

**ANALISIS DAMPAK LINGKUNGAN
DENGAN *LIFE CYCLE ASSESSMENT* (LCA)
PADA PRODUKSI KATALIS EKSTRUDAT,
STUDI KASUS INDUSTRI KATALIS DI INDONESIA**

TUGAS AKHIR



RAISHA AYU LUTHFIANA

1222925020

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER**

UNIVERSITAS BAKRIE

JAKARTA

2025

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas Akhir ini adalah karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Raisha Ayu Luthfiana

NIM : 1222925020

Tanda tangan :

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized, cursive script that appears to be the name 'Raisha Ayu Luthfiana'. The signature is written over a horizontal line.

Tanggal : 17 Januari 2025

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Raisha Ayu Luthfiana
NIM : 1222925020
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer
Judul Skripsi : Analisis Dampak Lingkungan dengan *Life Cycle Assessment* (LCA) pada Produksi Katalis Ekstrudat, Studi Kasus Industri Katalis di Indonesia

Telah berhasil dipertaruhkan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan untuk melanjutkan penelitian pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1: Diki Surya Irawan, ST., M.Si., IPM.



Penguji 1 : Prof. Deffi Ayu Puspito Sari, S.TP., M.Agr.Sc, Ph.D., IPM., ASEAN Eng.



Penguji 2 : Aqil Azizi, S.Pi., M.ApplSc., Ph.D.



Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 20 Februari 2025

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Puji dan Syukur saya panjatkan kepada kehadiran Allah SWT, yang atas segala rahmatnya, saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan proposal Tugas Akhir ini dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Lingkungan di Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan, bimbingan dan masukan dari berbagai pihak, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini, sehingga dalam kesempatan ini perkenankan saya menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Diki Surya Irawan, ST., M.Si., IPM. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran serta memberikan masukan yang berharga untuk mengarahkan saya dalam penyusunan proposal Tugas Akhir ini.
2. Prof. Deffi Ayu Puspito Sari, S.TP., M.Agr.Sc, Ph.D., IPM., ASEAN Eng selaku dosen penguji 1
3. Bapak Aqil Azizi, S.Pi., MApplSc., Ph.D. selaku Dosen Penguji 2 dan Kepala Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Bakrie.
4. Orang tua dan keluarga besar, yang tidak hentinya memberikan dukungan dan do'a selama penyelesaian proposal Tugas Akhir ini.
5. Seluruh dosen Teknik Lingkungan beserta staf Universitas Bakrie, yang telah memberikan ilmunya kepada saya.
6. Rekan – rekan mahasiswa kelas karyawan Teknik Lingkungan Bakrie, atas semua dukungan yang diberikan kepada saya.
7. Semua pihak yang telah membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini, yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Sebagai penutup, penulis berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu saya. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu kedepannya.

Jakarta, 17 Januari 2025

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai civitas akademik Universitas Bakrie, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Raisha Ayu Luthfiana
NIM : 1222925020
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Bakrie **Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**ANALISIS DAMPAK LINGKUNGAN
DENGAN *LIFE CYCLE ASESMENT* (LCA)
PADA PRODUKSI KATALIS EKSTRUDAT,
STUDI KASUS INDUSTRI KATALIS DI INDONESIA**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif ini Universitas Bakrie berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta untuk kepentingan akademis.

Demikian pertanyaan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta
Pada Tanggal : 17 Januari 2025

Yang menyatakan



Raisha Ayu Luthfiana

ABSTRAK

ANALISIS DAMPAK LINGKUNGAN DENGAN *LIFE CYCLE* *ASESSMENT (LCA)* PADA PRODUKSI KATALIS EKSTRUDAT: STUDI KASUS INDUSTRI KATALIS DI INDONESIA

Industri minyak, gas, dan energi memiliki kontribusi besar dalam perekonomian Indonesia, tetapi juga membawa tantangan lingkungan yang signifikan. PT X, sebagai produsen katalis pertama di Indonesia, memproduksi katalis *hydrotreating* yang berperan penting dalam menghasilkan energi bersih. Namun, proses produksinya melibatkan bahan kimia dan logam berat yang berpotensi merusak lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak lingkungan dari proses produksi katalis ekstrudat di PT X menggunakan metode *Life Cycle Assessment (LCA)* dengan perangkat lunak OpenLCA dan pendekatan CML-IA *baseline*. Penelitian dilakukan dengan pendekatan *gate-to-gate* yang mencakup proses dari tahap *kneading*, *extrusion*, *drying*, *calcination*, *metal dissolution*, *impregnation*, hingga *packaging*. Hasil analisis menunjukkan bahwa kategori dampak terbesar adalah *abiotic depletion* (3,28E-8), *acidification* (7,97E-9), *eutrophication* (3,17E-9), dan *abiotic depletion (fossil fuels)* (2,53E-9). Material yang berkontribusi signifikan adalah Molibdenum Trioksida (>99%) dan emisi Amonia (>99%) selama proses *calcination*. Kesimpulan dari penelitian ini mengidentifikasi bahwa tahapan *calcination* dan *metal dissolution* memiliki dampak terbesar. Rekomendasi yang diajukan mencakup pengelolaan katalis bekas untuk mengurangi penggunaan bahan baku baru, yang dapat menekan eksploitasi sumber daya alam dan limbah logam berat; optimalisasi *scrubber* untuk menangkap emisi amonia, sehingga mengurangi potensi *acidification* dan *eutrophication*; serta pemanfaatan energi terbarukan seperti panel surya untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan menekan dampak *abiotic depletion (fossil fuels)*. Diharapkan penelitian ini dapat membantu PT X dalam mengembangkan proses produksi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Kata Kunci: *Life Cycle Assessment*, Katalis Ekstrudat, Dampak Lingkungan, CML-IA, Industri Katalis

ABSTRACT

ANALISIS DAMPAK LINGKUNGAN DENGAN *LIFE CYCLE* *ASESSMENT* (LCA) PADA PRODUKSI KATALIS EKSTRUDAT: STUDI KASUS INDUSTRI KATALIS DI INDONESIA

The oil, gas, and energy industries make a significant contribution to Indonesia's economy but also present considerable environmental challenges. PT X, as the first catalyst producer in Indonesia, manufactures hydrotreating catalysts that play a crucial role in producing clean energy. However, the production process involves chemicals and heavy metals that have the potential to harm the environment. This study aims to evaluate the environmental impact of the extrudate catalyst production process at PT X using the Life Cycle Assessment (LCA) method, with OpenLCA software and the CML-IA baseline approach. The study adopts a gate-to-gate approach, covering processes from kneading, extrusion, drying, calcination, metal dissolution, impregnation, to packaging. The analysis results indicate that the most significant impact categories are abiotic depletion (3.28E-8), acidification (7.97E-9), eutrophication (3.17E-9), and abiotic depletion (fossil fuels) (2.53E-9). Key contributing materials include Molybdenum Trioxide (>99%) and Ammonia emissions (>99%) during the calcination process. The study concludes that the calcination and metal dissolution stages have the most significant impacts. The recommendations proposed include managing spent catalysts to reduce the use of new raw materials, which can help minimize resource exploitation and heavy metal waste; optimizing scrubbers to capture ammonia emissions, thereby reducing acidification and eutrophication potential; and utilizing renewable energy such as solar panels to decrease reliance on fossil fuels and mitigate abiotic depletion (fossil fuels). This study is expected to help PT X develop more environmentally friendly and sustainable production processes.

Keywords: *Life Cycle Assessment, Extrudate Catalyst, Environmental Impact, CML-IA, Catalyst Industry*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Profil Perusahaan Lingkup Studi	6
2.2 Katalis <i>Hydrotreating</i> dan Proses <i>Hydroprocessing</i>	6
2.2.1 Proses Pembuatan Katalis <i>Hydrotreating</i>	7
2.2.2 Dampak Lingkungan dari Proses <i>Hydroprocessing</i> dan Pembuatan Katalis <i>Hydrotreating</i>	8
2.3 <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA)	10
2.3.1 Prinsip <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA).....	10
2.3.2 Metodologi <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA)	12

2.3.3 <i>Life Cycle Assessment (LCA) Katalis Hydrotreating</i> dalam Konteks Lingkungan.....	14
2.4 Aplikasi OpenLCA	15
2.5 Penelitian Terdahulu	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	20
3.2 Tahapan Penelitian.....	20
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	21
3.4 Metode Penelitian	21
3.4.1 Pengumpulan Data.....	22
3.4.2 Pengolahan Data dengan Metode <i>Life Cycle Assessment (LCA)</i>	24
3.4.3 Kesimpulan dan Saran	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
4.1 Proses Pembuatan Katalis Ekstrudat.....	30
4.1.1 <i>Mulling & Extruding</i>	30
4.1.2 <i>Support Calcination</i>	31
4.1.3 <i>Metal Solution & Impregnation</i>	32
4.1.4 <i>Catalyst Calcination</i>	33
4.1.5 <i>Screening & Packaging</i>	33
4.1.6 <i>Dedusting System</i>	34
4.1.7 <i>Scrubber System</i>	35
4.2 Analisis dengan <i>Life Cycle Assessment</i>	35
4.2.1 <i>Goal and Scope</i>	36
4.2.2 <i>Life Cycle Inventory (LCI)</i>	37
4.2.3 <i>Life Cycle Impact Assessment (LCIA)</i>	46
4.2.5 Interpretasi.....	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	66
5.1 Kesimpulan	66
5.2 Saran	67

DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN	73
Lampiran I-Rincian <i>Data Inventory</i>	73
Lampiran II-Penilaian Kualitas Data	81

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Daftar Studi Terdahulu berkaitan dengan Topik Penelitian.....	18
Tabel 2. Data primer lapangan	23
Tabel 3. Data sekunder.....	24
Tabel 4. Hasil Matriks silsilah (<i>Pedigree Matrix</i>) pada penelitian OpenLCA	39
Tabel 5. Data <i>Quality Rating</i> (ILCD)	40
Tabel 6. Daftar Material Tambahan untuk LCA Proses Produksi Katalis Ekstrudat	41
Tabel 7. Daftar <i>Process</i> OpenLCA dalam Produksi Katalis Ekstrudat	41
Tabel 8. Data Inventori Daur Hidup dalam Produksi Katalis Ekstrudat (September 2024).....	43
Tabel 9. Perbandingan Nilai Kategori Dampak sebelum dan setelah <i>Normalization & Weighting</i>	59
Tabel 10. Rincian Inventaris Data.....	73
Tabel 11. <i>Data Quality Rating</i> (DQR).....	81
Tabel 12. Level Data Kualitas Berdasarkan ILCD	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Alur Pembuatan Katalis Hydrotreating Sumber : olah data penulis	7
Gambar 2 Kerangka Kerja Penilaian Daur Hidup (sumber: SNI ISO 14040:2016)	11
Gambar 3. Kerangka Berpikir Penelitian	20
Gambar 4. Diagram Alir Penelitian	22
Gambar 5. Penentuan Tujuan <i>Life Cycle Assessment</i>	25
Gambar 6. Ruang Lingkup Penelitian	25
Gambar 7. Penambahan <i>Flow</i> di OpenLCA; (ii) Tampilan <i>Windows Flow</i> Baru	26
Gambar 8. (i) Penambahan <i>Process</i> di OpenLCA; (ii) Tampilan <i>Windows Process</i> Baru	26
Gambar 9. (i) Pengisian <i>Inputs & Outputs Process</i> di OpenLCA; (ii) Tampilan <i>Windows</i> Pemilihan <i>Flows</i> untuk ditambahkan di <i>Inputs/Outputs</i>	27
Gambar 10. (i) Pembuatan <i>Product System</i> di OpenLCA; (ii) <i>Pop-up Windows</i> <i>New Product System</i>	28
Gambar 11. <i>Windows</i> Kalkulasi Dampak Lingkungan dengan Aplikasi OpenLCA	28
Gambar 12. Gambaran Sistem Produksi Katalis Ekstrudat di PT X. Sumber; olah data penulis.....	30
Gambar 13. Peralatan <i>Mulling & Extruding</i> : (i) <i>Muller Mixer</i> dan (ii) <i>Extruder</i> ..	31
Gambar 14. <i>Box Dryer</i> untuk Proses Kalsinasi Support dan Katalis.....	32
Gambar 15. Peralatan dalam Proses <i>Impregnation</i> : (i) <i>Impregnant Solution Tank</i> dan (ii) <i>Rotary Batch Mixer</i>	33
Gambar 16. (i) <i>Alat Screening dengan Vibratory Screen</i> ; dan (ii) Debu Hasil <i>Screening</i>	34
Gambar 17. <i>Dedusting system</i>	35
Gambar 18. <i>Scubber System</i>	35
Gambar 19. Matriks Silsilah (<i>Pedigree Matrix</i>) dalam Aplikasi OpenLCA	38
Gambar 20. <i>Product System</i> Produksi Katalis Ekstrudat.....	45
Gambar 21. Rincian Analisis Dampak Produksi Katalis Ekstrudat berdasarkan Emisi	47

Gambar 22. Rincian Analisis Dampak Produksi Katalis Ekstrudat berdasarkan Proses	48
Gambar 23 . Diagram Sankey Kategori Dampak <i>Global Warming</i>	49
Gambar 24. Diagram Sankey dan Rincian Kategori Dampak <i>Ozone Layer Depletion</i>	50
Gambar 25. Diagram Sankey Kategori Dampak <i>Acidification</i>	51
Gambar 26. Diagram Sankey Kategori Dampak <i>Eutrophication</i>	52
Gambar 27. Rincian Dampak <i>Abiotic Depletion</i>	53
Gambar 28. Diagram Sankey Kategori Dampak <i>Abiotic Depletion (Fossil Fuels)</i>	54
Gambar 29. Diagram Sankey Kategori Dampak <i>Human Toxicity</i>	55
Gambar 30. Diagram Sankey Kategori Dampak <i>Photochemical Oxidation</i>	56
Gambar 31. Hasil <i>Normalization & Weighting</i> Dampak Lingkungan Produksi Katalis Ekstrudat dengan Referensi EU25	58
Gambar 32. Hasil Kontribusi Dampak Lingkungan yang ditimbulkan setiap <i>Flow</i>	61
Gambar 33. Karakterisasi Kontribusi Material setiap Kategori Dampak	62

DAFTAR SINGKATAN

1,4-DB-eq	: Ekvivalen 1,4-diklorobenzena, satuan dampak <i>human toxicity</i>
γ -Al ₂ O ₃	: Gamma alumina
CFC-11-eq	: Ekvivalen klorofluorokarbon-11, satuan dampak <i>ozone layer depletion</i>
CML-IA	: <i>Center for Environmental Science, Leiden – Impact Assessment</i>
Co	: Kobalt
CO ₂ -eq	: Ekvivalen karbon dioksida, satuan ukuran dampak <i>global warming</i>
C ₂ H ₄ -eq	: Ekvivalen etilena, satuan ukuran dampak <i>photochemical oxidation</i>
ISO	: <i>International Organization for Standardization</i>
kg	: kilogram, satuan massa
LCA	: <i>Life Cycle Assessment</i>
LCI	: <i>Life Cycle Inventory</i>
LCIA	: <i>Life Cycle Impact Assessment</i>
MJ	: <i>Megajoule</i>
Mo	: Molibdenum
MoS ₂	: Molibdenum sulfida
Ni	: Nikel
NiMo/ γ -Al ₂ O ₃	: Katalis berbasis logam molibdenum dan nikel dalam penyangga alumina
NO _x	: Emisi gas berbasis nitrogen oksida
PO ₄ -eq	: Ekvivalen fosfat, satuan ukuran dampak <i>eutrophication</i>
Sb-eq	: Ekvivalen antimon, satuan ukuran dampak <i>abiotic depletion</i>
SO ₂ -eq	: Ekvivalen sulfur dioksida, satuan ukuran dampak <i>acidification</i>
W	: Tungsten
WS ₂	: Tungsten sulfida