pada kertas dengan biaya yang murah. Tetapi pihak PT Kertas Leces Persero harus tetap memperhatikan dampak bahan tersebut ke lingkungan karena dengan memperhatikan hal tersebut, PT Kertas Leces Persero dapat meminimasi biaya pengolahan limbah dan meningkatkan citra perusahaan. Oleh karena itu, pada alternatif perbaikan 1 ini dilakukan dengan mengganti bahan kimia OBA dengan  $H_2O_2$ .  $H_2O_2$  merupakan salah satu bahan kimia yang ramah lingkungan. Di samping itu, hidrogen

peroksida juga mempunyai beberapa kelebihan antara lain kertas yang diputihkannya mempunyai ketahanan yang tinggi serta penurunan kekuatan serat sangat kecil karena hidrogen peroksida mudah terurai. Peruraian hidrogen peroksida juga dipercepat oleh naiknya suhu.

b. Menggunakan LBKP yang berkualitas tinggi.

Kualitas LBKP yang kurang bagus berarti memiliki tingkat *brightness* yang rendah sehingga memerlukan bahan kimia tambahan yaitu OBA. PT Kertas Leces Persero melakukan hal tersebut karena ingin meminimasi biaya. Biasanya LBKP berkualitas tinggi memiliki harga yang mahal. Tetapi dengan menggunakan LBKP yang berkualitas tinggi, maka perusahaan bisa meminimasi penggunaan OBA sehingga dapat mengurangi dampak ke lingkungan.

Setelah menentukan alternatif-alternatif perbaikan, maka melakukan pemilihan alternatif terbaik. Supaya pemilihan alternatif dapat lebih layak dan diterima, maka perlu dilakukan pemilihan alternatif yang mempertimbangkan beberapa kriteria-kriteria lainnya.

#### 4.3.4 Penentuan Kriteria dan Subkriteria Alternatif Perbaikan

Sebelum melakukan pemilihan alternatif perbaikan terbaik, dilakukan penentuan kriteria-kriteria apa saja yang dibutuhkan dalam pemilihan alternatif perbaikan tersebut. Kriteria tersebut diperoleh dari wawancara dengan pihak PT Kertas Leces Persero. Pihak-pihak tersebut yaitu Bagian Pengadaan dan Bagian Produksi. Dari wawancara yang telah dilakukan, maka muncul kriteria-kriteria yaitu kriteria *benefit* dan *cost* untuk mengkaji masalah pengambilan keputusan untuk perbaikan dari dampak lingkungan yang terdapat sepanjang alur *supply chain*. Hal ini dikarenakan pihak PT Kertas Leces Persero menginginkan alternatif perbaikan yang bisa memberikan *benefit* yang besar pada PT Kertas Leces Persero, tetapi tidak memberikan *total cost* yang besar. Berikut penjelasan dari kedua kriteria tersebut.

1. *Benefit*

Yang dimaksud dengan *benefit* disini adalah manfaat yang bisa didapatkan apabila melaksanakan alternatif yang ada ditinjau dari subkriteria-subkriteria yang dipertimbangkan.

2. *Cost*

Yang dimaksud dengan *cost* disini adalah biaya yang mungkin timbul apabila melaksanakan alternatif tertentu di masa sekarang atau di masa yang akan datang.

Setelah menentukan kriteria apa saja yang dibutuhkan oleh PT Kertas Leces Persero, maka dilakukan penentuan subkriteria. Subkriteria tersebut juga diperoleh dari wawancara dengan pihak PT Kertas Leces Persero. Pihak-pihak yang terlibat sama seperti ketika penentuan kriteria yaitu Bagian Pengadaan dan Bagian Produksi serta melalui studi literatur. Dari wawancara dan studi literatur yang telah dilakukan, maka muncul subkriteria-subkriteria seperti yang ada pada Tabel 4.11 untuk pemilihan alternatif pengadaan bahan baku dan Tabel 4.12 untuk pemilihan alternatif proses produksi.

Tabel 4.11 Subkriteria-subkriteria dalam Pemilihan Alternatif Perbaikan untuk Pengadaan Bahan Baku

No.	Kriteria	Subkriteria	Penjelasan
1	<i>Benefit</i>	<i>Image</i> perusahaan	Meningkatnya <i>image</i> perusahaan terhadap lingkungan
		Ramah lingkungan	Berkurangnya dampak ke lingkungan
		Sumber daya manusia yang digunakan	Efisiensi penggunaan sumber daya manusia
		Waktu pengiriman	Waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan barang
		Jumlah muatan	Jumlah muatan yang dibawa
2	<i>Cost</i>	Biaya pengiriman	Jumlah biaya pengiriman produk yang dikeluarkan
		Penggunaan bahan bakar	Jumlah bahan bakar yang digunakan

Tabel 4.12 Subkriteria-subkriteria dalam Pemilihan Alternatif Perbaikan untuk Proses Produksi

No.	Kriteria	Subkriteria	Penjelasan
1	<i>Benefit</i>	<i>Image</i> perusahaan	Meningkatnya <i>image</i> perusahaan terhadap lingkungan
		Ramah lingkungan	Berkurangnya dampak ke lingkungan
		Kualitas produk	Kualitas produk kertas yang dihasilkan ketika alternatif itu diterapkan
		<i>Flexibility</i>	Kemudahan dalam mendapatkan bahan
2	<i>Cost</i>	Biaya produksi	Jumlah biaya produksi yang dikeluarkan
		Penggunaan energi	Jumlah energi yang digunakan

#### 4.3.5 Pemilihan Alternatif Perbaikan menggunakan Metode *Analytic Network Process* (ANP)

Pada tahap ini, dilakukan evaluasi terhadap beberapa alternatif yang diusulkan untuk memilih alternatif mana yang paling sesuai dengan kriteria dan subkriteria evaluasi yang digunakan. Kriteria dan subkriteria evaluasi yang digunakan dalam *decision framework* meliputi elemen strategis dan operasional dalam perusahaan yang saling berhubungan dan

mempengaruhi satu sama lain. Cara yang digunakan untuk memilih alternatif terbaik dengan menggunakan pendekatan *Analytic Network Process* (ANP).

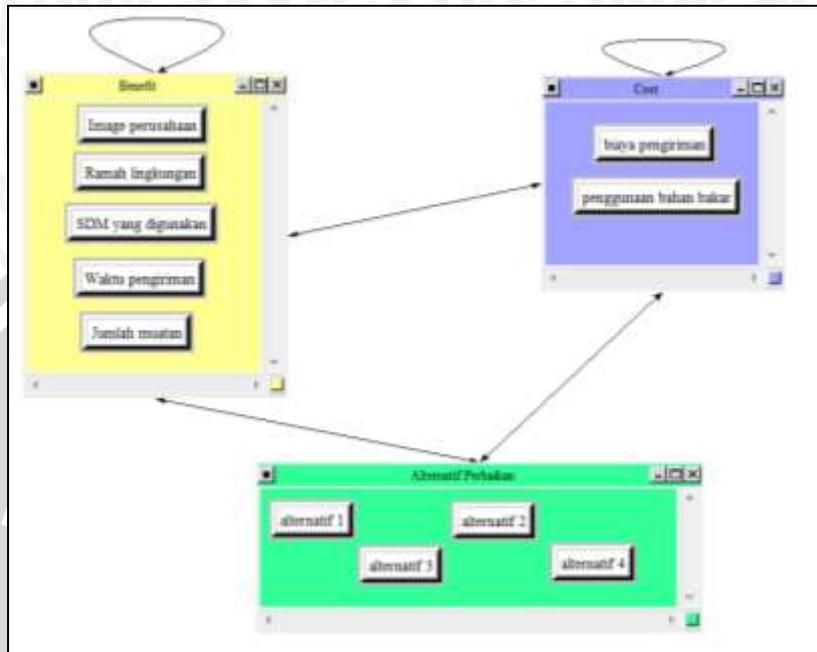
#### 4.3.5.1 Penentuan Hubungan Saling Ketergantungan Antar Kriteria

Langkah pertama pada metode *Analytic Network Process* (ANP) adalah melakukan penentuan hubungan saling ketergantungan antar kriteria dalam satu kelompok (*inner dependency*) atau antar kelompok (*outer dependency*). Penentuan hubungan saling ketergantungan tersebut dilakukan dengan membuat kuesioner pertama. Contoh isi kuesioner dapat dilihat pada Lampiran 3 untuk pemilihan alternatif pengadaan bahan baku dan Lampiran 5 untuk pemilihan alternatif proses produksi.

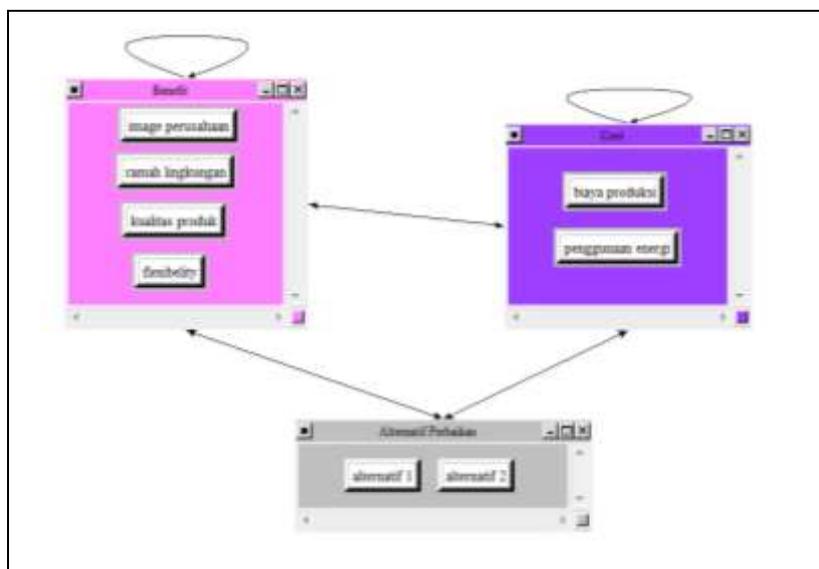
Kuesioner pertama ini diberikan kepada para responden yang ahli di bidangnya atau seorang *decision maker* yang tidak lain adalah manager atau kepala bagian, sehingga benar-benar mengerti dengan perubahan-perubahan yang akan terjadi dengan melakukan alternatif-alternatif tersebut. Jumlah responden (N) yang digunakan dalam penelitian ini adalah 2 orang, sehingga jika dalam suatu sel, jumlah responden yang memilih ( $V_{ij}$ ) lebih dari atau sama dengan Q ( $2/2 = 1$ ), maka dapat disimpulkan terdapat hubungan saling ketergantungan antar subkriteria. Pemilihan alternatif dibedakan antara pemilihan alternatif untuk pengadaan bahan baku dan proses produksi. Hal ini dikarenakan responden dan kriteria-kriteria yang digunakan berbeda. Responden untuk pemilihan alternatif pengadaan bahan baku adalah Responden 1 (R1) = *Manager* dan Responden 2 (R2) = Kepala Bagian Pengadaan, sedangkan responden untuk pemilihan alternatif proses produksi adalah Responden 1 (R1) = *Manager* dan Responden 2 (R2) = Kepala Bagian Produksi. Tabel 4.13 merupakan rekapitulasi hasil kuesioner hubungan saling ketergantungan antar subkriteria untuk pemilihan alternatif pengadaan bahan baku. Sedangkan Tabel 4.14 rekapitulasi hasil kuesioner hubungan saling ketergantungan antar subkriteria untuk pemilihan alternatif proses produksi.

Pada Tabel 4.13 dapat dilihat bahwa ada hubungan antar subkriteria dalam kriteria yang sama dan ada hubungan antara subkriteria dalam kriteria yang berbeda tetapi tidak semuanya dipilih. Jika dalam suatu sel, jumlah responden yang memilih ( $V_{ij}$ ) lebih dari atau sama dengan Q ( $2/2 = 1$ ), maka dapat disimpulkan terdapat hubungan saling ketergantungan antar subkriteria. Sebagai contoh seperti pada subkriteria *image* perusahaan, ada satu orang responden menjawab bahwa subkriteria *image* perusahaan dipengaruhi oleh subkriteria biaya pengiriman. Hubungan antar subkriteria tersebut dimasukkan ke dalam model ANP walaupun hanya satu orang yang menjawab kedua

subkriteria tersebut memiliki hubungan, begitu pula pada Tabel 4.14. Dari hasil kuesioner hubungan saling ketergantungan antar subkriteria akan dijadikan dasaran dalam pembuatan model ANP dengan menggunakan *software* Super Decisions. Gambar 4.16 merupakan model ANP dalam pemilihan alternatif untuk pengadaan bahan baku, sedangkan Gambar 4.17 merupakan model ANP dalam pemilihan alternatif untuk proses produksi kertas.



Gambar 4.16 Model ANP Pemilihan Alternatif untuk Pengadaan Bahan Baku



Gambar 4.17 Model ANP Pemilihan Alternatif untuk Proses Produksi Kertas

Tabel 4.13 Rekapitulasi Hasil Kuesioner Hubungan Saling Ketergantungan Antar Subkriteria pada Alternatif Pengadaan Bahan Baku

Kriteria			Dipengaruhi					
			Cost		Benefit			
			Biaya pengiriman	Penggunaan bahan bakar	Image perusahaan	Ramah lingkungan	SDM yang digunakan	Waktu pengiriman
mempengaruhi	Cost	Biaya pengiriman	0	1	0	2	0	0
		Penggunaan bahan bakar	2	0	2	0	0	0
	benefit	Image perusahaan	0	0	0	0	0	0
		Ramah lingkungan	2	2	2	0	0	0
		SDM yang digunakan	2	0	0	0	0	0
		Waktu pengiriman	2	2	0	0	0	2
		Jumlah muatan	2	0	0	0	0	2

Tabel 4.14 Rekapitulasi Hasil Kuesioner Hubungan Saling Ketergantungan Antar Subkriteria pada Alternatif Proses Produksi Kertas

Kriteria			Dipengaruhi				
			Cost		Benefit		
			Biaya produksi	Penggunaan energi	Image perusahaan	Ramah lingkungan	Kualitas produk
Mempengaruhi	Cost	Biaya produksi	0	2	0	0	0
		Penggunaan energi	2	2	2	0	0
	Benefit	Image perusahaan	0	0	0	0	0
		Ramah lingkungan	2	1	2	2	0
		Kualitas produk	2	0	2	0	0
		Flexibility	0	0	0	0	0

Pada Gambar 4.16 dan Gambar 4.17 dapat dilihat bahwa terdapat dua jenis hubungan ketergantungan, yaitu *inner dependence* dan *outer dependence*. Berikut contoh penjelasan masing-masing hubungan pada pemilihan alternatif untuk pengadaan bahan baku.

#### 1. Hubungan *inner dependence*

Hubungan *inner dependence* adalah hubungan yang terjadi antar tiap subkriteria yang berbeda dalam satu kriteria yang sama. Pada penelitian ini terdapat beberapa *inner dependence*, yaitu ketika terdapat hubungan pengaruh antar subkriteria di dalam satu kriteria yang sama. Sebagai contoh, subkriteria penggunaan bahan bakar dipengaruhi oleh subkriteria ramah lingkungan dan subkriteria waktu pengiriman. Subkriteria penggunaan energi, ramah lingkungan, dan waktu pengiriman merupakan subkriteria dari satu kriteria yang sama yaitu kriteria *Benefit*, sehingga dapat disimpulkan bahwa kriteria *Benefit* memiliki *inner dependence*.

#### 2. Hubungan *outer dependence*

Selain hubungan *inner dependence* dalam *network* juga terdapat hubungan *outer dependence* yang terjadi pada kriteria dalam sebuah *cluster* dengan kriteria dari *cluster* yang berbeda. Pada penelitian ini terdapat *outer dependence*, yaitu ketika terdapat hubungan pengaruh antar subkriteria di dalam satu kriteria yang sama. Sebagai contoh, subkriteria biaya pengiriman dipengaruhi subkriteria ramah lingkungan, waktu pengiriman, dan jumlah muatan. Subkriteria biaya pengiriman merupakan subkriteria dari kriteria *Cost*, sedangkan subkriteria ramah lingkungan, waktu pengiriman, dan jumlah muatan merupakan subkriteria dari kriteria *Benefit*. Karena subkriteria-subkriteria tersebut merupakan subkriteria dari kriteria yang berbeda, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat *outer dependence* atau hubungan antara kriteria *Cost* dengan kriteria *Benefit* dimana kriteria *Cost* dipengaruhi kriteria *Benefit*.

#### 4.3.5.2 Penentuan Bobot Subkriteria dan Alternatif Perbaikan

Pada tahap selanjutnya adalah pembobotan subkriteria dan alternatif dengan membuat kuesioner kedua yang diberikan kepada responden yang sama dengan kuesioner pertama. Kedua responden tersebut akan diberikan bobot yang berbeda-beda. Bagi responden yang bertindak sebagai pengambil keputusan atau Manager diberikan bobot yang lebih besar dibandingkan responden Kepala Bagian Pengadaan. Bobot untuk responden General Manager adalah 60 %, sedangkan bobot untuk responden Kepala Bagian Pengadaan adalah 40 % dalam pemilihan alternatif untuk pengadaan bahan baku. Begitu pula

pemilihan alternatif untuk proses produksi, bobot untuk responden General Manager adalah 60 % dan bobot untuk responden Kepala Bagian Produksi adalah 40 %.

Untuk bobot pada masing-masing subkriteria dan alternatif diperoleh dengan membandingkan tingkat kepentingan antar subkriteria atau yang disebut perbandingan berpasangan. Para responden akan mengisi tabel kuesioner yang berisi tentang perbandingan dari subkriteria dan alternatif dengan perbandingan hubungan mulai dari sama besar pengaruhnya sampai dengan amat sangat lebih besar pengaruhnya dengan nilai antara 1 sampai 9 seperti pada Tabel 2.3. Tabel 4.15 berikut ini merupakan contoh tabel kuesioner yang akan diberikan kepada responden. Bentuk kuesioner yang lengkap dapat dilihat pada Lampiran 4 untuk pemilihan alternatif pengadaan bahan baku dan Lampiran 6 untuk pemilihan alternatif proses produksi.

Tabel 4.15 Contoh Tabel Kuesioner

Variabel	Penilaian																Variabel	
Jumlah muatan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ramah lingkungan
Jumlah muatan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	SDM yang digunakan
Jumlah muatan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Waktu pengiriman

#### 4.3.5.3 Pengolahan Hasil Kuesioner

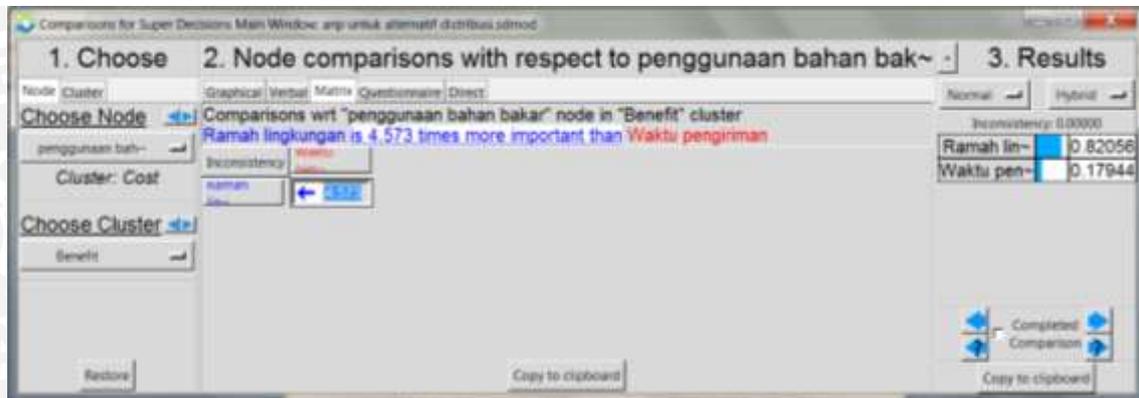
Setelah melakukan penyebaran kuesioner pembobotan kriteria dan subkriteria, maka akan dilakukan rekapitulasi terhadap data tersebut. Selanjutnya data tersebut akan dirata-rata dengan menggunakan rata-rata geometri karena setiap responden memiliki bobot yang berbeda. Berikut ini contoh perhitungan *Geometric Mean* pada subkriteria penggunaan bahan bakar dalam kriteria *Cost* terhadap subkriteria ramah lingkungan dan waktu pengiriman dalam kriteria *Benefit*. Hasil perhitungan rata-rata geometri dapat dilihat pada Lampiran 7-9 untuk pemilihan alternatif pengadaan bahan baku dan pada Lampiran 10-12 untuk pemilihan alternatif proses produksi.

$$\begin{aligned}
 \text{Geometri mean} &= x_1^{w_1} * x_2^{w_2} \dots \dots \dots * x_n^{w_n} \\
 &= 4^{0,4} x 5^{0,6} \\
 &= 4,573
 \end{aligned}$$

#### 4.3.5.4 Membentuk Matrik Perbandingan Berpasangan

Setelah melakukan perhitungan rata-rata geometri, maka dilakukan pembuatan matrik perbandingan berpasangan. Matrik perbandingan berpasangan untuk pemilihan alternatif

pengadaan bahan baku dapat dilihat pada Lampiran 13-15, sedangkan matrik perbandingan berpasangan untuk pemilihan alternatif proses produksi kertas dapat dilihat pada Lampiran 16-18. Nilai kepentingan relatif tersebut nantinya akan digunakan sebagai inputan data yang akan diolah oleh *Software Super Decisions*, seperti yang terlihat pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Perbandingan Berpasangan Antar Subkriteria dengan Super Decisions

Pada Gambar 4.18 dapat dilihat bahwa subkriteria ramah lingkungan 4,573 kali lebih penting daripada subkriteria waktu pengiriman ketika dilihat dari sisi subkriteria penggunaan energi dalam kriteria *Benefit*. Selain itu, kita juga dapat mengetahui konsistensi responden dalam penilaian perbandingan berpasangan tersebut dengan menilahi nilai *Consistency Ratio* (CR). Penilaian tersebut dianggap konsisten jika  $CR < 0,1$ . Nilai CR dalam perbandingan berpasangan diatas adalah sebesar 0.00000, sehingga dapat disimpulkan bahwa responden konsisten dalam menilai perbandingan berpasangan tersebut. Berikut ini merupakan contoh perhitungan nilai konsistensi untuk subkriteria penggunaan bahan bakar pada kriteria *benefit*:

Matriks awal kuesioner

	Ramah lingkungan	Waktu pengiriman
Ramah lingkungan	1	4,573
Waktu pengiriman	0,219	1
Total	1,219	5,573

Hasil normalisasi matriks

	Ramah lingkungan	Waktu pengiriman	TOTAL (m)	Vektor Prioritas (Vp)
Ramah lingkungan	0,82	0,82	1,64	0,82
Waktu pengiriman	0,18	0,18	0,36	0,18
total	1,00	1,00	2,00	

$$V_p = \frac{m_i}{\sum m}$$

$$V_{p1} = \frac{m_1}{\sum m} = \frac{1,64}{2} = 0,82$$

Perhitungan Nilai VA

$$\begin{bmatrix} 1 & 4,573 \\ 0,219 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,82 \\ 0,18 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,643 \\ 0,36 \end{bmatrix}$$

Perhitungan VA adalah hasil perkalian matriks perbandingan dengan vektor prioritas yang sudah dilakukan pada perhitungan sebelumnya. Selanjutnya adalah menghitung nilai VB.

Perhitungan nilai VB

$$\begin{bmatrix} 1,643 \\ 0,36 \end{bmatrix} : \begin{bmatrix} 0,82 \\ 0,18 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 \\ 2 \end{bmatrix}$$

Perhitungan nilai VB adalah membagi nilai VA dengan vektor prioritas. Total dari VB ( $\sum VB$ ) inilah yang akan digunakan untuk perhitungan nilai *eigen* maksimum ( $\lambda_{maks}$ ).

Perhitungan nilai *eigen* maksimum ( $\lambda_{maks}$ )

$$\lambda_{maks} = \frac{\sum VB}{n}$$

n = ukuran matriks

$$\lambda_{maks} = \frac{4}{2} = 2$$

Perhitungan nilai *eigen* maksimum ( $\lambda_{maks}$ ) dilakukan dengan menjumlahkan total VB ( $\sum VB$ ) kemudian dibagi dengan ukuran matriks yang ada (n). Nilai *eigen* maksimum ini nantinya yang akan digunakan untuk menghitung nilai indeks konsistensi (CI).

Perhitungan indeks konsistensi (CI)

$$CI = \frac{(\lambda_{maks} - n)}{(n - 1)}$$

$$CI = \frac{(2 - 2)}{(2 - 1)} = 0$$

Perhitungan nilai indeks rasio (CR)

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

$$CR = \frac{0}{0,00} = 0$$

Karena nilai  $CR < 0.1 \rightarrow$  konsisten, maka penilaian yang diberikan responden terhadap data yang bersangkutan dianggap layak. Nilai konsistensi responden untuk pemilihan alternatif pengadaan bahan baku dapat dilihat pada Lampiran 19, sedangkan nilai konsistensi responden untuk pemilihan alternatif proses produksi kertas dapat dilihat pada Lampiran 20. Setelah melakukan *input* data pada kuesioner, dilakukan komputasi pada *software* sehingga keluar *output* matrik kelompok seperti terlihat pada Gambar 4.19. Matriks kelompok menggambarkan seberapa besar pengaruh antar kriteria.

Cluster Node Labels	Alternatif Perbaikan	Benefit	Cost
Alternatif Perbaikan	0.000000	0.333333	0.333333
Benefit	0.500000	0.333333	0.333333
Cost	0.500000	0.333333	0.333333

Gambar 4.19 Cluster Matriks

Berdasarkan Gambar 4.19, dapat dilihat bahwa kriteria *Benefit* pada kolom sebelah kiri mempengaruhi kriteria yang terdapat pada baris atas, yaitu mempengaruhi kriteria Alternatif sebesar 0,5, selanjutnya mempengaruhi kriteria *Benefit* itu sendiri sebesar 0,333 yang berarti kriteria ini memiliki *inner dependence* antar subkriteria didalamnya. Kemudian mempengaruhi kriteria *Cost* sebesar 0,333 yang berarti terdapat hubungan *outer dependence* antar subkriteria pada kriteria-kriteria tersebut.

#### 4.3.5.5 Membuat Supermatriks

Setelah menghitung rasio konsistensi, maka dilakukan pembuatan supermatriks. Supermatriks terdiri dari 3 macam, yaitu Supermatriks Tidak Tertimbang (*Unweighed Supermatrix*), Supermatriks Tertimbang (*Weighed Supermatrix*) dan Supermatriks Limit (*Limitting Supermatrix*). Supermatriks dibuat berdasarkan data hasil perbandingan berpasangan antar kriteria/subkriteria/alternatif. Pada supermatriks, cara membaca tabelnya adalah kriteria yang berada pada kolom sebelah kiri berpengaruh pada kriteria yang berada pada baris atas. Berikut ini penjelasan dari masing-masing supermatriks.

##### 1. Supermatriks Tidak Tertimbang (*Unweighed Supermatrix*)

Supermatriks tidak tertimbang dibuat berdasarkan perbandingan berpasangan antar kriteria/subkriteria/alternatif, dengan cara memasukkan nilai prioritas (*eigen vector*) ke dalam matriks yang sesuai dengan selnya. Hasil pengolahan supermatriks tidak tertimbang

untuk pemilihan alternatif pengadaan bahan baku dapat dilihat pada Lampiran 21, sedangkan hasil pengolahan supermatriks tidak tertimbang untuk pemilihan alternatif proses produksi dapat dilihat pada Lampiran 24.

## 2. Supermatriks Tertimbang (*Weighed Supermatrix*)

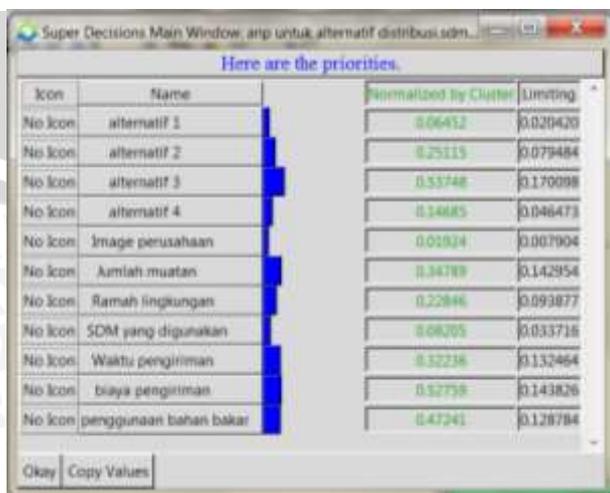
Supermatriks Tertimbang diperoleh dengan cara nilai pada Matriks Kelompok digunakan untuk memberi bobot Supermatriks Tidak Tertimbang. Cara untuk memberi bobot tersebut adalah dengan mengalikan nilai di sel Matriks Kelompok dengan nilai di setiap sel Supermatriks Tidak Tertimbang yang sesuai. Hasil pengolahan supermatriks Tertimbang untuk pemilihan alternatif pengadaan bahan baku dapat dilihat pada Lampiran 22, sedangkan hasil pengolahan supermatriks tertimbang untuk pemilihan alternatif proses produksi dapat dilihat pada Lampiran 25.

## 3. Supermatriks Limit (*Limiting Supermatrix*)

Supermatriks Limit didapatkan dengan menaikkan Supermatriks Tertimbang sampai batasnya dengan cara mengalikan dirinya sendiri. Ketika nilai prioritas pada setiap kolom sama, maka Supermatriks Limit sudah didapatkan. Hasil pengolahan supermatriks Limit untuk pemilihan alternatif pengadaan bahan baku dapat dilihat pada Lampiran 23, sedangkan hasil pengolahan supermatriks Limit untuk pemilihan alternatif proses produksi dapat dilihat pada Lampiran 26.

### 4.3.5.6 Prioritas Akhir

Nilai prioritas akhir didapatkan dari Supermatriks Limit. Setelah itu, dilakukan normalisasi berdasarkan kelompok kriteria, sehingga total nilai prioritas pada masing-masing kelompok berjumlah satu. Gambar 4.20 merupakan prioritas akhir dari perhitungan menggunakan *software* Super Decisions untuk pemilihan alternatif pengadaan bahan baku.



Icon	Name	Normalized by Cluster	Limiting
No Icon	alternatif 1	0.06412	0.020420
No Icon	alternatif 2	0.25113	0.079484
No Icon	alternatif 3	0.33748	0.170098
No Icon	alternatif 4	0.14685	0.046473
No Icon	Image perusahaan	0.01834	0.007904
No Icon	Jumlah muatan	0.34788	0.142954
No Icon	Ramah lingkungan	0.22846	0.093877
No Icon	SDM yang digunakan	0.08205	0.033718
No Icon	Waktu pengiriman	0.32216	0.132464
No Icon	biaya pengiriman	0.32759	0.143826
No Icon	penggunaan bahan baku	0.47241	0.128784

Gambar 4.20 Nilai Prioritas untuk Pemilihan Alternatif Pengadaan Bahan Baku

Pada Gambar 4.20 dapat dilihat bahwa alternatif perbaikan 3 merupakan prioritas tertinggi dibandingkan alternatif perbaikan 1,2, dan 4 dengan nilai 0,53748. Pada *output software* Super Decisions juga dapat dilihat subkriteria mana yang menjadi prioritas utama dalam pertimbangan pemilihan alternatif dimana subkriteria tersebut dianggap paling mempengaruhi pemilihan alternatif dan terlihat bahwa subkriteria biaya pengiriman menjadi prioritas tertinggi. Berikut ini penjelasan pelaksanaan alternatif perbaikan 3 dilihat dari kriteria *Benefit* dan *Cost*.

#### 1. *Benefit*

Pada alternatif perbaikan 3, subkriteria jumlah muatan pada kriteria *benefit* memiliki prioritas yang paling tinggi. Menurut perusahaan, subkriteria jumlah muatan memiliki prioritas yang tinggi karena jika dalam sekali pengiriman bisa mengangkut barang dalam jumlah banyak, maka akan lebih efisien dan biaya yang dikeluarkan juga lebih sedikit. Selain itu, batu bara PT Kertas Leces Persero didapatkan dari daerah Kalimantan. Ketika jumlah pengiriman sedikit, maka perusahaan akan mengalami kerugian.

Jika dilihat pada Gambar 4.20, prioritas subkriteria jumlah muatan tidak begitu signifikan dibandingkan dengan subkriteria waktu pengiriman karena PT Kertas Leces Persero juga tidak ingin proses produksi kertas terhambat ketika batu bara yang digunakan sebagai sumber energi datang terlambat. Sedangkan, jika dibandingkan dengan subkriteria sumber daya manusia yang digunakan, subkriteria jumlah muatan lebih penting karena berhubungan langsung dengan produksi sehingga perusahaan lebih mudah melakukan penjadwalan bahan baku masuk sampai ke dalam gudang. Oleh karena itu, dibutuhkan *supplier* yang memiliki armada transportasi berkapasitas besar sehingga dapat melakukan pengiriman dalam kuantitas yang banyak dan waktu yang cepat. Sedangkan sumber daya manusia hanya sebagai unsur pendukung dalam melakukan proses pengiriman walaupun SDM yang digunakan dengan kemampuan yang standar (sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan) masih dapat melakukan pengiriman dengan baik. Selain itu, pada subkriteria *image* perusahaan hanya dibutuhkan untuk pencitraan perusahaan terhadap masyarakat luas sehingga subkriteria jumlah muatan lebih penting daripada subkriteria *image* perusahaan. Sedangkan jika dibandingkan dengan subkriteria ramah lingkungan, prioritas subkriteria jumlah muatan lebih penting karena ketika jumlah muatan yang diangkut lebih banyak oleh satu alat transportasi, maka emisi yang dihasilkan lebih sedikit sehingga pendistribusian bahan baku bisa ramah terhadap lingkungan. Oleh karena itu, subkriteria jumlah muatan memiliki prioritas yang tinggi dibandingkan dengan subkriteria-subkriteria yang lain.

Selain itu, alternatif perbaikan 3 ini lebih baik dari alternatif perbaikan 1 dan 4 karena kedua alternatif tersebut menggunakan truk sehingga membutuhkan truk dalam jumlah banyak untuk mengangkut barang dan juga dapat mengalami ketidakpastian di jalan seperti terkena macet, jalan bergelombang, dan lain-lain. Jika menggunakan truk, bahan bakar yang digunakan juga lebih banyak sehingga emisi yang dihasilkannya pun lebih banyak. Karena emisi yang dihasilkan lebih banyak, maka alat transportasi ini merupakan alat transportasi yang tidak ramah terhadap lingkungan. Sedangkan jika dibandingkan dengan alternatif perbaikan 2, alternatif perbaikan 3 lebih baik daripada alternatif perbaikan 2 walaupun alat transportasi yang digunakan sama yaitu sama-sama menggunakan kereta api. Perbedaannya terdapat pada Pelabuhan yang digunakan sebagai tempat bongkar muat. Ketika menggunakan Pelabuhan Tanjung Tembaga sebagai tempat bongkar muat, jarak yang ditempuh kapal dari Kalimantan lebih pendek daripada menggunakan Pelabuhan Tanjung Perak dan jarak darat yang ditempuh hanya sekitar 12,1 km yaitu dari Pelabuhan Tanjung Tembaga ke PT Kertas Leces Persero sehingga lebih efisien dibandingkan dengan jarak darat dari Tanjung Perak yaitu sekitar 120 km.

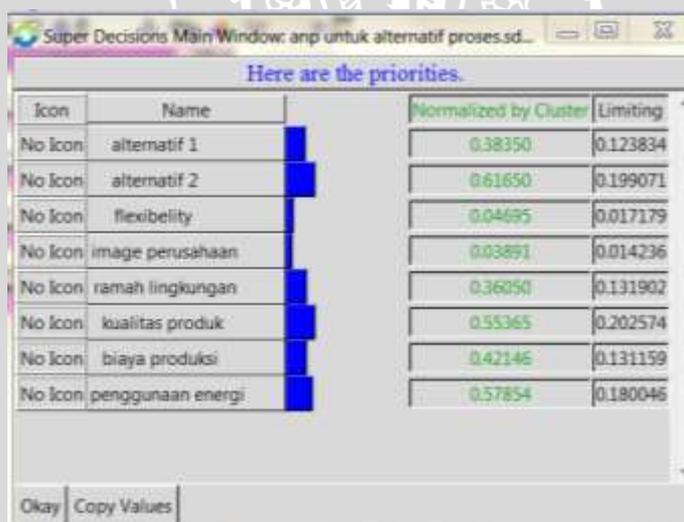
## 2. *Cost*

Pada alternatif perbaikan 3, subkriteria biaya pengiriman memiliki prioritas yang tinggi. Menurut perusahaan, biaya pengiriman yang rendah dapat meningkatkan profit yang didapatkan oleh perusahaan. Oleh karena itu, perusahaan berusaha memimasi biaya pengiriman. Jika dibandingkan dengan subkriteria penggunaan bahan bakar, subkriteria pengiriman tidak memiliki perbedaan prioritas yang begitu signifikan. Hal ini karena perusahaan menganggap bahwa penggunaan bahan bakar yang sedikit juga bisa meminimasi biaya yang dikeluarkan perusahaan. Apalagi pada jaman sekarang, harga bahan bakar semakin mahal dan adanya pengurangan subsidi dari pemerintah.

Selain itu, alternatif perbaikan 3 ini lebih baik dari alternatif perbaikan 1 dan 4 karena kedua alternatif tersebut menggunakan truk dalam jumlah banyak untuk mengangkut barang sehingga penggunaan bahan bakar lebih banyak. Ketika penggunaan bahan bakar lebih banyak, maka biaya pengiriman juga akan lebih mahal. Selain itu, biaya pengiriman juga lebih mahal karena penggunaan sumber daya manusia yang banyak yang digunakan sebagai sopir truk dan penggunaan banyak truk untuk mengangkut batu bara. Sedangkan jika dibandingkan dengan alternatif perbaikan 2, alternatif perbaikan 3 lebih baik daripada alternatif perbaikan 2 walaupun alat transportasi yang digunakan sama yaitu sama-sama menggunakan kereta api. Perbedaannya terdapat pada Pelabuhan yang

digunakan sebagai tempat bongkar muat. Ketika menggunakan Pelabuhan Tanjung Tembaga sebagai tempat bongkar muat, jarak yang ditempuh kapal dari Kalimantan memang lebih panjang yaitu sekitar 880 km daripada menggunakan Pelabuhan Tanjung Perak yaitu sekitar 798 km tetapi jarak darat yang ditempuh hanya sekitar 12,1 km yaitu dari Pelabuhan Tanjung Tembaga ke PT Kertas Leces Persero sehingga lebih efisien dibandingkan dengan jarak darat dari Tanjung Perak yaitu sekitar 120 km. Oleh karena itu, biaya pengiriman alternatif 3 lebih sedikit daripada alternatif 2.

Sedangkan prioritas akhir dari perhitungan menggunakan *software* Super Decisions untuk pemilihan alternatif proses produksi, dapat dilihat pada Gambar 4.21. Pada Gambar 4.21 dapat dilihat bahwa alternatif perbaikan 2 merupakan prioritas tertinggi dibandingkan alternatif perbaikan 1 dengan nilai 0,61650. Pada *output software* Super Decisions juga dapat dilihat subkriteria mana yang menjadi prioritas utama dalam pertimbangan pemilihan alternatif dimana subkriteria tersebut dianggap paling mempengaruhi pemilihan alternatif dan terlihat bahwa subkriteria kualitas produk menjadi prioritas tertinggi.



Icon	Name	Normalized by Cluster	Limiting
No Icon	alternatif 1	0.38350	0.123834
No Icon	alternatif 2	0.61650	0.199071
No Icon	flexibility	0.04695	0.017179
No Icon	image perusahaan	0.03891	0.014236
No Icon	ramah lingkungan	0.36050	0.131902
No Icon	kualitas produk	0.55365	0.202574
No Icon	biaya produksi	0.42146	0.131159
No Icon	penggunaan energi	0.57854	0.180046

Gambar 4.21 Nilai Prioritas untuk Pemilihan Alternatif Proses Produksi

Berikut ini penjelasan pelaksanaan alternatif perbaikan 2 dilihat dari kriteria *Benefit* dan *Cost*.

#### 1. *Benefit*

Pada alternatif perbaikan 2 yaitu menggunakan LBKP yang berkualitas tinggi, subkriteria kualitas produk pada kriteria *benefit* memiliki prioritas yang tinggi. Menurut perusahaan subkriteria kualitas memiliki prioritas yang tinggi karena jika kualitas produk yang dihasilkan perusahaan tinggi, maka akan banyak konsumen yang membeli produk tersebut sehingga hal ini dapat membuat profit perusahaan semakin bertambah. Selain itu,

jika dibandingkan dengan subkriteria *image* perusahaan, subkriteria kualitas produk lebih penting karena jika perusahaan menghasilkan produk dengan kualitas yang baik maka hal ini juga akan meningkatkan *image* perusahaan terhadap konsumen atau masyarakat luas. Sedangkan jika dibandingkan dengan subkriteria ramah lingkungan, subkriteria kualitas produk lebih penting karena pada masa sekarang produk kertas yang berkualitas tidak hanya dilihat dari tingkat *brightness*, tidak mudah sobek, tetapi juga produk yang ramah lingkungan atau dapat dilakukan daur ulang. Selain itu, jika dibandingkan dengan subkriteria *flexibility*, subkriteria kualitas produk lebih penting karena perusahaan selalu meningkatkan produksinya menjadi lebih baik. Perusahaan tidak begitu memperlakukan kemudahan dalam mendapatkan bahan baku karena perusahaan menganggap kepuasan konsumen akan produk yang dihasilkan lebih penting.

Selain itu, alternatif perbaikan 2 yaitu menggunakan LBKP yang berkualitas tinggi lebih baik dari alternatif perbaikan 1 yaitu mengganti bahan kimia OBA dengan  $H_2O_2$  karena alternatif tersebut bisa memberikan kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan alternatif 1. Selain itu, alternatif perbaikan 2 ini lebih fleksibel karena PT Kertas Leces Persero tidak perlu mengganti *supplier wood* LBKP, sedangkan pada alternatif 1 PT Kertas Leces Persero harus mencari *supplier* bahan kimia  $H_2O_2$ . Memilih *supplier* tidaklah mudah, dibutuhkan berbagai kriteria yang harus dipertimbangkan. Oleh karena itu, membutuhkan waktu yang relatif lama untuk mencari *supplier* bahan kimia  $H_2O_2$ .

## 2. Cost

Pada alternatif perbaikan 2, subkriteria penggunaan energi memiliki prioritas yang tinggi. Hal ini dikarenakan dengan menggunakan LBKP berkualitas tinggi, perusahaan dapat meminimasi energi listrik yang digunakan dalam proses produksi kertas karena tidak perlu melakukan proses pemutihan (*bleaching*) lagi, waktu pengerjaan tambahan, biaya produksi. Dengan tidak adanya penggunaan bahan kimia OBA, maka berdampak pula pada biaya pengolahan limbah. Perusahaan dapat mengurangi biaya untuk pengolahan limbah. Dalam sisi harga dengan menggunakan LBKP berkualitas sebagai alternatif perbaikan memang lebih mahal dibandingkan dengan menambah bahan kimia OBA sebagai pemutih tetapi alternatif perbaikan ini dapat memberikan keuntungan jangka panjang bagi perusahaan.

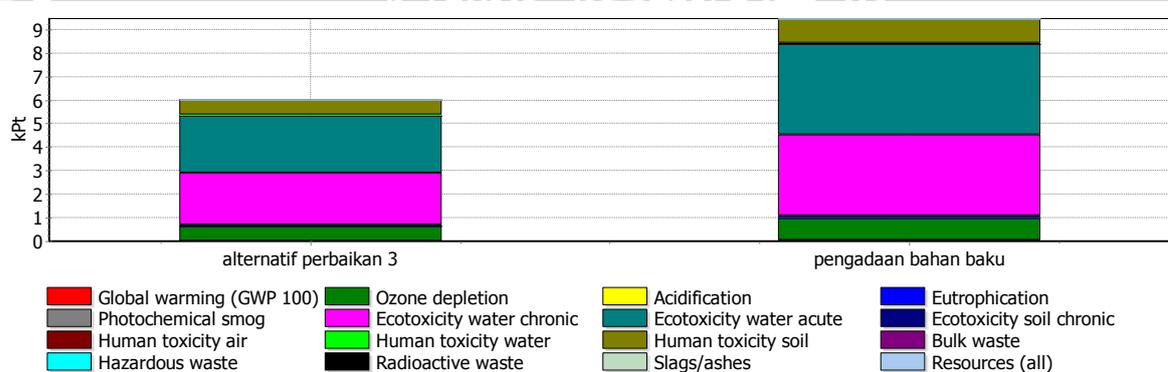
Selain itu, alternatif perbaikan 2 ini lebih baik dari alternatif perbaikan 1 karena alternatif tersebut bisa mengurangi penggunaan energi listrik ketika proses pemutihan kertas. Sedangkan pada alternatif perbaikan 1 tetap ada proses pemutihan, hanya saja

perbedaan bahan kimia pemutih yang digunakan yaitu dari bahan kimia OBA diganti dengan bahan kimia  $H_2O_2$ . Sedangkan dari sisi biaya produksi, alternatif perbaikan 2 lebih murah dibandingkan dengan alternatif perbaikan 1.

#### 4.3.5.7 Analisa Uji Alternatif Perbaikan yang Terpilih

Pada metode ANP sebelumnya, telah dilakukan pembobotan kriteria, subkriteria, serta alternatif sehingga didapatkan alternatif perbaikan yang terbaik. Dari perbandingan alternatif pada metode ANP, didapatkan alternatif perbaikan terbaik pada pengadaan bahan baku yaitu mengganti truk muatan dengan kereta api dari pelabuhan Tanjung Tembaga. Sedangkan alternatif perbaikan terbaik pada proses produksi yaitu menggunakan LBKP yang berkualitas tinggi.

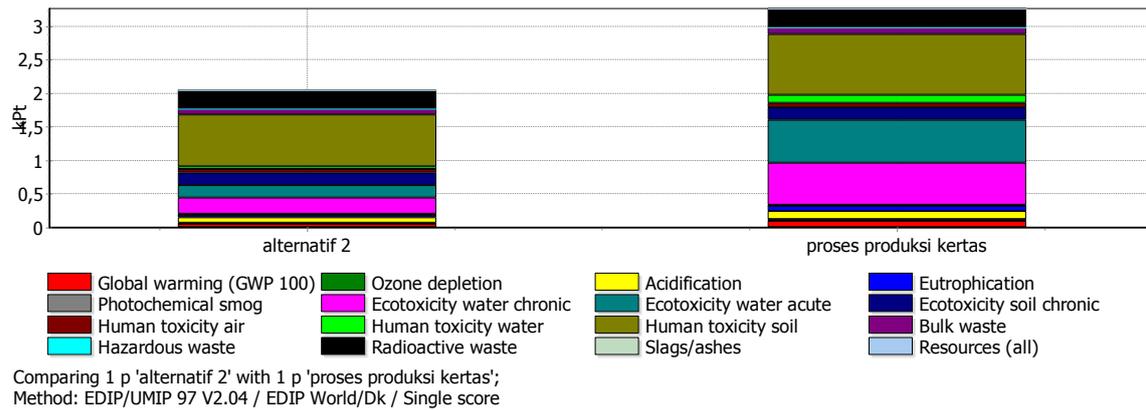
Alternatif perbaikan yang terbaik ini kemudian diimplementasikan ke dalam *Life Cycle Assessment* dengan menggunakan *software* Simapro 8 untuk mengetahui apakah alternatif perbaikan ini dapat mengurangi dampak ke lingkungan. Berikut Gambar 4.22 yang merupakan perbandingan antara keadaan *existing* dengan alternatif perbaikan 3 untuk pengadaan bahan baku.



Comparing 1 p 'alternatif perbaikan 3' with 1 p 'pengadaan bahan baku';  
Method: EDIP/UMIP 97 V2.04 / EDIP World/DK / Single score

Gambar 4.22 Perbandingan *Existing* dengan Alternatif Perbaikan 3 untuk Pengadaan Bahan Baku

Pada Gambar 4.22 dapat dilihat bahwa dengan menggunakan alternatif perbaikan 3 yaitu mengganti truk muatan dengan kereta api dari pelabuhan Tanjung Tembaga, dapat menurunkan nilai *impact* yang semula sebesar 9,46 kPt menjadi 6,04 kPt. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa alternatif perbaikan 3 dapat mengurangi dampak ke lingkungan sebesar 3,42 kPt. Dari hasil yang didapatkan, terbukti bahwa alternatif yang dipilih dengan menggunakan metode ANP dapat mengurangi dampak ke lingkungan. Berikut Gambar 4.23 yang merupakan perbandingan antara keadaan *existing* dengan alternatif perbaikan 2 untuk proses produksi kertas.



Gambar 4.23 Perbandingan *Existing* dengan Alternatif Perbaikan 2 untuk Proses Produksi

Pada Gambar 4.23 dapat dilihat bahwa dengan menggunakan alternatif perbaikan 2 yaitu menggunakan LBKP yang berkualitas tinggi, dapat menurunkan nilai *impact* yang semula sebesar 3,26 kPt menjadi 2,05 kPt. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa alternatif perbaikan 2 dapat mengurangi dampak ke lingkungan sebesar 1,21 kPt. Dari hasil yang didapatkan, terbukti bahwa alternatif yang dipilih dengan menggunakan metode ANP dapat mengurangi dampak ke lingkungan.

