

**PERBAIKAN KINERJA OPERASIONAL PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA UAP (PLTGU) DARI HASIL KAJIAN
*LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA)***

TUGAS AKHIR



Fuji Juhairil Hamdalah
1242923006

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BAKRIE
JAKARTA
2026**

**PERBAIKAN KINERJA OPERASIONAL PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA UAP (PLTGU) DARI HASIL KAJIAN
*LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA)***

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.)



Fuji Juhairil Hamdalah

1242923006

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BAKRIE
JAKARTA
2026**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Fuji Juhairil Hamdalah
NIM : 1242923006
Tanda Tangan : 
Tanggal : 02 Agustus 2026

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Fuji Juhairil Hamdalah
NIM : 1242923006
Program Studi : Teknik Industri
Fakultas : Teknik Dan Ilmu Komputer
Judul Skripsi : Perbaikan Kinerja Operasional Pembangkit Listrik Tenaga Uap
(PLTGU) Dari Hasil Kajian *Life Cycle Assessment* (LCA)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Edo Suryo Pratomo, S.T., M.Sc., Ph.D

()

Penguji : Adi Budipriyanto, S.T, M.T, Dr, IPM, CSCM

()

Penguji : Ir. Invanos Tertiana, M.M. MBA

()

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 02 Agustus 2026

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmatNya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Industri pada Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer Universitas Bakrie. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Tugas Akhir ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikannya. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- 1) S.T., M.Sc., Ph.D. Edo Suryo Pratomo, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- 2) pihak PT PLN Indonesia Power UBP Cilegon yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan;
- 3) orang tua, istri dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
- 4) sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, 02 Agustus 2026

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

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

Nama : Fuji Juhairil Hamdalah
NIM : 1242923006
Program Studi : Teknik Industri
Fakultas : Teknik Dan Ilmu Komputer
Jenis Tugas Akhir : Tugas Akhir

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

Perbaikan Kinerja Operasional Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTGU) Dari Hasil Kajian *Life Cycle Assessment* (LCA)

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Bakrie berhak menyimpan, mengalihmedia/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 pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 02 Agustus 2026

Yang menyatakan


(Fuji Juhairil Hamdalah)

**PERBAIKAN KINERJA OPERASIONAL PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA UAP (PLTGU) DARI HASIL KAJIAN *LIFE CYCLE*
ASSESSMENT (LCA)**

Fuji Juhairil Hamdalah

ABSTRAK

Penelitian ini menerapkan hasil kajian *Life Cycle Assessment* (LCA) sebagai dasar penyusunan rekomendasi perbaikan kinerja operasional PLTGU Cilegon, dengan fokus pada emisi nitrogen oksida (NOx) sebagai *hotspot* lingkungan. Kajian LCA tahun 2023 menunjukkan kontribusi NOx terhadap *Acidification Potential* (AP) sebesar $6,93 \times 10^{-4}$ kg SO₂ eq/kWh dan *Eutrophication Potential* (EP) sebesar $1,31 \times 10^{-4}$ kg PO₄ eq/kWh. Penelitian menggunakan pendekatan *implementation study* evaluatif dengan memanfaatkan hasil LCA yang telah tersedia, kemudian dilanjutkan dengan *Root Cause Analysis* menggunakan *Fishbone Diagram* dan *5 Whys Analysis*. Analisis mengidentifikasi tiga isu prioritas, yaitu belum adanya kebijakan pemeliharaan prediktif *Low NOx Burner*, belum tersedianya prosedur tuning berbasis emisi, dan belum terintegrasinya *Continuous Emission Monitoring System* (CEMS) dengan sistem kendali pembangkit. Rekomendasi utama adalah tuning *Low NOx Burner* secara rutin dengan data CEMS sebagai umpan balik operasional. Implementasi tuning pada Februari-Juni 2026, meskipun belum sepenuhnya berbasis CEMS, menunjukkan penurunan dampak AP dan EP terkait NOx sekitar 3-93% terhadap baseline LCA 2023. Dengan faktor karakterisasi CML sebesar 1,20 kg SO₂ eq/kg NOx untuk AP dan 0,13 kg PO₄ eq/kg NOx untuk EP, nilai AP pasca-tuning berada pada rentang 8,06E-05 sampai 6,72E-04 kg SO₂ eq/kWh, sedangkan EP aktual berada pada rentang 8,74E-06 sampai 7,28E-05 kg PO₄ eq/kWh. Hasil ini menunjukkan bahwa integrasi LCA dengan analisis akar penyebab dapat menjadi kerangka pengambilan keputusan yang aplikatif untuk meningkatkan kinerja lingkungan dan operasional pembangkit.

Kata kunci—Life Cycle Assessment; PLTGU Cilegon; emisi NOx; Acidification Potential; Root Cause Analysis

IMPROVEMENT OF OPERATIONAL PERFORMANCE AT THE CILEGON COMBINED CYCLE POWER PLANT BASED ON LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) RESULTS

Fuji Juhairil Hamdalah

ABSTRACT

This study applies the results of a Life Cycle Assessment (LCA) to formulate operational improvement recommendations for Cilegon Combined Cycle Power Plant (PLTGU Cilegon), focusing on nitrogen oxides (NOx) as a key environmental hotspot. The 2023 LCA identified NOx contributions to Acidification Potential (AP) of 6.93×10^{-4} kg SO₂ eq/kWh and Eutrophication Potential (EP) of 1.31×10^{-4} kg PO₄ eq/kWh. An evaluative implementation-study approach was used by combining the existing LCA results with Root Cause Analysis through a Fishbone Diagram and 5 Whys Analysis. The analysis identified three priority issues: the absence of a predictive-maintenance policy for the Low NOx Burner, the absence of an emission-based burner-tuning procedure, and the lack of integration between the Continuous Emission Monitoring System (CEMS) and the plant control system. Routine Low NOx Burner tuning using CEMS data was therefore proposed as the main operational improvement. Actual tuning conducted during February-June 2026, although not yet fully CEMS-based, reduced the NOx-related AP and EP impacts by approximately 3-93% relative to the 2023 baseline. Using CML characterization factors of 1.20 kg SO₂ eq/kg NOx for AP and 0.13 kg PO₄ eq/kg NOx for EP, the post-tuning AP ranged from 8.06×10^{-5} to 6.72×10^{-4} kg SO₂ eq/kWh, while EP ranged from 8.74×10^{-6} to 7.28×10^{-5} kg PO₄ eq/kWh. These findings indicate that integrating LCA results with systematic root-cause analysis can provide an actionable framework for improving environmental and operational performance in combined-cycle power generation.

Keywords—Life Cycle Assessment (LCA); Combined Cycle Power Plant; NOx emissions; Acidification Potential; Root Cause Analysis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I 1	
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.5.1 Manfaat Teoritis	3
1.5.2 Manfaat Praktis	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Life Cycle Assessment (LCA).....	5
2.1.1 Pengertian Life Cycle Assessment (LCA)	5
2.1.2 Tujuan Penerapan LCA	6
2.1.3 Ruang Lingkup LCA	6
2.2 Batasan Sistem Kajian.....	7
2.3 Tahapan Life Cycle Assessment.....	8
2.4 Interpretasi dan Format Laporan.....	10
2.4.1 Jenis Tinjauan Kritis.....	11

2.5 Ontologi Rekomendasi Perbaikan Operasional Terhadap Life Cycle Sustainability Assessment	11
2.6 Hipotesis.....	12
BAB III	14
METODOLOGI PENELITIAN.....	14
3.1 Pemilihan Metode Penilaian Dampak.....	14
3.1.1 Tahap Awal Penelitian.....	15
3.1.2 Tahap Pengumpulan Data.....	15
3.2 Objek dan Lokasi Penelitian	16
3.3 Kerangka Penerapan Hasil LCA Real PLTGU Cilegon	18
3.3.1 Tahap Ekstraksi Temuan <i>Hotspot</i> dari Hasil LCA Real PLTGU Cilegon	20
3.3.2 Pembuatan Diagram Proses Perbaikan Operasional	20
3.3.3 Tahap <i>Root Cause Analysis</i>	20
3.3.4 Tahap Perumusan Alternatif Perbaikan.....	20
3.3.5 Tahap Rekomendasi Operasional.....	20
3.4 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	21
BAB IV	22
HASIL PEMBAHASAN	22
4.1 Data Operasional PLTGU Cilegon.....	22
4.2 Tahap Ekstraksi Temuan dan Analisis Dampak <i>Hotspot</i>	22
4.3 Pembuatan Diagram Proses Perbaikan Operasional.....	23
4.4 <i>Root Cause Analysis</i>	25
4.4.1 <i>Fishbone Diagram</i>	25
4.4.2 5 <i>Whys Analysis</i>	33
4.5 Perumusan Alternatif Perbaikan.....	35
4.5.1 Rumusan Alternatif Kategori <i>Machine</i> dan <i>Methode</i>	35
4.5.2 Rumusan Alternatif Kategori <i>Measurement</i>	37
4.6 Rekomendasi Perbaikan Operasional	39
4.7 <i>High Level Arsitektur Life Cycle Sustainability Assessment</i>	43
BAB V	44
KESIMPULAN DAN REKOMENDASI.....	44
5.1 Kesimpulan	44
5.1.1 Identifikasi Penyebab <i>Hotspot</i>	44

5.1.2 Hasil <i>Root Cause Analysis</i> (RCA).....	44
5.1.3 Hasil Implementasi dan Simulasi Dampak Perbaikan.....	45
5.1.4 Kontribusi terhadap Keberlanjutan.....	45
5.2 <i>Rekomendasi</i>	45
5.3 <i>Keterbatasan Penelitian</i>	47
5.4 <i>Saran</i>	47
DAFTAR PUSTAKA	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Batasan Sistem Kajian LCA	8
Gambar 2.2 Arsitektur LCA	10
Gambar 2.3 Ontologi PLTGU	12
Gambar 3. 1 Lokasi PT PLN Indonesia Power UBP Cilegon.....	17
Gambar 3. 2 Kerangka Metodologi Penelitian	19
Gambar 4. 1 Diagram Proses Perbaikan Operasional.....	24
Gambar 4. 2 <i>Fishbone Diagram</i>	25
Gambar 4. 3 Hasil Tuning Combustion.....	26
Gambar 4. 4 <i>Fouling Tube HRSG</i>	27
Gambar 4. 5 Rekomendasi Tenaga Ahli Terkait Kondisi Peralatan Instrumen dan Kontrol	28
Gambar 5. 1 Arsitektur PLTGU	43

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Hasil Dampak LCA	2
Tabel 3. 1 Data Pembangkit	17
Tabel 4. 1 <i>Hotspot</i> Hasil Kajian LCA	22
Tabel 4. 2 Hasil 5 <i>Whys Analysis</i>	33
Tabel 4. 3 Kriteria Pemilihan Rekomendasi.....	39
Tabel 4. 4 Hasil Rekomendasi.....	39
Tabel 4. 5 Data Baseline LCA PLTGU Cilegon	40
Tabel 4. 6 Faktor Karakterisasi CML.....	40
Tabel 4. 7 Beban Emisi	41
Tabel 4. 8 Hasil Reduksi Emisi NO _x Asidifikasi (AP)	41
Tabel 4. 9 Hasil Reduksi Emisi NO _x Eutrofikasi (EP)	41
Tabel 4. 10 Hasil Reduksi Asidifikasi (AP)	42
Tabel 4. 11 Hasil Reduksi Eutrofikasi (EP)	42
Tabel 5.1 Hasil RCA	44
Tabel 5.2 Hasil Implementasi Program	45