

SKRIPSI

***LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) “GATE
TO GRAVE” PROSES PRODUKSI SEMEN
KABUPATEN TUBAN***



Oleh :

NOSA SYIFA YURINDA

NPM 17034010070

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”
JAWA TIMUR
SURABAYA
2022**

SKRIPSI

***LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) “GATE
TO GRAVE” PROSES PRODUKSI SEMEN
KABUPATEN TUBAN***



Oleh :

NOSA SYIFA YURINDA

NPM 17034010070

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”
JAWA TIMUR
SURABAYA
2022**

LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) “GATE TO GRAVE”
PROSES PRODUKSI SEMEN KABUPATEN TUBAN

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Dalam Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (ST.)
Program Studi Teknik Lingkungan.

Diajukan Oleh :

NOSA SYIFA YURINDA

17034010070

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”
JAWA TIMUR
SURABAYA
2022

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi/tugas akhir

LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) "GATE TO GRAVE"
PROSES PRODUKSI SEMEN KABUPATEN TUBAN

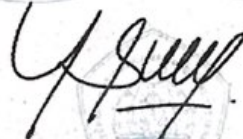
Disusun Oleh :

NOSA SYIFA YURINDA

NPM: 17034010070

Telah Dipertahankan Dihadapan dan Diterima Oleh Tim Penguji Skripsi
Fakultas Teknik Program Studi Teknik Lingkungan
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Pada Tanggal : 6 Januari 2022

Menyetujui Dosen
Pembimbing,



Aulia Ulfah Farahida, ST., M.Sc.
NIP. 172 1989 0106 060

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur



Dr. Dra. Jariyah, MP.
NIP. 19650403 199103 2 001

**LEMBAR PERSETUJUAN
LULUS REVISI UJIAN LISAN
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN**

Nama : Nosa Syifa Yurinda
NPM : 17034010070
Judul Skripsi : *Life Cycle Assessment (LCA) "Gate to Grave"* Proses Produksi
Semen Kabupaten Tuban

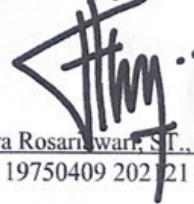
Disetujui oleh Tim Penguji Skripsi Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas
Teknik, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" JawaTimur Pada Tanggal :
6 Januari 2022

Penguji I,



Euis Nurul Hidayah, ST., MT., P.hD.
NIP. 19771023 202121 2 004

Penguji II,



Firra Rosari Iwar, ST., MT.
NIP. 19750409 202121 2 004

**Mengetahui,
Koordinator Progam Studi
Teknik Lingkungan**



Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT
NIP. 19681126 1994032001

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nosa Syifa Yurinda

NPM : 17034010070

Program Studi : Teknik Lingkungan

Fakultas : Teknik

Email : nosasyifa@gmail.com

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul "*Life Cycle Assessment (LCA) "Gate to Grave" Proses Produksi Semen Kabupaten Tuban*" benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 14 Januari 2022

Yang membuat pernyataan,



Nosa Syifa Yurinda

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Laporan Skripsi dengan baik dan tepat waktu. Laporan skripsi yang berjudul ”*Life Cycle Assessment (LCA) “Gate to Grave” Proses Produksi Semen Kabupaten Tuban*”. Laporan ini merupakan salah satu persyaratan bagi setiap mahasiswa Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, UPN “Veteran” Jawa Timur untuk mendapatkan gelar sarjana.

Selama menyelesaikan laporan skripsi ini, saya telah banyak memperoleh bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu pada kesempatan ini saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Dr. Dra. Jariyah, MP., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT. Selaku Koordinator Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Ibu Aulia Ulfah Farahdiba ST., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing saya yang selalu membantu dan memberi saran mulai dari penyusunan ide hingga proses pengerjaan laporan skripsi ini.
4. Ibu Euis Nurul Hidayah, ST., MT., P.hD. dan Ibu Firra Rosariawari, ST., MT. Selaku Dosen Penguji Tugas Akhir yang memberi kritik dan saran pada laporan skripsi ini.
5. Kedua Orang tua, Adik dan Keluarga yang selalu ada untuk menguatkan dan memberikan dukungan moril, materil dan do’a.
6. Yangti, Tante, Om, Mas, Mbak dan Mbak Dhila yang selalu ada dan memberikan semangat dan dukungan pada penulis.

7. Teman-teman Teknik Lingkungan UPN “Veteran” Jawa Timur angkatan 2017 dan kakak tingkat yang selalu bertukar pikiran, berbagi ilmu dan memberikan masukan selama kuliah dan pada saat pengerjaan skripsi ini.
8. Sahabat dan teman dekat selama perkuliahan yaitu Retno, Siska, Victoria, Nabcan, Emira, Ratih, Ana, Yusuf, Rizaldi, Fadil, Qidham dan Mas Rio yang selalu mensupport, membantu dan menguatkan selama perjalanan kuliah dan proses pengerjaan laporan skripsi ini.
9. Serta sahabat dan teman dekat penulis lainnya yaitu Fika, Sofia, Diva, Salsa, Desy, Sherin, Wanda, Nara, Tya, Made, Rheza dan Randyka yang selalu memberikan semangat dan menguatkan selama ini, sehingga semua dapat terlalui dengan baik.

Penyusun menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan skripsi ini, untuk itu saran dan kritik yang membangun akan penyusun terima. Akhir kata, penyusun berharap agar laporan ini dapat bermanfaat dan mohon maaf yang sebesar-besarnya apabila didalam laporan ini terdapat kata-kata yang kurang berkenan atau kurang dipahami.

Surabaya, Januari 2022

Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Tinjauan Umum.....	5
2.1.1 Semen.....	5
2.1.2 <i>Finish mill atau cement mill</i>	6
2.1.3 <i>Packaging Plant</i>	7
2.1.4 <i>Distribution</i>	8
2.1.5 <i>End of Life</i>	8
2.1.6 <i>Life Cycle Assasment (LCA)</i>	8
2.1.7 <i>Product Category Rule (PCR)</i>	11
2.1.8 SimaPro.....	13
2.1.9 Metode pada <i>Life Cycle Assasment</i>	14
2.2 Penelitian terdahulu	18
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Gambaran umum	22
3.2 Tahapan Penelitian	22

3.3 Penentuan <i>Goal and scope</i>	24
3.4 Tahap Pengumpulan data	26
3.5 Tahap Analisa data inventory	26
3.6 Tahap <i>Life Cycle Impact Assessment (LCIA)</i>	26
3.7 Tahap <i>Interpretasi</i>	27
3.8 Rekomendasi alternatif program perbaikan	27
3.9 Variabel penelitian	27
3.10 Jadwal penelitian	28
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Pengolahan <i>Life Cycle Assasment</i> Menggunakan SimaPro 9.0.0.47	30
4.1.1 Penentuan <i>Goals and Scope</i>	30
4.1.2 <i>Life Cycle Inventory (LCI)</i>	32
4.1.3 <i>Life Cycle Impact Assessment (LCIA)</i>	42
4.1.4 <i>Impact Assessment Semen PCC dan OPC</i>	50
4.1.5 <i>Life Cycle Impact Assessment Waste Scenario Packaging</i>	50
4.2 Interpretasi	52
4.3 Rekomendasi Program Perbaikan	56
4.4 Analisis Evaluasi <i>Life Cycle Assasment</i>	59
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN A	A-1
LAMPIRAN B	B-1
LAMPIRAN C	C-1
LAMPIRAN D	D-1

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Penelitian Terdahulu	18
Tabel 3.1 Jadwal penelitian.....	28
Tabel 4. 1 Data Inventori <i>finish mill</i>	35
Tabel 4. 2 Data Inventori <i>PackagingPlant</i>	38
Tabel 4. 3 Data Inventori <i>Distribution</i>	41
Tabel 4. 4 Kategori dan metode dampak assessment.....	43
Tabel 4. 5 Output Karakterisasi Dampak Lingkungan “gate to grave” produksi semen pabrik semen Tuban dengan SimaPro 9.0.0.47.	45
Tabel 4. 6 Output weighting Dampak Lingkungan “gate to grave” produksi semen pabrik semen Tuban dengan SimaPro 9.0.0.47.....	48
Tabel 4. 7 Completeness Check Proses Produksi Semen	58
Tabel 4. 8 Inventory penambahan dan pengurangan material energi serta emisi pada proses finish mill semen PCC.....	60
Tabel 4. 9 Hasil Penilaian Dampak dengan Penambahan dan Pengurangan Material, Energi dan Emisi pada proses finish mill semen PCC	61
Tabel 4. 10 Data Deviasi Setiap Kategori Dampak	62
Tabel 4. 11 Consistency check Proses Produksi Semen pabrik semen Tuban	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi proses produksi semen pabrik semen Tuban	5
Gambar 2.2 <i>Cement mil</i> atau <i>finish mill</i> dan <i>cement silo</i> pabrik semen pabrik semen Tuban	6
Gambar 2.3 <i>Packaging Plant</i> pabrik semen pabrik semen Tuban	7
Gambar 2.4 Batasan sistem informasi dan teknis untuk skenario LCA produksi semen.....	9
Gambar 2.5 Boundaries LCA dari proses produksi rata-rata industri semen	12
Gambar 2.6 <i>Impact categories</i> ReCipe 2016.....	15
Gambar 2.7 <i>Damage Impact categories</i> Eco-Indicator 99	16
Gambar 2.8 <i>Impact categories</i> Impact 2002+	17
Gambar 3.1 Skema tahapan penelitian.....	23
Gambar 3.2 <i>Diagram alir goal scope (Gate to Grave)</i>	25
Gambar 4. 1 Skema Produksi Semen.....	29
Gambar 4. 2 Penentuan goal pada SimaPro 9.0.0.47	31
Gambar 4. 3 Penentuan scope pada SimaPro 9.0.0.47.....	32
Gambar 4. 4 Diagram alir input dan output proses <i>finish mill</i> semen PCC	33
Gambar 4. 5 Diagram alir input dan output proses <i>finish mill</i> semen OPC.....	34
Gambar 4. 6 Diagram alir input dan output proses <i>packaging</i>	37
Gambar 4. 7 Diagram alir input dan output untuk proses <i>distribution (land transportation)</i>	39
Gambar 4. 8 Diagram alir input dan output untuk proses <i>distribution (shipping)</i>	40
Gambar 4. 9 Network Result “gate to grave” produksi semen pabrik semen Tuban dengan SimaPro 9.0.0.47.	44
Gambar 4. 10 Output normalisasi “gate to grave” produksi semen pabrik semen Tuban dengan SimaPro 9.0.0.47.	47
Gambar 4. 11 Output single score Dampak Lingkungan “gate to grave” produksi semen pabrik semen Tuban dengan SimaPro 9.0.0.47.	49
Gambar 4. 12 Network Result Semen PCC dan OPC pada proses <i>finish mill</i> dengan SimaPro 9.0.0.47	50

Gambar 4. 13 Network Result <i>waste scenario packaging</i> dengan SimaPro 9.0.0.47	51
Gambar 4. 14 Network Result <i>Respiratory Inorganics Characterization</i> dengan SimaPro 9.0.0.47	52
Gambar 4. 15 Kategori <i>Respiratory Inorganics</i> dengan SimaPro 9.0.0.47	53
Gambar 4. 16 Network Result <i>climate change Characterization</i> dengan SimaPro 9.0.0.47	54
Gambar 4. 17 Kategori <i>climate change</i> dengan SimaPro 9.0.0.47	55
Gambar 4. 18 Network Result <i>fossil fuels Characterization</i> dengan SimaPro 9.0.0.47	55

ABSTRAK

Pabrik Semen Tuban merupakan salah satu pabrik produksi semen yang berlokasi di Tuban. Produk semen yang diproduksi mencapai $\pm 1.000.000$ ton/tahun. Proses produksi semen Pabrik Semen Tuban hingga digunakannya semen melewati beberapa proses yaitu *quarry* (pertambangan), *raw mill*, *pre heater*, *kiln & cooler*, *finish mill*, *packaging*, dan *distribution (land transportation dan shipping)*. Proses produksi semen yang dianalisis meliputi proses *finish mill atau cement mill*, *packaging*, *distribution* dan *end of life (waste packaging)* produk semen. Berdasarkan kegiatan produksi semen diatas, menghasilkan dampak terhadap lingkungan. Maka dari itu perlu dilakukan penelitian terkait proses dan akhir dari produk tersebut menggunakan analisa *Life Cycle Assessment (LCA)*. Cakupan pada analisis ini menggunakan pendekatan *gate to grave* dengan *software SimaPro 9.0.0.47*. Metode analisis dampak yang dipilih adalah metode *Eco-Indicator 99 (E)*. Data yang dianalisis dalam penelitian ini menggunakan data produksi setiap 1 ton produk semen. *Impact category* terbesar dari hasil analisis ini yaitu *respiratory inorganics* $1,08E3$ DALY, *climate change* sebesar $95,9$ DALY dan *fossil fuels* $2,94E8$ MJ surplus. Proses yang memiliki dampak terbesar adalah pada proses *Finish Mill* ($5,91E7$ Pt) dan *distribution (shipping)* ($5,84E6$ Pt). Alternatif pengelolaan dampak lingkungan sebagai program perbaikan yang dapat dilakukan adalah optimalisasi *maintanance* penggunaan *bag filter*, mengurangi penggunaan batubara sebagai bahan bakar dan mengganti dengan *refuse derived fuel (RDF)* dan menggunakan biodiesel sebagai bahan bakar truk distribusi.

Kata kunci : Pabrik semen, *Life Cycle Assessment (LCA)*, *gate to grave*, *Eco-Indicator 99*, *SimaPro*

ABSTRACT

Tuban cement manufacturing is one of the cement production plants located in Tuban. Cement products produced reach $\pm 1,000,000$ tons/year. The cement production process of Tuban cement manufacturing for cement use goes through several processes, specifically quarry (mining), raw mill, preheater, kiln & cooler, finish mill, packaging, and distribution (land transportation and shipping). The cement production process analyzed includes the process of finishing mill or cement mill, packaging, distribution and end of life (waste packaging) of cement products. Based on the above cement production activities, which have an impact on the environment. Therefore, it is necessary to conduct research related to the process and end of the product using Life Cycle Assessment (LCA) analysis. The scope of this analysis uses a gate to grave approach with SimaPro 9.0.0.47 software. The impact analysis method chosen is the Eco-Indicator 99 (E) method. The data analyzed in this study used production data for every 1 tonne of cement product. The largest impact categories from the results of this analysis are inorganic respiration of $1.08E3$ DALY, climate change of 95.9 DALY and fossil fuel surplus of $2.94E8$ MJ. The process that has the biggest impact is the Finish Mill process ($5.91E7$ Pt) and distribution (shipping) ($5.84E6$ Pt). Alternative environmental management as an improvement program that can be carried out are optimizing the use of bag filter maintenance, reducing the use of coal as fuel and replacing it with derivative fuels (RDF) and using biodiesel as fuel for distribution trucks.

Keywords : *Cement manufacturing, Life Cycle Assessment (LCA), gate to grave, Eco-Indocator 99, SimaPro*