

**STUDI PERANCANGAN PANEL SURYA *STAND-ALONE*
MENGUNAKAN *PV/SYST* UNTUK MITIGASI DARI AUDIT ENERGI**

TESIS

Untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat pendidikan Strata Dua (S-2)
Program Studi Magister Energi, Sekolah Pascasarjana, Universitas Diponegoro,
Semarang.



Disusun Oleh:

AWWALUNISA ALIYA KUSUMA

NIM. 30000422410001

PROGRAM STUDI MAGISTER ENERGI

SEKOLAH PASCA SARJANA UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

JANUARI 2025

PERSETUJUAN UJIAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini Dosen Pembimbing dari :

Mahasiswa : Awwalunisa Aliya Kusumaa

NIM : 30000422410001

Program Studi : Magister Energi

Judul Tesis : Studi Perancangan Panel Surya Panel Stand-alone
Menggunakan Pvsyst untuk Mitigasi dari Audit Energi

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

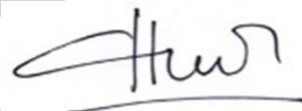
Semarang, 30 Desember 2024

Dosen Pembimbing I



Prof. Dr. Heri Sutanto, S.Si., M.Si., F.Med.
NIP. 197502151998021001

Dosen Pembimbing II



Prof. Dr. Muchammad, ST., MT.
NIP. 197303051997021001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tesis ini tidak terdapa karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat arya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Semarang, 30 Desember 2024



Awwalunisa Aliya Kusuma
NIM. 30000422410001



HALAMAN PENGESAHAN
TESIS
STUDI PERANCANGAN PANEL SURYA *STAND ALONE* MENGGUNAKAN
***PVSYST* UNTUK MITIGASI DARI AUDIT ENERGI**

Disusun Oleh:
AWWALUNISA ALIYA KUSUMA
NIM. 30000422410001

Telah diujikan dan dinyatakan lulus oleh Tim Penguji
Pada tanggal, Januari 2025

Dosen Pembimbing I

Tim Penguji,

Penguji I

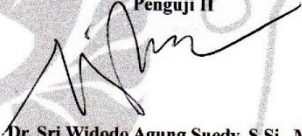

Prof. Dr. Heri Sutanto, S.Si., M.Si., F.Med.
NIP. 197502151998021001


Prof. Dr. Ir. Syafrudin, CES, M.T., IPM., ASEAN Eng.
NIP. 195811071988031001

Dosen Pembimbing II

Penguji II


Prof. Dr. Muchammad, ST., MT.
NIP. 197303051997021001


Dr. Sri Widodo Agung Suedy, S.Si., M.Si.
NIP. 197302012000031001

Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Magister Energi

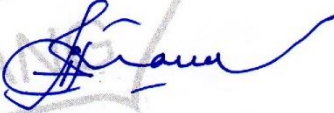
Tanggal, Januari 2025

Dekan Sekolah Pascasarjana

Ketua Program Studi Magister Energi




Prof. Ir. Mochamad Agung Wibowo, M.M., M.Sc., Ph.D.
NIP. 196702081994031005


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

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Awwalunisa Aliya Kusuma
NIM : 30000422410001
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 PERANCANGAN PANEL SURYA *STAND ALONE* MENGGUNAKAN *PVSYST*
UNTUK MITIGASI DARI AUDIT ENERGI

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

Dibuat di : Semarang
Pada tanggal : 30 Desember 2024

Yang menandatangani



Awwalunisa Aliya Kusuma
NIM. 30000422410001

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “STUDI PERANCANGAN PANEL SURYA *STAND ALONE* MENGGUNAKAN *PVSYST* UNTUK MITIGASI DARI AUDIT ENERGI”. Proposal tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains 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 tesis ini yaitu kepada:

1. Allah SWT. yang masih memberikan kesempatan kepada saya untuk menuntut ilmu hingga sekarang ini untuk membuat hidup saya lebih baik kedepannya.
2. Prof.Ir. Mochamad Agung Wibowo, M.M., M.Sc., Ph.D. selaku dekan sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro.
3. Prof. Dr.-Ing. Ir. Silviana, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng, selaku Ketua Program Studi Magister Energi Universitas Diponegoro Semarang.
4. Prof. Dr. Heri Sutanto, S.Si., M.Si., F.Med. selaku Dosen Pembimbing Pertama atas waktu, tenaga, petunjuk, dan keramah-tamahannya dalam membimbing penulis mengerjakan tesis.
5. Prof. Dr. Muchammad, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Kedua atas waktu, tenaga, petunjuk, dan keramah-tamahannya dalam membimbing penulis mengerjakan tesis ini.
6. Bapak dan Ibu Dosen Magister Energi yang telah memberikan pengajaran yang sangat luar biasa kepada penulis.
7. Teman – teman Magister Energi yang selalu mendukung dan memberi semangat kepada penulis.

Akhir kata penulis memohon maaf apabila terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan tesis ini. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat

diharapkan guna penyempurnaan dan pengembangan tesis ini kearah yang lebih baik. Mudah-mudahan usaha penyusunan tesis ini memperoleh ridha dari Allah SWT. Amin.

Semarang, Januari 2025

Penulis,

Awwalunisa Aliya Kusuma



DAFTAR ISI

PERSETUJUAN UJIAN TESIS	i
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN TESIS	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang.....	Error! Bookmark not defined.
1.2 Perumusan Masalah.....	Error! Bookmark not defined.
1.3 Tujuan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1.4 Manfaat Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1.5 Originalitas Penulis	Error! Bookmark not defined.
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
2.1 Energi	Error! Bookmark not defined.
2.2 Panel Surya.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.1 Semikonduktor	Error! Bookmark not defined.
2.2.2 Foton	Error! Bookmark not defined.
2.2.3 Proses Konversi Panel Surya	Error! Bookmark not defined.
2.2.4 Perhitungan PLTS	Error! Bookmark not defined.
2.2.5 PV_{syst}	Error! Bookmark not defined.
2.3 Analisa Ekonomi	Error! Bookmark not defined.
2.4 Analisa Ekologi	Error! Bookmark not defined.
BAB III METODOLOGI.....	Error! Bookmark not defined.
3.1 Lokasi Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.2 Jenis Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.3 Kerangka Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.4 Ruang Lingkup Penelitian	Error! Bookmark not defined.

3.5	Jenis dan Sumber Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.6	Teknik Pengumpulan Data	Error! Bookmark not defined.
3.7	Teknik Analisis Data.....	Error! Bookmark not defined.
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN		Error! Bookmark not defined.
4.1	Audit Energi	Error! Bookmark not defined.
4.1.1	Intensitas konsumsi energi (IKE).....	Error! Bookmark not defined.
4.1.2	Analisa beban pendingin.....	Error! Bookmark not defined.
4.1.3	Potensi peluang hemat energi (PHE)	Error! Bookmark not defined.
4.2	Simulasi <i>PVsyst</i>	Error! Bookmark not defined.
4.2.1	Profil beban energi listrik.....	Error! Bookmark not defined.
4.2.2	Menentukan kapasitas beban panel surya.....	Error! Bookmark not defined.
4.3	Hasil simulasi <i>pvsyst</i>	Error! Bookmark not defined.
4.4	Analisa Ekologi	Error! Bookmark not defined.
4.5	Perhitungan Ekonomi PLTS	Error! Bookmark not defined.
4.5.1	Menghitung biaya awal investasi PLTS ..	Error! Bookmark not defined.
4.5.2	Menghitung biaya pemeliharaan	Error! Bookmark not defined.
4.5.3	Menghitung biaya siklus hidup	Error! Bookmark not defined.
4.5.4	Menghitung biaya energi PLTS.....	Error! Bookmark not defined.
4.5.5	Analisa kelayakan investasi PLTS	Error! Bookmark not defined.
BAB V PENUTUP.....		Error! Bookmark not defined.
5.1	Kesimpulan.....	Error! Bookmark not defined.
5.2	Saran	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA		Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN.....		Error! Bookmark not defined.
Lampiran 1. Perhitungan kapasitas AC terpasang dengan standar AC pada Gedung Neki A Office		Error! Bookmark not defined.
Lampiran 2. Perhitungan kapasitas AC terpasang dengan standar AC pada Gedung Bottom Office.....		Error! Bookmark not defined.
Lampiran 3. Perhitungan kapasitas AC terpasang dengan standar AC pada Gedung Neki (exs S5 Office Manajemen).....		Error! Bookmark not defined.
Lampiran 4. Perhitungan kapasitas AC terpasang dengan standar AC pada Gedung Neki B Office		Error! Bookmark not defined.

- Lampiran 5. Layout Gedung Neki A Office Office **Error! Bookmark not defined.**
- Lampiran 6. Layout Gedung Bottom Office **Error! Bookmark not defined.**
- Lampiran 7. Layout Gedung Neki (exs S5 Office Manajemen) . **Error! Bookmark not defined.**
- Lampiran 8. Layout Gedung Neki B Office..... **Error! Bookmark not defined.**
- Lampiran 9. Perhitungan profil beban energi Gedung administrasi PT. XXX
..... **Error! Bookmark not defined.**
- Lampiran 10. Legalitas kepemilikan akun *PVsyst*. **Error! Bookmark not defined.**
- Lampiran 11. Data iradiasi matahari **Error! Bookmark not defined.**
- Lampiran 12. Spesifikasi Panel surya **Error! Bookmark not defined.**
- Lampiran 13. Spesifikasi Baterai **Error! Bookmark not defined.**
- Lampiran 14. Harga barang untuk pemasangan PLTS *Stand-alone* atap..... **Error! Bookmark not defined.**
- Lampiran 15. Perhitungan analisa ekonomi..... **Error! Bookmark not defined.**
- Lampiran 16. Analisa performa panel surya **Error! Bookmark not defined.**



DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Originalitas penulis	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2. 1 Kriteria nilai IKE pada konsumsi energi listrik (Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (2012)	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 1 Data historis total konsumsi energi listrik.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 2 Luas Bangunan.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 3 Hasil perhitungan intensitas konsumsi energi (IKE).	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 4 Variable signifikan yang mempengaruhi nilai IKE (Amber et al. (2019)	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 5 Peluang penghemematan AC no-Cost...	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 6 Peluang penghemematan AC low-Cost.	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 7 Beban Energi listrik di Gedung administrasi	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 8 Jumlah energi yang dibangkitkan oleh panel surya....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 9 Tabel proyeksi pengurangan emisi	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 10 Biaya kebutuhan untuk Pembangunan PLTS Stand-alone	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 11 Biaya pergantian komponen PLTS	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 12 Tabel analisa ekonomi	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 13 Matriks analisa kelayakan potensi peluang hemat energi	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Timbulnya beban listrik internal Samsurizal et al. (2021)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2. 2 Halaman utama aplikasi PVsyst.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 1 Lokasi penelitian pada PT.XXX.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 1 Persentase penggunaan listrik Gedung	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 2 Perbandingan standar beban AC dan kapasitas AC terpasang Gedung Neki A office	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 3 Perbandingan standar beban AC dan kapasitas AC terpasang Gedung Bottom Office.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 4 Perbandingan standar beban AC dan kapasitas AC terpasang Gedung Neki (exs S5 Office Manajemen).....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 5 Perbandingan standar beban AC dan kapasitas AC terpasang Gedung Neki B Office	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 6 Kemiringan dan orientasi modul	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 7 luasan atap untuk Gedung administrasi PT.XXX.	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 8 Menentukan kapasitas baterai yang dibutuhkan pada Gedung Bottom Office.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 9 Menentukan kapasitas panel surya yang akan dipasang	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 10 Produksi panel surya	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 11 Rasio Performa	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 12 Tabel hasil produksi.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 13 Platform SRN untuk pengunduhan perhitungan	Error! Bookmark not defined.

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) stand-alone menggunakan perangkat lunak *PVsyst* sebagai mitigasi dari hasil audit energi di gedung administrasi PT. XXX, Serang, Banten. Langkah awal melibatkan analisis efisiensi energi gedung administrasi melalui audit energi, yang menunjukkan bahwa gedung administrasi Gedung Neki A Office Marketing dan Bottom Office tidak efisien karena dengan nilai IKE rata-rata 17.08 termasuk dalam kategori agak boros. Berdasarkan hasil audit, dirancang sistem PLTS stand-alone yang terdiri dari 175 modul surya *monocrystalline* 500 Wp yang tersusun dalam 5 *string* paralel dengan masing-masing *string* terdiri dari 15 modul seri, dan sistem off-grid dengan 8 baterai seri dan 65 baterai paralel. Hasil simulasi menunjukkan rasio performa sebesar 66%, yang menandakan proyek layak secara teknis untuk diterapkan. Dari segi finansial, proyek ini juga layak karena mampu mengembalikan modal awal sebelum target berdasarkan analisis *Net Present Value* (NPV) dan *Profitability Index* (PI). Implementasi sistem ini diharapkan dapat mengurangi emisi karbon dan mendukung target net zero emission pada tahun 2050.

Kata Kunci: *efisiensi gedung, audit energi, PLTS, stand-alone, penurunan emisi*

ABSTRAK

This study aims to design a stand-alone Solar Power Plant (PLTS) system using PVsyst software as a mitigation of the energy audit results in the administration building of PT. XXX, Serang, Banten. The initial step involves analyzing the energy efficiency of the administration building through an energy audit, which shows that the Neki A Office Marketing and Bottom Office administration buildings are inefficient because with an average IKE value of 17.08 it is included in the rather wasteful category. Based on the audit results, a stand-alone PLTS system was designed consisting of 175 500 Wp monocrystalline solar modules arranged in 5 parallel strings with each string consisting of 15 series modules, and an off-grid system with 8 series batteries and 65 parallel batteries. The simulation results show a performance ratio of 66%, indicating that the project is technically feasible to implement. In terms of finance, this project is also feasible because it is able to return the initial capital before the target based on the Net Present Value (NPV) and Profitability Index (PI) analysis. The implementation of this system is expected to reduce carbon emissions and support the net zero emission target by 2050.

Keywords: *building efficiency, energy audit, PLTS, stand-alone, emission reduction*

BAB I