



UM Surabaya

SKRIPSI

ANALISIS EFISIENSI WET ELECTROSTATIC PRECIPITATOR SEBAGAI TEKNOLOGI PENGENDALIAN EMISI

**ALFIAN ROZIQUI YAHYA
NIM. 20221330011**

**DOSEN PEMBIMBING :
RUDI IRMAWANTO, S.T., M.T
REYNANDA BAGUS WIDYO ASTOMO,
S.T., M.T**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
SURABAYA
2026**

SKRIPSI

ANALISIS EFISIENSI WET ELECTROSTATIC PRECIPITATOR SEBAGAI TEKNOLOGI PENGENDALIAN EMISI



Disusun oleh:

ALFIAN ROZIQI YAHYA
NIM. 20221330011

DOSEN PEMBIMBING :
RUDI IRMAWANTO, S.T., M.T
REYNANDA BAGUS WIDYO ASTOMO, S.T., M.T

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA**

2026

**LEMBAR PEMBIMBING
SKRIPSI**

**ANALISIS EFISIENSI WET ELECTROSTATIC PRECIPITATOR
SEBAGAI TEKNOLOGI PENGENDALIAN EMISI**

Disusun untuk memenuhi persyaratan akademik gelar Sarjana
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surabaya

Disusun oleh:
Alfian Roziqi Yahya
NIM. 20221330011

Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing:

1. Rudi Irmawanto, S.T.,M.T.


(.....)

2. Reynanda Bagus Widyo Astomo, S.T.,M.T. ()

**LEMBAR PENGUJI
SKRIPSI**

**ANALISIS EFISIENSI WET ELECTROSTATIC PRECIPITATOR
SEBAGAI TEKNOLOGI PENGENDALIAN EMISI**

Disusun untuk memenuhi persyaratan akademik gelar Sarjana
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surabaya

Disusun oleh:
Alfian Roziqi Yahya
NIM. 20221330011

Disetujui oleh:

Dosen Penguji:

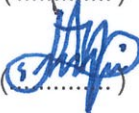
1. Rudi Irmawanto, S.T.,M.T.


(.....)

2. Triuli Novianti, S.T.,M.T.


(.....)

3. Ridho Akbar, S.ST.,M.T.


(.....)

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**ANALISIS EFISIENSI WET ELECTROSTATIC PRECIPITATOR
SEBAGAI TEKNOLOGI PENGENDALIAN EMISI**

Disusun untuk memenuhi persyaratan akademik gelar Sarjana
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surabaya

Disusun oleh:
Alfian Roziqi Yahya
NIM. 20221330011



Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik

Ir. Vippy Dharmawan, M.Ars.
NIDN. 07.2509.6402

Disetujui oleh,
Ketua Program Studi Teknik
Elektro

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Indah', is written over the text for the Program Studi Ketua.

Dr. Indah Kurniawati, S.T., M.T.
NIDN. 001.606.8101

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Alfian Roziqi Yahya

NIM : 20211330004

Program Studi : S1 Teknik Elektro

Judul Skripsi : Analisis Efisiensi Wet Electrostatic Precipitator Sebagai Teknologi Pengendalian Emisi

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan asli dari peneliti sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan penelitian yang tercantum sebagai bagian dari skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini peneliti buat dengan sebenarnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Surabaya.

Surabaya, 22 July 2026

Yang membuat pernyataan,



Alfian Roziqi Yahya

NIM. 20221330011

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Skripsi yang berjudul “Analisis Efisiensi Wet Electrostatic Precipitator Sebagai Teknologi Pengendalian Emisi”

Penulisan skripsi ini dibuat sebagai bentuk tanggung jawab atas selesainya perkuliahan yang merupakan salah satu syarat untuk mengikuti Wisuda di Universitas Muhammadiyah Surabaya khususnya Program Studi SI Teknik Elektro.

Dengan selesainya laporan Skripsi ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak yang telah memberikan banyak pengalaman dan masukan-masukan kepada penulis, baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Mundakir, S.Kep., Ns. M.Kep., FISQua. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Surabaya.
2. Bapak Ir. Vippy Dharmawan, M.Ars. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surabaya.
3. Ibu Dr. Indah Kurniawati, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surabaya yang senantiasa memberikan arahan dan pesan-pesan yang menumbuhkan motivasi dalam penyusunan laporan tugas akhir.
4. Bapak Rudi Irmawanto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing Utama yang telah menyetujui dan memberikan bimbingan dalam melakukan penelitian maupun penulisan laporan skripsi sehingga dapat selesai tepat waktu. Spesial dari peneliti juga ucapkan terimakasih atas dedikasi beliau yang selalu sabar, terkenal cerdas, dan banyak pengalaman dengan memberikan penjelasan secara bertahap sehingga mudah untuk dipahami dan ketulusan beliau dalam membimbing peneliti.
5. Bapak Reynanda Bagus Widy Astomo, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing pendamping yang telah memberikan saran dan masukkan pada penelitian maupun dalam penulisan laporan skripsi sehingga dapat selesai tepat waktu. Spesial peneliti juga ucapkan terimakasih atas

- dedikasi beliau yang terkenal banyak pengalaman, cerdas, dan sabar memberikan bimbingannya yang begitu teliti dan jelas dalam membimbing peneliti.
6. Bapak dan Ibu dosen Program Studi Teknik Elektro UMSurabaya yang dengan sabar bersedia membagi ilmunya kepada peneliti dan juga membagi banyak pengalaman yang dimiliki yang membuat peneliti bisa membuka banyak wawasan baru.
 7. Kedua Orang tua peneliti terkasih yang telah memberikan segalanya dalam hidup peneliti.
 8. Rekan-rekan peneliti satu kelas di Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surabaya angkatan 2022 yang telah setia menemani dalam menggapai gelar sarjana.
 9. Kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Skripsi ini yang tidak dapat peneliti sebutkan satu persatu.

Penulis sadar akan kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, oleh karena itu, kritik dan saran yang pembaca berikan akan membantu menyempurnakan penelitian di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis lain dan pembaca.

Surabaya, 22 July 2026

Alfian Roziqi Yahya

ANALISIS EFISIENSI WET ELECTROSTATIC PRECIPITATOR SEBAGAI TEKNOLOGI PENGENDALIAN EMISI

Nama Mahasiswa : Alfian Roziqi Yahya
NIM : 20221330011
Jurusan : Teknik Elektro FT-UM Surabaya
Dosen Pembimbing : Rudi Irmawanto, S.T., M.T
Reynanda Bagus Widyo Astomo, S.T.,
M.T

ABSTRAK

Proses peleburan konsentrat tembaga menghasilkan gas buang yang mengandung sulfur dioksida (SO_2) dan partikulat halus yang berpotensi mencemari lingkungan. Untuk mengendalikan emisi tersebut, digunakan Wet Electrostatic Precipitator (WESP) sebagai teknologi pengendalian polusi udara dengan efisiensi tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi aktual WESP pada tahap commissioning, membandingkannya dengan efisiensi desain, serta mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi perbedaan kinerja. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif, dengan data operasional aktual periode Februari–April 2024. Parameter yang dianalisis meliputi tegangan, arus, kuat medan listrik, kecepatan migrasi partikel, resistivitas partikel, dan efisiensi penangkapan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan aktual hanya mencapai 25–30 kV dari desain 80 kV, dengan arus 250–300 mA dari desain 800 mA. Efisiensi aktual WESP tercatat $\pm 35\%$, jauh lebih rendah dibandingkan efisiensi desain sebesar 99,52%. Rendahnya efisiensi ini dipengaruhi oleh tegangan yang belum optimal, kondisi operasi yang belum stabil, serta faktor mekanis pada elektroda dan collecting plate. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa WESP memiliki potensi besar sebagai teknologi pengendalian emisi, namun optimasi parameter operasi sangat diperlukan agar efisiensi mendekati desain. Penelitian ini juga memberikan rekomendasi teknis untuk peningkatan kinerja WESP pada kondisi steady state.

Kata kunci: Wet Electrostatic Precipitator, Efisiensi, Pengendalian Emisi, Gas Buang, SO_2 .

Efficiency Analysis of Wet Electrostatic Precipitator as an Emission Control Technology

Name : Alfian Roziqi Yahya
NIM : 20221330011
Department : Teknik Elektro FT-UM Surabaya
Advisor : Rudi Irmawanto, S.T., M.T
Reynanda Bagus Widyo Astomo, S.T., M.T

ABSTRACT

The copper concentrate smelting process generates exhaust gases containing sulfur dioxide (SO₂) and fine particulate matter that may contribute to environmental pollution. To control these emissions, a Wet Electrostatic Precipitator (WESP) is employed as a high-efficiency air pollution control technology. This study aims to analyze the actual efficiency of the WESP during the commissioning stage, compare it with the design efficiency, and identify the factors contributing to performance discrepancies. The research employed a quantitative descriptive method using actual operational data collected from February to April 2024. The analyzed parameters included voltage, current, electric field strength, particle migration velocity, particle resistivity, and collection efficiency. The results showed that the actual operating voltage reached only 25-30 kV compared to the design value of 80 kV, while the actual current ranged from 250-300 mA compared to the design value of 800 mA. The actual WESP efficiency was approximately 35%, which was significantly lower than the design efficiency of 99.52%. The reduced efficiency was influenced by suboptimal voltage levels, unstable operating conditions, and mechanical factors related to the discharge electrodes and collecting plates. It can be concluded that the WESP has substantial potential as an emission control technology; however, optimization of operating parameters is required to achieve performance closer to the design specifications. This study also provides technical recommendations for improving WESP performance under steady-state operating conditions.

Keywords: Wet Electrostatic Precipitator, Efficiency, Emission Control, Exhaust Gas, SO₂.

DAFTAR ISI

ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Dasar Teori.....	7
2.2.1 Wet Electrostatic Precipitator	7
2.2.2 Tahapan Commisioning Wet Electrostatic Precipitator	8
2.2.3 Resistivitas Partikel Penangkapan Debu.....	10
2.2.4 Proses Pembentukan Medan Listrik.....	10
2.2.5 Pengaruh Spark	11
2.2.6 Perhitungan Luas Spesifik Pelat Pengumpul	11
2.2.7 Perhitungan Aspect Ratio	12

2.2.8 Perhitungan Kecepatan Migrasi Partikel.....	12
2.2.9 Analisis Regresi Linear	13
2.2.10 Perhitungan Efisiensi Pengumpulan Partikel WESP.....	14
2.2.11 Kebaruan (Novelty)	14
2.2.12 Kerangka Pemikiran	16
2.3 Energi Listrik	17
2.4 Daya Listrik.....	16
2.4.1 Medan Listrik Elektrostatik pada WESP	17
2.5 Transformator.....	19
2.6 Rectifier.....	20
2.7 Heater Control	20
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	22
3.2 Rencana Kegiatan.....	22
3.3 Metode Penelitian.....	22
3.3.1 Metode Pengumpulan Data.....	22
3.3.2 Metode pengambilan Data.....	23
3.4 Metode Analisis.....	23
3.5 Langkah Penulisan	25
3.6 Diagram Alir Penyelesaian Masalah.....	26
3.7 Peralatan dan Bahan Penelitian.....	27
3.7.1 Peralatan Penelitian	27
3.7.2 Bahan Penelitian.....	28

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pendahuluan Analisis	29
4.2 Analisis Emisi Partikulat	29
4.3 Analisis Tegangan dan Arus Operasi.....	29
4.3.1 Tegangan dan Arus Setting.....	29
4.3.2 Tegangan dan Arus Aktual	30
4.3.3 Efisiensi Tegangan	30
4.4 Analisis Kuat Medan Listrik.....	35
4.5 Analisis Kecepatan Migrasi Partikel.....	36
4.5.1 Kecepatan Migrasi Partikel Berdasarkan Desain	36
4.5.2 Kecepatan Migrasi Partikel Berdasarkan Kondisi Aktual...	37
4.6 Analisis Resistivitas Partikel	37
4.7 Analisis Efisiensi Penangkapan Partikel.....	38

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran	41

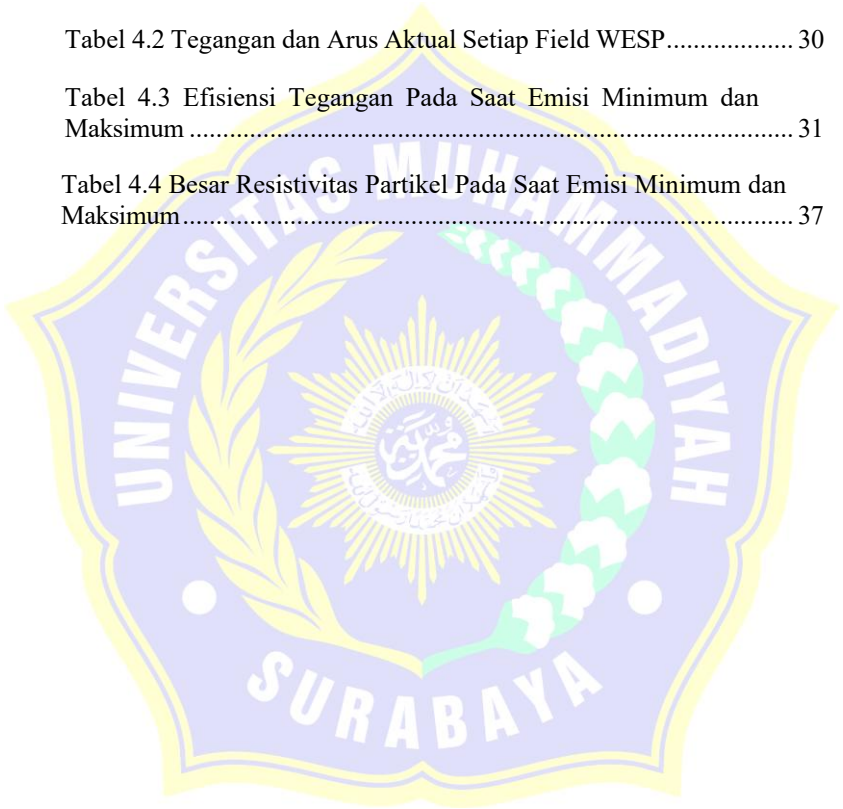
DAFTAR PUSTAKA	42
----------------------	----

LAMPIRAN	44
----------------	----

BIODATA PENULIS.....	53
----------------------	----

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Rencana Kegiatan.....	22
Tabel 4.1 Tegangan dan Arus Setting.....	29
Tabel 4.2 Tegangan dan Arus Aktual Setiap Field WESP.....	30
Tabel 4.3 Efisiensi Tegangan Pada Saat Emisi Minimum dan Maksimum	31
Tabel 4.4 Besar Resistivitas Partikel Pada Saat Emisi Minimum dan Maksimum.....	37



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Kerangka Pikir	16
Gambar 2 Flowchart Langkah Penulisan	25
Gambar 3 Diagram Alir Penyelesaian Masalah	26
Gambar 4.1 Grafik dan Data Aktual Tegangan.....	30
Gambar 4.2 Efisiensi Tegangan Aktual Tiap Field WESP.....	31
Gambar 4.3 Tren Tegangan dan Arus pada Tiap Field WESP	32
Gambar 4.4 Hubungan Efisiensi dan Arus pada WESP	33
Gambar 4.5 Hubungan Tegangan dan Efisiensi pada WESP	34
Gambar 4.6 Hubungan Tegangan, Arus dan Efisiensi pada WESP.....	35
Gambar 4.7 Perbandingan Efisiensi Desain vs Efisiensi Aktual WESP	39

