

LIFE CYCLE ASSESSMENT PRODUKSI OBAT HERBAL CILACAP KOMPARASI ANTARA KAPSUL DAN TABLET

Taufan Ratri Harjanto*, Rachmi Ridho

**Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan Politeknik Negeri Cilacap
taufantekim2010@gmail.com*

Abstrak

Kabupaten Cilacap merupakan salah satu penghasil herbal yang besar di Indonesia, tercatat di Jawa Tengah, produsen obat tradisional terdapat 297 sarana. Efek dari suatu kegiatan produksi farmasi khususnya produksi obat herbal akan mengakibatkan suatu dampak langsung dan tidak langsung terhadap kualitas lingkungan hidup.. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak lingkungan pemilihan kemasan produk herbal antara bentuk kapsul dan tablet dengan menggunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA). Pendekatan *gate to gate* digunakan untuk mengevaluasi 4 skenario pengadaan bahan baku herbal bentuk kapsul dan herbal:(1) Transportasi pesawat dan mobil (2) Pesawat dan kereta (3) Kapal laut dan mobil. (4) Kapal laut dan kereta. Langkah-langkah evaluasi mengacu pada ISO 14040 tahun 2006 yang terdiri dari:(1) pendefinisian tujuan dan ruang lingkup,(2) analisis inventori,(3) analisis/penakaran dampak, (4) interpretasi. Hasil analisis kontribusi penggunaan listrik dan transportasi adalah yang dominan berkontribusi terhadap kinerja lingkungan. Komparasi produksi herbal menggunakan kapsul atau tablet terhadap dari berbagai skenario memberikan nilai sebesar 0,52 Pt dan 0,08 Pt, sehingga produksi herbal berbentuk tablet lebih ramah terhadap lingkungan. Analisis perbaikan maka direkomendasikan: (1) Alat-alat pada sistem produksi yang menggunakan listrik diganti dengan peralatan yang hemat energi dan memiliki efisiensi tinggi.(2) Memilih negara pengimport bahan baku yang dekat dengan posisi Indonesia. (3) Pengangkutan menggunakan kereta api.

Kata kunci : *Obat tradisional; Life Cycle Assessment; Komparasi kapsul dan tablet.*

Abstract

Cilacap is one of the major herbal producers in Indonesia, recorded in Central Java, traditional medicine producers are 297 facilities. The effect of a pharmaceutical production activity, especially the production of herbal medicine will result in impacts to the environment. The aim of the study to evaluate the environmental impact of the selection of herbal between capsule and tablet using Life Cycle Assessment (LCA) method. The gate to gate approach was used to evaluate 4 scenarios of procurement of capsule and raw materials herbal : (1) Transportation of aircraft and cars (2) Airplanes and trains (3) Ships and cars. (4) Ships and trains. Evaluation of environmental impact related to each scenario was using ISO 14040 (2006) that consists of:: (1) defining objectives and scope, (2) inventory analysis, (3) impact analysis, (4) interpretation. The result of contribution analysis of electricity and transportation usage is the dominant contribution to environmental performance. Comparative herbal production using capsules or tablets of various scenarios gives a value of 0.52 Pt and 0.08 Pt, so that herbal tablet is more friendly to the environment. Improvement analysis is recommended: (1) The equipment in the production system that uses electricity is replaced by energy-saving equipment and has high efficiency. (2) Selecting raw materials importing country nearest to Indonesia's position. (3) Transportation using train.

Keywords: *Traditional medicine; Life Cycle Assessment; Comparative capsules and tablets.*

PENDAHULUAN

Indonesia dikenal secara luas sebagai *megacenter* keanekaragaman hayati (*biodiversity*) terbesar ke dua setelah Brazil di dunia, yang terdiri dari tumbuhan tropis dan biota laut. Di wilayah Indonesia terdapat sekitar 30.000 jenis tumbuhan dan 7.000 di antaranya ditengarai memiliki khasiat sebagai obat. Kekayaan keanekaragaman hayati ini perlu diteliti, dikembangkan dan dimanfaatkan untuk peningkatan kesehatan maupun tujuan ekonomi, dengan tetap menjaga kelestariannya. Penggunaan obat herbal cenderung terus meningkat, baik di negara sedang berkembang maupun di negara-negara maju. Peningkatan penggunaan obat herbal ini mempunyai dua dimensi penting yaitu aspek medik terkait dengan penggunaannya yang sangat luas diseluruh dunia, dan aspek ekonomi terkait dengan nilai tambah yang mempunyai makna pada perekonomian masyarakat. (Sampurno, 2015)

Kabupaten Cilacap yang mempunyai luas wilayah 225.360,840 Ha merupakan salah satu penghasil herbal yang besar di Indonesia, tercatat di Jawa Tengah, produsen obat tradisional tercatat sebanyak 297 sarana, terdiri dari 16 IOT (Industri Obat Tradisional) dan 281 Usaha Kecil Obat Tradisional atau Usaha Mikro Obat Tradisional (UKOT/UMOT), sedangkan di Cilacap tercatat 113 UKOT/UMOT (Cilacapmedia, 2014)

Efek dari suatu kegiatan produksi farmasi khususnya produksi obat herbal akan mengakibatkan suatu dampak langsung dan tidak langsung terhadap kualitas lingkungan hidup. Pemilihan kemasan antara bentuk kapsul dan tablet dalam industri farmasi herbal bukan hanya dilihat dari sudut pandang ekonomi saja tetapi sesuai dengan perkembangan zaman bahwa suatu produk yang dihasilkan akibat dari segala kegiatan manusia harus mengacu pada kelestarian lingkungan hidup. Kebutuhan akan informasi bahwa produk yang dihasilkan merupakan produk yang ramah lingkungan merupakan sesuatu yang diperlukan bagi konsumen dan Negara, sebagaimana tertuang dalam UU Perindustrian RI No.3 Tahun 2014. Sebagian informasi ini belum dikumpulkan secara sistematis dan dievaluasi secara utuh, oleh karena itu masih diperlukan adanya suatu kajian yang mendalam dan sistematis. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menjawab permasalahan tersebut adalah dengan metode *Life Cycle Assessment / LCA*.

Life Cycle Assessment (LCA)

Life Cycle Analysis (LCA) atau sering juga disebut *Life Cycle Assessment* merupakan sebuah metode berbasis *cradle to grave* (analisis keseluruhan siklus dari proses produksi hingga pengolahan limbah) yang digunakan untuk mengetahui jumlah energi, biaya, dan dampak lingkungan yang disebabkan pada tahap daur hidup produk dimulai dari pada saat pengambilan bahan baku sampai dengan produk itu selesai digunakan oleh konsumen.

"*Cradle-to-grave*" dimulai dengan pengambilan bahan baku dari alam/bumi untuk menghasilkan produk dan berakhir pada titik ketika bahan tersebut dikembalikan kembali ke alam/bumi. LCA digunakan untuk mengevaluasi semua tahapan suatu produk dari suatu perspektif yang saling ketergantungan, dari suatu operasi dan proses ke operasi dan proses yang berikutnya. Metode LCA dapat memperkirakan dampak lingkungan kumulatif dari semua tahapan dalam siklus hidup produk, termasuk dampak yang tidak dipertimbangkan dalam analisis yang sederhana (misalnya, transportasi bahan, pembuangan produk akhir, dan lain-lain).

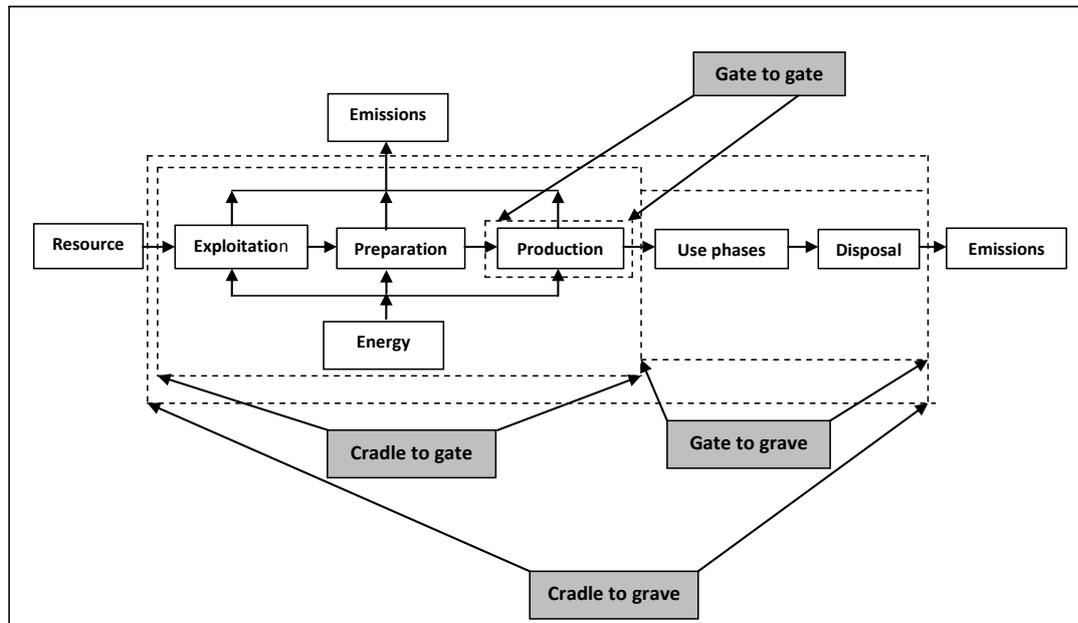
Ada empat pilihan utama untuk menentukan batas-batas sistem yang digunakan berdasarkan standard ISO 14044 didalam sebuah studi LCA:

Cradle to grave: termasuk bahan dan rantai produksi energi dan semua proses dari ekstraksi bahan baku melalui tahap produksi, transportasi dan penggunaan hingga produk akhir dalam siklus hidupnya.

Cradle to gate: meliputi semua proses dari ekstraksi bahan baku melalui tahap produksi (proses dalam pabrik), digunakan untuk menentukan dampak lingkungan dari suatu produksi sebuah produk.

Gate to grave: meliputi proses dari penggunaan pasca produksi sampai pada akhir-fase kehidupan siklus hidupnya, digunakan untuk menentukan dampak lingkungan dari produk tersebut setelah meninggalkan pabrik.

Gate to gate: meliputi proses dari tahap produksi saja, digunakan untuk menentukan dampak lingkungan dari langkah produksi atau proses.

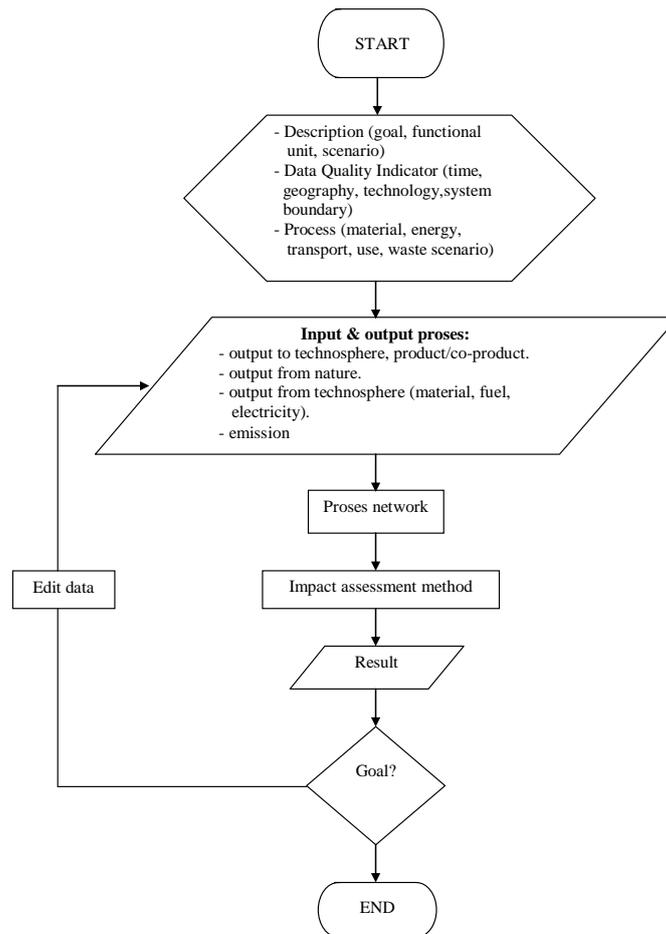


(Handbook for Life Cycle Assessment (LCA), 2011)

Gambar 1. Rincian pemilihan batas sistem dalam studi LCA berdasarkan ISO 14044

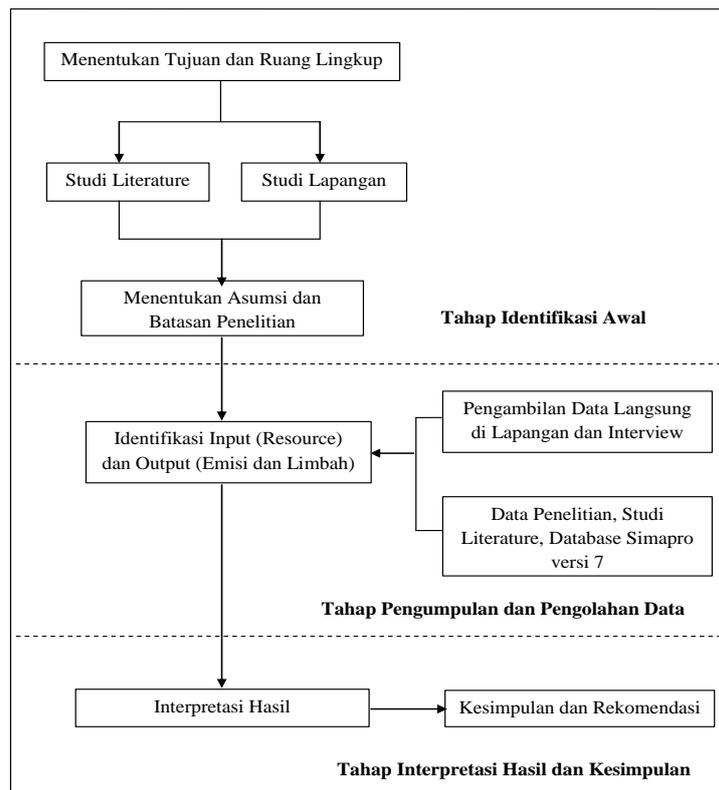
METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian ini mengacu kepada langkah-langkah studi *Life Cycle Assessment* dengan pendekatan *gate to gate* berdasarkan ISO 14040 tahun 2006, yang dibagi menjadi empat tahap yaitu: (1) tahap identifikasi awal, (2) tahap pengumpulan data, (3) tahap pengolahan data dan (4) tahap interpretasi hasil dan kesimpulan. Pengolahan data pada penelitian ini untuk evaluasi dampak lingkungan digunakan *software* LCA.



Gambar 2. Langkah kerja *software* SimaPro

Metode dalam penelitian ini menggunakan 4 skenario skenario pengadaan bahan baku herbal bentuk kapsul (K) dan herbal tablet(T) : (skenario 1) Tansportasi menggunakan pesawat dan mobil. (skenario 2) Transportasi menggunakan pesawat dan kereta (skenario 3) Transportasi menggunakan kapal laut dan mobil. (skenario 4) transportasi menggunakan kapal laut dan kereta. Kebutuhan bahan baku produksi pengisi tablet berdasarkan penelitian Monton tahun 2014, yaitu : *Avicel PH-102* 13,1% ; *Povidone K-30* 1 % ; *Sodium starch glycolate* 3% ; *Colloidal silicon dioxide* 5% ; *Magnesium stearate* 1%. Negara pengimport bahan baku Kapsul dan bahan pengisi tablet berasal dari Amerika dan Cina.



Gambar 3. Alur Metodologi Penelitian Pabrik Obat Herbal Cilacap

Metode penilaian dampak (*LCIA Methode*) berdasarkan ISO 14044, hasil LCI (*life cycle inventory*) diklasifikasikan ke dalam kategori dampak, masing-masing dengan indikator kategori. Analisis dampak pada penelitian ini menggunakan metode *Impact 2002+*. (Jolliet, et.al, 2012)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Inventori

Inventarisasi dilakukan berdasarkan input dan output material di dalam sistem. Data input terdiri dari: Kebutuhan bahan baku, kelistrikan dan alat transportasi yang digunakan.

Tabel. 1. *Life Cycle Inventory* untuk 1 kg Produk Kapsul dan Tablet Herbal

Input dan Output Material	Unit	Skenario							
		K-1	K-2	K-3	K-4	T-1	T-2	T-3	T-4
Kebutuhan Bahan Bakar dan Listrik									
Destillate Fuel Oil (DFO)	m ³	2,75E-05	2,49E-06	3,13E-05	6,26E-06	6,24E-06	5,65E-07	5,91E-06	7,67E-07
Residual Fuel Oil (RFO)	m ³	0	0	6,74E-05	6,74E-05	0	0	4,55E-06	4,55E-06
Kerosene I	kg	5,08	5,08	0	0	0,37	0,37	0	0
Listrik	MJ	26640	26640	26640	26640	4154	4154	4154	4154
Kebutuhan Bahan Baku									
Avicel PH 102	kg	0	0	0	0	0,13	0,13	0,13	0,13
Povidone K30	kg	0	0	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01
Sodium starch glycolate	kg	0	0	0	0	0,03	0,03	0,03	0,03
Colloidal silicon dioxide	kg	0	0	0	0	0,05	0,05	0,05	0,05
Magnesium stearate	kg	0	0	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01
Gelatin	kg	1	1	1	1	0	0	0	0
Emisi ke Udara									
Carbon dioxide	kg	2252,5	2252,5	2235	2235	350	350	350	350
Carbon dioxide, biogenic	kg	2,01E-05	1,82E-06	7,64E-05	5,82E-05	4,56E-06	4,13E-07	7,94E-06	4,18E-06
Carbon monoxide	kg	0,38	0,38	0,37	0,37	0,06	0,06	0,06	0,06
Chlorine	kg	4,94E-09	4,47E-10	1,93E-08	1,48E-08	1,12E-09	1,02E-10	1,99E-09	1,07E-09
Dinitrogen monoxide	kg	9,22E-09	8,35E-10	3,55E-08	2,71E-08	2,09E-09	1,90E-10	3,67E-09	1,95E-09
Dioxins,	kg	8,23E-17	7,46E-18	3,20E-16	2,45E-16	1,87E-17	1,69E-18	3,30E-17	1,76E-17
Formaldehyde	kg	6,92E-11	6,26E-12	2,64E-10	2,01E-10	1,57E-11	1,42E-12	2,74E-11	1,45E-11

Emisi ke Perairan									
Acidity, unspecified	kg	2,77E-11	2,51E-12	1,05E-10	7,98E-11	6,28E-12	5,69E-13	1,09E-11	5,74E-12
Ammonia	kg	5,13E-06	5,09E-06	1,74E-07	1,32E-07	3,84E-07	3,75E-07	1,81E-08	9,47E-09
BOD ₅	kg	2,58E-05	2,55E-05	1,62E-06	1,23E-06	1,97E-06	1,88E-06	1,68E-07	8,83E-08
Cadmium, ion	kg	4,28E-09	3,88E-10	1,62E-08	1,23E-08	9,72E-10	8,80E-11	1,68E-09	8,83E-10
Chloride	kg	5,50E-05	5,12E-05	1,60E-05	1,22E-05	4,69E-06	3,82E-06	1,66E-06	8,76E-07
Chromium	kg	4,28E-09	3,88E-10	1,62E-08	1,23E-08	9,72E-10	8,80E-11	1,68E-09	8,83E-10
COD	kg	5,37E-05	5,11E-05	1,09E-05	8,32E-06	4,39E-06	3,80E-06	1,13E-06	5,98E-07
Emisi ke Permukaan Tanah									
Slags	kg	0,001271	0,001271	0	0	9,34E-05	9,34E-05	0	0
Waste, inorganic	kg	0,001118	0,001118	0	0	8,22E-05	8,22E-05	0	0
Waste, solid	kg	0,000438	3,97E-05	0,00166	0,001262	9,94E-05	9,00E-06	0,000173	9,08E-05

Keterangan : K Skenario untuk herbal Kapsul
T Skenario untuk herbal Tablet

Penilaian Dampak/Impact Assessment

Analisis dampak pada penelitian ini menggunakan metode *Impact 2002+*. Analisis *impact assessment* terbagi menjadi tiga analisis yaitu, analisis *characterization impact assessment*, *damage impact assessment* dan analisis *single score impact assessment*.

a. *Characterization impact assessment*

Characterization merupakan penilaian besarnya substansi yang berkontribusi pada kategori *impact* didalam produksi semen berdasarkan faktor karakterisasinya sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komparasi Hasil Nilai *Characterization* Pada Skenario Produksi 1 kg Kapsul dan Tablet Herbal

Impact Category	Unit	Skenario							
		K-1	K-2	K-3	K-4	T-1	T-2	T-3	T-4
Non-renewable energy	MJ primary	26606,2	26605,15	26375,33	26374,28	4129,364	4129,126	4112,348	4112,133
Global warming	kg CO ₂ eq	2253,243	2253,166	2236,006	2235,929	349,9031	349,8855	348,6327	348,6168
Terrestrial acid/nutri	kg SO ₂ eq	31,48658	31,48105	31,11738	31,11185	4,87915	4,877895	4,851852	4,850715

Aquatic acidification	kg SO2 eq	11,65217	11,65131	11,5931	1,16E+01	1,81E+00	1,81E+00	1,81E+00	1,81E+00
Respiratory inorganics	kg PM2.5 eq	1,210489	1,21024	1,201258	1,201009	0,187985	0,187929	0,1873	0,187248
Land occupation	m2org.arable	0,021818	0,021818	0	0	1,60E-03	0,001604	0	0,00E+00
Aquatic ecotoxicity	kg TEG water	0,021784	0,004409	0,072241	0,054866	0,004532	0,00059	0,007521	0,003948
Terrestrial ecotoxicity	kg TEG soil	0,004205	0,000381	0,015754	0,01193	0,000954	8,64E-05	0,001645	0,000859
Mineral extraction	MJ surplus	0,000834	0,000834	0	0	6,13E-05	6,13E-05	0	0
Respiratory organics	kg C2H4 eq	0,000227	3,48E-05	0,000578	0,000385	5,04E-05	6,71E-06	6,94E-05	2,98E-05
Non-carcinogens	kg C2H3Cl eq	1,25E-05	5,78E-06	2,82E-05	2,14E-05	2,06E-06	5,28E-07	2,93E-06	1,54E-06
Aquatic eutrophication	kg PO4 P-lim	1,19E-06	1,12E-06	2,84E-07	2,16E-07	9,91E-08	8,37E-08	2,95E-08	1,56E-08
Carcinogens	kg C2H3Cl eq	5,19E-07	4,70E-08	1,98E-06	1,51E-06	1,18E-07	1,07E-08	2,06E-07	1,09E-07
Ozone layer depletion	kg CFC-11 eq	4,57E-11	4,14E-12	1,76E-10	1,34E-10	1,04E-11	9,39E-13	1,82E-11	9,64E-12
Ionizing radiation	Bq C-14 eq	0	0	0	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

b. *Damage impact assessment*

Analisis *damage impact assessment* digunakan untuk mengevaluasi dampak kerusakan yang dihasilkan berdasarkan dampak karakterisasinya. Analisis ini berguna sebagai bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan untuk memperbaiki performa lingkungan. Tabel 3. menunjukkan kategori kerusakan oleh kegiatan produksi herbal pada berbagai skenario.

Tabel 3. Komparasi *Damage Category* Pada Skenario Produksi 1 kg Kapsul dan Tablet Herbal

Damage category	Unit	Skenario							
		K-1	K-2	K-3	K-4	T-1	T-2	T-3	T-4
Resources	MJ primary	26606,2	26605,15	26375,33	26374,28	4129,364	4129,126	4112,348	4112,133
Climate change	kg CO2 eq	2253,243	2253,166	2236,006	2235,929	349,9031	349,8855	348,6327	348,6168
Ecosystem quality	PDF*m2*yr	32,76986	32,76408	32,3622	32,35642	5,076072	5,07476	5,04594	5,044751
Human health	DALY	0,000847	0,000847	0,000841	0,000841	0,000132	0,000132	0,000131	0,000131

Berdasarkan Tabel 3. terdapat beberapa satuan unit untuk menentukan besaran yang diakibatkan oleh kerusakan dampak yaitu MJ primary, kg CO₂eq, PDF*m²*yr, dan DALY.

MJ primary adalah jumlah energi dasar yang dibutuhkan untuk mengekstraksi suatu sumber daya alam. Kategori karakterisasi dampak yang memiliki satuan unit *MJ primary* adalah *non renewable energy* dan *mineral extraction*. Keduanya berhubungan erat dengan sumber daya alam yang dieksploitasi dan energi yang dikeluarkannya.

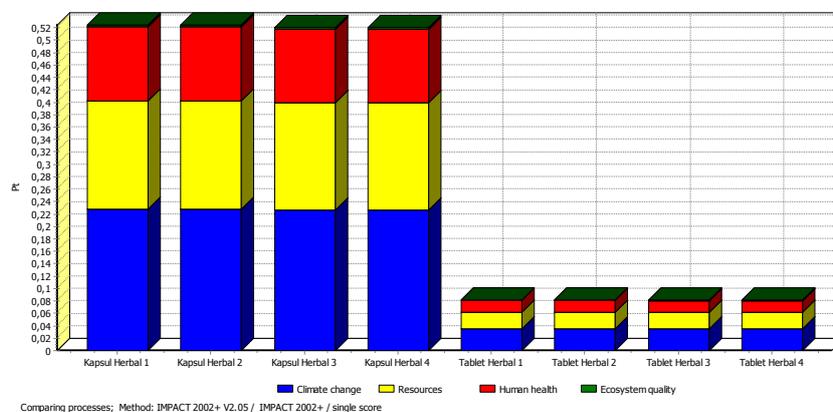
Kg CO₂eq digunakan sebagai satuan unit dari kategori karakterisasi dampak *global warming*, dan efek yang ditimbulkan adalah perubahan iklim secara global.

PDF*m²*yr adalah bagian dari spesies/ekosistem yang berpotensi hilang per m² per tahun, merupakan suatu unit yang digunakan untuk mengukur dampak terhadap suatu ekosistem. Satu PDF*m²*yr adalah sama dengan kerusakan spesies atau ekosistem seluas 1 m² di permukaan bumi dalam 1 tahun. Kategori karakterisasi dampak yang dikelompokkan dalam kategori *ecosystem quality* adalah: *aquatic ecotoxicity*, *terrestrial ecotoxicity*, *terrestrial acid/nutri*, dan *land occupation*.

DALY adalah ukuran yang diterima seseorang dari keseluruhan beban penyakit, dinyatakan sebagai jumlah tahun yang hilang akibat gangguan kesehatan cacat, atau kematian dini. Satu DALY adalah sama dengan satu tahun dari hidup sehat yang hilang. Ada 6 kategori karakterisasi dampak berdasarkan faktor kerusakannya yang dikelompokkan dalam kategori *human health*, yaitu *carcinogenic*, *non carcinogenic*, *respiratory inorganic*, *ionizing radiation*, *ozone layer depletion*, *respiratory organic*.

c. *Single score impact assessment*

Metode yang diterapkan didalam penentuan *single score* adalah dengan skala kontribusi urutan nilai tertinggi yang berpengaruh pada keempat skenario produksi semen terhadap faktor kerusakan berdasarkan *impact 2002+*. Hasil yang diperoleh disajikan didalam Gambar 4.



Gambar 4. Komparasi *Single score* skenario produksi 1 kg kapsul dan tablet herbal

Dari hasil *single score* kontribusi dampak terhadap lingkungan pada produksi semen dengan skenario 1, 2, 3, dan 4 didapatkan data pada Tabel 4. sebagai berikut:

Tabel 4. *Single Score* Komparasi Skenario Produksi 1 kg Kapsul dan Tablet Herbal

Damage category	Unit	K-1	K-2	K-3	K-4	T-1	T-2	T-3	T-4
Climate change	Pt	0,228	0,228	0,226	0,226	0,035	0,035	0,035	0,035
Resources	Pt	0,175	0,175	0,174	0,174	0,027	0,027	0,027	0,027
Human health	Pt	0,119	0,119	0,119	0,119	0,019	0,019	0,018	0,018
Ecosystem quality	Pt	0,002	0,002	0,002	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	Pt	0,525	0,524	0,520	0,520	0,081	0,081	0,081	0,081

Tabel 4. Menunjukkan kontribusi terbesar berpengaruh terhadap efek *Climate change, Resources, Human health, Ecosystem quality*.

Interpretasi

Interpretasi adalah langkah terakhir dalam tahapan LCA sebelum membuat keputusan dan rencana tindakan. Didalam melakukan interpretasi untuk menentukan isu-isu penting lingkungan, metode analisis yang dapat dilakukan adalah dengan metode pendekatan analisis kontribusi yang bertujuan untuk mengidentifikasi data yang memiliki kontribusi terbesar terhadap hasil indikator dampak. Disamping itu pula dipakai metode analisis perbaikan hasil.

a. Analisis Kontribusi

Analisis kontribusi digunakan dengan tujuan untuk mengetahui proses atau tahap didalam jejaring proses produksi herbal yang memiliki kontribusi paling dominan, sehingga pengambilan keputusan dan perbaikan terhadap sistem menjadi tepat dan efektif sesuai dengan tujuan penelitian. Tabel 5. menunjukkan kontribusi dampak terhadap lingkungan pada tahapan proses/ kegiatan produksi herbal dalam bentuk kapsul dan tablet dengan berbagai skenario.

Tabel 5. Komparasi Analisis Kontribusi skenario Produksi 1 kg Herbal dalam Bentuk Kapsul dan Tablet

No	Process	Unit	K-1	K-2	K-3	K-4	T-1	T-2	T-3	T-4
1	Listrik	Pt	0,5202	0,5202	0,5202	0,5202	0,0811	0,0811	0,0811	0,0811
2	Pesawat Terbang	Pt	0,0043	0,0043	0,0000	0,0000	0,0003	0,0003	0,0000	0,0000
4	Truk Angkutan Barang	Pt	$3,41 \times 10^{-5}$	0	$3,41 \times 10^{-5}$	0	$7,75 \times 10^{-6}$	0	$7,02 \times 10^{-6}$	0
5	Destillate Fuel Oil (DFO) FAL	Pt	$9,54 \times 10^{-6}$	$8,64 \times 10^{-5}$	$1,08 \times 10^{-5}$	$2,17 \times 10^{-6}$	$2,16 \times 10^{-6}$	$1,96 \times 10^{-6}$	$2,05 \times 10^{-6}$	$2,66 \times 10^{-7}$

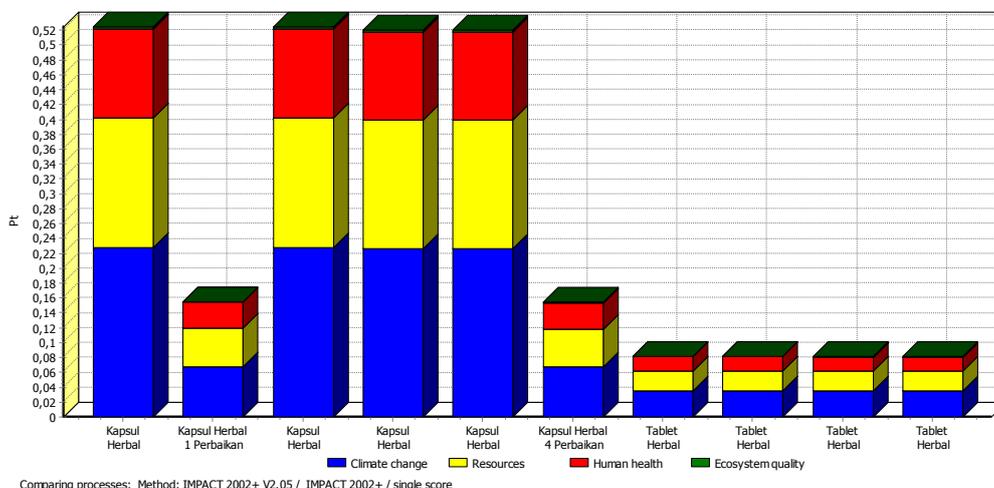
b. Analisis Perbaikan

Dari hasil analisis penakaran dampak dan kontribusi diketahui bahwa permasalahan utama yang menjadi perhatian untuk direkomendasikan perbaikan lingkungan adalah penggunaan listrik. Penentuan prioritas alternatif perbaikan lingkungan didasarkan pada beberapa kriteria. Kriteria tersebut adalah: sarana dan prasarana, kebijakan internal pabrik/perusahaan, kebijakan Pemda setempat dan kesadaran masyarakat.

Prioritas pertama adalah listrik yang digunakan dalam produksi dan pengadaan bahan baku. Analisis perbaikan yang dilakukan dengan mengganti peralatan yang hemat energi dengan efisiensi tinggi sehingga diharapkan dapat mereduksi penggunaan listrik pada jalur produksi sehingga akan terjadi pengurangan kontribusi dampak perubahan iklim / *climate change*..

Prioritas kedua adalah pengadaan bahan baku, dalam hal ini bahan baku didatangkan dari negara produsen yang sedekat mungkin dengan posisi Indonesia sehingga akan mengurangi jarak tempuh yang akan mereduksi kontribusi dampak pada jalur transportasi. Bahan baku kapsul yang semula didatangkan dari Amerika Serikat diganti dengan bahan baku dari negara Malaysia.

Gambar berikut 5. berikut memperlihatkan capaian nilai dampak sebelum dan sesudah perubahan strategi dengan memberikan nilai *single score* yang lebih baik.



Gambar 5. *Single score* untuk analisis perbaikan komparasi produksi 1 kg herbal menggunakan kapsul atau tablet

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Perbaikan Pemilihan Strategi

No	Kriteria Perbaikan	Strategi	Reduksi Nilai terhadap Lingkungan
1.	Penurunan emisi melalui penghematan penggunaan listrik	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menggunakan peralatan yang hemat energi dan memiliki efisiensi tinggi 2. Peralatan disesuaikan dengan kebutuhan produksi sehingga penggunaan listrik seefisien mungkin 	0,158 Pt
2.	Mereduksi emisi jalur transportasi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memilih negara pengimport bahan baku yang sedekat mungkin dengan posisi geografis Indonesia, misalnya memilih pengimport dari regional ASEAN 2. Alat angkut yang digunakan dari pelabuhan Indonesia ke pabrik Herbal menggunakan jalur kereta api 	0,125 Pt

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis kontribusi dampak terhadap lingkungan untuk produksi 1 kg herbal menggunakan kapsul atau tablet dengan skenario 1, 2, 3, dan 4 penggunaan listrik pada sistem produksi dan penggunaan alat transportasi adalah yang dominan berkontribusi terhadap kinerja lingkungan.

Pada keempat skenario produksi herbal bentuk kapsul atau herbal paling berpengaruh adalah *Climate change*, *Resources*, *Human health*, *Ecosystem quality*. Secara umum kontribusi dampak terhadap lingkungan tertinggi berasal dari tahap produksi (penggunaan listrik) kemudian disusul dari alat transportasi yang digunakan.

Berdasarkan analisis perbaikan, pemilihan peralatan yang hemat listrik pada sistem produksi terjadi pengurangan kontribusi nilai terhadap *Climate change* sebesar 0,158 Pt, *Resources* sebesar 0,123 Pt, *Human health* sebesar 0,079 Pt, dan *Ecosystem quality* sebesar 0,0013 Pt.

Komparasi produksi herbal menggunakan kapsul atau tablet terhadap rerata kontribusinya ke lingkungan, didapatkan bahwa dari berbagai skenario untuk produksi herbal menggunakan kapsul memberikan nilai sebesar 0,52 Pt dan produksi herbal menggunakan tablet memberikan nilai sebesar 0,08 Pt, sehingga dengan hasil tersebut produksi herbal berbentuk tablet lebih ramah terhadap lingkungan.

Rekomendasi

Untuk meningkatkan kualitas lingkungan, hasil dari penelitian berdasarkan analisis perbaikan maka direkomendasikan: (1) Alat-alat pada sistem produksi yang menggunakan listrik diganti dengan peralatan yang hemat energi dan memiliki efisiensi tinggi untuk mereduksi pencemaran terhadap lingkungan. (2) Memilih negara pengimport bahan baku yang dekat secara geografis dengan posisi Indonesia.. (3) Distribusi pengangkutan menggunakan kereta api.

DAFTAR PUSTAKA

- GaBi, 2011., *Handbook for Life Cycle Assessment (LCA) Using the GaBi Software*, PE International, Leinfelden-Echterdingen Germany
- International Standards Organization., 2006., *Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework ISO 14040*, ISO Press
- Jolliet, O., Sébastien, H., Schryver, A.D., Manuele, M., 2012., *Impact 2002 + : User Guide*, Swiss Federal Institute of Technology Lausanne (EPFL), Switzerland
- Monton, C., Saingam, W., Suksaeree, J., Sakunpak, A., 2014., *Formulation Development And Physical Properties Study Of Thai Traditional Herbal Tablets: Original Jit-Tra-Rom Recipe*, International Journal Of Pharmacy And Pharmaceutical Sciences Vol 6, Issue 4
- Undang-Undang No. 3 Tahun 2014 tentang Perindustrian
- Sampurno., 2014., *Obat Herbal dalm Perspektif Medik dan Bisnis*, Fakultas farmasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- <http://www.cilacapmedia.com> diakses 16 Januari 2018 jam 21.40