

**ANALISIS EFISIENSI BERBASIS LIFE CYCLE ASSESSMENT PADA
PROYEK NORMALISASI SALURAN SEKUNDER D.I WADUK GOGOR
(Studi Kasus Desa Tersebar Kecamatan Balongpanggang Kabupaten Gresik)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains Dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya



**UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A**

Disusun Oleh

**VIOLA ESA NURSELA
NIM.09040722065**

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA

2026

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Viola Esa Nursela

NIM : 09040722065

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Sains dan Teknologi

Universitas : UIN Sunan Ampel Surabaya

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **"ANALISIS EFISIENSI BERBASIS LIFE CYCLE ASSESSMENT PADA PROYEK NORMALISASI SALURAN SEKUNDER D.I WADUK GOGOR (Studi Kasus Desa Tersebar Kecamatan Balongpanggang Kabupaten Gresik)"** adalah benar benar hasil karya sendiri yang ditulis secara sah sesuai dengan kaidah penulisan ilmiah yang dapat dipertanggungjawabkan, serta bukan hasil dari pikiran atau pengambilan tulisan orang lain. Apabila di kemudian hari ditemukan bukti serta terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan hukum.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh tanpa adanya paksaan dari pihak manapun.

Surabaya, 30 Juni 2026

Yang Menyatakan



Viola Esa Nursela
09040722065

PERSETUJUAN PEMBIMBING SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini untuk menyetujui:

Nama : Viola Esa Nursela
NIM : 09040722065
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : ANALISIS EFISIENSI BERBASIS LIFE CYCLE ASSESSMENT
PADA PROYEK PEMELIHARAAN SALURAN SEKUNDER D.I
WADUK GOGOR (Studi Kasus Desa Tersebar Kecamatan
Balongpanggang Kabupaten Gresik)

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan

Surabaya, 28 Mei 2026

Dosen Pembimbing I



Rr Diah Nugraheni Setyowati, MT

NIP.198205012014032001

Dosen Pembimbing II



Fajar Setiawan, MT

NIP. 198405062014031001

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi/Tagas Akhir berjudul "ANALISIS EFISIENSI BERBASIS *LIFE CYCLE ASSESSMENT* PADA PROYEK NORMALISASI SALURAN SEKUNDER DI WADUK GOGOR (Studi Kasus Desa Tersebar Kecamatan Balongpanggang Kabupaten Gresik)" oleh

VIOLA ESA NURSELA

NIM. 09040722065

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi

Surabaya, 3 Juni 2026

Penguji I



Rr Diah Nugraheni Setyowati, MT

NIP. 198205012014032001

Penguji II



Fajar Setiawan, MT

NIP. 198403062014031001

Penguji III



Sutarto Wondo Saputro, S.Pd., M.T

NIP. 199305012025051004

Penguji IV



Asri Sawiji, S.T., M.T., M.Sc

NIP. 198706262014032003

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Ampel Surabaya



Depul Hamdani, M.Pd

NIP. 196507312000031002

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



**KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN**

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax. 031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

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

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Viola Esa Nursela
NIM : 09040722065
Fakultas/Jurusan : Sains & Teknologi/ Teknik Sipil
E-mail address : violacsal15@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

☒ Sekripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)
yang berjudul :

ANALISIS EFISIENSI BERBASIS LIFE CYCLE ASSESSMENT PADA PROYEK
NORMALISASI SALURAN SEKUNDER D.I WADUK GOGOR (Studi Kasus Desa Tersebar
Kecamatan Balongpanggang Kabupaten Gresik)

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 30 Juni 2026

Penulis

(Viola Esa Nursela)

ABSTRAK

Infrastruktur irigasi memegang peran strategis dalam mendukung ketahanan pangan nasional, namun proyek normalisasi saluran irigasi sering dilaksanakan tanpa analisis dampak lingkungan yang memadai. Kondisi ini menyebabkan inefisiensi penggunaan material dan energi serta timbulan emisi yang tidak terkendali selama proses konstruksi. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi siklus hidup dan mengukur dampak lingkungan dari proyek normalisasi saluran sekunder D.I. Waduk Gogor, Desa Tersebar, Kecamatan Balongpanggang, Kabupaten Gresik. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan menilai tingkat efisiensi penggunaan material dan energi berdasarkan pendekatan Life Cycle Assessment (LCA). Metode utama yang digunakan adalah Life Cycle Assessment (LCA), yang merupakan pendekatan berbasis siklus hidup dalam mengevaluasi dampak lingkungan dari suatu sistem, produk, atau proses. Metode LCA dipilih karena mampu memberikan gambaran menyeluruh tentang interaksi antara aktivitas konstruksi dengan lingkungan, mulai dari pemilihan material, proses pelaksanaan proyek, hingga potensi emisi dan limbah yang dihasilkan. Proyek normalisasi saluran sekunder D.I. Waduk Gogor menghasilkan dampak lingkungan yang cukup signifikan. Hasil penelitian menunjukkan total emisi GWP sebesar 111.584,80 kg CO₂-eq, dengan hotspot utama pada kegiatan pemasangan U-Ditch K350 yang mendominasi 54,44% GWP dan 90,6% konsumsi energi fosil. Kegiatan pembongkaran batu lama menjadi penyumbang emisi partikulat terbesar sebesar 32,70%, sementara praktik reuse batu bekas bongkaran sebesar 260,71 ton berhasil menghemat 48,07 kg CO₂-eq.

Kata Kunci: Life Cycle Assessment, Normalisasi, Saluran Irigasi, Emisi Karbon, Efisiensi Material

UIN SUNAN AMPEL
SURABAYA

ABSTRACT

Irrigation infrastructure plays a strategic role in supporting national food security, but irrigation channel normalization projects are often implemented without adequate environmental impact analysis. This condition leads to inefficient use of materials and energy as well as uncontrolled emissions during the construction process. This study aims to identify the life cycle and measure the environmental impact of the secondary channel normalization project of the Gogor Reservoir River Basin, Tersebar Village, Balongpanggang District, Gresik Regency. In addition, this study also aims to assess the level of material and energy use efficiency based on the Life Cycle Assessment (LCA) approach. The main method used is Life Cycle Assessment (LCA), which is a life cycle-based approach in evaluating the environmental impact of a system, product, or process. The LCA method was chosen because it is able to provide a comprehensive picture of the interaction between construction activities and the environment, starting from material selection, the project implementation process, to the potential emissions and waste generated. The secondary channel normalization project of the Gogor Reservoir River Basin has generated quite significant environmental impacts. The results of the study showed a total GWP emission of 111,584.80 kg CO₂-eq, with the main hotspot in the installation of U-Ditch K350 which dominated 54.44% of the GWP and 90.6% of fossil energy consumption. The demolition of old stones was the largest contributor to particulate emissions at 32.70%, while the reuse practice of 260.71 tons of demolished stones managed to save 48.07 kg CO₂-eq.

Keywords: Life Cycle Assessment, Normalization, Irrigation Channels, Carbon Emissions, Material Efficiency

UIN SUNAN AMPEL
SURABAYA

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN PEMBIMBING SKRIPSI	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH...iv	
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	5
2.1 Saluran Irigasi	5
2.1.1 Pengertian Irigasi	5
2.1.2 Jenis Jenis Saluran	5
2.1.3 Sistem Dan Normalisasi Jaringan	7
2.1.4 Penilaian Siklus Hidup (LCA)	9
2.1.5 Penerapan LCA Pada Infrastruktur Irigasi	12
2.1.6 Analisis Efisiensi Berbasis LCA.....	13
2.2 Penelitian Terdahulu	18
2.3 Irigasi Dalam Integrasi Keislaman.....	21
2.1.1 Air sebagai Amanah dalam islam	21
2.3.1 Prinsip efisiensi dan larangan pemborosan	23
2.3.2 Keadilan distribusi air dalam syariat islam	24
2.3.3 Konsep masalah dalam pengelolaan irigasi	25

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1 Rancangan Penelitian.....	28
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	28
3.3 Alat dan bahan penelitian.....	31
3.4 Prosedur penelitian.....	33
3.5 Analisis Data	34
3.6 Bagan Alir	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1 Gambaran Umum Proyek pemeliharaan	42
4.2 Analisis Life Cycle Assessment(LCA)	48
4.2.1 Penentuan Tujuan dan Ruang Lingkup (Goal and Scope)	48
4.2.2 Life Cycle Inventory	48
4.2.3 Penilaian Dampak Siklus Hidup (Life Cycle Impact Assessment).....	84
4.3 Interpretasi Hasil dan Pembahasan.....	97
4.3.1 Identifikasi Hotspot Lingkungan.....	97
4.4 Analisis Efisiensi Berbasis LCA.....	100
4.5 Rekomendasi mitigasi	101
4.5.1 Substitusi Material	102
4.5.2 Penggunaan Semen Rendah Karbon (Blended Cement).....	102
4.5.3 Optimalisasi Rasio Campuran Mortar untuk Efisiensi Semen.....	103
4.5.4 Penggunaan APD Lengkap bagi Pekerja	104
4.5.5 Penyiraman Area Kerja untuk Menekan Debu	104
4.5.6 Pengadaan Semen Lokal untuk Meminimalkan Emisi Transportasi ..	105
BAB V PENUTUP	107
5.1 Kesimpulan	107
5.2 Saran	108
DAFTAR PUSTAKA.....	1
LAMPIRAN	I-1
BIODATA.....	158

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Densitas Material	15
Tabel 2.2 Densitas Bahan Bakar	15
Tabel 2.3 Densitas Transportasi	16
Tabel 2.4 Densitas Alat Berat	16
Tabel 2.5 Penelitian terdahulu	19
Tabel 4.1 Goal and Scope	48
Tabel 4.2 Perhitungan Emisi Transportasi alat berat	51
Tabel 4.3 Perhitungan Emisi Bahan bakar solar untuk mobilisasi alat	51
Tabel 4.4 Perhitungan Emisi Transportasi batu belah	51
Tabel 4.5 Perhitungan Emisi Transportasi semen	52
Tabel 4.6 Perhitungan Emisi Transportasi pasir	52
Tabel 4.7 Perhitungan Emisi Transportasi U-ditch	52
Tabel 4.8 Rekapitulasi Perhitungan Emisi Kegiatan Mobilisasi	53
Tabel 4.9 Tabel Inventory kegiatan Mobilisasi	54
Tabel 4.10 Perhitungan Emisi Bongkaran pasangan batu lama	56
Tabel 4.11 Perhitungan Emisi Bahan bakar solar	56
Tabel 4.12 Rekapitulasi Perhitungan Emisi Kegiatan Bongkaran Batu	57
Tabel 4.13 Tabel Inventory kegiatan pembongkaran pasangan batu lama	58
Tabel 4.14 Perhitungan Emisi U-Ditch precast	60
Tabel 4.15 Perhitungan Emisi pasir urug	60
Tabel 4.16 Perhitungan Emisi Lantai kerja beton	61
Tabel 4.17 Perhitungan Emisi Air kerja	61
Tabel 4.18 Perhitungan Emisi vibrator beton 52mm	61
Tabel 4.19 Perhitungan Emisi Bahan bakar solar alat pemasangan U-Ditch	62
Tabel 4.20 Rekapitulasi perhitungan Emisi Kegiatan Pemasangan U-Ditch	62
Tabel 4.21 Tabel Inventory kegiatan Pengadaan & Pemasangan U-Ditch K350	63
Tabel 4.22 Perhitungan Emisi Batu bekas bongkaran	65
Tabel 4.23 Perhitungan Emisi Semen Portland	65
Tabel 4.24 Perhitungan Emisi Pasir halus	66
Tabel 4.25 Perhitungan Emisi Air untuk mortar	66
Tabel 4.26 Perhitungan Emisi Bahan bakar solar alat semi mekanis	67
Tabel 4.27 Rekapitulasi Perhitungan Emisi Kegiatan Pemasangan Batu Bekas	67
Tabel 4.28 Tabel Inventory kegiatan Pasangan Batu Bekas Bongkaran (Semi Mekanis)	68
Tabel 4.29 Perhitungan Emisi Batu bekas bongkaran	70
Tabel 4.30 Perhitungan Emisi Semen Portland	70
Tabel 4.31 Perhitungan Emisi Pasir halus	71
Tabel 4.32 Perhitungan Emisi Air untuk mortar N	71
Tabel 4.33 Perhitungan Emisi Bahan bakar solar alat semi mekanis	71
Tabel 4.34 Rekapitulasi Perhitungan Kegiatan Pasangan Batu Baru	72
Tabel 4.35 Tabel Inventory kegiatan Pasangan Batu Belah Baru dengan Mortar N	73
Tabel 4.36 Perhitungan Emisi Semen Portland untuk siaran mortar	74
Tabel 4.37 Perhitungan Emisi Pasir halus untuk mortar M	75

Tabel 4.38 perhitungan emisi air	75
Tabel 4.39 Rekapitulasi Perhitungan Emisi Kegiatan Siaran	75
Tabel 4.40 Tabel Inventory kegiatan Siaran (Pointing) Mortar Tipe M	77
Tabel 4.41 Perhitungan Emisi Semen Portland untuk plesteran mortar	78
Tabel 4.42 Perhitungan Emisi Pasir halus untuk plesteran mortar S	78
Tabel 4.43 Perhitungan Emisi Air untuk plesteran mortar S	79
Tabel 4.44 Rekapitulasi Perhitungan Emisi Kegiatan Plasteran.....	79
Tabel 4.45 Tabel Inventory kegiatan Plesteran 1,5 cm Mortar Tipe S	80
Tabel 4.46 Perhitungan Emisi Mobilisasi Semen Portland.....	83
Tabel 4.47 Perhitungan Emisi Mobilisasi Fly Ash	84
Tabel 4.48 Hasil Characterization Dampak Lingkungan.....	85
Tabel 4.49 Hasil Normalization Dampak Lingkungan	87
Tabel 4.50 Rekapitulasi Emisi Karbon	91



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Lokasi Penelitian.....	29
Gambar 3.2 Peta layanan irigasi D.I Waduk Gogor	30
Gambar 3.3 Peta saluran sekunder D.I Waduk Gogor.....	31
Gambar 3.4 Bagan alir analisis data	35
Gambar 3.5 Bagan alir penelitian	37
Gambar 4.1 Skema Kontruksi.....	47
Gambar 4.2 Grafik Characterization Dampak Lingkungan	86
Gambar 4.3 Grafik Normalization Dampak Lingkungan	88
Gambar 4.4 Network Konstruksi saluran irigasi sekunder	95



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I Gambar Lokasi Proyek.....	I-1
Lampiran II Hasil Network Tree SimaPro.....	II-1
Lampiran III Tabel Perhitungan.....	III-1
Lampiran IV Penilaian Dampak Siklus Hidup (Life Cycle Impact Assessment)....	IV-1
Lampiran V Peta Lokasi	V-1
Lampiran VI Lembar Bimbingan Tugas Akhir.....	VI-1
Lampiran VII Catatan Ujian Tugas Akhir	VII-3
Lampiran VIII Bukti Foto Dokumentasi Ujian Tugas Akhir.....	VIII-1
Lampiran IX Bukti Pengecekan Plagiasi Laporan Tugas Akhir.....	IX-1
Lampiran X Bukti Pengumpulan Artikel Publikasi Tugas Akhir.....	X-1
Lampiran XI Bukti Pengumpulan Dokumen Persyaratan Yudisium.....	XI-1



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR PUSTAKA

- Adji, M. P., & Ali, M. (2024). *Metode Life Cycle Assessment Untuk Kajian Dampak Lingkungan Pada Instalasi Pengolahan Air Bersih*. IX(3), 9696–9706.
- Admaja, W. K., Sriwinarno, H., Yogyakarta, T., & Karbon, J. (2018). *IDENTIFIKASI DAN ANALISIS JEJAK KARBON (CARBON FOOTPRINT) DARI PENGGUNAAN LISTRIK DI INSTITUT IDENTIFICATION AND ANALYSIS OF CARBON FOOT (CARBON FOOTPRINT) FROM ELECTRICITY USE IN YOGYAKARTA INSTITUTE OF TECHNOLOGY A . PENDAHULUAN* Pemanasan global atau Global Warming adalah fenomenameningkatnya temperatur global dari tahun ke tahun karena terjadinya efek rumah kaca (greenhouse effect). Saat ini diperkirakan konsentrasi karbondioksida adalah yang paling dominan di atmosfer . Nilai emisi organisasi , peristiwa , produk , dan aktivitas manusia disebut sebagai jejak karbon . Jejak karbon adalah suatu ukuran dari aktivitas manusia yang menimbulkan dampak terhadap lingkungan . Semakin banyak aktivitas yang dilakukan oleh manusia , maka semakin tinggi nilai emisi yang dihasilkan . Hal ini menunjukkan terjadinya hubungan antara aktivitas manusia dengan kualitas udara di atmosfer . Salah satu kontribusi pertama bagi suatu institusi untuk melakukan mitigasi pemanasan global adalah dengan menilai emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari kegiatan sendiri baik emisi langsung maupun tidak langsung . Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui berapa besar emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan listrik Institut Teknologi Yogyakarta , mengetahui sebaran jejak karbon dari tiap – tiap penggunaan alat elektronik di Institut Teknologi Yogyakarta , mengetahui cara penurunan jejak karbon di Institut Teknologi Yogyakarta . 18(2).
- Agustian, R. D., Hidayah, E., Widiarti, W. Y., Sipil, J. T., Teknik, F., Jember, U., & Jember, K. (2022). *Analisis Prioritas Rehabilitasi Jaringan Irigasi Menggunakan Metode Simple Additive Weighting di Aliran Sungai Jompo*. 13(2), 159–171. <https://doi.org/10.21776/ub.pengairan.2022.013.02.03>
- Ahzab, Martono, D. N., & Gusdini, N. (2023). *Analisis Daur Hidup Produksi Beton Fly Ash sebagai Upaya Mengurangi Dampak Emisi CO₂*. 21(1), 68–75. <https://doi.org/10.14710/jil.21.1.1>.
- Alfiani, Annisa Rizky, D. A. (2025). *LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) PEKERJAAN BALOK DAN PLAT LANTAI BETON DI PROYEK APARTEMEN SAMAVIEW DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE SIMAPRO*. 5.
- Anisa putri, S., Besperi, Bahri, S., & Makmun Reza, R. (2023). *Evaluasi Kinerja Saluran Irigasi Dan Bangunan Distribusi Pada Daerah Irigasi Air Nakai Batu Roto Bengkulu Utara*. *Inersia: Jurnal Teknik Sipil*, 15(1), 65–76. <https://doi.org/10.33369/ijts.15.1.65-76>
- Arba, Y., & Thamrin, S. (2022). *Journal Review : Perbandingan Pemodelan Perangkat Lunak Life Cycle Assessment (LCA) untuk Teknologi Energi*. 3(2), 142–153. <https://doi.org/10.14710/jebt.2022.14001>
- Ariq Ahmad Widi, Moh. Sholichin, T. B. P. (2023). *Analisa Penentuan Skala Prioritas Rehabilitasi Jaringan Irigasi pada Daerah Irigasi Kendal di Kabupaten Kediri dengan Software Networks in the Kendal Irrigation Area in Kediri Regency with PSDA-PAI*. 3(2), 241–250.
- Azzahra, F., Kartika, N., Robial, S. M., & Tahadjuddin, T. (2023). *Analisis Kerusakan Saluran Irigasi Primer Daerah Irigasi (D.I) Cikahuripan Kabupaten Sukabumi*.

Agregat, 8(1), 866–871. <https://doi.org/10.30651/ag.v8i1.18615>

- Baniva, R., & Devi, D. S. (2024). *ANALISIS PENILAIAN KONDISI IRIGASI RAWA TELANG I KABUPATEN BANYUASIN*. 1(02), 79–87.
- Bastuti, P. T., & Nur, S. R. (2017). Irigasi Kecil: Kinerja, Masalah, dan Solusinya. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 35(2), 91–105. <http://ejurnal.litbang.pertanian.go.id/index.php/fae/article/view/7958>
- Basukala, A. K., Eschenbach, A., & Rasche, L. (2024). Effect of irrigation canal conveyance efficiency enhancement on crop productivity under climate change in Nepal. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(12), 1282. <https://doi.org/10.1007/s10661-024-13405-4>
- Benalc, D., Vilcekova, S., & Pardo, M. Á. (2023). *Analysis of Equivalent CO₂ Emissions of the Irrigation System — A Case Study*. 1–14.
- Brita, A., Gawei, P., Sintani, L., Studi, P., Teknik, J., Teknik, F., & Raya, U. P. (2022). *ANALISIS KONSUMSI ENERGI DAN EMISI GAS RUMAH KACA LENTUR DAN PERKERASAN KAKU*. 10(2), 165–176.
- Catlya Noer Aime, Nike Meydita Nuur Hidayah, M. H. F. (2025). *Analisis Dampak dari Pembangunan Green Building : Studi Literatur The Impact of Green Building : A Literature Review*. 10, 24–43.
- Chen, Chaomei Morris, S. (2003). *Visualizing Evolving Networks : Minimum Spanning Trees versus Pathfinder Networks*. 2003.
- Daffa Wibisono, N., & Fatchan, A. K. (2023). *Analisis Efisiensi Waktu Pemasangan Lining Precast Pada Rehabilitasi Jaringan Irigasi D.I Sim Di Kabupaten Madiun*.
- Darmawan, A. B., Abdus, M., & Jawwad, S. (2025). *Life Cycle Assessment (LCA) Analysis Operational Vehicles Telecommunication Industry at PT . X in East Java Using OpenLCA Software and the ReCipe Midpoint H Method*. 06(1), 7–14.
- Dasril, Bambang Istijono, N. (2021). <http://jurnal.umsb.ac.id/index.php/RANGTEKNIKJOURNAL>. 4(2), 374–382.
- Devia, D., Lestari, P., & Sembiring, E. (2017). Life Cycle Assessment (Lca) Produk Semen Portland Komposit (Studi Kasus: Pt X). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 23(2), 1–10. <https://doi.org/10.5614/j.tl.2017.23.2.1>
- Hakim, I., Razak, A., Xin, Z., Sin, K., & Sudesh, K. (2024). *Life Cycle Assessment on Global Warming and Fine Particulate Matter Formation for Biological Extraction Method in Polyhydroxyalkanoates (PHA) Production : a Sustainable Alternative*. 113(October), 397–402. <https://doi.org/10.3303/CET24113067>
- Hidayanti. (2023). *Program studi teknik sipil fakultas teknik universitas andi djemma palopo 2023*.
- Hidayat, R. Al. (2022). *Evaluasi Pembangunan Infrastruktur Jaringan Irigasi di Kabupaten Bengkulu Tengah*. 334–347.
- Indriani, Y., & Wicaksono, B. (2025). *Analisis Jaringan Irigasi Daerah Irigasi Sumberarum Kabupaten Bojonegoro*. 5, 732–741.
- Irwansyah, I., Azmeri, A., & Syamsidik, S. (2022). Evaluasi Kinerja Jaringan Utama Daerah Irigasi Jeuram Kabupaten Nagan Raya. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan*

Perencanaan, 4(2), 69–79. <https://doi.org/10.24815/jarsp.v4i2.16724>

- Kim, R., & Tae, S. (2019). *INTERNATIONAL JOURNAL OF SUSTAINABLE Building Technology and Urban Development Calculation of particulate matter formation of major building material in construction phase through life cycle impact assessment*. 10(2), 65–72.
- Kimsan, M. (2023). *KONSTRUKSI GEDUNG & DAMPAK LINGKUNGAN: A Review*. 11(November), 184–194.
- KLHK. (2021). *Pedoman Penyusunan Laporan Penilaian Daur Hidup (LCA). Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan*, 1, 1–82.
- muarif, Hidayanti, S. (2025). *Analisis Efektivitas Jaringan Irigasi Sekunder Bosso D . I Makawa*. 25, 511–520.
- Obaideen, K., Olabi, A. G., Swailmeen, Y. Al, Shehata, N., Abdelkareem, M. A., Alami, A. H., Rodriguez, C., & Sayed, E. T. (2023). *Solar Energy : Applications , Trends Analysis , Bibliometric Analysis and Research Contribution to Sustainable Development Goals (SDGs)*.
- Perera, C. R., Kalantari, H., & Johnson, L. W. (2022). *Climate Change Beliefs , Personal Environmental Norms and Environmentally Conscious Behaviour Intention*. 1–15.
- Purnama, A. C., & Ekaputri, J. J. (2021). *Penggunaan Fly Ash sebagai Agregat Buatan Pengganti Agregat Alami pada Campuran Beton Fly Ash Utilization as the Artificial Aggregates in Concrete Mixture*. 5(2), 107–120.
- Rahmayanti, H., & Berliana, R. (2025). *Analisis Sisa Material Keramik pada Proyek Pakuwon Residence Bekasi Mixed-Use Development Menggunakan Metode Life Cycle Assessment (LCA)*. 1(5), 2964–2974.
- Riza Susanti, Asri Nurdiana, Lukman, P. U. P. (2020). *PENDAMPINGAN RENCANA NORMALISASI SALURAN IRIGASI*. 01(04), 280–285.
- Samsami, Z., Jafari, A. J., Delnavaz, M., Naderi, A., Rashvanlou, R. B., Inchehboroun, B. M., & Dehghanifard, E. (2025). *Environmental impact assessment of southern tehran wastewater treatment plant using life cycle assessment (LCA)*. 1–12.
- Sangkala, S., Nara, O. D., & Titaley, H. D. (2025). *Analisa Kinerja Saluran Primer Daerah Irigasi Way Geren Kecamatan Lolong Guba Kabupaten Buru , Provinsi Maluku*. 2(1), 710–718.
- Sapulete, C. A., Lie, H. A., & Priastiwi, Y. A. (2019). *Sustainability Beton Metode Life Cycle Assessment Studi Kasus: Limbah Beton Laboratorium Bahan dan Konstruksi Departemen Teknik Sipil Universitas Diponegoro Semarang. Media Komunikasi Teknik Sipil*, 24(2), 140. <https://doi.org/10.14710/mkts.v24i2.18863>
- Science, E. (n.d.). *How Transport Modelling affects the building Life Cycle Assessment (LCA) results : A Case Study Analysis How Transport Modelling affects the building Life Cycle Assessment (LCA) results : A Case Study Analysis*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1078/1/012096>
- Suwondo, R. (2025). *Towards Low-Carbon Steel Design : Evaluating Castellated Beams for Embodied Carbon Reduction*. 15(5), 26814–26819.
- Tait, M. W., & Cheung, W. M. (2016). *LIFE CYCLE SUSTAINABILITY ASSESSMENT A comparative cradle-to-gate life cycle assessment of three concrete mix designs*. 847–

860. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1045-5>

Tiorivaldi, A. P. A. (2025). *I**, 21. 10(2), 123–132.

Wang, T., Sun, S., Yin, Y., Zhao, J., & Tang, Y. (2024). Agricultural and Forest Meteorology Status of crop water use efficiency evaluation methods : A review. *Agricultural and Forest Meteorology*, 349(February), 109961. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2024.109961>

Yudha, A., Abdu, A. M., Assomadi, F., Lingkungan, D. T., Sipil, F. T., Teknologi, I., & Nopember, S. (n.d.). *KAJIAN DAMPAK EMISI UDARA PADA PRODUKSI MINYAK BUMI DI PERUSAHAAN “ A ” MENGGUNAKAN METODE LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) ASSESSMENT OF THE IMPACT OF AIR EMISSIONS ON PETROLEUM PRODUCTION IN COMPANY “ A ” USING THE LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) METHOD.*

Yulia Indriani, Mushthofa, B. W. (2025). *Anal is is Inde ks K ine rja S iste m Ir igas i Dae rah Ir igas i Sambe ng Ke camatan Kas iman Kabupate n Bojone goro.* 5(2).

Zhulai, V., Tyunin, V., Shchiyenko, A., & Krestnikov, A. (2021). *Analytical Determination of Fuel Economy Characteristics of Earth-Moving Machines.* 02013, 1–7.

