

**HALAMAN MUKA**

**ANALISIS KINERJA PLTS 689 KWP DI ASH DISPOSAL PLTU  
PAITON PT. POMI PAITON ENERGY**

**Tesis**

Untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat Pendidikan Strata Dua (S-2)  
sebagai Magister Energi pada Program Studi Magister Energi



**Disusun Oleh:**

**SYARIEF ALBAR  
30000421410009**

**PROGRAM STUDI MAGISTER ENERGI  
SEKOLAH PASCASARJANA UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG**

**JANUARI 2023**

## PERSETUJUAN UJIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini. Dosen Pembimbing dari:

Mahasiswa : Syarief Albar  
NIM : 30000421410009  
Program Studi : Magister Energi  
Judul Tesis : Studi Pengaruh Analisis Kinerja PLTS 689 kWp di Ash Disposal  
PLTU Paiton PT. POMI Paiton Energy

Menyatakan bahwa mahasiswa tersebut telah melaksanakan Ujian Proposal dan Ujian Seminar Hasil sehingga menyetujui dan layak untuk melaksanakan Ujian Tesis.

Semarang, 30 Januari 2023

Pembimbing Pertama



**Dr. Ir. Jaka Windarta, M.T., IPU Asean. Eng**  
NIP. 196405261989031002

Pembimbing Kedua



**Dr. Asep Yoyo Wardaya, S.Si, M.Si**  
NIP. 19711002 1997021001

**HALAMAN PENGESAHAN  
TESIS**

**ANALISIS KINERJA PLTS 689 KWP DI ASH DISPOSAL PLTU PAITON PT. POMI  
PAITON ENERGY**

**Disusun Oleh:**  
SYARIEF ALBAR  
30000421410009

**Telah diujikan dan dinyatakan lulus oleh Tim Penguji  
Pada Tanggal: 10 Februari 2023**

Tim Penguji,

**Pembimbing Pertama**

**Penguji Pertama**

**Dr. Ir. Jaka Windarta, M.T., IPU, Asean. Eng**  
NIP. 196405261989031002

**Mochammad Facta, ST., MT., Ph.D.**  
NIP. 197106161999031003

**Pembimbing Kedua**

**Penguji Kedua**

**Dr. Asep Yoyo Wardaya, S.Si, M.Si**  
NIP. 197110021997021001

**Marcelinus Christwardana, S.T., M.T., Ph.D.**  
NIP. H.7.199004152022041001

**Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar  
Magister Energi  
Pada Tanggal: 10 Februari 2023**

**Kaprodi Magister Energi**

**Dekan Sekolah Pascasarjana**

**Dr. Ir. Jaka Windarta, M.T., IPU, Asean. Eng**  
NIP. 196405261989031002

**Dr. R.B. Sularto, S.H, M.Hum**  
NIP. 196701011991031005

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Proposal Tesis yang saya susun dengan judul “Analisis Kinerja PLTS 689 KWP di *Ash Disposal* PLTU Paiton PT. POMI Paiton Energy” sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister dari Program Studi Magister Energi seluruhnya merupakan hasil karya sendiri.

Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Tesis yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Apabila pada kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian Tesis ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiat dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sandang dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku.

Semarang, 30 Januari 2023



Syarief Albar

30000421410009

## PERNYATAAN PERSETUJUAN

### PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Syarief Albar  
NIM : 30000421410009  
Program Studi : Magister Energi  
Sekolah : Program Pascasarjana  
Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro Hak Bebas Royalti Noneksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**“Integrating PV plant 689 kWp into Coal-Fired Power Plant (CFPP) 615 MW at Paiton: To reduce auxiliary load and coal consumption”.**

Beserta perangkat yang ada. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Program Studi Magister Energi Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia / formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database) merawat, dan mempublikasikan tesis saya selama mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Dibuat di: Semarang

Pada Tanggal, 30 Januari 2023



Syarief Albar

30000421410009

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karuniaNya, sehingga saya dapat menyelesaikan proposal tesis yang berjudul “Analisis Kinerja PLTS 689 KWP di *Ash Disposal* PLTU Paiton PT. POMI Paiton Energy”. Proposal tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Master Energi pada Program Studi Magister Energi, Sekolah Pascasarjana, Universitas Diponegoro Semarang.

Pada kesempatan ini penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membimbing, memberi bantuan, arahan dan saran dalam penyusunan Proposal Tesis ini kepada:

1. Prof. R. B. Sularto, S.H, M. Hum., selaku Dekan Pascasarjana, Universitas Diponegoro Semarang;
2. Dr. Ir. Jaka Windarta, MT, IPU, Asean. Eng. selaku Ketua Program Studi Magister Energi Universitas Diponegoro Semarang dan Pembimbing I atas segala waktu, bimbingan, dan arahan selama penyusunan proposal tesis ini.
3. Dr. Asep Yoyo Wardaya, S. Si, M. Si. selaku Pembimbing II atas segala waktu, bimbingan, dan arahan selama penyusunan proposal tesis ini.
4. Segenap Manajemen dan Pegawai PT. POMI Paiton Energy atas kesediaannya dalam mendukung dan menjadi bagian penelitian ini.
5. Bapak dan Ibu dosen Magister Energi yang telah memberikan ilmunya.
6. Ayah, Ibu dan istri serta kedua anak dan segenap keluarga yang selalu memberikan dukungan dan perhatian serta semangat kepada penulis.
7. Teman-teman Magister Energi Ganjil 2021 yang selalu mendukung dan menumbuhkan forum diskusi dan berbagi ilmu yang luar biasa memberi manfaat dan semangat kepada penulis.
8. Semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya Proposal Tesis ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Akhir kata penulis memohon maaf apabila terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan Proposal Tesis ini. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan guna penyempurnaan dan pengembangan Proposal Tesis ini kearah yang lebih baik. Semoga segala yang tertuang dalam Proposal Tesis ini memberikan manfaat bagi kita semua baik sekarang maupun dimasa akan datang. Mudah-mudahan usaha penyusunan Proposal Tesis ini memperoleh berkat dan karunia dari Tuhan. Amin.

Semarang, 30 Januari 2023

(Syarief Albar)

## INTISARI

Harga batubara yang terus meningkat dan *Paris agreement* mendorong Pemerintah Indonesia melalui Perusahaan Listrik Negara (PLN) untuk melakukan transisi energi dan secara bertahap mempersiapkan PLTU yang beroperasi di Indonesia. Dampak dari turunnya Spesifikasi batubara dan pensiun dini PLTU subcritical amat sangat terasa pada unit pembangkitan milik PT. POMI Paiton Energy unit 3, 7 dan 8 PLTU Paiton. Unit Pembangkitan ini mengalami pergantian spesifikasi batubara (*Coal Switching*) yang lebih rendah, sehingga segala upaya dilakukan untuk memaksimalkan dan mengefisienkan pembangkitan. Program konservasi energi melalui pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dilakukan untuk menurunkan Beban Pemakaian Sendiri (*Auxiliary Power Load*). Penelitian ini mengkaji dan mengevaluasi kinerja PLTS berkapasitas 689 kWp di Ash Disposal PT. POMI Paiton Energy dengan metode evaluatif kuantitatif untuk mengetahui bagaimana pengaruhnya dari sisi produksi energi, kontribusi, lingkungan, teknis dan kelayakan investasi. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan (1) mengetahui kontribusi jangka Panjang PLTS (2) mengetahui hasil kajian pemanfaatan PLTS dari aspek produksi energi, kontribusi, teknis, ekonomi dan lingkungan. Hasil dari penelitian ini menjelaskan bahwa PLTS ini dapat menghasilkan energi listrik sebesar 1.096.105 kWh/tahun dengan rasio kinerja 80,56% pada tahun 2021. Mampu menghemat 22,12%/tahun dari konsumsi energi di ash disposal dan berkontribusi mengurangi *auxiliary power load* sebesar 0,49%/tahun serta menurunkan NPHR sebesar 0,68 kCal/kWh/tahun. Dari aspek lingkungan mampu menghemat penggunaan BBM solar sebesar 263.065,3-liter atau 12,78% per tahun dan juga menghemat penggunaan batubara hingga 561,731 Ton atau 0,026% per tahun, juga dinilai dapat mengurangi emisi CO<sub>2</sub> sebesar 920,73 ton/tahun dan setara dengan penanaman 4.602,72 pohon/tahun. Dari sisi kelayakan investasi sangat feasible atau layak dengan nilai NPV sebesar Rp 4.282.480.651,00 dan BCR sebesar 1,44 dan PP selama 7,914 tahun. Dan mampu mengurangi pajak karbon yang harus dibayar hingga Rp. 27.621.900,00/tahun.

**Kata kunci:** *Coal Switching, PLTS, Auxiliary Power Load, PLTU, Emisi, Batubara.*

## ABSTRACT

Increasing coal prices and the Paris agreement have encouraged the Government of Indonesia through the State Electricity Company (PLN) to make an energy transition and gradually retire CFPPs operating in Indonesia. The impact of the decline in coal specifications and the early retirement of the subcritical PLTU was very, very felt in the generation unit owned by PT. POMI Paiton Energy units 3, 7 and 8 PLTU Paiton. This Power Generation Unit experienced a lower change in coal specifications (Coal Switching), so that every effort was made to maximize and make generation efficient. The energy conservation program through the use of Solar Power Plants (PLTS) is carried out to reduce the Auxiliary Power Load. This study examines and evaluates the performance of PLTS with a capacity of 689 kWp at Ash Disposal PT. POMI Paiton Energy with a quantitative evaluative method to find out how it affects energy production, contribution, environment, technicality and investment feasibility. This research was conducted with the aim of (1) knowing the long-term contribution of PLTS (2) knowing the results of studies on the utilization of PLTS from the aspects of energy production, contribution, technical, economic and environmental. The results of this study explain that this PLTS can produce electrical energy of 1,096,105 kWh/year with a performance ratio of 80.56% in 2021. Able to save 22.12%/year of energy consumption in ash disposal and contribute to reducing auxiliary power load by 0.49%/year and reduced the NPHR by 0.68 kCal/kWh/year. From an environmental perspective, being able to save the use of diesel fuel by 263,065.3-liters or 12.78% per year and also saving the use of coal up to 561.731 tons or 0.026% per year, is also considered to be able to reduce CO<sub>2</sub> emissions by 920.73 tons/year and equivalent by planting 4,602.72 trees/year. In terms of investment feasibility, it is very feasible with an NPV value of IDR 4,282,480,651.00 and a BCR of 1.44 and a PP for 7.914 years. And able to reduce the carbon tax that must be paid up to Rp. 27,621,900.00/year.

**Kata kunci:** *Coal Switching, PV Plant, Auxiliary Power Load, CFPP, Emission, Coal.*



## DAFTAR ISI

HALAMAN MUKA	i
PERSETUJUAN UJIAN TESIS .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN .....	v
PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
INTISARI .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.1 Latar Belakang .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.2 Perumusan Masalah .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.3 Tujuan Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.4 Pembatasan Masalah .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.5 Manfaat Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.6 Originalitas Penelitian.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1. Prinsip Dasar PLTS.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2. Sistem PLTS .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3. Jenis Sel surya.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.4. Inverter .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.5. Potensi Energi Matahari.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.6. Parameter Pemasangan Photovoltaik .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.7. Simulasi Helioscope.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.8. Analisis Kuantitatif dan Evaluatif.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.8.1. Studi Dokumentasi.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.8.2. Analisis Aspek Performa Sistem Secara Teknis.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.8.3. Analisis Aspek Ekonomi.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.8.4. Analisis Aspek Lingkungan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.8.5. Analisis Aspek Kontribusi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

BAB III METODE PENELITIAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1. Lokasi Penelitian dan Jadwal Penelitian.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2. Jenis Penelitian.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3. Kerangka Pikir Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.4. Ruang Lingkup Penelitian.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.5. Jenis dan Sumber Data.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.6. Teknik Pengumpulan Data.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.7. Teknik Analisis Data.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1. Produksi Energi Listrik PLTS.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2. Evaluasi Aspek Kontribusi.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3. Evaluasi Aspek Teknis.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4. Evaluasi Aspek Lingkungan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5.1. Faktor Emisi ( <i>CO<sub>2</sub> Saved Equivalent</i> ) PLTS .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5.2. Faktor pengurangan konsumsi batubara ( <i>Coal Saved Equivalent</i> ) PLTS	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5.3. Faktor pengurangan konsumsi BBM ( <i>Fuel Oil Saved Equivalent</i> ) PLTS	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5.4. Faktor Penanaman Pohon ( <i>trees Saved Equivalent</i> ) PLTS	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5. Evaluasi Aspek Ekonomi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.6.1. Analisis Kelayakan Investasi PLTS .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.6.2. Perhitungan Pajak Karbon PLTU memanfaatkan PLTS	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.6. Kumpulan Hasil Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB V PENUTUP .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.1 Kesimpulan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.2. Saran dan Rekomendasi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
DAFTAR PUSTAKA .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Lampiran.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## DAFTAR TABEL

- Tabel 1. 1. Penelitian Sebelumnya..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 1. 2. Perbedaan Penelitian Sebelumnya ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 2. 1. Data intensitas radiasi matahari di Paiton tahun 2019 s/d 2021**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3. 1 Spesifikasi Teknis PLTS 689 KWP di Ash Disposal**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3. 2. Data jumlah panel surya dan jenis pemasangan**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3. 3 Investasi Pembangunan PLTS di Ash Disposal **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3. 4. Asumsi Biaya Pemeliharaan PLTS..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3. 5. Data perencanaan PLTS Di Ash disposal PT. POMI Paiton Energy.**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 1. Total hasil pembangkitan PLTS tiap inverter selama 1 tahun**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 2. Data Produksi energi listrik PLTS tiap bulan dalam 1 tahun**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 3. Simulasi Produksi Energi PLTS selama 25 tahun**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 4. Data Produksi energi listrik PLTU unit 7 dan pemakaian sendiri .**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 5. Perhitungan analisis penghematan energi listrik **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 6. Perhitungan analisis pengaruh penghematan Pemakaian Sendiri...**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 7. Kontribusi PLTS pada NPHR unit pembangkitan**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 8. Perhitungan produksi dan konsumsi PLTU.**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 9. Perhitungan produksi dan konsumsi PLTU.**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 10. Perhitungan pajak karbon PLTS ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 11. Rangkuman analisis kelayakan investasi PLTS **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 12. Perhitungan pajak karbon PLTU ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 13. Data Perencanaan Pembangunan PLTS .. **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 14. Hasil Evaluasi Kinerja PLTS tahun 2021**Error! Bookmark not defined.**



## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2. 1. Prinsip kerja panel surya ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 2. Kurva Iradiasi Matahari ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 3. (a) Efek Geometri (b) Azimuth ketinggian matahari **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 4. Sistem PLTS. .... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 5. Jenis-jenis Sel Surya ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 6. (a) Panel surya jenis polikristal (b) Panel surya jenis monokristal **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 7. A) MSPC B) SSPC ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 8. Intensitas Radiasi Matahari Indonesia **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 9. Intensitas Radiasi Matahari di Paiton, Probolinggo **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 10. Tampilan aplikasi Helioscope ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 11. Skema Aliran Energi PLTU ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 1. Lokasi Ash disposal PT. POMI ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 2. Lokasi PLTS 689 KWP di Ash disposal PT. POMI **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 3. PLTS Pemasangan Tipe Ground Mounting **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 4. Kerangka Pikir Penelitian ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 5. Diagram Alir Penelitian ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 6. Luas area terpasang PLTS di Ash disposal **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 7 Inverter SMA Solid Q50 yang terpasang di Ash Disposal **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 8 Panel surya yang terpasang di Ash Disposal **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 9 Diagram pengkabelan listrik PLTS di Ash Disposal **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 10 Model Pemasangan BMS (Ballasted Mounting System) **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 11. Tampak samping model Pemasangan BMS **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 12. Model Pemasangan GMS ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 13. Tampak samping model pemasangan GMS **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 14. Skema PLTS On-Grid 689 KWP di ash disposal **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 15. Hasil simulasi Helioscope PLTS ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 1. Data produksi PLTS tiap inverter selama 1 tahun **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 2. Gambar chart produksi PLTS tiap Inverter **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 3. Produksi energi listrik tiap inverter selama 1 tahun. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 4. Total Produksi energi listrik PLTS 689 kWp **Error! Bookmark not defined.**



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Analisis Kelayakan Ekonomi .....	72
Lampiran 2 Tabulasi Data Metering .....	75
Lampiran 3 Dokumen Gambar Teknis PLTS .....	77
Lampiran 4 Dokumen Teknis Proyek .....	81
Lampiran 5 Katalog Spesifikasi Peralatan PLTS.....	84
Lampiran 6 Dokumentasi Observasi Lapangan .....	88