



UNIVERSITAS PERTAHANAN RI

**LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA): ANALISIS DAMPAK
LINGKUNGAN DALAM PEMBUATAN
PIROTEKNIK CAHAYA**

FIDELA AURELLIA SALSABILA NIM. 320200303010

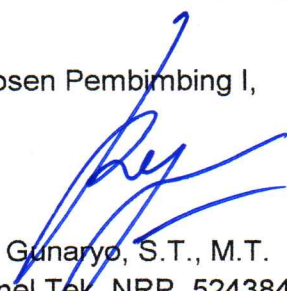
**Skripsi yang Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam
Mendapatkan Gelar Sarjana**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM MILITER
PROGRAM STUDI KIMIA
BOGOR 2024**

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama : Fidela Aurellia Salsabila
NIM : 320200303010
Program Studi : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
Judul Skripsi : *Life Cycle Assessment (LCA): Analisis Dampak Lingkungan dalam Pembuatan Piroteknik Cahaya*

Dosen Pembimbing I,

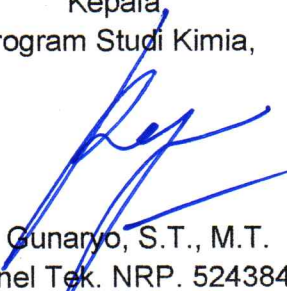

Dr. Gunaryo, S.T., M.T.
Kolonel Tek. NRP. 524384
Tanggal: 26 JUL 2024

Dosen Pembimbing II,

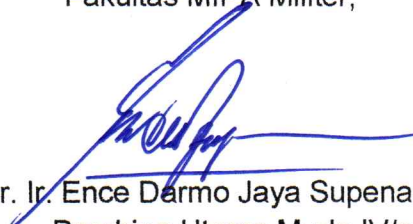

Anggi Khairina H. H., S.Si., M.Si.
NIP. 199111032022032002
Tanggal: 26 JUL 2024

Mengetahui,

Kepala
Program Studi Kimia,

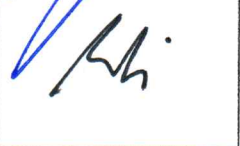
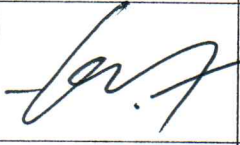

Dr. Gunaryo, S.T., M.T.
Kolonel Tek. NRP. 524384
Tanggal: 26 JUL 2024

Dekan
Fakultas MIPA Militer,


Dr. Ir. Ence Darmo Jaya Supena, M.Si.
Pembina Utama Muda IV/c
Tanggal: 26 JUL 2024

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Nama : Fidela Aurellia Salsabila
NIM : 320200303010
Program Studi : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
Judul Skripsi : *Life Cycle Assessment (LCA): Analisis Dampak Lingkungan dalam Pembuatan Piroteknik Cahaya*

No	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
1	Dosen Pembimbing I: Dr. Gunaryo, S.T., M.T. Kolonel Tek. NRP. 524384		26 JUL 2024
2	Dosen Pembimbing II: Anggi Khairina Hanum H., S.Si., M.Si. NIP. 199111032022032002		26 JUL 2024
3	Dosen Penguji I: Tedi Kurniadi, S.Si., M.Si. NIDN. 4710117501		26 JUL 2024
4	Dosen Penguji II: Dr. Rahmat Basuki, S.Pd., M.Sc. NIP. 199005132022031001		26 JUL 2024

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini tidak mengandung karya atau bagian karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di Perguruan Tinggi manapun. Saya juga memastikan bahwa tidak ada istilah, frasa, kalimat, paragraf, subbab, atau bab yang diambil dari karya yang pernah saya tulis atau diterbitkan, kecuali yang secara eksplisit disebutkan dan dikutip dalam naskah ini serta tercantum dalam Daftar Referensi.

Apabila dikemudian hari terbukti bahwa terdapat plagiat dalam skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan atau undang-undang berlaku.

Bogor, Juli 2024



Fidela Aurellia Salsabila

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Pertahanan Republik Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fidela Aurellia Salsabila

NIM : 320200303010

Program Studi : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer

Jenis Karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pertahanan Republik Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Life Cycle Assessment (LCA): Analisis Dampak Lingkungan dalam Pembuatan Piroteknik Cahaya

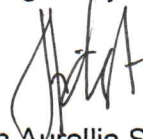
beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Pertahanan Republik Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Dibuat di : Bogor

Pada Tanggal : 24 Juli 2024

Yang menyatakan



Fidela Aurellia Salsabila

NIM. 320200303010

KATA PENGANTAR

Puji syukur peneliti panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulisan skripsi dengan judul: "*Life Cycle Assessment* (LCA): Analisis Dampak Lingkungan pada Pembuatan Piroteknik Cahaya" dapat diselesaikan.

Penyusunan skripsi ini ditujukan sebagai salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Kimia Militer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pertahanan RI. Penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Kolonel (Tek). Dr. Gunaryo, S.T., M.T selaku dosen pembimbing I dan Ibu Anggi Khairina Hasibuan, S.Si., M.Si selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan bantuan selama penulis menempuh studi di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pertahanan Republik Indonesia.
2. Kedua orang tua penulis, Agus Riyanto dan Sri Lestari, yang selalu memberikan kasih sayang, doa, nasihat, serta atas kesabarannya yang luar biasa dalam setiap langkah hidup penulis, yang merupakan anugerah terbesar. Penulis berharap dapat menjadi anak yang dapat dibanggakan.
3. Para dosen, staf, dan seluruh civitas akademika Prodi Kimia Militer Universitas Pertahanan Republik Indonesia.
4. Seluruh keluarga tersayang yang senantiasa mendoakan dan memberikan semangat dalam proses penyelesaian skripsi ini.
5. Rekan-rekan kadet mahasiswa *Cohort* 1 dan terkhusus Prodi Kimia Militer yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan kerja sama yang baik selama penulis menjalani perkuliahan selama 4 tahun.

6. Sahabat penulis, Riyanti Putri, Cut Annisa Salsabila, Asna Mala H.M, Siti Humairah N.D.L, Mutiara Gita, dan Reza Anitasari yang selalu memberikan doa, semangat, dan dukungan.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah dengan tulus ikhlas memberikan doa dan motivasi sehingga dapat terselesaikannya skripsi ini. Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas kebaikan-kebaikan berbagai pihak atas bantuannya.

Saya menyadari bahwa skripsi ini masih kurang sempurna, oleh karena itu dengan kerendahan hati mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif demi kesempurnaan skripsi ini.

Akhirnya, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat terhadap pengembangan ilmu pertahanan, khususnya teknologi pertahanan dan keamanan dalam upaya menciptakan produk, serta memberikan Solusi alternatif dalam pengambilan keputusan melalui evaluasi dampak lingkungan yang dihasilkan, untuk menciptakan produk yang ramah lingkungan.



Bogor, Juli 2024

Fidela Aurellia Salsabila

ABSTRAK

Life Cycle Assessment (LCA): Analisis Dampak Lingkungan pada Pembuatan Piroteknik Cahaya

Seni dan pengetahuan dalam menciptakan efek visual dan suara yang mengesankan menggunakan bahan kimia yang dapat menghasilkan kilatan, cahaya, dan suara yang luar biasa dikenal sebagai piroteknik cahaya, atau kembang api. Pembakaran yang dihasilkan umumnya menghasilkan residu setelah peledakan, asap dalam jumlah besar, dan bau khas yang menyebabkan polusi udara. Oleh karena itu, diperlukan analisis siklus hidup untuk mengukur dampak lingkungan, dari proses pembuatannya. Dalam studi ini dilakukan analisis *Life Cycle Assessment (LCA)* terhadap proses pembuatan piroteknik cahaya, serta memberikan usulan perbaikan dari dampak lingkungan yang dihasilkan pada proses pembuatan piroteknik cahaya menggunakan *software OpenLCA 1.11* dan metode analisa dampak *Ecoinvent 3.9 - CML v4.8 2016* proses pembuatan piroteknik cahaya dilakukan proses pembuatan melalui 2 tahap, yaitu *mixing*, dan *initiation*. Dengan menggunakan LCA, mampu mengevaluasi dampak lingkungan terhadap dampak *Climate Change*, *Acidification Potential*, *Eutrophication Potential*, *Human Toxicity*, dan *Energy*. Berdasarkan hasil analisis LCA pada setiap tahap didapatkan bahwa penggunaan magnesium memiliki nilai dampak terbesar pada setiap tahapan. Penggunaan PVC masih aman digunakan sebagai binders dalam proses pembuatan piroteknik cahaya.

Kata kunci: Dampak lingkungan, Life Cycle Assessment, OpenLCA, Piroteknik Cahaya

ABSTRACT

Life Cycle Assessment (LCA): Environmental Impact Analysis on Light Pyrotechnic Production

The art and science of creating impressive visual and sound effects using chemicals that can produce incredible flashes, light and sound is known as pyrotechnics of light, or fireworks. The resulting combustion generally produces residue after detonation, large amounts of smoke, and a distinctive odor that causes air pollution. Therefore, a life cycle analysis is required to measure the environmental impact of the production process. In this study, a Life Cycle Assessment (LCA) analysis of the pyrotechnic light manufacturing process is carried out, and provides suggestions for improvement of the environmental impacts generated in the pyrotechnic light production process using OpenLCA 1.11 software and the 2016 Ecoinvent 3.9 - CML v4.8 impact analysis method. the pyrotechnic light manufacturing process is carried out in the production process through 2 stages, namely mixing, and initiation. By using LCA, it is able to evaluate environmental impacts on the impacts of Climate Change, Acidification Potential, Eutrophication Potential, Human Toxicity, and Energy. Based on the results of the LCA analysis at each stage, it is found that the use of magnesium has the greatest impact value at each stage. The use of PVC is still safe to use as binders in the process of making light pyrotechnics.

Keywords: Environmental impact, Life Cycle Assessment, OpenLCA, Light Pyrotechnics



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL DEPAN	i
LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR SINGKATAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Landasan Teori	4
2.1.1 Piroteknik	4
2.1.2 Piroteknik Cahaya	4
2.1.3 Magnesium	5
2.1.4 Natrium Nitrat (NaNO_3)	6

2.1.5 Poly-Vinyl Chloride (PVC).....	6
2.1.6 Life Cycle Assessment (LCA)	7
2.1.7 The International Organization for Standardization (ISO).....	11
2.1.8 Software OpenLCA.....	12
2.1.9 Metode CML-IA (baseline)	15
2.2 Hasil Penelitian Terdahulu.....	18
2.3 Kerangka Berpikir.....	21
2.3.1 Kerangka Berpikir 1.....	21
2.3.2 Kerangka Berpikir 2	21
2.4 Hipotesis.....	22
2.4.1 Hipotesis 1.....	22
2.4.2 Hipotesis 2.....	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1 Metode dan Desain Penelitian	23
3.1.1 Metode Penelitian.....	23
3.1.2 Desain Penelitian.....	23
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	24
3.2.1 Tempat Penelitian.....	24
3.2.2 Waktu Penelitian.....	24
3.3 Variabel Penelitian	25
3.4 Prosedur Penelitian	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1 Analisis Dampak Lingkungan	31
4.1.1 Climate Change.....	33
4.1.2 Acidification Potential (AP).....	35

4.1.3 <i>Eutrophication Potential</i> (EP).....	37
4.1.4 <i>Human Toxicity</i> (HT)	39
4.1.5 <i>Energy</i>	42
4.2 Analisis Alternatif Bahan pada Binders.....	44
4.2.1 <i>Climate Change</i>	44
4.2.2 <i>Acidification Potential</i> (AP)	45
4.2.3 <i>Eutrophication Potential</i> (EP)	46
4.2.4 <i>Human Toxicity</i> (HT).....	47
4.2.5 <i>Energy</i>	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	50
5.1 Kesimpulan.....	50
5.2 Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA.....	52
LAMPIRAN.....	58



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Reaksi Pembentukan PVC	7
Gambar 2.2 Prinsip LCA	8
Gambar 2.3 Parameter indikator OpenLCA 1.11	13
Gambar 2.4 Flows OpenLCA 1.11	14
Gambar 3.1 Diagram alir metode penelitian	24
Gambar 3.2 Diagram alir LCA untuk pembuatan piroteknik cahaya	26
Gambar 4.1 Analisis dampak yang dihasilkan pada pembuatan 100 g piroteknik	32
Gambar 4.2 Perbandingan analisis dampak climate change pada proses mixing dan initiation	33
Gambar 4.3 Analisis dampak climate change pada proses mixing	33
Gambar 4.4 Analisis dampak climate change pada proses initiation	33
Gambar 4.5 Perbandingan analisis dampak AP pada proses mixing dan initiation	35
Gambar 4.6 Analisis dampak AP pada proses mixing	36
Gambar 4.7 Analisis dampak AP pada proses initiation	36
Gambar 4.8 Perbandingan analisis dampak EP pada proses mixing dan initiation	37
Gambar 4.9 Analisis dampak EP pada proses mixing	38
Gambar 4.10 Analisis dampak EP pada proses initiation	38
Gambar 4.11 Perbandingan analisis dampak HT pada proses mixing dan initiation	39
Gambar 4.12 Analisis dampak HT pada proses mixing	40
Gambar 4.13 Analisis dampak HT pada proses initiation	40
Gambar 4.14 Perbandingan analisis dampak energy pada proses mixing dan initiation	42
Gambar 4.15 Analisis dampak energy pada proses mixing	42
Gambar 4.16 Analisis dampak energy pada proses initiation	42
Gambar 4.17 Analisis dampak climate change terhadap alternatif bahan pada binders	44
Gambar 4.18 Analisis dampak AP terhadap alternatif bahan pada binders	45

Gambar 4.19 Analisis dampak EP terhadap alternatif bahan pada binders	46
Gambar 4.20 Analisis dampak HT terhadap alternatif bahan pada binders	47
Gambar 4.21 Analisis dampak energy terhadap alternatif bahan pada binders.....	48



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Fitur dan Simbol OpenLCA 1.11	14
Tabel 2.2 Life Cycle Assessment Categories	15
Tabel 2.3 Hasil Penelitian Terdahulu	18
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian	25
Tabel 3.2 Input material dalam pembuatan piroteknik cahaya	29
Tabel 3.3 Kategori dampak dalam pembuatan piroteknik cahaya	30
Tabel 4.1 Kategori dampak dalam pembuatan 100 g piroteknik cahaya	31



DAFTAR SINGKATAN

AP	: <i>Acidification Potential</i>
BPA	: <i>Bisphenol A</i>
EP	: <i>Eutrofication Potential</i>
EPCH	: <i>Epiklorohidrin</i>
GWP	: <i>Global Warming Potential</i>
HTP	: <i>Human Toxicity Potential</i>
ISO	: <i>International Organization for Standardization</i>
LCA	: <i>Life Cycle Assessment</i>
LCI	: <i>Life Cycle Inventory</i>
LCIA	: <i>Life Cycle Impact Assessment</i>
PVC	: <i>Polivinyll Chloride</i>
VOCS	: <i>Volatile Organic Compound</i>

