TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH DEBU POLUTAN TERHADAP KINERJA DAYA PLTS

OLEH:

NOLEI DIRWANSA
222 214 008

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA TORAJA

2026

TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH DEBU POLUTAN TERHADAP KINERJA DAYA PLTS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Teknik Elektro

OLEH:

NOLEI DIRWANSA
222 214 008

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA TORAJA

2026

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi sebagian syarat-syarat dalam menyelesaikan studi guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro Universitas Kristen Indonesia Toraja.

Judul	:	ANALISIS PENGARUH DEBU POLUTAN TERHADAP KINERJA DAYA PLTS
Nama	:	NOLEI DIRWANSA
Nomor Stambuk	:	222214008
Fakultas	:	TEKNIK
Program Studi	:	TEKNIK ELEKTRO

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing I	Pembimbing II
Lantana D. Rumpa, S.Kom., M.T.	**Ariyen Duri', S.Pd., S.T., M.T.**
NIDN: 0922108401	NUPTK:1734777678230102

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik	Ketua Program Teknik Elektro
Dr. Ir Nitha, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.	**Ariyen Duri', S.Pd., S.T., M.T.**
NIDN: 0902117802	NUPTK:1734777678230102

LEMBAR PERSETUJUAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi sebagian syarat – syarat dalam menyelesaikan studi guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro Universitas Kristen Indonesia Toraja. Telah diseminarkan pada hari Jumat, tanggal 21 Agustus 2026.

Nama	:	NOLEI DIRWANSA
Nim	:	222214008
Program Studi	:	TEKNIK ELEKTRO
Judul	:	ANALISIS PENGARUH DEBU POLUTAN TERHADAP KINERJA DAYA PLTS

Dengan susunan dosen pembimbing dan dosen penguji sebagai berikut :

Dosen Pembimbing

1. Lantana Dioren Rumpa, S. Kom., M. T. (.....)
2. Ariyen Duri', S.Pd., S. T., M. T. (.....)

Dosen Penguji

1. Dr. Ir. Martina Pineng, S. T., M. T. (.....)
2. Bergita Gela M. Saka, S. Si., M. Sc. (.....)
3. Ir. Yusri Ambabunga, S. T., M. T. (.....)

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini tidak terdapat karya yang telah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah di tulis atau di terbitkan oleh orang lain, kecuali di terbitkan secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar Pustaka.

Rantepao, 18 Agustus 2026

Nolei Dirwansa

ABSTRAK

Energi listrik merupakan kebutuhan fundamental yang terus meningkat, sementara pemanfaatan energi surya melalui Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi solusi alternatif yang ramah lingkungan. Namun, kinerja PLTS sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan, salah satunya adalah akumulasi debu polutan pada permukaan panel surya yang dapat menghambat penyerapan radiasi matahari sehingga menurunkan daya keluaran sistem. Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh debu polutan terhadap kinerja daya PLTS berdasarkan pengukuran per jam. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengevaluasi pengaruh debu polutan tersebut terhadap kinerja daya PLTS. Penelitian dilakukan dengan metode kuantitatif melalui observasi lapangan (field research) pada sistem PLTS yang terdiri atas panel surya, solar charge controller, baterai, inverter, dan beban listrik. Pengambilan data dilaksanakan mulai pukul 08.00 hingga 19.00 WITA dengan interval satu jam pada lima kondisi pengujian, yaitu panel bersih, panel tertutup debu massa 5 gram, kondisi mendung, panel tertutup debu massa 10 gram, dan pengujian ulang panel bersih. Parameter yang diukur meliputi intensitas cahaya, iradiasi matahari, temperatur panel, tegangan, arus, dan daya. Analisis data dilakukan menggunakan perhitungan daya ($P = V \times I$), persentase penurunan daya, dan Soiling Ratio (SR). Hasil penelitian menunjukkan bahwa debu polutan memberikan pengaruh signifikan terhadap penurunan kinerja daya PLTS. Rata-rata daya panel bersih sebesar 28,65 Watt, turun menjadi 21,65 Watt (24,43%) pada debu massa 5 gram, dan 11,33 Watt (60,45%) pada debu massa 10 gram. Kondisi mendung menurunkan daya hingga 48,45%. Nilai Soiling Ratio menurun seiring bertambahnya massa debu, yaitu 75,56% pada debu massa 5 gram dan 39,55% pada debu massa 10 gram, sehingga pembersihan panel secara berkala menjadi faktor penting menjaga performa PLTS tetap optimal.

Kata Kunci: PLTS, debu polutan, kinerja daya, Soiling Ratio, pengukuran per jam

ABSTRACK

Electrical energy is a fundamental and ever-growing necessity, while the utilization of solar energy through Solar Power Plants (PLTS) offers an environmentally friendly alternative solution. However, PLTS performance is significantly influenced by various environmental factors; one such factor is the accumulation of pollutant dust on solar panel surfaces, which can inhibit solar radiation absorption and thereby reduce the system's power output. The research problem addresses how pollutant dust affects PLTS power performance based on hourly measurements. This study aims to analyze and evaluate the impact of such pollutant dust on PLTS power performance. The research employed a quantitative method involving field observations of a PLTS system comprising solar panels, a solar charge controller, a battery, an inverter, and an electrical load. Data collection was conducted from 08:00 to 19:00 WITA at one-hour intervals across five test conditions: a clean panel, a panel covered with 5 grams of dust, overcast conditions, a panel covered with 10 grams of dust, and a re-test of the clean panel. Measured parameters included light intensity, solar irradiance, panel temperature, voltage, current, and power. Data analysis was performed using power calculations ($P = V \times I$), percentage of power reduction, and the Soiling Ratio (SR). The results indicate that pollutant dust significantly impacts the reduction of PLTS power performance. The average power of the clean panel was 28.65 Watts; this dropped to 21.65 Watts (a 24.43% decrease) with 5 grams of dust and to 11.33 Watts (a 60.45% decrease) with 10 grams of dust. Overcast conditions reduced power output by 48.45%. The Soiling Ratio decreased as dust mass increased—recording 75.56% for 5 grams of dust and 39.55% for 10 grams—demonstrating that periodic panel cleaning is crucial for maintaining optimal PLTS performance.

Keywords: *PLTS, pollutant dust, power performance, Soiling Ratio, hourly measurement*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat, rahmat, dan penyertaan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Analisis Pengaruh Debu Polutan terhadap Kinerja Daya PLTS" sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi dan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia Toraja.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bimbingan, arahan, dukungan, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Oktovianus Pasoloraa, SE., M.Si., CA, selaku Rektor Universitas Kristen Indonesia Toraja.
2. Dr. Ir. Nitha, S.T., M.T., IPM, ASEAN Eng, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia Toraja
3. Ibu Dr. Ir. Reni Oktaviani Tarru, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng., selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia Toraja.
4. Bapak Lantana Dioren Rumpa, S.Kom., M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam memberikan bimbingan, arahan, serta motivasi kepada penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.

5. Ibu Ariyen Dari', S.Pd., S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang senantiasa memberikan masukan, koreksi, dan dukungan yang sangat berarti bagi penulis.
6. Seluruh Dosen Penguji, yaitu Ibu Dr. Ir. Martina Pineng, S.T., M.T., Ibu Bergita Gela M. Saka, S.Si., M.Sc., dan Ir. Yusri Ambabunga, S.T., M.T. yang telah memberikan saran dan kritik yang membangun demi penyempurnaan Tugas Akhir ini.
7. Seluruh Dosen dan Staf Program Studi Teknik Elektro Universitas Kristen Indonesia Toraja yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan bimbingan akademik selama masa perkuliahan.
8. Kedua orang tua tercinta Henos Sampe (Ayah) dan Martha Kudu Upa (Ibu) yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, semangat, dan dukungan baik moril maupun materiil tanpa henti kepada penulis.
9. Saudara kandungku Vemiantri Novita, Novenni Sampe, Novanto Covidyan Keizaro yang senantiasa menyayangi, mendoakan, mendukung dan membantu penulis.
10. Semua keluarga tanpa terkecuali yang senantiasa mendukung dan mendoakan penulis hingga saat ini.
11. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Teknik Elektro angkatan 2022 yang telah memberikan dukungan, semangat, dan kebersamaan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.

12. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah memberikan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, baik dari segi penulisan, isi, maupun analisis yang disajikan. Oleh karena itu, penulis dengan rendah hati menerima segala kritik dan saran yang bersifat membangun demi perbaikan di masa yang akan datang. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat serta menjadi kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang energi terbarukan, serta menjadi acuan bagi penelitian selanjutnya.

Rantepao, 18 Agustus 2026

Nolei Dirwansa

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL i
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR ii
HALAMAN PERSETUJUAN iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN iv
ABSTRAK v
ABSTRACK vi
KATA PENGANTAR vii
DAFTAR ISI x
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR GAMBAR xiv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 4
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Batasan Masalah 4
1.5 Manfaat Penelitian 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 7
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 7
2.1.1 PLTS 7
2.1.2 Jenis-Jenis Sistem PLTS 8
2.1.3 Komponen Utama PLTS 9
2.2 Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 11
2.2.1 Kinerja PLTS 11
2.2.2 Parameter Kinerja PLTS PLTS 11
2.2.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kinerja PLTS PLTS 13
2.3 Radiasi Matahari Dan Potensi Energi Surya 14
2.3.1 Konsep Radiasi Matahari 14
2.3.2 Potensi Energi Surya Di Indonesia 15
2.3.3 Variasi Radiasi Matahari Terhadap Waktu 15

2.3.4 Konversi Intensitas Cahaya (Lux) Menjadi Iradiasi Matahari (W/m2) 16
2.4 Beban Listrik (Electrical Load) 17
2.4.1 Beban Listrik....17
2.4.2 Jenis-Jenis Beban Listrik....17
2.4.3 Pola Beban Listrik....18
2.4.4 Kurva Beban (Load Curve) 18
2.5 Pengukuran Per Jam (Hourly Measurement) 18
2.5.1 Konsep Pengkuran Per Jam....18
2.5.2 Pentingnya Penguran Per Jam dalam Evaluasi PLTS 19
2.5.3 Metode Dan Instrumen Pengukuran....19
2.5.4 Parameter Yang Diukur Per Jam....19
2.6 Keseimbangan Energi (Energy Balance) 20
2.6.1 Konsep Keseimbangan Energi Pada PLTS....20
2.6.2 Skenario Keseimbangan Energi 20
2.6.3 Perhitungan Kapasitas Baterai Dan Autonomy Days 20
2.7 Evaluasi Kinerja Plts Terhadap Pemakaian Beban....21
2.7.1 Kerangka Evaluasi Kinerja 21
2.7.2 Metode Analisis Data Per Jam 21
2.7.3 Indikator Kesesuaian Sistem Dengan Beban 21
2.7.4 Optimasi Sistem PLTS Berbasis Pola Beban 22
2.8 Penelitain Terdahulu 22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN....24
3.1 Waktu Penelitian dan Lokasi Penelitian 24
3.2 Alat Dan Bahan Penelitian....24
3.3 Metode Pengumpulan Data....25
3.3.1 Data Primer 25
3.3.2 Data Sekunder....25
3.4 Prosedur Penelitian 25
3.5 Variabel 27
3.6 Metode Analisis Data....27

3.7 Diagram Alir Penelitian (Flowchart) 27
3.8 Jadwal Penelitian 29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 31
4.1 Data Hasil Pengambilan Data 31
4.1.1 Deskripsi Lokasi Pengujian.....31
4.1.2 Hasil Pengukuran 33
4.2 Analisis Data.....37
4.2.1 Perhitungan Konversi Intensitas Cahaya (Lux) Menjadi Iradiasi Matahari (W/m2) 37
4.2.2 Perhitungan Daya Panel dan Daya Beban.....38
4.2.3 Analisis Penurunan Daya 39
4.2.4 Analisis *Soiling Ratio*.....42
4.2.5 Analisis Pengaruh Polutan Terhadap Kinerja PLTS.....44
4.2.6 Analisi Hubungan Antar Parameter 44
4.3 Pembahasan Hasil Penelitian 54
4.3.1 Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Kinerja PLTS 54
4.3.2 Pengaruh Temperatur terhadap Kinerja PLTS.....55
4.3.3 Pengaruh Polutan terhadap Kinerja PLTS 56
4.3.4 Pengaruh Kondisi Cuaca Mendung terhadap Kinerja PLTS.....57
4.3.5 Pengaruh Variasi Beban terhadap Performa PLTS.....59
4.3.6 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Teori dan Penelitian Terdahulu 60
4.3.7 Implikasi Hasil Penelitian terhadap Pengoperasian PLTS 61
4.3.8 Kinerja PLTS Berdasarkan Pengukuran Per Jam.....62
BAB V PENUTUP.....65
5.1 Kesimpulan 65
5.2 Saran 66
DAFTAR PUSTAKA.....68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu 22
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian 30
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran 33
Tabel 4.6 Rata-Rata Daya Panel per Kondisi Pengujian 40
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Soiling Ratio 43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Pembangkit Tenaga Surya.....7
Gambar 3.1 Gambar Tempat Penelitian.....24
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian 29
Gambar 4.1 Intensitas Cahaya terhadap Waktu 46
Gambar 4.2 Iradiasi Matahari terhadap Waktu.....48
Gambar 4.3 Temperatur terhadap Waktu.....50
Gambar 4.4 Daya Panel terhadap Waktu.....52
Gambar 4.5 Daya Beban terhadap Waktu 53