

Analisis Kontribusi Pemanfaatan Limbah Kantong Semen (*Reject*) Berdasarkan Prespektif *Life Cycle Assessment* (Studi Kasus : PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk.)

Contribution Analysis of Cement Bag Waste Utilization (Reject) Based on Life Cycle Assessment Perspective (Case Study : PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk.)

Taufan Ratri Harjanto^{1*}, Andika Prastya², Saipul Bahri³, Oto Prasadi⁴

^{1,3,4} Program Studi D4 Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan, Politeknik Negeri Cilacap

² PT. Solusi Bangun Indonesia TBK, Cilacap

Email: taufanratriharjanto@pnc.ac.id, andika.prastya@sig.id, saipulbahri@pnc.ac.id, oto.prasadi@pnc.ac.id

*Penulis korespondensi: taufanratriharjanto@pnc.ac.id

Direview: 6 September 2023

Diterima: 30 September 2023

ABSTRAK

PT. Solusi Bangun Indonesia (SBI) Tbk Pabrik Cilacap adalah perusahaan semen di Cilacap yang memiliki komitmen dan kesadaran tinggi terhadap efisiensi sumber daya dan penggunaan energi terbarukan. Salah satu hal penting yang dapat mendukung program efisiensi sumber daya adalah pengelolaan sampah padat non bahan beracun berbahaya (non-B3). Jika dikelola dengan baik, limbah padat non-B3 dapat menghasilkan ekonomi sirkular yang bermanfaat dari sisi perusahaan dan masyarakat. PT SBI Pabrik Cilacap melakukan upaya pengembangan Ekonomi Sirkular dengan pendekatan LCA terhadap kantong semen yang dihasilkan baik sebagai produk *reject* maupun yang beredar di *end user* melalui kegiatan pemberdayaan masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak lingkungan yang komprehensif dari program *reduce, reuse, recycle*, dan *recovery* kantong semen yang dilakukan oleh PT SBI Pabrik Cilacap bersama masyarakat. Batasan sistem berdasarkan tujuan dari penelitian ini yaitu menggunakan *Cradle to Grave*. Pengolahan data pada penelitian ini untuk evaluasi dampak lingkungan menggunakan *software* LCA SimaPro versi 9.4.0.2. Metode penilaian dampak menggunakan *ReCiPe 2016 midpoint method*. Berdasarkan analisis kontribusi didapatkan bahwa kertas semen yang dikumpulkan untuk didaur ulang di tempat daur ulang terpusat akan memberikan kontribusi lebih besar pada dampak lingkungan *terrestrial ecotoxicity*, *Land use*, *Global warming*, *Human non-carcinogenic toxicity* dan *Human carcinogenic toxicity*.

Kata kunci: limbah padat, semen, kantong semen, lingkungan, masyarakat

ABSTRACT

PT. Solusi Bangun Indonesia (SBI) Tbk Cilacap Factory is a cement company in Cilacap that has a high commitment and awareness of resource efficiency and the use of renewable energy. One of the important things that can support resource efficiency programs is the management of non-hazardous (non-B3) solid waste. If managed properly, non-B3 solid waste can produce a circular economy that is beneficial for the company and the community. PT SBI Cilacap Factory is making efforts to develop a Circular Economy with an LCA approach to cement bags produced both as reject products and circulating to end users through community empowerment activities. This study aims to evaluate the comprehensive environmental impact of the reduce, reuse, recycle, and recover cement bag program conducted by PT SBI Cilacap Factory together with the community. The system based on the purpose of this study cannot use a cradle-to-grave. Data processing in this study for environmental impact evaluation used the LCA SimaPro-9.4.0.2 software. The impact assessment method uses the ReCiPe 2016 midpoint method. Based on the contribution analysis, it was found that the cement paper collected for recycling in a centralized recycling facility will make a greater contribution to the environmental impacts of terrestrial ecotoxicity, land use, global warming, human non-carcinogenic toxicity, and human carcinogenic toxicity.

Keywords: solid waste, cement, cement bag, environment, community

1. PENDAHULUAN

Semen merupakan salah satu bagian penting dari material konstruksi. Semen dibuat dari batu gamping dan bahan aditif lainnya melalui proses yang cukup panjang dari tahap penambangan bahan baku, persiapan bahan baku, reaksi di kiln pada suhu tinggi, penyesuaian ukuran, dan finalisasi produk serta pengemasan produk. Semen terbuat dari campuran bahan-bahan antara lain: tanah liat, batu kapur, pasir, silika, alumina dan besi. Bahan-bahan tersebut dicampur menggunakan mesin pemanas, kemudian bahan-bahan yang telah meleleh dan melalui proses reaksi kimia menghasilkan butiran yang disebut klinker (Yurinda & Farahdiba, 2022). Kumpulan klinker yang telah didinginkan diberi tambahan gipsium dan bahan mineral lainnya. Klinker dan bahan tambahan lainnya kemudian digiling sampai menjadi bubuk semen halus (García-Gusano et al., 2015). Setiap proses produksi memiliki unit yang berpotensi memberikan dampak baik secara langsung maupun tidak langsung terhadap lingkungan maupun organisme yang hidup didalamnya. Salah satu perusahaan semen terbesar yang beroperasi di Cilacap yakni PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk Pabrik Cilacap yang merupakan *ex-semen* Holcim Cilacap.

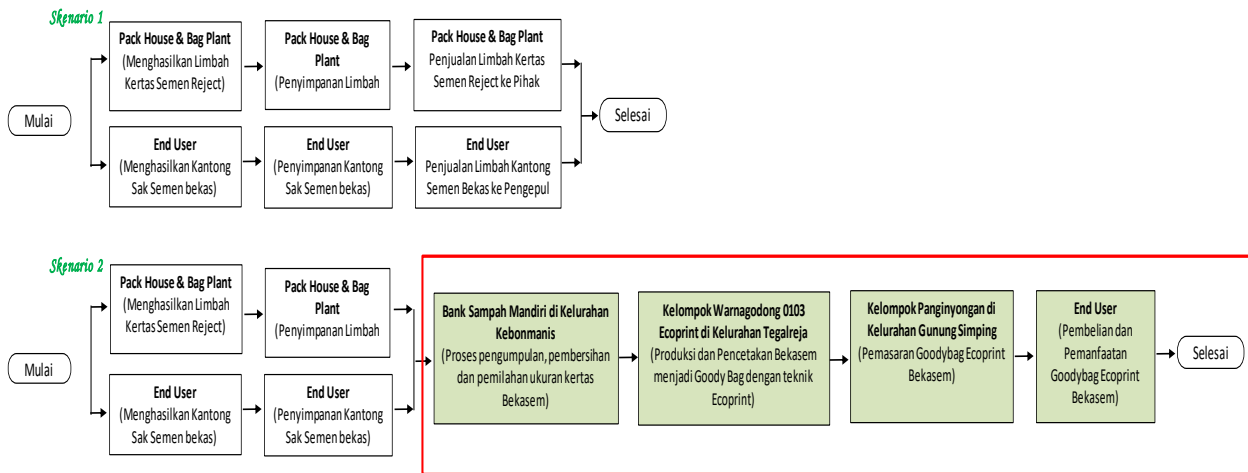
PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk Pabrik Cilacap merupakan sebuah perusahaan bagian dari Semen Indonesia Group yang menghasilkan semen terbesar di Indonesia dan Asia Tenggara. PT Solusi Bangun Indonesia Tbk Pabrik Cilacap memiliki komitmen dan kesadaran tinggi terhadap efisiensi sumber daya dan penggunaan energi terbarukan. Salah satu hal penting yang dapat mendukung program efisiensi sumber daya adalah pengelolaan sampah padat non bahan beracun berbahaya (non-B3). Jika dikelola dengan baik, limbah padat non-B3 dapat menghasilkan ekonomi sirkular yang bermanfaat dari sisi perusahaan dan masyarakat. Hal ini selaras dengan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.75/MENLHK/SETJEN/KUM.1/10/2019 tentang Peta Jalan Pengurangan Sampah oleh Produsen. Sampah yang dihasilkan pun beraneka ragam misalnya sampah organik, kertas, plastik, dan besi *scrap*. Upaya pemanfaatan sampah domestik ini sudah dilakukan oleh perusahaan misalnya dengan membuat “Umah Runtah” atau rumah sampah di masyarakat. Salah satu limbah padat non-B3 yang spesifik yang dihasilkan pabrik semen adalah kantong semen.

PT Solusi Bangun Indonesia Tbk Pabrik Cilacap melakukan upaya pengembangan Ekonomi Sirkular dengan melakukan pendekatan LCA (*cradle to grave*) terhadap kantong semen yang dihasilkan baik sebagai produk *reject* maupun yang beredar di *end user* melalui kegiatan pemberdayaan masyarakat. Selain itu upaya untuk mengurangi jumlah kantong semen yang rusak akibat kegiatan operasional juga dilakukan untuk mengefisienkan kegiatan produksi yang nantinya berdampak pada lingkungan akibat operasional pabrik. Salah satu cara untuk mengetahui besaran kerusakan yang dihasilkan adalah dengan melakukan penilaian dari setiap komponen proses produksi adalah dengan menggunakan *Life Cycle Assessment* (LCA) (Kinanty et al., 2022). Studi LCA juga digunakan dengan skenario berbeda misalnya mengidentifikasi teknologi terbaik yang digunakan (Valderrama et al., 2012; Thwe et.al., 2021). Banyak penelitian yang mengevaluasi dampak lingkungan dari produksi semen produksi, tetapi berbeda dalam hal metode, batas sistem, dampak lingkungan, dan variabel (misalnya komposisi bahan baku, jenis teknologi, dan bahan bakar) (Martos, 2014). Metode *Life Cycle Assessment* (LCA) merupakan suatu metode yang dapat mengidentifikasi dampak lingkungan dari suatu proses pengolahan yang dilakukan di industri atau yang lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak lingkungan yang komprehensif dari program *reduce, reuse, recycle*, dan *recovery* kantong semen yang dilakukan oleh PT Solusi Bangun Indonesia Tbk Pabrik Cilacap bersama masyarakat.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan melakukan analisis terhadap data kantong semen PT Solusi Bangun Indonesia Tbk Pabrik Cilacap dari tahun 2021 – 2022 dan data kegiatan pemberdayaan masyarakat melalui upaya pemanfaatan kantong semen *reject* dan limbah kantong semen di pengguna akhir menjadi kantong *souvenir ecoprint* untuk dianalisis dampaknya menggunakan metode *life cycle assessment* dengan menggunakan dua skenario kegiatan, yang digambarkan dalam Gambar. 1.

Program Goodybag Ecoprint Bekasem



Gambar-1. Program *Goodybag Ecoprint Bekasem*

Skenario 1 : Kantong semen diproduksi, kemudian digunakan sampai kantong semen menjadi limbah di pabrik semen yang selanjutnya limbah tersebut diangkut ke tempat daur ulang limbah kantong semen.

Skenario 2 : Kantong semen diproduksi, kemudian digunakan sampai kantong semen menjadi limbah di pabrik semen yang selanjutnya limbah tersebut dikelola oleh warga yang menjadi binaan perusahaan untuk digunakan kembali menjadi produk yang mempunyai nilai ekonomi.

Batasan sistem berdasarkan tujuan dari penelitian ini yaitu menggunakan *cradle to grave*. Pengolahan data pada penelitian ini untuk evaluasi dampak lingkungan digunakan *software* LCA SimaPro-9.4.0.2

Metode Pelaksanaan LCA

2.1. Standar atau Referensi yang Dirujuk

Acuan yang digunakan pada kajian LCA :

- a. Penilaian Daur Hidup atau LCA berdasarkan SNI ISO 14040:2016 tentang Manajemen Lingkungan: Penilaian daur hidup - Prinsip dan kerangka kerja, serta SNI 14044:2017 tentang Manajemen Lingkungan: Penilaian daur hidup - Persyaratan dan panduan seluruh daur hidupnya.
- b. Pedoman Penyusunan Laporan Penilaian Daur Hidup (LCA). (KLHK 2021)

2.2. Metode Inventarisasi Data dan Perhitungan yang Digunakan

Metode inventarisasi data dan perhitungan dampak / *life cycle impact assessment* (LCIA) pada kajian LCA menggunakan *software* SimaPro 9.4.0.2.

2.3. Pemilihan Metode Penilaian Dampak

Metode penilaian dampak dilakukan menggunakan *ReCiPe 2016 midpoint method* pada *software* SimaPro 9.4.0.2. Metode *ReCiPe 2016 midpoint* adalah salah satu metode LCA yang digunakan untuk menghitung dampak lingkungan dari berbagai faktor seperti emisi gas rumah kaca, polusi udara, penggunaan sumber daya alam, dan banyak aspek lainnya yang terkait dengan proses produksi atau penggunaan produk dengan merujuk pada fakta bahwa dalam analisis ini, dampak lingkungan diukur pada tingkat antara (*midpoint*), yang merupakan tahap di antara informasi yang sangat rinci tentang sumber daya dan emisi yang sebenarnya dengan hasil akhir atau dampak akhir yang lebih umum. Dalam *ReCiPe 2016 midpoint*, dampak lingkungan diukur dalam berbagai kategori atau indikator yang mencakup berbagai aspek lingkungan seperti perubahan iklim, polusi udara, polusi air, penggunaan lahan, dan banyak lainnya. Metode ini dapat membantu organisasi atau perusahaan untuk mengidentifikasi aspek-aspek lingkungan yang paling signifikan dari suatu produk atau proses sehingga mereka dapat berupaya untuk mengurangi dampak lingkungan tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Inventori

Analisis inventori terdiri dari data *input* dan *output* dari proses produksi beserta faktor yang mempengaruhinya.

Tabel-1. Data Kantong Semen *Reject* Tahun 2021 (Januari - Desember)

Material	Production Bag (pcs)	Reject		
		Afkir (pcs)	Operation (pcs)	Manufacture (pcs)
110000000572 PAPER SACK;SERBA GUNA HC;40kg;2PLY;POR	22.996.000	1.259	33.075	86.432
110000000574 PAPER SACK;SERBA GUNA HC;50kg;2PLY;POR	16.160.880	486	35.458	76.504
115000002520 PAPER SACK;SEMEN GRESIK;40KG;2PLY;POROUS	2.081.400	111	5.902	14.456
115000002519 PAPER SACK;SEMEN GRESIK;50KG;2PLY;POROUS	6.000.040	221	15.526	36.944
115000002541 PLASTIC BAG;SEMEN PADANG;40KG	22.400	-	70	203
115000002531 PLASTIC BAG;SEMEN PADANG;50KG	84.640	-	177	522
TOTAL	47.345.360	2.077	90.208	215.061

Berdasarkan Tabel-1. di atas dapat diketahui bahwa kantong semen *reject* berasal dari tiga unit pada pabrik semen yakni unit afkir, operasi dan manufaktur. Dari ketiga unit tersebut, unit yang paling banyak menghasilkan kantong semen *reject* ditahun 2021 (periode Januari-Desember) adalah unit manufaktur sebanyak 215.061 pcs. Total kantong semen *reject* pada tahun 2021 adalah 43.028 kg atau 43,028 ton.

Tabel-2. Data Kantong Semen *Reject* Tahun 2022 (Januari - Agustus)

Material	Production Bag (pcs)	Reject		
		Afkir (pcs)	Operation (pcs)	Manufacture (pcs)
110000000572 PAPER SACK;SERBA GUNA HC;40kg;2PLY;POR	12.482.750	48	4.836	40.936
110000000574 PAPER SACK;SERBA GUNA HC;50kg;2PLY;POR	7.932.940	41	5.535	31.863
115000002520 PAPER SACK;SEMEN GRESIK;40KG;2PLY;POROUS	1.323.550	20	145	5.819
115000002519 PAPER SACK;SEMEN GRESIK;50KG;2PLY;POROUS	4.438.220	87	3.751	20.402
115000002541 PLASTIC BAG;SEMEN PADANG;40KG	275.800	6	563	1.541
115000002531 PLASTIC BAG;SEMEN PADANG;50KG	2.316.080	37	2.405	9.258
TOTAL	28.769.340	239	17.235	109.819

Pada Tabel-2 di atas dapat dilihat bahwa potensi kantong semen *reject* tetap berasal dari unit yang sama dari tahun sebelumnya (2021). Pada tahun 2022 unit manufaktur relatif memberikan persentase sumbangan kantong semen *reject* yang sama pada tahun sebelumnya. Total kantong semen *reject* pada tahun 2022 periode Januari sampai dengan Agustus adalah 17.821kg atau 17,821 ton. Jumlah kantong semen *reject* pada tahun 2021 dan Agustus 2022 adalah sebesar 60.849kg atau 60,849 ton.

Selama siklus hidupnya kantong semen akan menghasilkan emisi dan limbah yang *terrelease* ke lingkungan. Data inventori emisi dan limbah tersebut disajikan dalam Tabel.3., 4., dan 5.

Tabel-3. Inventori Emisi ke Udara tiap 1 Ton Kantong Semen *Reject*

No	Substance	Unit	Skenario 1	Skenario 2
1	Acetaldehyde	kg	0,007	0,004
2	Acetic acid	kg	0,004	0,004
3	Acetone	kg	0,003	0,001
4	Aldehydes, unspecified	kg	0,001	0,000
5	Carbon dioxide, fossil	kg	1109,573	1062,954
6	Carbon disulfide	kg	0,003	0,003
7	Carbon monoxide, fossil	kg	2,047	1,792
8	Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, unspecified	kg	0,025	0,024
9	Hydrocarbons, aromatic	kg	0,003	0,003
10	Methane	kg	0,099	0,000
11	Nitrogen oxide	kg	5,400	4,300

12	<i>Particulates, < 2.5 um</i>	kg	1,394	1,363
13	<i>Particulates, > 10 um</i>	kg	1,125	1,098
14	<i>Particulates, > 2.5 um, and < 10um</i>	kg	0,359	0,329
15	<i>Sulfur dioxide</i>	kg	4,299	4,173

Tabel-4. Inventori Limbah ke Perairan tiap 1 Ton Kantong Semen *Reject*

No	Substance	Unit	Skenario 1	Skenario 2
1	<i>Aluminium</i>	kg	5,84802	5,82067
2	<i>Ammonium, ion</i>	kg	0,00377	0,00369
3	<i>Antimony</i>	kg	2,97542	2,92349
4	<i>AOX, Adsorbable Organic Halogen as Cl</i>	kg	0,01705	0,01593
5	<i>Arsenic</i>	kg	0,52227	0,51821
6	<i>Barite</i>	kg	3,11947	2,93856
7	<i>Barium</i>	kg	0,00012	0,00012
8	<i>Benzene</i>	kg	0,00012	0,00012
9	<i>BOD5, Biological Oxygen Demand</i>	kg	0,00012	0,00012
10	<i>Borate</i>	kg	0,00007	0,00006
11	<i>Boron</i>	kg	0,00001	0,00001
12	<i>Bromine</i>	kg	0,00002	0,00002
13	<i>Calcium</i>	kg	0,21817	0,21214
14	<i>Carbon</i>	kg	0,02170	0,02170
15	<i>Carbon disulfide</i>	kg	0,18821	0,18628
16	<i>Carbonate</i>	kg	0,00081	0,00061
17	<i>Chloride</i>	kg	0,00004	0,00004
18	<i>Chlorinated solvents, unspecified</i>	kg	0,41003	0,37679
19	<i>Chlorine</i>	kg	0,00030	0,00030
20	<i>DOC, Dissolved Organic Carbon</i>	kg	0,00024	0,00023
21	<i>Nickel</i>	kg	0,00074	0,00072
22	<i>Nitrite</i>	kg	0,00019	0,00017
23	<i>Nitrobenzene</i>	kg	0,00000	0,00000
24	<i>Nitrogen</i>	kg	0,00000	0,00000
25	<i>Oils, biogenic</i>	kg	0,00011	0,00010

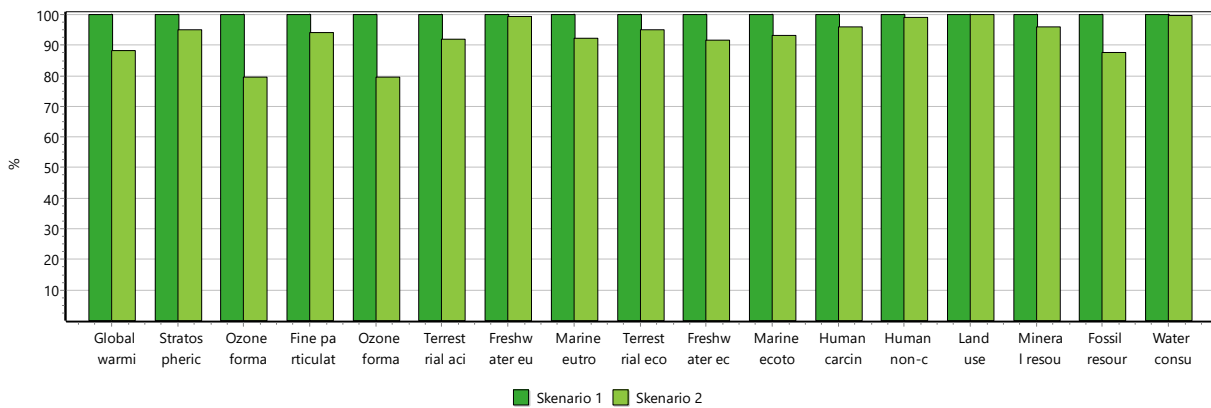
Tabel-5. Inventori Limbah Padat tiap 1 Ton Kantong Semen *Reject*

No	Substance	Unit	Skenario 1	Skenario 2
1	<i>Calcium</i>	kg	3,10481	3,10473
2	<i>Silicon</i>	kg	0,89952	0,89950
3	<i>Potassium</i>	kg	0,59473	0,59431
4	<i>Oils, unspecified</i>	kg	0,43610	0,40010
5	<i>Magnesium</i>	kg	0,35213	0,35212
6	<i>Aluminium</i>	kg	0,32923	0,32922
7	<i>Iron</i>	kg	0,30648	0,30630
8	<i>Manganese</i>	kg	0,22072	0,22071
9	<i>Carbon</i>	kg	0,17168	0,17164
10	<i>Phosphorus</i>	kg	0,10682	0,10682

11	Sulfur	kg	0,10238	0,10237
13	Chloride	kg	0,05649	0,05593
14	Oils, biogenic	kg	0,03962	0,03962
15	Zinc	kg	0,02139	0,01946
16	Titanium	kg	0,01505	0,01505
17	Sodium	kg	0,01296	0,01296
18	Mancozeb	kg	0,00306	0,00306
19	Chlorothalonil	kg	0,00235	0,00235
20	Chromium	kg	0,00220	0,00219

3.2. Penilaian Dampak / Impact Assessment

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 1 Tahun 2022, bahwa penilaian dampak berdasarkan ketogori dampak, minimal terdiri dari *global warming potential*, potensi penipisan ozon, potensi hujan asam, potensi eutrofikasi, penggunaan energi, dan kesehatan manusia. Gambar. 2. Menyajikan penilaian dampak/ *impact assessment* tiap 1 ton kantong semen *reject*.



Method: ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.02 / Characterization / Excluding infrastructure processes / Excluding long-term emissions
 Comparing 1 ton 'Skenario 1' with 1 ton 'Skenario 2';

Gambar-2. Penilaian dampak / *impact assessment* tiap 1 ton kantong semen *reject*

Pada Gambar-2 menunjukkan bahwa skenario 2 pengelolaan kantong semen *reject* mengalami penurunan dampak secara umum terhadap kategori dampak. Selisih tersebut disajikan dalam Tabel-6.

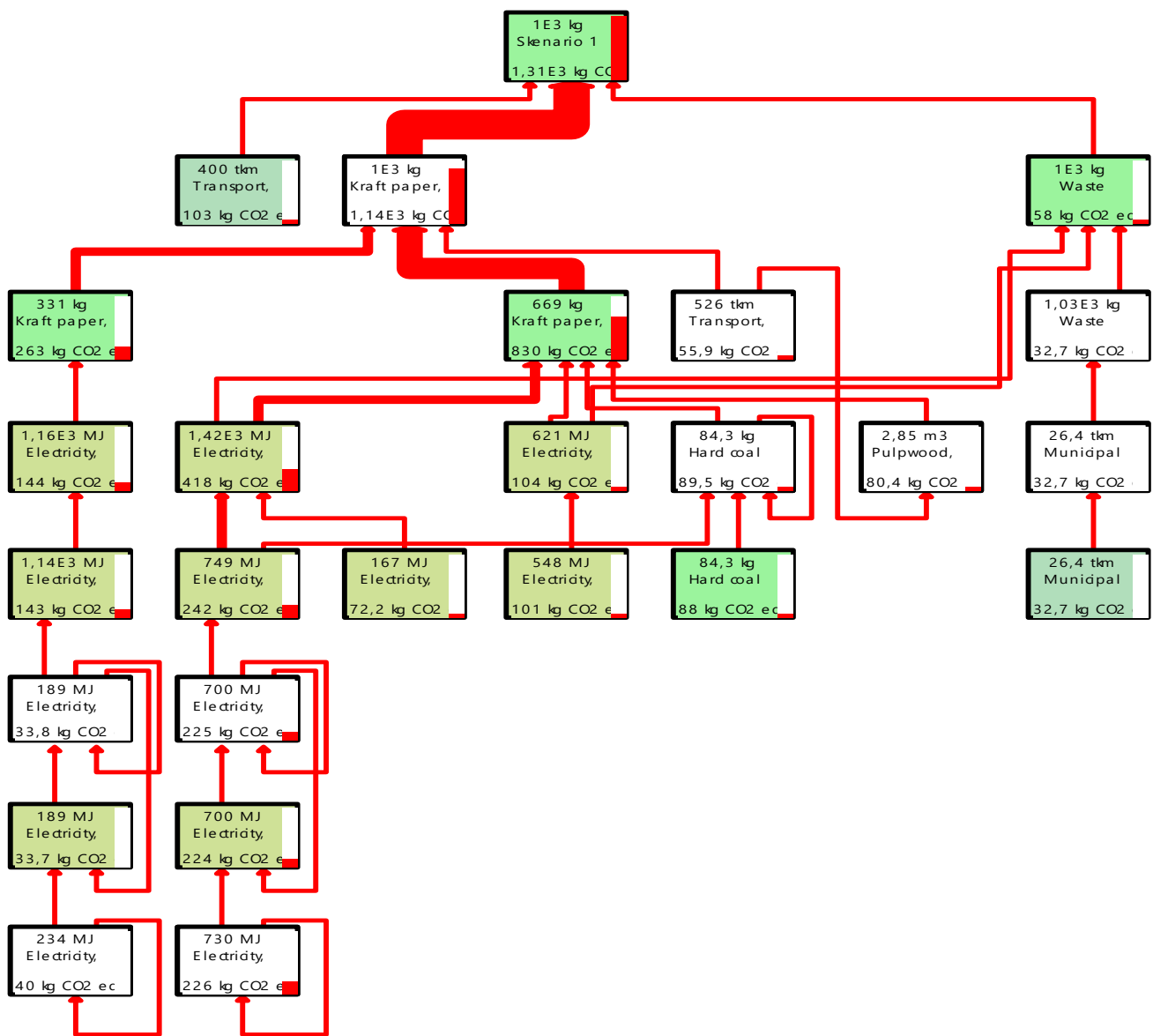
Tabel-6. *Impact Assessment* Katogori Dampak Tiap 1 Ton Kantong Semen *Reject*

No.	Impact Category	Unit	Skenario 1	Skenario 2	Selisih
1	Global warming	kg CO2 eq	1383,113	1221,745	161,368
2	Stratospheric ozone depletion	kg CFC11 eq	0,001	0,001	0,000
3	Ozone formation, Human health	kg NOx eq	5,537	4,411	1,126
4	Fine particulate matter formation	kg PM2.5 eq	3,276	3,084	0,192
5	Ozone formation, Terrestrial ecosystems	kg NOx eq	5,621	4,478	1,143
6	Terrestrial acidification	kg SO2 eq	6,561	6,027	0,534
7	Freshwater eutrophication	kg P eq	0,094	0,093	0,001
8	Marine eutrophication	kg N eq	0,046	0,042	0,004
9	Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DCB	5811,292	5524,980	286,312
10	Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DCB	1,573	1,444	0,130
11	Marine ecotoxicity	kg 1,4-DCB	5,682	5,300	0,382

12	Human carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	8,631	8,291	0,340
13	Human non-carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	902,646	894,069	8,577
14	Land use	m ² a crop eq	2127,810	2127,698	0,112
15	Mineral resource scarcity	kg Cu eq	2,679	2,568	0,110
16	Fossil resource scarcity	kg oil eq	366,980	321,520	45,460
17	Water consumption	m ³	51,670	51,543	0,127

3.3. Interpretasi

Interpretasi merupakan tahapan akhir dari penilaian dampak daur hidup *atau Life Cycle Assessment*. Analisis isu penting (*hotspot*) yakni mengidentifikasi dan menganalisis hal yang paling berkontribusi dalam sistem produk yang dikaji. Adapun *hotspot* pada hasil penilaian dampak kantong semen *reject* pada skenario 1 adalah sebagai berikut:

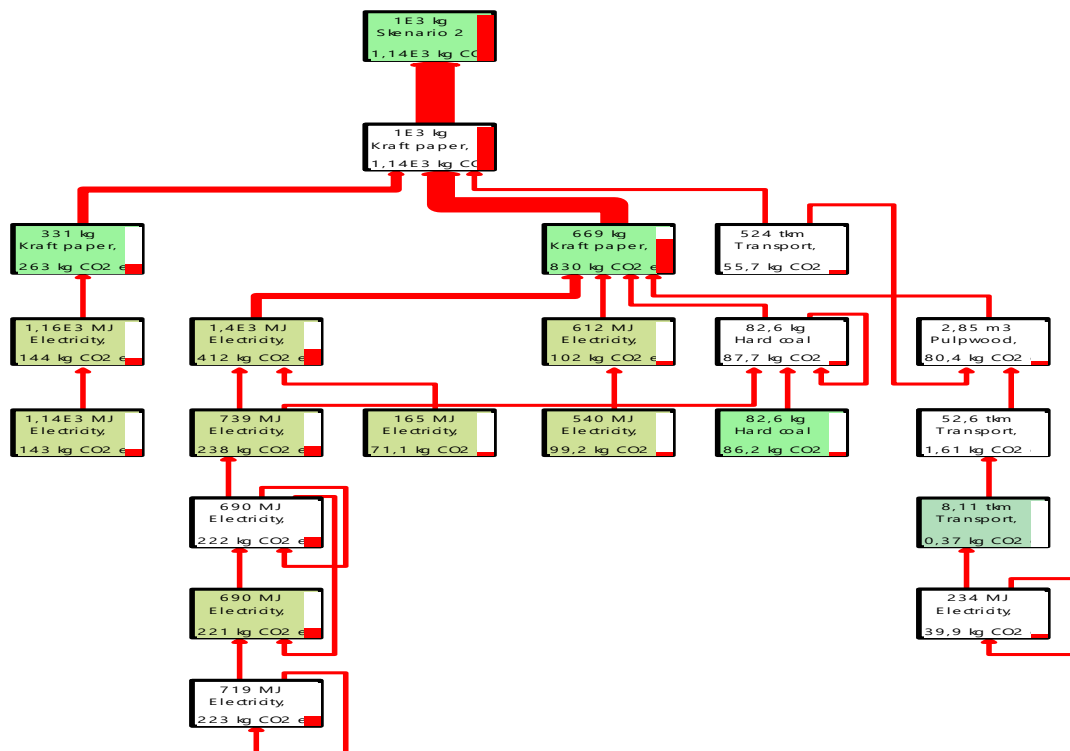


Gambar-3. Jejaring *hotspot* siklus hidup tiap 1 ton kantong kertas semen pada skenario 1

Hotspot pada skenario 1 terdapat pada pengadaan kantong kertas semen, transportasi pengangkutan dan daur ulang kantong kertas semen *reject*.

Tabel-7. Hotspot Skenario 1

No.	Project	Unit	Transportasi	Pengadaan Kertas Semen	Daur ulang kantong kertas semen <i>reject</i>
1	Global warming	kg CO2 eq	103,3643000	1144,6508000	58,0037600
2	Stratospheric ozone depletion	kg CFC11 eq	0,0000237	0,0012068	0,0000399
3	Ozone formation, Human health	kg NOx eq	0,8673637	4,1374808	0,2590711
4	Fine particulate matter formation	kg PM2.5 eq	0,1126861	2,8941411	0,0794414
5	Ozone formation, Terrestrial ecosystems	kg NOx eq	0,8718659	4,1936340	0,2709000
6	Terrestrial acidification	kg SO2 eq	0,3708350	5,6308225	0,1631483
7	Freshwater eutrophication	kg P eq	0,0000551	0,0793395	0,0006147
8	Marine eutrophication	kg N eq	0,0001362	0,0417045	0,0034507
9	Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DCB	238,2653200	4754,8106000	48,0464270
10	Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DCB	0,1135286	1,3504311	0,0163182
11	Marine ecotoxicity	kg 1,4-DCB	0,3313836	4,5779146	0,0506273
12	Human carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	0,1568427	4,7404714	0,1831281
13	Human non-carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	6,8608437	873,9599900	1,7161977
14	Land use	m2a crop eq	0,0000000	2116,4228000	0,1117228
15	Mineral resource scarcity	kg Cu eq	0,0033364	1,0706157	0,1068927
16	Fossil resource scarcity	kg oil eq	31,7043500	299,8500300	13,7556010
17	Water consumption	m3	0,0092706	50,8978690	0,1173879



Gambar-4. Jejaring *hotspot* siklus hidup tiap 1 ton kantong kertas semen pada skenario 2

Tabel-8. Hotspot Skenario 2

No.	Project	Unit	Pengadaan Kertas Semen
1	<i>Global warming</i>	kg CO ₂ eq	1144,6508000
2	<i>Stratospheric ozone depletion</i>	kg CFC11 eq	0,0012068
3	<i>Ozone formation, Human health</i>	kg NO _x eq	4,1374808
4	<i>Fine particulate matter formation</i>	kg PM _{2.5} eq	2,8941411
5	<i>Ozone formation, Terrestrial ecosystems</i>	kg NO _x eq	4,1936340
6	<i>Terrestrial acidification</i>	kg SO ₂ eq	5,6308226
7	<i>Freshwater eutrophication</i>	kg P eq	0,0793395
8	<i>Marine eutrophication</i>	kg N eq	0,0417045
9	<i>Terrestrial ecotoxicity</i>	kg 1,4-DCB	4754,8106000
10	<i>Freshwater ecotoxicity</i>	kg 1,4-DCB	1,3504311
11	<i>Marine ecotoxicity</i>	kg 1,4-DCB	4,5779146
12	<i>Human carcinogenic toxicity</i>	kg 1,4-DCB	4,7404714
13	<i>Human non-carcinogenic toxicity</i>	kg 1,4-DCB	873,9599900
14	<i>Land use</i>	m ² a crop eq	2116,4228000
15	<i>Mineral resource scarcity</i>	kg Cu eq	1,0706157
16	<i>Fossil resource scarcity</i>	kg oil eq	299,85003
17	<i>Water consumption</i>	m ³	50,8978690

Berdasarkan analisis kontribusi pada Tabel-7 dan 8, diketahui bahwa kertas semen yang dikumpulkan untuk didaur ulang di tempat daur ulang terpusat akan memberikan kontribusi lebih besar pada dampak lingkungan *terrestrial ecotoxicity*, *Land use*, *Global warming*, *Human non-carcinogenic toxicity* dan *Human carcinogenic toxicity*.

Secara umum, kantong semen disediakan oleh internal pabrik, mulai dari pengadaan bahan baku hingga pembuatan kantong semen. Bahan baku kertas yang digunakan sebagian besar masih import, sehingga bisa dipastikan apabila semakin tinggi penggunaan kertas, maka semakin besar upaya yang dilakukan untuk mendatangkan seluruh bahan baku ke pabrik yang selanjutnya diolah menjadi kantong semen. Di samping itu, semakin banyak kertas yang digunakan untuk pembuatan kantong, maka potensi penggunaan energi semakin tinggi serta timbulan sampah kertas juga semakin tinggi. Jumlah timbulan sampah padat yang dihasilkan cukup besar yaitu 60,849 ton per tahun. Upaya efisiensi dan pemanfaatan kantong semen yang saat ini telah dilakukan oleh masyarakat dampingan dan perusahaan antara lain pemanfaatan kantong semen sebagai bahan baku kantong *souvenir ecoprint*. Menurut Mokhtar. (2020) , proses produksi semen membutuhkan energi yang besar dan menghasilkan emisi CO₂ yang signifikan menggunakan energi kira-kira hingga 15% dari total energi industri di suatu negara. Program pengelolaan limbah kantong kertas semen ini dapat menurunkan emisi pemanasan global sebesar 161,368 kg CO₂ eq.(dan *impact category* lainnya seperti tersaji dalam Tabel. 6.) untuk tiap ton kantong kertas semen atau pada program ini antara tahun 2021 – 2022 mampu menurunkan emisi pemanasan global sebesar 9.819,155661 kg CO₂ eq setara dengan 9, 819 ton CO₂ eq.

4. KESIMPULAN

- 1) Titik *Hotspot* pada siklus yang telah diskenariokan terdapat pada pengadaan kantong kertas semen, transportasi pengangkutan dan daur ulang kantong kertas semen *reject*.
- 2) Kertas semen yang dikumpulkan untuk didaur ulang di tempat daur ulang terpusat akan memberikan kontribusi lebih besar pada dampak lingkungan *terrestrial ecotoxicity*, *Land use*, *Global warming*, *Human non-carcinogenic toxicity* dan *Human carcinogenic toxicity*.
- 3) Pemanfaatan kantong semen yang saat ini telah dilakukan oleh masyarakat dampingan dan perusahaan antara lain pemanfaatan kantong semen sebagai bahan baku kantong *souvenir ecoprint*. Program ini menurunkan emisi pemanasan global sebesar 161,368 kg CO₂ eq. untuk tiap ton kantong kertas semen (skenario 2).

5. SARAN

Untuk peningkatan dan memperkaya *database* LCA yang komprehensif pada produksi kantong kertas semen di Indonesia dan pemanfaatannya, penelitian yang akan datang dapat dilakukan melalui metode *cradle to cradle*.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk. Pabrik Cilacap dan Politeknik Negeri Cilacap yang telah memfasilitasi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal, H., Venkat Kumar, S., & Rajeshkumar, S. (2017). A review on green synthesis of zinc oxide nanoparticles – An eco-friendly approach. *Resource-Efficient Technologies*, 3(4), 406–413. <https://doi.org/10.1016/J.REFFIT.2017.03.002>
- García-Gusano, D., Herrera, I., Garraín, D., Lechón, Y., & Cabal, H. (2015). Life cycle assessment of the Spanish cement industry: Implementation of environmental-friendly solutions. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 17, 59-73.
- Kinanty, R., Farahdiba, A. U., & Ali, M. (2022). Analisis Life Cycle Assessment (LCA) Proses Pertambangan Perusahaan Semen. *EnviroUS*, 2(2), 120–124. <https://doi.org/10.33005/enviroUS.v2i2.127>
- Martos, J.-L.G., Schoenberger, H., (2014). An analysis of the use of life cycle assessment for waste co-incineration in cement kilns. *Resour. Conserv. Recycl.* 118–131
- Mokhtar, A., & Nasooti, M. (2020). A Decision Support Tool for Cement Industry to Select Energy Efficiency Measures. *Energy Strategy Reviews*, 28, 100458. <https://doi.org/10.1016/J.ESR.2020.100458>.
- Thwe, E., Khawidada, D., Gasparatos, A., (2021)., Life cycle assessment of a cement plant in Naypyitaw, Myanmar., *Cleaner Environmental Systems*. 2. 100007
- Valderrama, C., Granados, R., Cortina, J.L., Gasol, C.M., Guillem, M., Josa, A., (2012). Implementation of best available techniques in cement manufacturing: a lifecycle assessment study. *J. Clean. Prod.* 25, 60–67. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.11.055>.
- WHO, 2017. (2017). JMP launch version July 12 2017. Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene - 2017 Update and SDG Baselines. *WHO Library Cataloguing-in-Publication Data*. <https://doi.org/10.1007/s12686-011-9397-4>
- Yurinda, N.S., & Farahdiba, A.U. (2022). Analisis Life Cycle Assessment “Gate To Grave” Proses Produksi Semen. *Jurnal EnviroUS*, 2(2), 98-103.
- Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan (KLHK) (2021), Direktorat Jenderal Pengendalian Pencemaran Dan Kerusakan Lingkungan Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan, Pedoman Penyusunan Laporan Penilaian Daur Hidup (LCA)