

TUGAS AKHIR

ANALISIS DAMPAK LINGKUNGAN INDUSTRI SEMEN DENGAN PENDEKATAN *LIFE CYCLE ASSESSMENT* PADA RUANG LINGKUP *CRADLE TO GATE*

Diajukan untuk memenuhi persyaratan mencapai derajat Sarjana pada
Program Studi S-1 Teknik Lingkungan Fakultas Teknik
Universitas Lambung Mangkurat

Dibuat:

Muhammad Syufian Syauri

NIM. 2010815310012

Pembimbing:

Muhammad Abrar Firdausy, S.T., M.T.

NIP. 199101192019031016



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARBARU
2024**

LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK LINGKUNGAN

**Analisis Dampak Lingkungan Industri Semen Dengan
Pendekatan Life Cycle Assessment Pada Ruang Lingkup Cradle
To Gate**
Oleh

Muhammad Syufian Syaury (2010815310012)

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada 07 Mei 2024 dan dinyatakan

L U L U S

Komite Penguji :

Ketua : Dr. RizqiPuteri Mahyudin S.Si., M.S.
NIP. 19870828202122001

Anggota 1 : Rd. Indah Nirtha Nilawati N.P. S.T., M.Si.
NIP. 197706192008012019

Pembimbing : Muhammad Abrar Firdausy, S.T., M.T.
Utama NIP. 199101192019031016

Banjarbaru, Senin, 27 Mei 2024

Diketahui dan disahkan oleh:

Wakil Dekan Bidang Akademik
Fakultas Teknik ULM,

Koordinator Program Studi
S-1 Teknik Lingkungan,

Dr. Mahmud, S.T., M.T.

NIP. 19740107 199802 1 001

Dr. Rizqi Puteri Mahyudin, S.Si., M.S

NIP. 19780828 201212 2 001

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis dan mengidentifikasi kategori dampak yang dihasilkan pada industri semen dengan pendekatan (*cradle to gate*), menganalisis dan Menetapkan lokasi kriteria dari unit proses yang menimbulkan dampak terbesar, menganalisis rekomendasi dalam memperbaiki proses produksi untuk mengurangi dampak terhadap lingkungan. Metode yang digunakan adalah penilaian LCA (*Life Cycle Assessment*) dengan menggunakan penilaian kategori dampak *CML Baseline* yang merujuk pada PermenLHK No 1 Tahun 2021 tentang pemenuhan kriteria PROPER (Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan dalam pengelolaan lingkungan Hidup). Hasil penelitian didapatkan nilai *Global Warming Potential* ($1.75.E+09$ kg CO₂ eq), *Marine aquatic ecotoxicity* ($5.97.E+09$ kg 1,4-DB eq), *Human toxicity* ($1.26.E+07$ kg 1,4-DB eq), *Photochemical oxidation* ($3.66.E+05$ kg 1,4-DB eq), *Acidification Potential* ($8.44.E+06$ kg SO₂ eq), *Fresh water aquatic ecotox.* ($1.31.E+05$ kg 1,4-DB eq), *Abiotic depletion* ($6.35.E+00$ kg Sb eq), *Abiotic depletion (fossil fuels)* ($4.30.E+08$ MJ) unit fungsional total produksi semen selama setahun. Potensi dampak terbesar (*hotspot*) berada pada unit *kiln & Cooler*. Efisiensi perbaikan berupa efisiensi penggunaan energi listrik, optimalisasi penggunaan bahan bakar alternatif dan material, serta Optimalisasi penggunaan alat pengendali emisi berupa penggunaan *Dust Collector* dan evaluasi kinerja *Electrostatic precipitator* dan *Bag Filter* sebagai upaya penurunan beban emisi.

Kata Kunci: Industri Semen, *Life Cycle Assessment*, *OpenLCA*, *CML Baseline*, *PROPER*, *Cradle To Gate*, *Permen LHK No.1*, *Hotspot*.

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze and identify the categories of impacts generated in the cement industry with a cradle to gate approach, analyze and determine the location of the criteria of the process units that cause the greatest impact, analyze recommendations for improving the production process to reduce the impact on the environment. The method used is LCA (Life Cycle Assessment) assessment using the CML Baseline impact category assessment which refers to PermenLHK No. 1 of 2021 concerning the fulfillment of PROPER criteria (Company Performance Rating Assessment Program in environmental management). The results of the study obtained the value of Global Warming Potential (1.75.E+09 kg CO₂ eq), Marine aquatic ecotoxicity (5.97.E+09 kg 1.4-DB eq), Human toxicity (1.26.E+07 kg 14-DB eq), Photochemical oxidation (3.66.E+05 kg 1.4-DB eq), Acidification Potential (8.44.E+06 kg SO₂ eq), Fresh water aquatic ecotox. (1.31.E+05 kg 1.4-DB eq), Abiotic depletion (6.35.E+00 kg Sb eq), Abiotic depletion (fossil fuels) (4.30.E+08 MJ) functional units of total cement production for a year. The largest potential impact (hotspot) is in the kiln & Cooler unit. Efficiency improvements in the form of efficient use of electrical energy, optimizing the use of alternative fuels and materials, and optimizing the use of emission control devices in the form of the use of Dust Collectors and evaluating the performance of Electrostatic precipitators and Bag Filters as an effort to reduce emission loads.

Keywords: Cement Industry, Life Cycle Assessment, Open LCA, CML Baseline, PROPER, Cradle to Gate, PermenLHK No.1, Hotspot.

PRAKATA

Puji dan syukur Penulis panjatkan kehadiran Allah SWT., yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga Penulis dapat Menyusun dan menyelesaikan Tugas Akhir (Skripsi) dengan judul “Analisis Dampak Lingkungan Industri Semen Dengan Pendekatan *Life Cycle Assesment* Pada Ruang Lingkup *Cradle To Gate*”. Laporan ini disusun memenuhi persyaratan mencapai derajat Sarjana pada Program Studi S-1 Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat. Dalam penulisan Tugas Akhir (Skripsi), tentunya Penulis mendapatkan arahan dan bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu, Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan segala kemudahan, kelancaran, keselamatan, dan kesehatan selama proses penyelesaian tugas akhir.
2. Orang tua dan seluruh keluarga yang tak henti-hentinya memberikan dukungan dan doa demi kelancaran proses penyelesaian tugas akhir.
3. PT. Indocement Tunggal Prakarsa, khususnya pada dept. environment dan produksi yang telah memberikan kesempatan dan menerima penulis melakukan kerja praktik dan belajar terkait LCA di perusahaan.
4. ibu Dr. Rizqi Puteri Mahyudin, S.Si., M.S. selaku Koordinator Program Studi, Bapak Rijali Noor, S.T., M.T. selaku dosen penasehat akademik, dan seluruh dosen, serta staf Program Studi S-1 Teknik Lingkungan yang telah membimbing dan memfasilitasi penulis dalam melaksanakan kegiatan perkuliahan.
5. Muhammad Abrar Firdausy, S.T., M.T. yang selalu membimbing, membagikan wawasan, serta memberikan motivasi terhadap penulis pada saat penyelesaian tugas akhir.

6. Ibu Dr. Rizqi Puteri Mahyudin, S.Si., M.S. dan ibu Rd. Indah Nirtha Nilawati N.P. S.T., M.Si. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyusunan tugas akhir.
7. Bapak Muhammad Syahirul Alim, S.T., M.T. selaku dosen yang telah memberikan saran dan masukan selama menjalankan perkuliahan di Program Studi Teknik Lingkungan.
8. Dicha Fadilla yang senantiasa menemani dan memberikan segala bentuk dukungan serta bantuan kepada penulis untuk terus semangat dalam menyelesaikan tugas akhir.
9. Arya Ginanjar yang membantu dari awal perkuliahan hingga akhir perkuliahan
10. Angkatan 2020 (FUTURE'20), yang mendukung penulis hingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir.
11. Kakak tingkat dan adik tingkat di program studi Teknik lingkungan yang memberikan saran masukan dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir.

Akhir kata penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Tugas Akhir (Skripsi) ini tentunya masih jauh dari kata sempurna, penulis menyadari bahwa dalam penyusunan penelitian ini masih memiliki kekurangan. Penulis dengan kerendahan hati mengharapkan kritik, saran, bimbingan, serta nasehat yang membangun demi kesempurnaan tulisan ini.

Banjarbaru April 2024

Muhammad Syufiian Syauri

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK.....	i
<i>ABSTRACT</i>	ii
PRAKATA.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR SINGKATAN DAN NOTASI	ix
DAFTAR RUMUS	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pengertian Semen.....	6
2.2 Tipe – Tipe Semen	7
2.3 Proses Pembuatan Semen	12
2.4 Penilaian Daur Hidup/ <i>Life Cycle Assessment (LCA)</i>	20
2.5 Dampak Lingkungan.....	28
2.6 Studi Pustaka	31
III. METODE PENELITIAN.....	33
3.1 Rancangan Penelitian.....	33
3.2 Lokasi Penelitian	39
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	39
3.4 Data Penelitian	39
3.5 Variabel Penelitian.....	40
3.6 Analisis Data	40
3.7 Kerangka Penelitian	43
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	44
4.1. Deskripsi Tahapan Produksi Semen.....	44
4.2. Analisis Pengolahan Data <i>Life Cycle Assessment (LCA)</i>	47

V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	96
5.1. Kesimpulan.....	96
5.2. Saran.....	97
DAFTAR RUJUKAN	98

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Penilaian Dampak Metode CML -AI	25
Tabel 2.2 Studi Pustaka	30
Tabel 3.1 Faktor Emisi GRK	37
Tabel 3.2 Faktor Emisi SO ₂ dan NO _x	38
Tabel 4.1 Unit Fungsional dalam Kajian LCA	48
Tabel 4.2 Tujuan dan Ruang Lingkup Penelitian	48
Tabel 4.3. Inventori Data Tahap Pertambangan (<i>Mining</i>)	58
Tabel 4.4. Inventori Data Tahap Penggilingan dan Pencampuran (<i>Raw Mill</i>)	48
Tabel 4.5. Inventori Data Tahap Penyuplai Batu Bara (<i>Coal Mill</i>)	62
Tabel 4.6. Inventori Data Tahap <i>Burning & Cooling</i>	64
Tabel 4.7. Inventori Data Tahap <i>Finish Mill</i>	67
Tabel 4.8. Inventori Data Tahap <i>Packer</i> Penelitian.....	69
Tabel 4.9. Hasil dari karakterisasi Metode <i>CML_Baseline</i>	71
Tabel 4.10. Hasil dari Normalisasi Metode <i>CML_Baseline</i>	72
Tabel 4.11. Hasil Karakterisasi GWP di Unit Produksi	73
Tabel 4.12. Hasil Karakterisasi MAEP di Unit Produksi	48
Tabel 4.13. Hasil Karakterisasi HTP di Unit Produksi	48
Tabel 4.14. Hasil Karakterisasi POP di Unit Produksi.....	48
Tabel 4.15. Hasil Karakterisasi AP di Unit Produksi.....	48
Tabel 4.16. Hasil Karakterisasi EP di Unit Produksi.....	48
Tabel 4.17. Hasil Karakterisasi FWAEP di Unit Produksi.....	48
Tabel 4.18. Hasil Karakterisasi ADP di Unit Produksi	88
Tabel 4.19. Hasil Karakterisasi ADP (Fosil) di Unit Produksi	88
Tabel 4.20. Rincian Kontributor Dampak Tertinggi Unit Proses <i>CML_Baseline</i> .	48
Tabel 4.21. Hasil Penilaian Penggunaan <i>Alternatif Fuel</i> Faktor Konversi	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tahap Produksi Semen Pada Proses Kering	14
Gambar 2.2 Tahap Alur proses Pembuatan semen	15
Gambar 2.3 Tahap Penyusunan LCA.....	22
Gambar 3.1. Kerangka Penelitian	33
Gambar 4.1 Proses Produksi Semen Secara Umum.....	46
Gambar 4.2. Batas Ruang Lingkup Kajian.....	49
Gambar 4.3. Pengoperasian <i>OpenLCA: Database, Indicator dan Parameters</i> ..	50
Gambar 4.4. Pengoperasian <i>OpenLCA: Tahap Inventori: Pembuatan Flow</i>	52
Gambar 4.5. Pengoperasian <i>OpenLCA: Tahap Inventori: Pembuatan Proses</i> ..	52
Gambar 4.6. Pengoperasian <i>OpenLCA: Tahap Inventori: Pembuatan Produk</i> ..	53
Gambar 4.7. Alur Proses Kerja Identifikasi dengan <i>OpenLCA</i>	54
Gambar 4.8. Diagram Alir Inventori Data Proses Produksi	55
Gambar 4.9. Diagram Alir Inventori <i>Mining</i>	56
Gambar 4.10. Diagram Alir Inventori <i>Raw Mill</i>	60
Gambar 4.11. Diagram Alir Inventori <i>Coal Mill</i>	62
Gambar 4.12. Diagram Alir Inventori <i>Burning & Cooling</i>	64
Gambar 4.13. Diagram Alir Inventori <i>Finish Mill</i>	67
Gambar 4.14. Diagram Alir Inventori <i>Unit Packer</i>	69
Gambar 4.15. Karakterisasi Metode <i>CML_Baseline (World 2000)</i>	71
Gambar 4.16. Hasil Normalisasi Metode <i>CML_Baseline (World 2000)</i>	72
Gambar 4.17. Diagram Sengkey Hasil Karakterisasi GWP	75
Gambar 4.18. Diagram Sengkey Hasil Karakterisasi MAE	76
Gambar 4.19. Diagram Sengkey Hasil Karakterisasi HTP	78
Gambar 4.20. Diagram Sengkey Hasil Karakterisasi POP	80
Gambar 4.21. Diagram Sengkey Hasil Karakterisasi AP	82
Gambar 4.22. Diagram Sengkey Hasil Karakterisasi TEP	83
Gambar 4.23. Diagram Sengkey Hasil Karakterisasi EP	85
Gambar 4.24. Diagram Sengkey Hasil Karakterisasi FWAEP	87
Gambar 4.25. Diagram Sengkey Hasil Karakterisasi ADP <i>Foss. Emission</i>	89
Gambar 4.26. Diagram Sengkey Hasil Karakterisasi ADP	90

DAFTAR SINGKATAN DAN NOTASI

ADP	= <i>Abiotic depletion potential</i>
ADP	= <i>Abiotic depletion potential (fossil fuels)</i>
AL ₂ O ₃	= <i>Alumina</i>
ALT.Fuel	= <i>Alternative Fuel</i>
ANFO	= <i>Ammonium Nitrat Fuel Oil</i>
AP	= <i>Acidification potential</i>
As	= <i>Arsen</i>
BOD	= <i>Biochemical oxygen demand</i>
CaO	= <i>Oksida Kapur</i>
Cd	= <i>Kadmium</i>
CH ₄	= <i>Metana</i>
<i>Characterization</i>	= Tahapan di mana semua zat dikalikan dengan faktor yang mencerminkan kontribusi relatif mereka terhadap dampak lingkungan
CML-IA	= <i>Centrum Voor Milieuwetenschappen Impact Assessment</i>
CO	= <i>Carbon Monoksida</i>
Co	= <i>Cobalt</i>
CO ₂	= <i>Carbon dioxide</i> (Karbon Dioksida)
Cr	= <i>Khromium</i>
Cu	= <i>Tembaga</i>
EP	= <i>Eutrophication potential</i>
Fe ₂ O ₃	= <i>Besi</i>
FWAEP	= <i>Fresh water aquatic ecotox. potential</i>
GGBFS	= <i>Ground Granulate Blast Furnace Slag</i>
GWP	= <i>Global Warming Potential</i>
H ₂ O	= <i>Air</i>
HCL	= <i>Hidrogen Klorida</i>
HF	= <i>Hidrogen Fluorida</i>
Hg	= <i>Raksa</i>
HTP	= <i>Human toxicity potential</i>
IPCC	= <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
ISO	= <i>International Organization for Standardization</i>

<i>Kiln</i>	= Tungku Api
LCA	= <i>Life Cycle Assessment</i> (Penilaian Daur Hidup)
LCI	= <i>Life Cycle Inventory</i>
LCIA	= <i>Life Cycle Impact Assessment</i>
MAEP	= <i>Marine aquatic ecotoxicity potential</i>
N ₂ O	= Dinitrogen oxide
NCV	= <i>Net calorific Value</i>
Ni	= Nikel
NO	= Nitrogen oksida
<i>Normalization</i>	= Proses analisis data, di mana membandingkan indicator dampak dengan kategori dampak
NO _x	= Nitrous Oxide
ODP	= <i>Ozone layer depletion</i>
OPC	= <i>Ordinary Portland Cement</i>
Pb	= Timbal
PCC	= <i>Portland Composite Cement</i>
POP	= <i>Photochemical oxidation potential</i>
PROPER	= Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup
SiO ₂	= Silikat
SO ₂	= Sulfur dioksida
TEP	= <i>Terrestrial ecotoxicity potential</i>
TI	= Talium
TOC, sebagai CH ₄	= <i>Total Organic Compound</i>
V	= Vanadium

DAFTAR RUMUS

Persamaan 3.1 Beban Emisi Penggunaan Energi Listrik	34
Persamaan 3.2 Beban Emisi Kalsinasi	34
Persamaan 3.3 Beban Emisi Penggunaan Bahan Bakar Biomassa Untuk Energi Panas	35
Persamaan 3.4 Beban Emisi Penggunaan Bahan Bakar Fosil	35
Persamaan 3.5 Beban Emisi Penggunaan Bahan Bakar Fosil (<i>mix</i>)	35
Persamaan 3.6 Beban Emisi Penggunaan Bahan Bakar	35
Persamaan 3.7 Beban Emisi Penggunaan Bahan Bakar Pertambangan	35
Persamaan 3.8 Beban Emisi Cerobong <i>Dust Collector</i> dari Alat Transportasi Material	36
Persamaan 3.9 Beban Emisi Cerobong <i>Dust Collector</i> dari Alat Transportasi Material	36
Persamaan 3.10 Beban Emisi Cerobong <i>Dust Collector</i> dari Alat Transportasi Material	36
Persamaan 3.11 Ekstraksi batu kapur	36
Persamaan 4.1 Hasil Normalisasi	72

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Acuan Dan Referensi Komponen Perhitungan
Lampiran B. <i>Raw Data</i> yang di Dapatkan di PT. XYZ Selama 2022
Lampiran C. Contoh Perhitungan LCI
Lampiran D. Peta Lokasi Penelitian
Lampiran E. <i>Log Book</i> Penelitian
Lampiran F. Riwayat Hidup Penulis