STUDI EVALUASI PEMANFAATAN PLTS ATAP SISTEM *OFF GRID* KAPASITAS 44,88 kWp DI *ASH YARD* PLTU MT SUMSEL-8

Tesis

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

Disusun Oleh:

ANUGRAH PRATAMA AFIN

30000420420022

PROGRAM STUDI MAGISTER ENERGI

SEKOLAH PASCASARJANA

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

DESEMBER 2024

PERSETUJUAN UJIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini Dosen Pembimbing dari:

Mahasiswa	:	Anugrah Pratama Afin
NIM	:	30000420420022
Program Studi	:	Magister Energi
Judul Tesis	:	STUDI EVALUASI PEMANFAATAN PLTS ATAP SISTEM *OFF GRID* KAPASITAS 44,88 kWp DI *ASH YARD* PLTU SUMSEL-8

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

Semarang, 23 Desember 2024

Pembimbing I	Pembimbing II
(Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA)	(Nuki Agya Utama, ST., M.Sc.,Ph.D.)
NIP. 196112281986031004	NIP. 196402091988032001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa	: Anugrah Pratama Afin
NIM	: 30000420420022
Program Studi	: Magister Energi
Judul Tesis	: STUDI EVALUASI PEMANFAATAN PLTS ATAP SISTEM *OFF GRID* KAPASITAS 44,88 kWp DI *ASH YARD* PLTU SUMSEL-8

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Tesis ini merupakan hasil karya pribadi saya dibuktikan melalui cek plagiasi dengan ketentuan maksimal 25 persen untuk diajukan sebagai persyaratan memperoleh gelar strata 2 di Universitas Diponegoro
2. Semua sumber yang digunakan dalam penulisan Tesis ini telah saya cantumkan dengan ketentuan yang berlaku
3. Jika di kemudian hari terbukti bahwa tesis ini bukan hasil karya asli saya, maka saya bersedia menerima sanksi yang berlaku

Semarang, 23 Desember 2024

Anugrah Pratama Afin
NIM. 30000420420022

HALAMAN PENGESAHAN

TESIS

STUDI EVALUASI PEMANFAATAN PLTS ATAP SISTEM *OFF GRID* KAPASITAS 44,88 kWp DI *ASH YARD* PLTU MT SUMSEL-8

Disusun Oleh:
ANUGRAH PRATAMA AFIN
30000420420022

Telah diujikan dan dinyatakan lulus oleh Tim Penguji
Pada Tanggal : 23 Desember 2024

Tim Penguji,

Pembimbing Pertama

(Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA)
NIP. 196112281986031004

Penguji Pertama

(Ir. Mochammad Facta, S.T., M.T., Ph.D.)
NIP. 197106161999031003

Pembimbing Kedua

(Nuki Agya Utama, ST., M.Sc., Ph.D.)
NIP. 196402091988032001

Penguji Kedua

(Prof. Dr. Kuswono Adi, S.Si., M.T.)
NIP. 197203171998021001

Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Energi
Tanggal : 23 Desember 2024

Ketua Program Studi Magister Energi

(Prof. Dr.-Ing. Ir. Silviana, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng)
NIP. 197412162000122001

Dekan Sekolah Pasca Sarjana

(Prof. Ir. M. Agung Wibowo. M.M., M.Sc., Ph.D)
NIP. 196702081999403100

UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

PERNYATAAN PERSETUJUAN

PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama	: Anugrah Pratama Afin
NIM	: 30000420420022
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:

STUDI EVALUASI PEMANFAATAN PLTS ATAP SISTEM *OFF GRID* KAPASITAS 44,88 kWp DI *ASH YARD* PLTU SUMSEL-8"

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 tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Dibuat di : Semarang
Pada tanggal : 23 Desember 2024
Yang menyatakan

Anugrah Pratama Afin
NIM. 30000420420022

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT karena atas segala berkah, nikmat dan Rahmat-Nya yang senantiasa dilimpahkan-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tesis yang berjudul "STUDI EVALUASI PEMANFAATAN PLTS ATAP SISTEM *OFF GRID* KAPASITAS 44,88 kWp DI ASH YARD PLTU SUMSEL-8"

Dalam penyusunan Tesis ini, penulis telah mendapat banyak bantuan dan bimbingan yang tak ternilai dari berbagai pihak, baik berupa dukungan, kritik dan saran. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih penulis kepada :

1. Prof. Dr. Ing. Ir. Silviana. S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng selaku Ketua Program Studi Magister Energi Universitas Diponegoro Semarang yang sudah memberikan kesempatan dan arahan untuk menyelesaikan Tesis ini.
2. Prof. Dr. Ir. Purwanto. DEA selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, perhatian, semangat dan waktunya yang sangat padat kepada Penulis sehingga Tesis ini dapat terselesaikan
3. Bapak Nuki Agya Utama., ST., M.Sc., Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, perhatia, semangat dan waktunya yang sangat padat kepada Penulis sehingga Tesis ini dapat terselesaikan
4. Orangtua saya, Istri dan 2 anak saya yang selalu memberikan semangat dan inspirasi untuk menyelesaikan tesis ini
5. Bapak Solihin yang senantiasa membantu penulis dalam mengingatkan terkait hal administrasi dan undangan agar tesis ini dapat diselesaikan.
6. Teman-teman Magister Energi 2020 yang selalu memberikan semangat agar angkatan ini segera menyelesaikan studinya bersama

Penulis berharap semoga tesis ini dapat memberikan informasi dan wawasan tambahan dan Penulis menyadari bahwa isi dan penyajian tesis ini jauh dari sempurna oleh karena itu penulis dengan senang hati menerima kritik, saran dan masukan yang membangun guna penyempurnaan dan pengembangan tesis ini ke arah yang lebih baik. Semoga usaha penyusunan tesis ini memperoleh ridha dari Allah SWT. Amin.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
PERSETUJUAN UJIAN TESIS ii
PERNYATAAN ORISINALITAS iii
HALAMAN PENGESEHAN TESIS iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS v
KATA PENGANTAR vi
DAFTAR ISI vii
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR GAMBAR x
INTISARI xi
ABSTRACT xii

BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang Masalah 1
1.2 Rumusan Masalah 5
1.3 Tujuan Penelitian 5
1.4 Batasan Masalah 5
1.5 Manfaat Penelitian 6
1.6 Orisinalitas Penelitian 7

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 10
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) 10
2.1.1 Teknologi PLTU Superkritikal 10
2.1.2 *Fly ash and bottom ash* (FABA) 11
2.2 Energi Baru dan Terbarukan 13
2.3 Energi Surya 15
2.3.1 Potensi Energi Surya di Indonesia 15
2.3.2 Potensi Energi Surya di Sumatera Selatan 16
2.4 Pembangkit Listrik Tenaya Surya 16
2.5 Kebijakan Pengembangan PLTS 21
2.6 Dampak Lingkungan dari Penggunaan PLTS 21
2.7 Aspek Ekonomi 24
2.7.1 Biaya Investasi Awal 24
2.7.2 Biaya Penghematan Energi 25
2.7.3 Biaya Operasional dan Pemeliharaan 26
2.8 Studi Evaluatif 27
2.9 Studi Exploratif dan Keberlanjutan 28

BAB III METODE PENELITIAN 30
3.1 Lokasi Penelitian dan Jadwal Penelitian 30
3.1.1 Lokasi Penelitian 30
3.1.2 Jadwal Penelitian 31
3.2 Jenis Penelitian 31
3.3 Kerangka Pikir Penelitian 32
3.4 Ruang Lingkup Penelitian 33
3.5 Jenis dan Sumber Data 34
3.6 Teknik Pengumpulan Data 34
3.7 Teknik Analisis Data 35
3.7.1 Identifikasi data perencanaan hasil studi dokumentasi 35
3.7.2 Identifikasi produksi energi listrik PLTS atap 36
3.7.3 Aspek teknis (analisis performa sistem) 37
3.7.4 Aspek lingkungan (analisis penurunan emisi GRK) 38
3.7.5 Aspek ekonomi (analisis kelayakan investasi) 40

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 43
4.1 Identifikasi Data Hasil Studi Dokumentasi Perencanaan PLTS Atap 43
4.1.1 Luas Atas & Spesifikasi Panel Surya 43
4.1.2 Intensitas Radiasi Matahari di Kantor *Ash Yard* PLTU Sumsel-8 44
4.1.3 Investasi Pembangunan PLTS Atap Sistem *Off grid* di Kantor *Ash Yard* PLTU Sumsel-8 45
4.1.4 Produksi Energi PLTS Atap sistem *off grid* 46
4.2 Evaluasi Aspek Teknis 58
4.3 Evaluasi Aspek Lingkungan 61
4.4 Evaluasi Aspek Ekonomi 64

BAB V PENUTUP 70
5.1 Kesimpulan 70
5.2 Saran 71

DAFTAR PUSTAKA 72

LAMPIRAN 78

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

1.1 Ringkasan Penelitian Terdahulu 7
2.1 Jenis-Jenis PLTS 19
3.1 Jadwal Penelitian 31
3.2 Form Data Perencanaan PLTS Atap 35
3.3 Form Data Produksi Energi Listrik PLTS Atap 36
4.1 Rincian Biaya Penarikan Kabel Daya dari PLTU 44
4.2 Rincian Biaya Penarikan Kabel Daya dari 20kV PLN 44
4.3 Intensitas Radiasi Matahari di Gedung *Ash Yard* PLTU Sumsel-8 49
4.4 Kebutuhan Beban harian Listrik di Ashyard 49
4.5 Investasi Pembangunan PLTS Atap Sistem *off grid* Kantor *Ash Yard* PLTU Sumsel-8 53
4.6 Produksi Energi Listrik PLTS Atap Sistem *Off Grid* di Kantor *Ash Yard* PLTU Sumsel-8 54
4.7 Variabel Aspek Teknis 57
4.8 Variabel Aspek Lingkungan 60
4.9 Variabel kelayakan investasi pemanfaatan PLTS Atap di Kantor *Ash Yard* PLTU Sumsel-8 63

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

2.1 Potensi dan Pemanfaatan Energi Terbarukan di Indonesia....14
2.2 Provinsi dengan Potensi Teknis PLTS Terbesar di Indonesia....15
2.3 Prinsip kerja PLTS *off grid*....20
2.4 Prinsip kerja PLTS *on grid*....20
2.5 Prinsip kerja PLTS *hybrid*....20
3.1 Lokasi Kantor *Ash Yard* PLTU Sumsel-8....30
3.2 Lokasi PLTU & Kantor *Ash Yard* Sumsel-8....30
4.1 Lokasi Penarikan daya dari PLTU dan 20kV PLN....45
4.2 Panel Surya Terpasang....47
4.3 Assembly Diagram Panel....47
4.4 Diagram Satu Garis....48
4.5 Konfigurasi Baterai PLTS Atap *off grid*....51

INTISARI

Indonesia saat ini menghadapi berbagai tantangan dalam memenuhi kebutuhan energi nasionalnya. Sekitar 60% dari pembangkitan listrik nasional bergantung pada batu bara, menekankan perlunya mengurangi ketergantungan ini untuk mencapai keseimbangan energi, memperkuat ketahanan energi, dan mendorong pengembangan sumber energi terbarukan yang berkelanjutan. Studi ini menilai kelayakan investasi dalam sistem atap surya *off grid*, dengan mempertimbangkan kinerja teknis, implikasi lingkungan, dan faktor ekonomi, termasuk biaya instalasi dan potensi penghematan energi. Temuan menunjukkan bahwa desain dan implementasi sistem tenaga surya atap *off grid* beroperasi secara efektif, mencapai rasio kinerja (PR) sebesar 83,22%, yang melebihi patokan yang diharapkan sebesar 70%. Selain itu, sistem ini mampu menghasilkan keluaran listrik tahunan rata-rata sebesar 5.572 kWh. Sistem tenaga surya atap *off grid* ini secara signifikan berkontribusi terhadap pengurangan emisi karbon di lokasi penelitian, mengurangi 50.531 ton CO2e dalam setahun, sejalan dengan tujuan lingkungan dari studi ini. Sistem tenaga surya atap *off grid* di Kantor *Ash Yard* merupakan investasi yang layak dan menguntungkan secara ekonomi, difasilitasi oleh koneksi kabel listrik ke pembangkit listrik tenaga batu bara Sumsel-8 dan pemanfaatan listrik tegangan menengah 20kV dari PLN. Periode Pengembalian Investasi selama 19 tahun, investasi ini tetap dapat diimplementasikan, karena periode pengembalian investasi lebih pendek daripada umur proyek yang diestimasi.

Kata Kunci: Energi, Terbarukan, Keberlanjutan, Investasi

ABSTRACT

Indonesia is currently confronted with numerous challenges in fulfilling its national energy requirements. Approximately 60% of the nation's electricity generation is reliant on coal, underscoring the necessity to diminish this reliance in order to achieve energy equilibrium, bolster energy resilience, and foster the development of sustainable renewable energy sources. This study assesses the viability of investing in off grid solar rooftop systems, taking into account technical performance, environmental implications, and economic factors, including installation expenses and potential energy savings. The findings indicate that the design and implementation of the off grid rooftop solar power system operate effectively, achieving a performance ratio (PR) of 83.22%, which surpasses the anticipated benchmark of 70%. Furthermore, the system is capable of generating an average annual electricity output of 5,572 kWh. This off grid rooftop solar power system significantly contributes to the reduction of carbon emissions at the research site, mitigating 50,531 tons of CO2e within a year, aligning with the environmental objectives of the study. The off grid rooftop solar power system at the *Ash Yard* Office represents a viable and economically advantageous investment, facilitated by the power cable connection to the Sumsel-8 coal-fired power plant and the utilization of 20kV medium voltage electricity from PLN. With a Payback Period of 19 years, this investment remains justifiable, as the Payback Period is shorter than the expected lifespan of the project.

Keywords: Keywords: Energy, Renewable, Sustainability, Investment