

EVALUASI DAMPAK LINGKUNGAN PADA AKTIVITAS SUPPLY CHAIN PRODUK SUSU KUD BATU DENGAN IMPLEMENTASI *LIFE CYCLE ASSESSMENT* (LCA) DAN PENDEKATAN *ANALYTIC NETWORK PROCESS* (ANP)

ENVIRONMENTAL IMPACTS EVALUATION IN SUPPLY CHAIN ACTIVITY OF KUD BATU'S DAIRY PRODUCT USING *LIFE CYCLE ASSESSMENT* (LCA) IMPLEMENTATION AND *ANALYTIC NETWORK PROCESS* (ANP) APPROACH

Ratih Prabowo Putri¹⁾, Ishardita Pambudi Tama²⁾, Rahmi Yuniarti³⁾

Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

Email : ratih.prabowo@gmail.com¹⁾, kangdith@ub.ac.id²⁾, rahmi_yuniarti@ub.ac.id³⁾

Abstrak

KUD "BATU" merupakan jenis koperasi yang melakukan proses produksi susu pasteurisasi. Dalam produksi tersebut terdapat aktivitas supply chain yang menyebabkan pencemaran dan KUD belum pernah melakukan pengukuran dampak terhadap lingkungan di sepanjang aktivitas supply chain susu Nandhi Murni Untuk mengurangi pencemaran, penelitian ini melakukan evaluasi dampak lingkungan menggunakan implementasi *Life Cycle Assessment* (LCA) dan memberikan usulan perbaikan dengan menggunakan *Analytic Network Process* (ANP). Berdasarkan hasil dari LCA diketahui bahwa proses ekstraksi susu segar di peternakan memberikan kontribusi dampak tertinggi yaitu sebesar 8,5 kpt. Kemudian dirumuskan usulan alternatif perbaikan untuk dilakukan pembobotan dengan pendekatan ANP. ANP dipilih karena terdapat saling ketergantungan antar kriteria maupun subkriteria. Terdapat 3 alternatif perbaikan yaitu memberikan subsidi alat konversi biogas kepada peternak. Bekerjasama dengan perusahaan pupuk, dan mengganti kemasan botol kaca. Kemudian berdasarkan kriteria Benefit, Opportunity, Cost, dan Ratio (BOCR) didapatkan bahwa alternatif perbaikan terbaik adalah memberikan subsidi alat konversi biogas kepada para peternak dengan nilai bobot sebesar 0,61316.

Key Word: GSCM, *Life Cycle Assessment*, *Analytic Network Process*, Simapro

1. Pendahuluan

Pada era globalisasi saat ini dimana semakin bertambahnya industri, isu pencemaran lingkungan di seluruh belahan dunia menjadi fokus perhatian semua kalangan sehingga menuntut kerjasama negara-negara di dunia untuk mengatasi isu lingkungan ini dan menjaga lingkungan. Salah satu sektor industri terbesar di dunia adalah industri makanan dan oleh sebab itu merupakan pengguna energi terbesar. Selain pengguna energi terbesar tentunya juga menghasilkan limbah yang merupakan bahan buangan tidak terpakai yang berdampak negatif terhadap masyarakat jika tidak dikelola dengan baik (Foster, 2006). Hal-hal inilah yang mendukung pertumbuhan *green industry* secara pesat. Dengan adanya *green industry*, maka perlu ditetapkan standar baku yang berkaitan dengan lingkungan yaitu

sertifikasi ISO 14001 yang salah satunya berisi tentang kepedulian terhadap lingkungan hidup.

Berdasarkan analisis *Environment Impact Production* (EIPRO), industri susu merupakan salah satu dari industri makanan yang memberikan kontribusi besar terhadap lingkungan. Tahun 2006 dinyatakan bahwa industri susu memberikan kontribusi sebesar 5% terhadap potensi *global warming*, 10% terhadap potensi eutrofikasi, dan 4% terhadap potensi pembentukan fotokimia ozon. Industri susu cair merupakan salah satu dari 10 pemberi total dampak terbesar pada semua aspek lingkungan kecuali penipisan ozon. Dampak siklus hidup eutrofikasi untuk semua produk susu didominasi oleh kontribusi dari peternakan sapi perah. Menurut Morse et. al. (1993) sumber fosfor penyebab eutrofikasi 10 % berasal dari proses alamiah di lingkungan air itu sendiri, 7 % dari industri, 11 % dari detergen,

17 % dari pupuk pertanian, 23 % dari limbah manusia, dan yang terbesar, 32 %, dari limbah peternakan. Selain dampak eutrofikasi yang ditimbulkan dari aktivitas industri, berdasarkan status lingkungan hidup 2012 oleh Kementerian Lingkungan Hidup Indonesia, dari waktu ke waktu pemakaian energi fosil di Indonesia menunjukkan tren yang terus meningkat di semua sektor seperti terlihat pada Gambar 1.

Koperasi Unit Desa (KUD) “BATU” merupakan jenis koperasi yang melakukan proses pengolahan susu yang berasal dari peternak sapi perah menjadi suatu produk berupa susu pasteurisasi. Sebagai salah satu industri pengolahan susu, tentu terdapat kegiatan yang menghasilkan limbah. Salah satu kegiatan yang dipandang penting dalam pencemaran lingkungan sektor industri susu khususnya KUD “BATU” adalah kegiatan *supply chain*. Pada ekstraksi bahan baku susu segar, KUD “BATU” melibatkan 750 peternak yang merupakan anggota KUD “BATU” dengan total 2500 sapi perah. Hal ini tentunya menyebabkan *waste* berupa kotoran sapi, sedangkan para peternak tersebut hanya sebesar 15% yang melakukan pengolahan kotoran sapi menjadi biogas. Selebihnya tidak melakukan penanganan khusus.

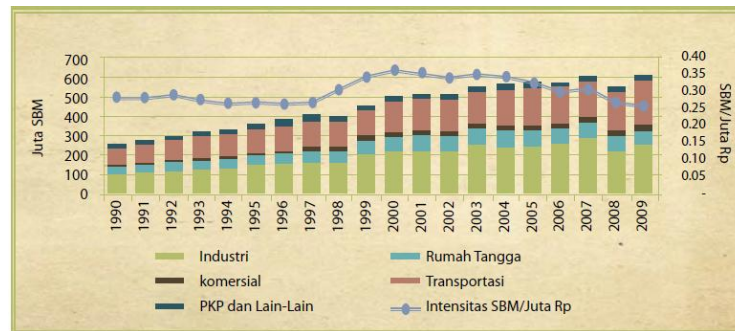
Kemudian proses distribusi susu dari peternak ke rantai produksi tentunya menyebabkan polusi udara dari aktivitas transportasi. Pada proses produksi juga menghasilkan limbah cair sisa produksi, dan yang terakhir pendistribusian susu sampai di tangan konsumen juga menimbulkan pencemaran. Selain itu jumlah produksi susu pasteurisasi tahun 2013 dengan total kemasan baik botol besar, botol, kecil, maupun *cup* yang didistribusikan ke konsumen sebanyak 1.023.000 buah dalam 1 tahun.

Untuk mengurangi dampak lingkungan sekitar tentunya perlu adanya perhatian terhadap lingkungan. Dengan adanya masalah

yang telah dijelaskan sebelumnya, KUD “BATU” belum mendapatkan sertifikat ISO 14001 yang berisi tentang kepedulian terhadap lingkungan. Hal ini disebabkan KUD “BATU” belum sepenuhnya melakukan penanganan khusus terkait dengan pengelolaan limbah serta belum pernah melakukan pengukuran dampak terhadap lingkungan dari aktivitas hulu ke hilir sehingga perlu dilakukan upaya agar KUD “BATU” dapat memperoleh sertifikat tersebut.

Adapun Gilbert (2001) mengungkapkan bahwa konsep *supply chain* yang mempertimbangkan lingkungan disebut *Green Supply Chain Management (GSCM)*. GSCM merupakan konsep manajemen rantai pasok tradisional yang terintegrasi dengan aspek lingkungan dan bertujuan untuk mengeliminasi atau meminimasi *waste* (energi, gas emisi, bahan kimia berbahaya, limbah) di sepanjang jaringan rantai pasok. GSCM juga dapat didefinisikan sebagai *green procurement* (pengadaan ramah lingkungan), *green manufacturing* (manufaktur ramah lingkungan), *green distribution* (distribusi ramah lingkungan), dan *reverse logistic* (logistik terbalik) (Ninlawan, Seksan, Tosappol dan Pilada, 2011).

Isu *supply chain* yang ramah lingkungan ini dipandang kritis bagi kesuksesan implementasi ekosistem industrial dan ekologi industrial (*industrial ecosystem and industrial ecology*). Agar tercapai konsep GSCM ini salah satunya adalah dengan mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan dari seluruh kegiatan *supply chain* perusahaan. Identifikasi dari dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh kegiatan *supply chain* ini perlu dilakukan agar selanjutnya dapat dilakukan langkah – langkah perbaikan. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisa dampak lingkungan ini adalah dengan *Life Cycle Assessment (LCA)* menggunakan software *Simapro 8*



Gambar 1. Konsumsi Energi di Indonesia Tahun 1990-2009
(Sumber: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral)

LCA adalah pendekatan "*cradle-to-grave*" untuk menilai sistem industri. "*Cradle-to-grave*" dimulai dengan pengumpulan bahan baku dari bumi untuk menciptakan produk dan berakhir pada titik ketika semua bahan dikembalikan ke bumi. LCA memungkinkan estimasi dampak lingkungan kumulatif yang dihasilkan dari semua tahapan dalam siklus hidup produk, sehingga akan diketahui bagian mana yang menimbulkan dampak terhadap lingkungan paling besar (Bacon, 2006). Setelah diketahui dampak kritis dari seluruh kegiatan terhadap lingkungan maka akan diperoleh beberapa alternatif perbaikan untuk masing-masing kegiatan dalam *supply chain*. Alternatif perbaikan yang diusulkan untuk masing-masing rantai dapat digunakan sebagai dasar pembuatan alternatif untuk *life cycle* yang ada sehingga didapatkan *supply chain* yang sesuai dengan konsep *green supply chain management*.

Adapun pemilihan alternatif dengan mempertimbangkan beberapa kriteria yang ada melalui pendekatan *Analytic Network Process (ANP)* dengan bantuan *software Super Decision*. Metode ini dipilih karena data-data yang dihasilkan dan juga usulan-usulan yang akan diterapkan memiliki kriteria yang saling berkaitan. Selanjutnya untuk memilih alternatif solusi terbaik yang akan diterapkan akan dilakukan pembobotan berdasarkan pendapat para ahli. Alternatif akan dipilih berdasarkan analisis *Benefits Opportunities Costs and Risks (BOCR)*. Keempat kriteria BOCR ini menjadi kriteria utama dalam ANP. Dengan menggunakan kedua metode ini maka

diharapkan konsep GSCM dapat diterapkan sehingga dampak lingkungan dari kegiatan KUD "BATU" dapat direduksi.

2. Metode Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian deskriptif yaitu penelitian yang menggambarkan sejumlah data yang kemudian dianalisis berdasarkan penjelasan objektif, kenyataan yang ada, komparasi dan evaluasi sebagai bahan pengambilan keputusan bagi yang berwenang. Penelitian ini dilaksanakan di Koperasi Unit Desa (KUD) Batu yang berlokasi di Jalan Diponegoro No. 8 Batu dan Jalan Raya Beji Batu. Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari– Agustus 2014.

2.1 Langkah-Langkah Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat beberapa tahapan yang harus dilalui untuk mencapai tujuan penelitian. Tahapan ini dilakukan mulai dari identifikasi awal hingga diperoleh kesimpulan dan saran.

1. Identifikasi Awal

Pada tahap ini diuraikan mengenai tahap dalam mengidentifikasi masalah dan menunjukkan kerangka umum penyelesaiannya.

a. Observasi lapangan

Langkah awal yang perlu dilakukan adalah melakukan observasi lapangan untuk mendapatkan gambaran dari kondisi sebenarnya pada segala aktivitas pada KUD "BATU". Dari hasil observasi lapangan ini peneliti dapat mengetahui permasalahan yang terjadi pada KUD "BATU".

b. Identifikasi masalah

Pada tahap ini peneliti menentukan topik penelitian dan menemukan masalah yang akan diangkat menjadi fokus penelitian. Selain itu dilakukan pemilahan dan analisa dampak lingkungan yang ditimbulkan dari kegiatan supply chain susu KUD “BATU” sehingga didapatkan batasan yang akan diteliti yaitu eksternal supply chain produk susu hingga sampai ke konsumen.

c. Penentuan tujuan penelitian

Setelah mengetahui permasalahan yang akan diteliti, selanjutnya menetapkan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian yaitu evaluasi dampak lingkungan dari proses kegiatan supply chain KUD “BATU”/ siklus hidup susu dan menerapkan konsep green supply chain melalui perbaikan yang didapatkan dari ANP.

d. Studi literatur

Studi literatur merupakan tahap dimana peneliti melakukan penelusuran referensi yang dapat bersumber pada jurnal, buku, maupun referensi lain yang relevan dan berkaitan dengan topic penelitian. Studi pustaka dilakukan untuk menunjang pencapaian tujuan dan penyelesaian masalah pada penelitian terkait pemahaman konsep-konsep yang diperlukan.

2. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Tahap ini merupakan tahap pengumpulan seluruh data yang dibutuhkan berkaitan dengan LCA seperti *Life Cycle Inventory* yang nantinya akan diolah menggunakan software Simapro 8 untuk mendapatkan *impact assessment*.

a. Pengumpulan data

Tahap ini merupakan tahap pengumpulan segala informasi yang diperlukan, baik data primer maupun sekunder dari perusahaan, studi literatur, dan penelitian terdahulu mengenai data historis seperti jumlah pemesanan bahan baku ke supplier dan jumlah permintaan konsumen.

b. Pengolahan data / Pelaksanaan *Life Cycle Assessment* (LCA)

Pada tahapan ini dilakukan identifikasi dengan pembuatan *Life Cycle Inventory* (LCI) untuk dihitung input output di seluruh tahapan life cycle pada jaringan supply chain. Kemudian hasil dari LCI diolah

menggunakan software Simapro 8 untuk mendapat nilai *impact assessment* dimana terdapat tiga elemen yang akan diperoleh yaitu karakterisasi, normalisasi, dan weighting. Dari pelaksanaan LCA ini akan diperoleh bobot *impact* dari masing-masing kegiatan sehingga diketahui bagian mana dari supply chain yang memberikan dampak terbesar terhadap lingkungan.

c. Usulan perbaikan

Setelah diketahui kegiatan yang memberikan dampak terbesar terhadap lingkungan, dirumuskan beberapa alternatif usulan perbaikan dengan melakukan brainstorming dengan orang dalam perusahaan yang berkompeten dalam bidang yang berkaitan. Alternatif yang diusulkan harus memberikan peningkatan terhadap kondisi yang ada sehingga layak untuk dilakukan perbaikan.

d. Pemilihan alternatif perbaikan

Setelah mendapatkan rumusan alternatif, dipilih alternatif terbaik. Pemilihan alternatif yaitu dengan melalui pembobotan beberapa kriteria berdasarkan analisa benefit, opportunities, cost dan risk dengan menggunakan metode *Analytic Network Process* (ANP) yang dibantu dengan software *super desicion*.

3. Analisa dan Kesimpulan

Pada tahap analisa akan dijelaskan hasil pengolahan data pada Simapro 8 dan kemudian menentukan usulan alternatif perbaikan sehingga dapat terpilih alternatif terbaik yang akan diterapkan pada perusahaan untuk mencapai tujuan. Tahap akhir dari penelitian ini adalah penarikan kesimpulan dan memberikan saran terhadap seluruh proses penelitian yang telah dilalui.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Deskripsi Ruang Lingkup Amatan *Life Cycle Assessment* (LCA)

Pada subbab ini akan dijelaskan tentang ruang lingkup pengamatan LCA dari produk susu KUD “BATU”. Ruang lingkup pengamatan mencakup 4 aspek utama yaitu ekstraksi bahan baku susu segar, distribusi

bahan baku, proses produksi, dan proses distribusi.

3.1.1 Proses Ekstraksi Bahan Baku Utama Susu Segar

Dalam pemeliharaannya untuk menghasilkan susu, sapi perah diberikan makanan ternak berupa rerumputan dan konsentrat serta air minum yang cukup. Berdasarkan hasil wawancara dengan 5 peternak, jumlah kebutuhan rerumputan rata-rata adalah 40 kg/ ekor/ hari, konsentrat rata-rata 5 kg/ ekor/ hari dan air rata-rata 10 liter/ ekor/ hari. Aktivitas peternakan sapi perah ini tentunya menghasilkan kotoran sapi yang cukup banyak yaitu rata-rata 25 kg per ekor per hari dimana hanya terdapat 15% peternak yang melakukan pengolahan kotoran sapi tersebut menjadi biogas.

Total produksi susu segar yang dihasilkan setiap harinya rata-rata sebesar 17.300 liter oleh 2.500 sapi perah. Sehingga dapat diperkirakan bahwa tiap ekor sapi menghasilkan rata-rata 7 liter susu/ hari. Berdasarkan data pada unit susu tahun 2013, total *supply* susu untuk produksi susu Nandhi Murni adalah 305.000 liter. Maka diperkirakan jumlah sapi yang terlibat dalam produksi susu segar sebagai bahan baku utama susu Nandhi Murni adalah 119 sapi

3.1.2 Distribusi Bahan Baku

Bahan baku yang dibahas dalam penelitian ini adalah bahan baku susu segar dan gula. Berdasarkan *brainstorming* dengan pihak unit susu yang menangani *supplier* bahan baku, pos penampungan yang memiliki kontribusi terbesar untuk penggunaan bahan baku susu Nandhi Murni adalah pos penampungan Brau dimana jarak antara pos tersebut dengan lantai produksi KUD “BATU” adalah 9 km dengan total jumlah susu yang diangkut tahun 2013 sebesar 305.000 liter. Untuk gula dipasok langsung dari PT. Kebon Agung menggunakan mobil box dan jarak tempuh sejauh 24,3 km.

3.1.3 Proses Produksi

Proses produksi yang dilakukan adalah merubah susu segar menjadi susu pasteurisasi. Dalam penelitian ini material yang menjadi

input produksi dalam *software* hanya susu segar, gula, dan kemasan plastik HDPE karena keterbatasan *database* yang tersedia. Untuk menjalankan proses produksi tersebut pada tahun 2013 unit susu KUD “BATU” menggunakan energi listrik serta pemakaian solar sebagai bahan bakar boiler dan genset.

3.1.4 Proses Distribusi Produk Jadi

KUD “BATU” memproduksi susu Nandhi Murni untuk memenuhi permintaan dari 4 retailer utama yaitu KPPS, ganesha, SMESCO yang berada di wilayah BATU dan Ferari yang berada di Kota Malang. KUD “BATU” tidak bertanggung jawab terhadap distribusi tersebut sehingga tanggung jawab berada pada retailer yang bersangkutan yaitu dengan mengambil sendiri ke lantai produksi. Proses distribusi tersebut digunakan mobil box karena pengambilan susu dilakukan setiap hari dengan jarak tempuh yang cukup dekat.

3.2 Life Cycle Inventory (LCI)

Life Cycle Inventory (LCI) merupakan proses pengumpulan data berupa jumlah input maupun output dalam suatu proses mulai dari ekstraksi susu segar, transportasi, proses produksi, hingga distribusi ke retailer. Input merupakan penggunaan material dan energi yang dibutuhkan dalam proses tersebut sedangkan output merupakan hasil produksi atau proses berupa emisi maupun *waste*.

Data input dan output tersebut terdiri dari data primer maupun sekunder, serta data yang tersedia dalam *database* Simapro 8. Namun penggunaan *software* ini memiliki kelemahan yaitu proses atau material yang menjadi input hanya terbatas pada *database* yang tersedia dalam Simapro 8. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data produksi susu Nandhi Murni dalam setahun.

3.2.1 Proses Ekstraksi Bahan Baku Utama Susu Segar

Pengukuran input dan output bahan baku dilakukan hanya pada bahan baku utama susu Nandhi Murni yaitu susu segar. Telah dijelaskan pada subbab sebelumnya, dalam

memproduksi susu segar tersebut diperkirakan menggunakan total 119 sapi perah dimana dalam pemeliharaannya membutuhkan rumput dan konsentrat sebagai makanan ternak, serta air sebagai minuman. Dapat dilihat pada Tabel 1 jumlah total kebutuhan sapi serta penyesuaian input terhadap *database* pada *software* Simapro 8.

Tabel 1. Input Output Pada Proses Ekstraksi Susu Segar

Material	Database	Jumlah
Rumput	Grass	1.737.400 kg
Konsentrat	Live stock feed (spring barley)	217.175 kg
Air	Tapwater (surface)	434.350 l
Kotoran sapi	Manure export	1.085.875 kg

3.2.2 Proses Distribusi Bahan Baku

Dalam *software* Simapro 8 untuk unit yang dibutuhkan dalam kategori transportasi adalah kilogram kilometer (kgkm) sehingga perlu dilakukan perhitungan konversi data yang telah dimiliki untuk disesuaikan dengan *database* Simapro 8 yaitu dengan cara mengalikan beban angkut dan jarak yang ditempuh dari pos ke lantai produksi dan didapatkan hasil transportasi susu segar sebesar 2.607.750 kgkm

Sedangkan untuk bahan baku gula dipasok langsung dari PT. Kebon Agung dengan jumlah total pemakaian pada tahun 2013 sebesar 27.500 kg. Sedangkan untuk jarak angkut dari PT. Kebon Agung hingga ke lantai produksi susu Nandhi Murni adalah 24,3 km sehingga input data transportasi pada Simapro adalah sebagai 668.250 kgkm.

3.2.2 Proses Produksi

Pada input data proses produksi, hal-hal yang diperlukan adalah bahan baku berupa susu segar dan gula serta kebutuhan energi dalam mengoperasikan mesin dan peralatan baik listrik maupun solar. Selain itu bahan baku kemasan susu nandhi murni juga dimasukkan sebagai bahan baku pada proses produksi. Input bahan baku utama susu segar didapatkan dari pembuatan material pada proses sebelumnya yaitu ekstraksi susu segar. Tabel 2 merupakan

kebutuhan bahan baku dan energi dalam memproduksi susu Nandhi Murni.

Tabel 2. Penggunaan Material dan Energi

Material	Database	Jumlah
Susu segar	Fresh milk 1	289.750 kg
Gula	Sugar	29.971 kg
Listrik	Electricity (SNG)	20.659 kwh
Solar	Diesel	8.673 kg
HDPE	HDPE	14.183,515 kg

3.2.3 Distribusi Produk Jadi

Data yang digunakan dalam perhitungan dampak pada proses distribusi susu Nandhi Murni adalah total beban angkut baik berat bersih susu Nandhi Murni hasil produksi maupun total berat kemasan plastik. Kemudian rata-rata presentase permintaan retailer pada total produksi susu Nandhi Murni adalah 40% ke KPPS, 30% ke Ganesha, 20% ke SMESCO, dan sisanya sebesar 10% ke Ferari. Diasumsikan alat transportasi yang digunakan oleh masing-masing retailer untuk mengambil susu adalah sama yaitu dengan mobil box. Untuk kapasitas angkut masing-masing retailer dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3. Perhitungan Kapasitas Angkut Retailer

No	Retailer	Jarak (km)	Permintaan (%)	Kapasitas Angkut (kgkm)
1	KPPS	2,2	40	273.041,47
2	Ganesha	3,9	30	363.021.05
3	Smesco	6,5	20	403.356.72
4	Ferari	24,1	10	747.761.33
Total				1.787.180,57

3.3 Life Cycle Impact Assessment (LCIA)

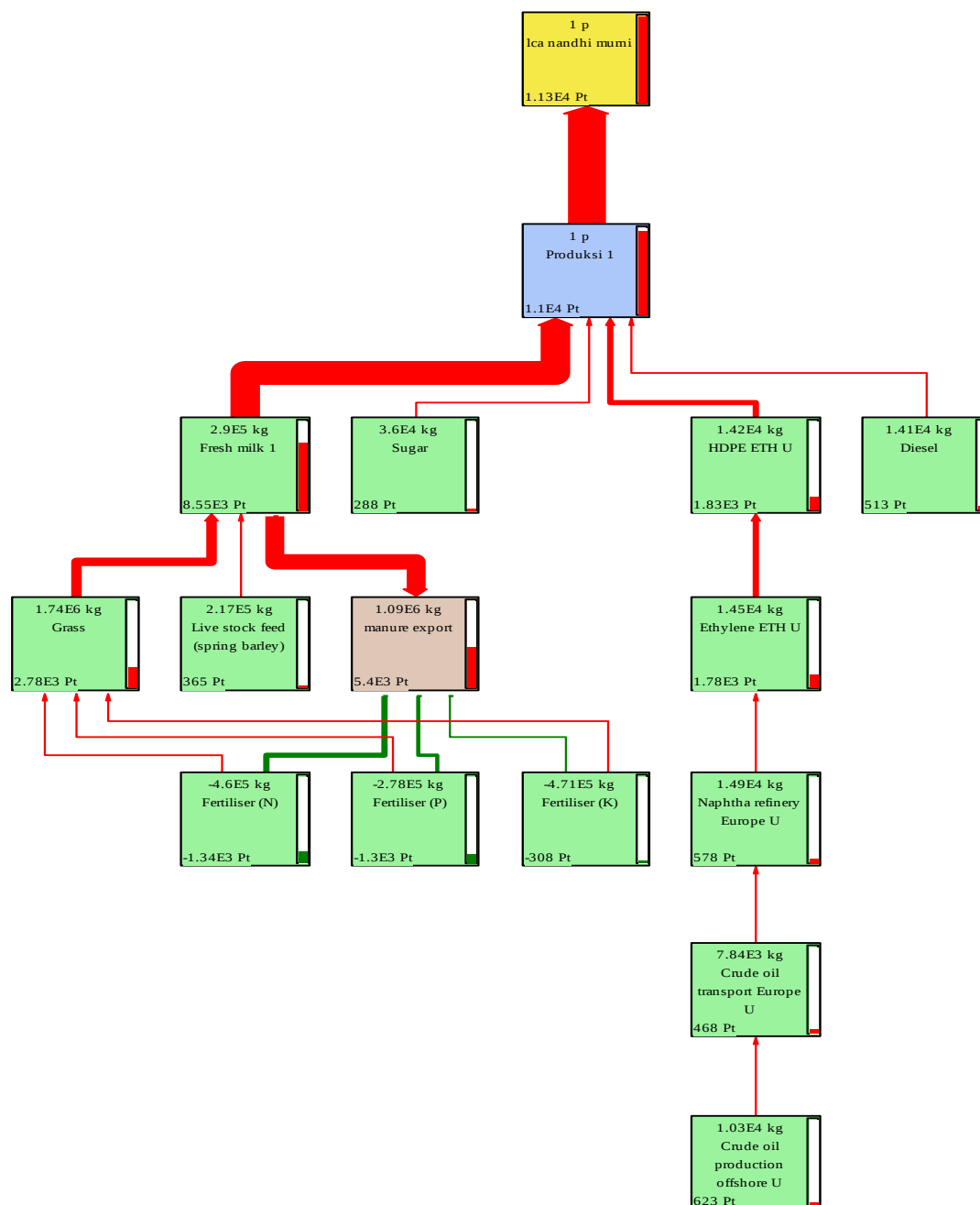
Pada tahap ini, data-data yang telah diperoleh dari pengumpulan data serta perhitungan input output pada tahap LCI akan dikalkulasi dan didapatkan nilai *impact assessmet* yang nantinya akan dianalisis menurut kategori dampak terbesar dan menjadi dasar perbaikan dalam penelitian ini. Setelah dilakukan penginputan data untuk masing-masing ruang lingkup yang telah dijelaskan sebelumnya, maka pada tahap LCIA data tersebut dikalkulasi dengan metode

Environmental Design of Industrial Products (EDIP), LCA *food* pada Simapro 8. Pada subbab berikutnya akan ditampilkan hasil pengolahan *software* Simapro 8 untuk keseluruhan *life cycle* produk susu Nandhi Murni yaitu dimulai dari ekstraksi susu segar hingga distribusi produk jadi

3.3.1 Pembuatan Network

Dari hasil pengolahan tersebut keluar hasil berupa suatu *network supply chain* sesuai

dengan *database* yang digunakan dalam proses input output. Gambar 2 menunjukkan semua aliran proses dalam ruang lingkup *life cycle*. Dari *network* ini juga terlihat aliran energi dan material yang dibutuhkan dan seberapa besar kontribusi pada tiap *chain*. Untuk keterangan panah ke arah atas menunjukkan proses, energi, dan material yang menyusun keseluruhan ruang lingkup LCA dari produk susu Nandhi Murni, sedangkan untuk tanda panah ke arah bawah menunjukkan output yang dikeluarkan.



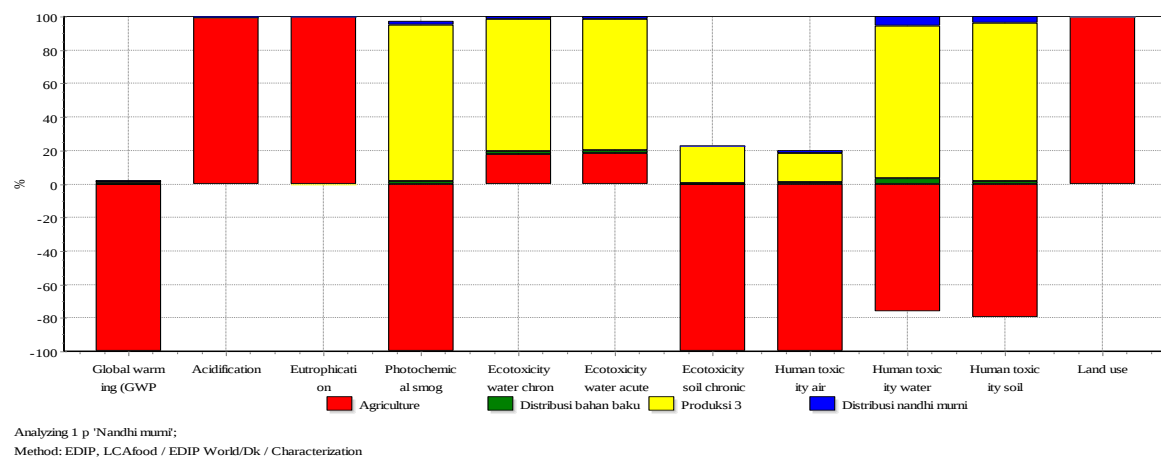
Gambar 2. Network Proses Ruang Lingkup LCA

3.3.2 Impact Assessment

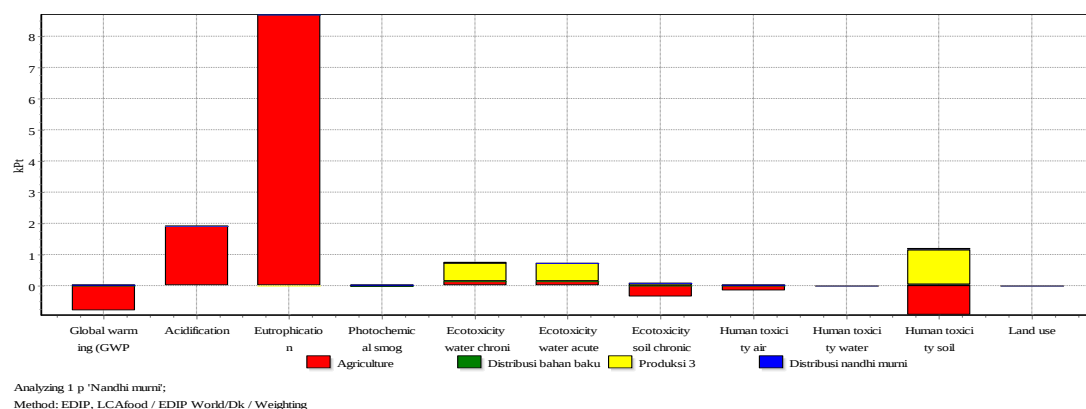
Setelah dilakukan pengolahan data yang menghasilkan *network LCA*, langkah selanjutnya adalah analisis hasil *impact* atau dampak lingkungan yang dihasilkan dari aktivitas *supply chain* produksi susu Nandhi Murni. Dari *impact assessment* tersebut didapatkan empat hasil output berupa *characterization*, *normalization*, *weighting*, dan *single score*. Dapat dilihat pada Gambar 4.8 bahwa hasil dari *impact assessment characterization* dampak yang pasti terjadi yaitu bernilai 100% dari aktivitas *supply chain* susu Nandhi Murni adalah kategori *acidification*, *eutrophication*, *ecotoxicity water chronic*, *ecotoxicity water acute*, *human toxicity water*, *human toxicity soil*, dan *land use*. Sedangkan untuk katogori lainnya bernilai negatif yang artinya proses atau aktivitas yang

bersangkutan tidak memberikan dampak pada kategori tersebut.

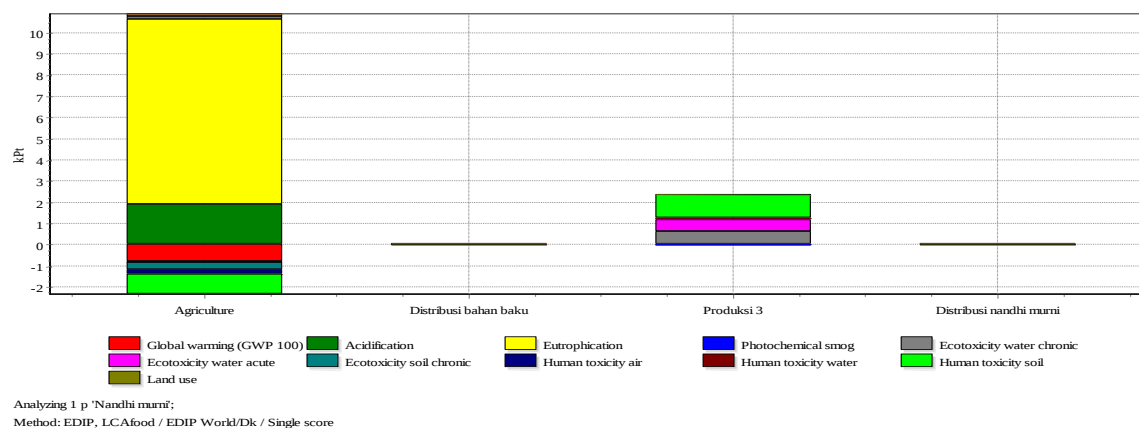
Gambar 4 merupakan hasil *impact weighting* yaitu *normalization* dikali *factor weighting* sehingga perhitungan dampak sesuai dengan tingkat kepentingan dan mudah untuk dibandingkan karena sudah dilakukan penyamaan satuan pada tahap *normalization*. Hasil *normalization* dapat dilihat pada Lampiran 1. Pada *impact weighting* terlihat bahwa dampak terbesar dari aktivitas *supply chain* susu Nandhi Murni adalah *eutrophication* kemudian disusul oleh *acidification* dimana kontribusi terbesar mutlak berasal dari proses ekstraksi susu segar pada peternakan. Kemudian untuk dampak terbesar diikuti oleh *human toxicity soil* yang diakibatkan oleh proses produksi.



Gambar 3. Impact Assessment Characterization



Gambar 4. Impact Assessment Weighting



Gambar 5. Impact Assessment Single Score

Hasil *single score* merupakan *weighting* dengan perbandingan total dampak pada tiap proses. Gambar 4 dapat dilihat bahwa total akumulasi dampak yang dihasilkan oleh ekstraksi susu segar sangat tinggi dibandingkan proses yang lain. Hal ini disebabkan oleh jumlah kotoran yang dihasilkan sapi perah dalam memproduksi susu segar tidak mendapatkan penanganan limbah yang optimal. Kemudian untuk total dampak terbesar diikuti oleh proses produksi Nandhi Murni. Hal ini disebabkan oleh penggunaan kemasan botol plastik HDPE Nandhi Murni dimana kandungan dari plastik tersebut yaitu ethylene memiliki kontribusi terbesar dalam penyumbang dampak lingkungan

Total *impact* pada seluruh proses adalah sebesar 11,1 kpt dengan dampak terbesar pada proses ekstraksi susu segar (*agriculture*) yaitu bernilai 8,5 kpt. Sedangkan total dampak pada seluruh proses terbesar yaitu eutrofikasi yang bernilai 8,7 kpt dengan kontribusi mutlak dari proses di peternakan. Kemudian dampak terbesar diikuti oleh *acidification* atau tingkat keasaman dengan nilai 1,92 kpt dan juga dengan kontribusi mutlak dari proses di peternakan. Dampak ini disebabkan oleh kotoran sapi yang dihasilkan pada ekstraksi susu segar salah satunya mengandung senyawa nitrogen sebagai polutan yang mempunyai efek polusi yang spesifik, dimana kehadirannya dapat menimbulkan konsekuensi penurunan kualitas perairan sebagai akibat terjadinya proses *eutrofikasi*

Kemudian proses yang menyumbang *impact* terbesar kedua yaitu proses produksi dengan nilai 2,44 kpt dimana kategori dampak terbesar yaitu *human toxicity soil* yang bernilai 1,1 kpt. Hal ini disebabkan karena penggunaan kemasan plastik berbahan HDPE seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Kategori *human toxicity soil* ini menyangkut efek dari zat beracun di lingkungan manusia pada daratan atau tanah.

3.3 Pengurangan Dampak Lingkungan dengan ANP

Pada subbab sebelumnya telah dilakukan proses pengolahan data dengan menggunakan *software* Simapro 8 untuk mengetahui *impact assessment* pada proses ekstraksi susu segar di peternakan, distribusi bahan baku, proses produksi, serta distribusi produk susu Nandhi Murni. Langkah selanjutnya adalah menentukan alternatif perbaikan untuk mengurangi dampak yang paling signifikan terhadap lingkungan. Metode yang digunakan untuk membantu penentuan alternatif serta pembobotannya adalah *Analytic Network Process (ANP)*.

Hasil *brainstorming* dengan manajer perusahaan sehubungan dengan hasil dampak lingkungan masing-masing aktivitas *supply chain* dari LCA khususnya pada proses ekstraksi susu segar di peternakan dan pemakaian kemasan plastik HDPE, maka diputuskan bahwa alternatif yang mungkin untuk mengurangi dampak lingkungan yaitu memberikan subsidi alat konversi biogas oleh

pemerintah, bekerjasama dengan perusahaan pupuk untuk memperbesar penyerapan limbah kotoran sapi sebagai bahan baku, dan mengganti kemasan menjadi botol kaca.

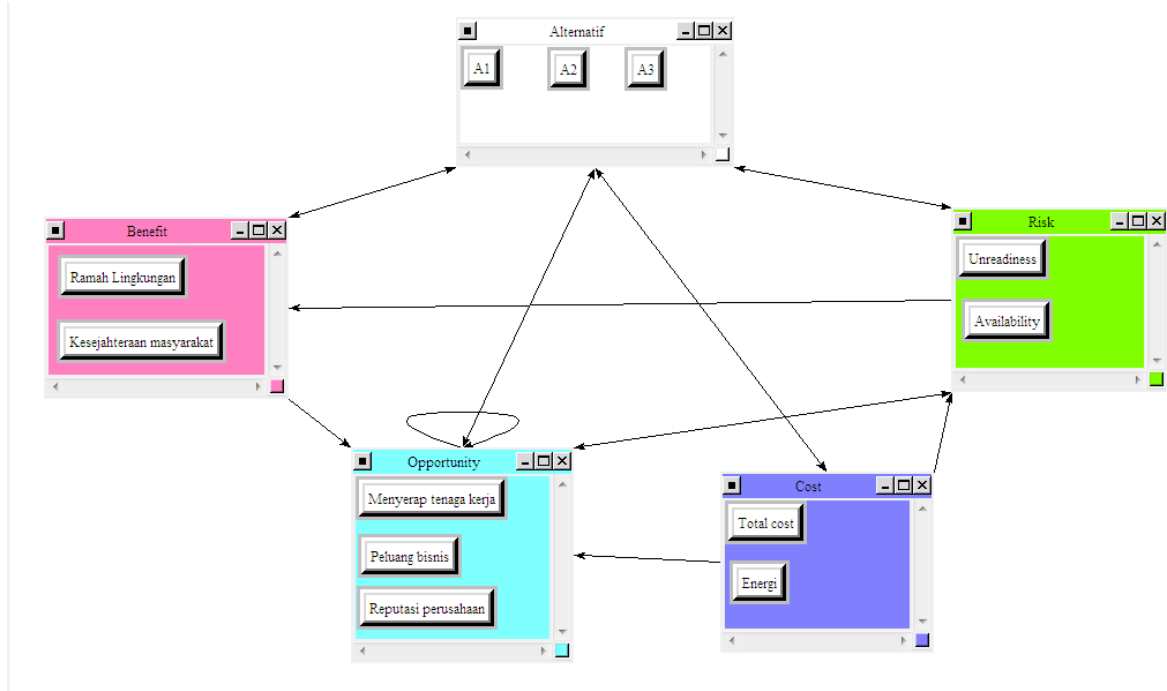
Kemudian kriteria umum ANP yang melibatkan *Benefit*, *Opportunity*, *Cost*, *Risk* (BOCR) dapat diterima digunakan sebagai kriteria utama untuk mengkaji masalah pengambilan keputusan untuk perbaikan dari dampak lingkungan yang terdapat di sepanjang aktivitas *supply chain*. Setelah penentuan kriteria utama kemudian dirumuskan sub kriteria pada masing-masing kriteria tersebut. Pembuatan alternatif dan kriteria ini mengutamakan aspek lingkungan karena tujuan dari penelitian ini adalah pencapaian konsep *green supply chain* pada produk susu KUD “BATU”.

Langkah selanjutnya dilakukan pembuatan model ANP berdasarkan hubungan saling ketergantungan antar kriteria maupun subkriteria. Model ANP dapat dilihat pada Gambar 5. Setelah model telah dibentuk pada software dilakukan perhitungan bobot prioritas lokal, dimana nilai yang didapatkan dari

kuisisioner dimasukkan kedalam kolom yang telah ada pada software. Berdasarkan hasil pengolahan data dengan menggunakan software, maka diperoleh bobot prioritas dari tiap sub kriteria serta alternatif yang telah ditentukan. Gambar 6 merupakan gambar yang menyajikan prioritas akhir keseluruhan bobot dari tiap level hierarki yang didapat dari input kuesioner yang telah dipilih oleh expert judgement. Nilai prioritas akhir pada Gambar 6 menunjukan bahwa alternatif 1 merupakan prioritas tertinggi dengan nilai bobot 0,61316.

Tabel 4. Kriteria dan Sub Kriteria

Kriteria	Sub Kriteria
Benefit	Ramah lingkungan
	Kesejahteraan SDM
Opportunity	Penyerapan tenaga kerja
	Peluang bisnis
	Reputasi perusahaan
Cost	Total cost
	Energi
Risk	<i>Unreadiness</i>
	<i>Availability</i>



Gambar 5. Model ANP

Here are the priorities.				
Icon	Name		Normalized by Cluster	Limiting
No Icon	A1		0.61316	0.260039
No Icon	A2		0.22630	0.095971
No Icon	A3		0.16054	0.068085

Gambar 6. Nilai Prioritas untuk Pemilihan Alternatif

4. Kesimpulan

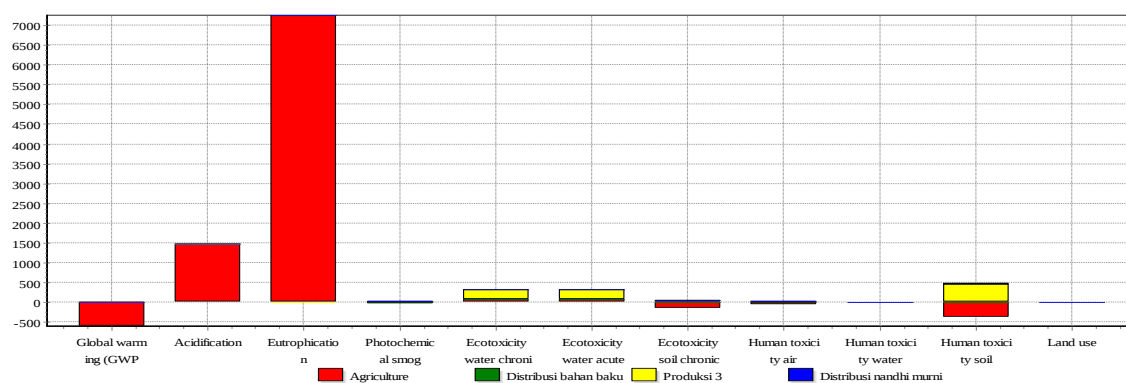
1. Berdasarkan hasil *Life Cycle Assessment* (LCA) pada software Simapro 8, aktivitas *supply chain* produk susu nandhi murni mulai dari ekstraksi bahan baku susu segar di peternakan, distribusi bahan baku, proses distribusi, dan distribusi produk jadi susu nandhi murni menyebabkan dampak lingkungan 100% pada kategori *acidification*, *eutrophication*, *ecotoxicity water chronic*, *ecotoxicity water acute*, *human toxicity water*, *human toxicity soil*, dan *land use*.
2. Aktivitas *supply chain* susu nandhi murni memiliki total dampak keseluruhan sebesar 11,1 kpt dengan kontribusi dampak tertinggi adalah pada proses ekstraksi bahan baku susu segar di peternakan yaitu sebesar 8,5 kpt. Sedangkan kategori dampak terbesar keseluruhan yaitu *eutrophication* dengan nilai 8,7 kpt dan *acidification* dengan nilai 1,92 kpt yang mutlak disebabkan oleh aktivitas di peternakan. Kemudian selanjutnya kontribusi dampak diikuti oleh penggunaan plastik HDPE pada kemasan susu sebesar 2,44 kpt dengan dampak terbesar *human toxicity soil* sebesar 1,1 kpt.
3. Alternatif strategi yang didapatkan ada 3 yaitu memberikan subsidi untuk alat konversi biogas kepada para peternak, bekerjasama dengan perusahaan pupuk untuk penyerapan limbah, dan mengganti kemasan botol plastik susu pasteurisasi nandhi murni menjadi botol kaca. Kemudian melalui pendekatan *Analytic Network Process* (ANP) dengan software *super decision* didapatkan alternatif terbaik berdasarkan kriteria *Benefit*, *Opportunity*, *Cost*, *Risk* (BOCR) yaitu alternatif 1

memberikan subsidi alat konversi biogas pada para peternak.

Daftar Pustaka

- Bacon, Roger. (2006). *Life Cycle Assessment: Principles and Practice. Scientific Application International Corporation (SAIC)*. National Risk Management Research Laboratory. Ohio.
- Farida E. (2000). Pengaruh Penggunaan Feses Sapi dan Campuran Limbah Organik Lain Sebagai Pakan atau Media Produksi Kokon dan Biomassa Cacing Tanah *Eisenia foetida savigry*. Skripsi Jurusan Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak. IPB, Bogor.
- Foster, C., Green, K., Bleda, M., Dewick, P., Evans, B., Flynn A., Mylan, J. (2006). *Environmental Impacts of Food Production and Consumption: A report to the Departement for Environment, Food and Rural Affairs*. Manchester Business School. Detra, London.
- Gilbert, S, (2001), *Greening Supply Chain: Enhancing Competitiveness Through Green Productivity*, Tapei, Taiwan.
- Morse, G. K., Lester, J. N. & Perry, R. (1993). *The Economic and Environmental Impacts of Phosphorus Removal from Wastewater in the European Community*. Selper Publications, London.
- Ninlawan, C., Seksan, P., Tosappol, K. Dan Pilada, W. (2011). The Implementation of Green Supply Chain Management Practices in Electronics Industry. *Proseedings of the International Multi Conference of Engineers and Computer Scientists*. March 17-19 2010. Hongkong.

Lampiran 1. Hasil Output *Impact Assessment Normalization*



Analyzing 1 p 'Nandhi murni';

Method: EDIP, LCAfood / EDIP World/Dk / Normalization / Excluding long-term emissions

Sel	Impact category	Unit	Total	Agriculture	Distribusi bahan baku	Produksi 3	Distribusi nandhi murni
☒	Global warming (GWP 100)		-602	-612	0.247	10	0.358
☒	Acidification		1.48E3	1.47E3	0.119	5.08	0.137
☒	Eutrophication		7.25E3	7.25E3	0.0723	-0.778	0.0766
☒	Photochemical smog		-0.584	-21	0.299	19.6	0.522
☒	Ecotoxicity water chronic		323	57.3	4.28	256	6.18
☒	Ecotoxicity water acute		315	57.9	4.11	247	5.92
☒	Ecotoxicity soil chronic		-126	-163	0.175	36.6	0.292
☒	Human toxicity air		-51.8	-64.6	0.476	11.2	1.13
☒	Human toxicity water		0.953	-3.09	0.136	3.66	0.24
☒	Human toxicity soil		94.4	-379	8.16	445	20.1
☒	Land use		x	x	x	x	x