

**Perancangan Sistem Hybrid
Panel Surya dan Turbin Angin Archimedes serta
Analisis Output Energi untuk Pengisian Baterai 12 Volt**

Skripsi

**Disusun untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Sains**



**Marselyndro Zefanya Nainggolan
1306621072**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2025**

ABSTRAK

MARSELYNDRO ZEFANYA NAINGGOLAN. Perancangan Sistem Hybrid Panel Surya dan Turbin Angin Archimedes serta Analisis Output Energi untuk Pengisian Baterai 12 Volt. Skripsi, Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. Juli 2025.

Krisis energi fosil dan meningkatnya kebutuhan listrik mendorong pengembangan sumber energi terbarukan yang efisien dan ramah lingkungan. Salah satu solusi potensial adalah sistem hybrid yang menggabungkan dua sumber energi terbarukan untuk meningkatkan kontinuitas suplai. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem hybrid antara panel surya dan turbin angin Archimedes serta menganalisis output energinya dalam proses pengisian baterai VRLA 12 volt. Penelitian dilakukan secara eksperimen berbasis prototipe di Laboratorium Instrumentasi Fisika dan rooftop Gedung Kyai Hasjim Asjarie, Universitas Negeri Jakarta, pada Januari hingga Juli 2025. Sistem dirancang agar kedua sumber bekerja simultan dalam konfigurasi paralel melalui terminal blok, disalurkan ke solar charge controller (SCC) dan baterai. Parameter yang diukur meliputi intensitas cahaya, kecepatan angin, tegangan, arus, daya, dan energi dari masing-masing sumber serta sistem hybrid, dicatat secara berkala selama tiga hari pengujian. Hasil menunjukkan bahwa panel surya menghasilkan 220,58 Wh, turbin angin 64,53 Wh, dan sistem hybrid total 278,57 Wh. Tegangan baterai meningkat dari 12,05 V menjadi 12,34 V. Panel surya berkontribusi paling besar terhadap total energi, seiring dominasi intensitas cahaya dibanding kecepatan angin. Rugi energi sebesar 6,53 Wh atau sekitar 2,29% dari total energi teoritis. Temuan ini menunjukkan bahwa sistem hybrid memiliki potensi sebagai solusi pembangkit listrik terbarukan berskala kecil, khususnya di wilayah dengan intensitas cahaya tinggi dan kecepatan angin rendah.

Kata kunci: sistem hybrid, panel surya, turbin angin Archimedes, pengisian baterai, energi loss.

ABSTRACT

MARSELYNDRO ZEFANYA NAINGGOLAN. Design of a Hybrid System of Solar Panel and Archimedes Wind Turbine and Analysis of Energy Output for Charging a 12-Volt Battery. Undergraduate Thesis, Physics Study Program, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Negeri Jakarta. July 2025.

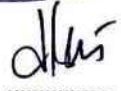
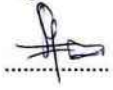
The fossil energy crisis and the growing demand for electricity have driven the development of renewable energy sources that are efficient and environmentally friendly. One potential solution is a hybrid system that combines two renewable energy sources to enhance supply continuity. This study aims to design a hybrid system combining solar panels and an Archimedes wind turbine, and to analyze its energy output in charging a 12 Volt VRLA battery. The research was conducted as a prototype-based experimental study at the Physics Instrumentation Laboratory and the rooftop of Kyai Hasjim Asjarie Building, Universitas Negeri Jakarta, from January to July 2025. The system was designed for both energy sources to operate simultaneously in a parallel configuration through a terminal block, then routed to a solar charge controller (SCC) and battery. Measured parameters included light intensity, wind speed, voltage, current, power, and energy from each source and the hybrid system, recorded periodically over three days. The results show that the solar panel produced 220.58 Wh, the wind turbine 64.53 Wh, and the hybrid system a total of 278.57 Wh. The battery voltage increased from 12.05 V to 12.34 V. The solar panel contributed the most to total energy due to the dominance of light intensity over wind speed at the test site. Energy losses were recorded at 6.53 Wh, or approximately 2.29% of the theoretical total energy. These findings indicate that the hybrid system has potential as a small-scale renewable power generation solution, especially in areas with high sunlight intensity and low wind speed.

Keywords: hybrid system, solar panel, Archimedes wind turbine, battery charging, energy loss.

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Perancangan Sistem Hybrid Panel Surya dan Turbin Angin Archimedes serta Analisis Output Energi untuk Pengisian Baterai 12 Volt

Nama : Marselyndro Zefanya Nainggolan
No. Registrasi : 1306621072

Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab		
Dekan : Dr. Hadi Nasbey, S.Pd., M.Si NIP. 197909162005011004		12/08 2025
Wakil Penanggung Jawab		
Wakil Dekan I : Dr. Meiliasari, S.Pd., M.Sc NIP. 197905042009122002		12/08 2025
Ketua : Riser Fahdiran, M.Si. NIP. 198307172009121008		30/7 2025
Sekretaris : Ahmad Zatzika Purwalaksana, M.Si NIP. 199402032023211000		30/7 2025
Anggota		
Pembimbing I : Dr. Hadi Nasbey, M.Si NIP. 197909162005011004		30/7 2025
Pembimbing II : Syafrima Wahyu, M.Si NIP. 199110132023211021		30/7 2025
Penguji : Haris Suhendar, M.Sc NIP. 199404282022031006		30/7 2025

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal 25 Juli 2025.

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul **“Perancangan Sistem Hybrid Panel Surya dan Turbin Angin Archimedes serta Analisis Output Energi untuk Pengisian Baterai 12 Volt”** yang disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dari Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta adalah benar merupakan karya ilmiah saya sendiri yang disusun dengan arahan dari dosen pembimbing.

Sumber informasi yang diperoleh dari penulis lain dan telah dipublikasikan serta digunakan dalam penulisan skripsi ini telah dicantumkan secara lengkap dalam Daftar Pustaka sesuai dengan kaidah, norma, dan etika penulisan ilmiah.

Apabila di kemudian hari terbukti bahwa sebagian atau seluruh isi dari skripsi ini bukan merupakan hasil karya ilmiah saya sendiri, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang telah saya peroleh serta sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Jakarta, 25 Juli 2025

Marselyndro Zefanya Nainggolan



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN
TEKNOLOGI UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
UPT PERPUSTAKAAN
Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220
Telepon/Faksimili: 021-4894221
Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Marselyndro Zefanya Nainggolan
NIM : 1306621072
Fakultas/Prodi : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam / Fisika
Alamat email : nainggolan93csac@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Perancangan Sistem Hybrid Panel Surya dan Turbin Angin Archimedes serta Analisis Output Energi untuk Pengisian Baterai 12 Volt

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 14 Agustus 2025
Penulis

Marselyndro Zefanya Nainggolan

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan kasih dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perancangan Sistem Hybrid Panel Surya dan Turbin Angin Archimedes serta Analisis Output Energi untuk Pengisian Baterai 12 Volt”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Hadi Nasbey, M.Si, selaku Dosen Pembimbing I, atas kesabaran, arahan, bimbingan, dan masukan ilmiah yang sangat berharga selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.
2. Syafrima Wahyu, M.Si, selaku Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan dukungan, kritik konstruktif, serta bimbingan akademik yang sangat membantu dalam penyusunan skripsi ini.
3. Orang tua, saudara, dan seluruh keluarga, atas doa, kasih sayang, serta dukungan moral dan materi yang senantiasa mengiringi perjuangan penulis dalam menyelesaikan studi ini.
4. Dr. Teguh Budi Prayitno, M.Si, selaku Koordinator Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, yang telah memberikan izin, arahan, dan fasilitas akademik yang mendukung penelitian ini.
5. Seluruh dosen Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, atas ilmu, motivasi, dan dedikasi yang telah diberikan selama masa perkuliahan.
6. Laboratorium Fisika Instrumentasi, Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, sebagai tempat

pelaksanaan perakitan dan pengujian sistem, yang sangat membantu dalam proses eksperimen.

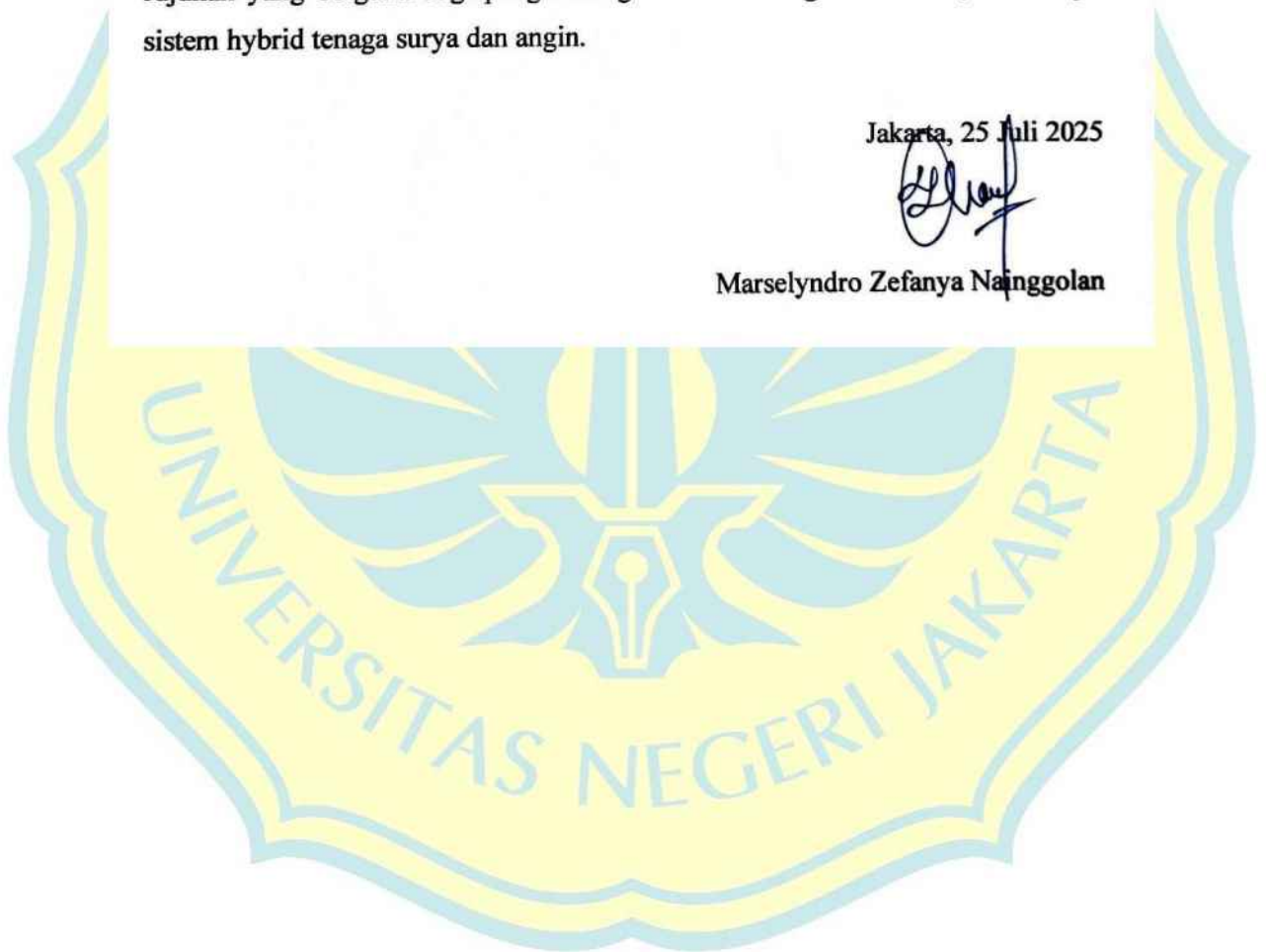
7. Teman-teman angkatan 2021 Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, atas kebersamaan, dukungan, dan semangat yang telah menjadi bagian penting dalam perjalanan akademik penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan menjadi rujukan yang berguna bagi pengembangan sistem energi terbarukan, khususnya sistem hybrid tenaga surya dan angin.

Jakarta, 25 Juli 2025



Marselyndro Zefanya Nainggolan



DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian	6
D. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
A. Sumber Energi Terbarukan	8
B. Energi Surya	9
C. Energi Angin	18
D. Turbin Angin Archimedes	22
E. Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH)	24
F. Komponen Pendukung Sistem Hybrid	28
G. Rugi Energi dalam Sistem Hybrid	34
H. Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Kinerja PLTS dan PLTB	35
I. Baterai VRLA 12 Volt dan Karakteristik Pengisiannya Berdasarkan Tegangan	37
J. Penelitian Terkait	39
K. Kerangka Berpikir	40
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	43
A. Tempat dan Waktu Penelitian	43

B. Metode Penelitian.....	44
C. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data	54
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	56
A. Desain dan Instalasi Sistem Hybrid	56
B. Kondisi Lingkungan Selama Pengujian.....	59
C. Analisis Output Panel Surya	65
D. Analisis Output Turbin Angin Archimedes	72
E. Analisis Output Sistem Hybrid	79
F. Analisis Efektivitas Sistem Hybrid dalam Pengisian Baterai	89
G. Analisis Pembahasan Terpadu.....	95
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	97
A. Kesimpulan	97
B. Saran.....	98
DAFTAR PUSTAKA	100
LAMPIRAN.....	108
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	111



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Panel Surya.....	10
Gambar 2. 2 Proses Pembangkitan Listrik pada Sel Surya.....	11
Gambar 2. 3 Inklinasi dan Orientasi Menentukan Arah Panel Surya	13
Gambar 2. 4 Cara Kerja Fotovoltaik.....	14
Gambar 2. 5 PLTS On – Grid.....	15
Gambar 2. 6 PLTS Off – Grid	16
Gambar 2. 7 Skema Sistem PLTS Hybrid.....	17
Gambar 2. 8 Jenis Panel Surya: a) Monokristal; b) Polikristal; dan c) Thin Film Solar Cell (TFSC)	17
Gambar 2. 9 Konversi Energi Angin.....	19
Gambar 2. 10 Turbin Angin Horizontal	21
Gambar 2. 11 Turbin Angin Vertikal.....	22
Gambar 2. 12 Turbin Angin Archimedes	23
Gambar 2. 13 Blok Diagram Sistem PLTH.....	25
Gambar 2. 14 PLTH Sistem Serial	26
Gambar 2. 15 PLTH Sistem Tersaklar.....	26
Gambar 2. 16 PLTH Sistem Paralel	27
Gambar 2. 17 Solar Charge Controller PWM.....	28
Gambar 2. 18 Baterai VRLA 12 Volt 65 Ah	29
Gambar 2. 19 Dioda Schottky.....	29
Gambar 2. 20 Wattmeter Digital 60 V 100 A.....	30
Gambar 2. 21 Anemometer	30
Gambar 2. 22 Lux Meter.....	31
Gambar 2. 23 Terminal Block.....	31
Gambar 2. 24 DC-DC Boost Converter XL6009.....	32
Gambar 2. 25 Kapasitor 50 volt 1000 μ f	32
Gambar 2. 26 Permanent DC Generator	33
Gambar 2. 27 Grafik Perubahan Pengukuran Tegangan Baterai Selama 150 menit	39

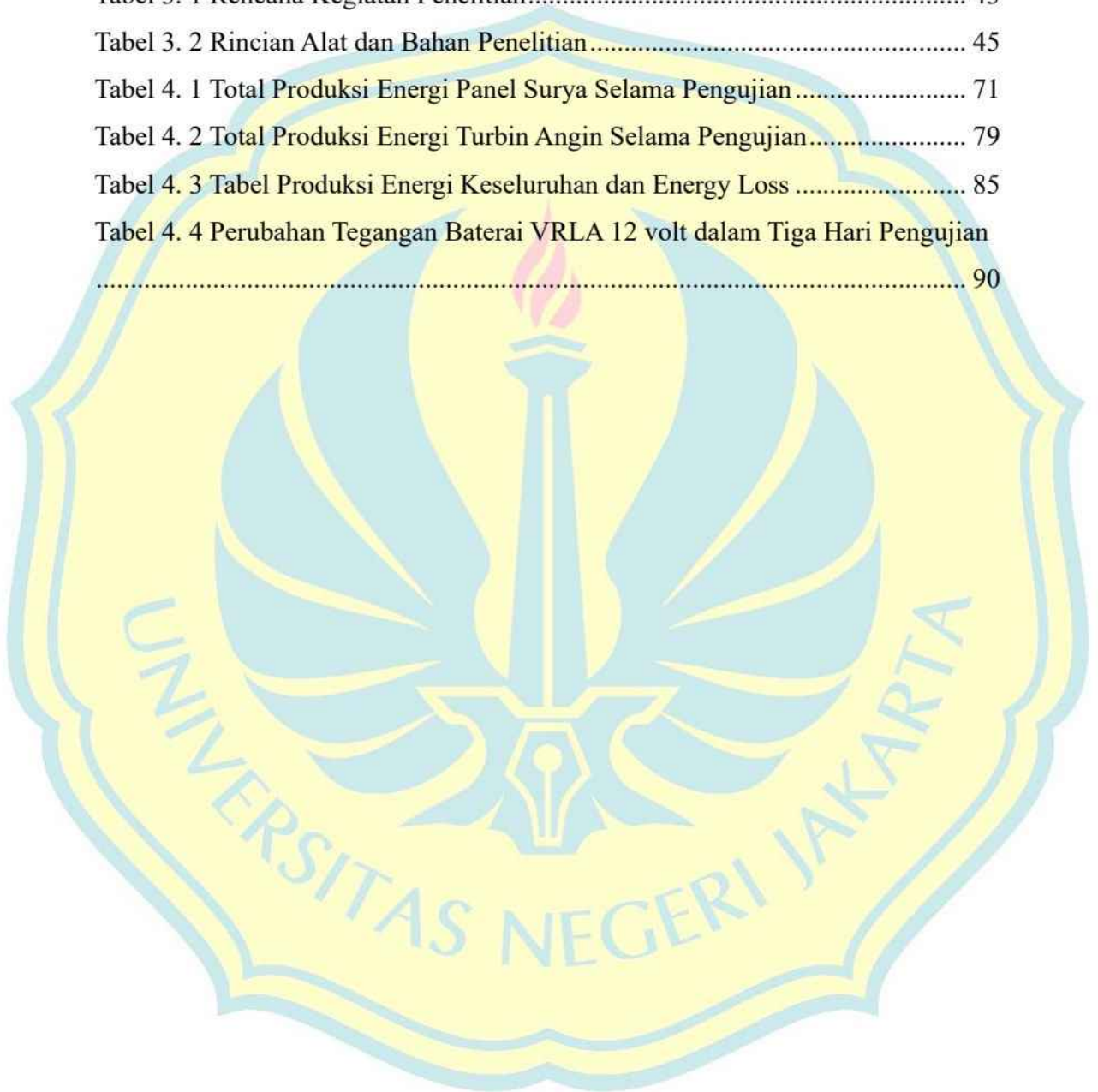
Gambar 3. 1 Diagram Alir Rencana Penelitian.....	48
Gambar 3. 2 Diagram Blok Sistem	54
Gambar 4. 1 Sistem Hybrid Panel Surya dan Turbin Angin	57
Gambar 4. 2 Rangkaian Komponen Sistem	58
Gambar 4. 3 Grafik Iradiansi Matahari pada Hari Pertama	59
Gambar 4. 4 Grafik Iradiansi Matahari pada Hari Kedua.....	60
Gambar 4. 5 Grafik Iradiansi Matahari pada Hari Ketiga.....	61
Gambar 4. 6 Grafik Kecepatan Angin pada Hari Pertama Pengujian.....	62
Gambar 4. 7 Grafik Kecepatan Angin pada Hari Kedua Pengujian.....	63
Gambar 4. 8 Grafik Kecepatan Angin pada Hari Ketiga Pengujian	64
Gambar 4. 9 Grafik Korelasi Daya Panel Surya dengan Iradiansi Matahari Hari Pertama.....	67
Gambar 4. 10 Grafik Korelasi Daya Panel Surya dengan Iradiansi Matahari Hari Kedua	68
Gambar 4. 11 Grafik Korelasi Daya Panel Surya dengan Iradiansi Matahari Hari Ketiga	69
Gambar 4. 12 Grafik Korelasi Daya Turbin Angin dengan Kecepatan Angin Hari Pertama.....	73
Gambar 4. 13 Grafik Korelasi Daya Turbin Angin dengan Kecepatan Angin Hari Kedua	75
Gambar 4. 14 Grafik Korelasi Daya Turbin Angin dengan Kecepatan Angin Hari Ketiga	76
Gambar 4. 15 Grafik Output Daya Sistem Hybrid Hari Pertama	80
Gambar 4. 16 Grafik Output Daya Sistem Hybrid Hari Kedua	81
Gambar 4. 17 Grafik Output Daya Sistem Hybrid Hari Ketiga.....	83
Gambar 4. 18 Grafik Presentase Produksi Energi Keseluruhan.....	86
Gambar 4. 19 Perbandingan Output Energi PLTS+PLTB, Sistem Hybrid, dan Energi Loss Selama Pengujian.....	88
Gambar 4. 20 Tegangan Baterai Selama Pengisian oleh Sistem Hybrid pada Hari Pertama.....	91

Gambar 4. 21 Tegangan Baterai Selama Pengisian oleh Sistem Hybrid pada Hari Kedua	92
Gambar 4. 22 Tegangan Baterai Selama Pengisian oleh Sistem Hybrid pada Hari Ketiga	93



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Potensi Energi Terbarukan di Indonesia.....	9
Tabel 3. 1 Rencana Kegiatan Penelitian.....	43
Tabel 3. 2 Rincian Alat dan Bahan Penelitian.....	45
Tabel 4. 1 Total Produksi Energi Panel Surya Selama Pengujian.....	71
Tabel 4. 2 Total Produksi Energi Turbin Angin Selama Pengujian.....	79
Tabel 4. 3 Tabel Produksi Energi Keseluruhan dan Energy Loss	85
Tabel 4. 4 Perubahan Tegangan Baterai VRLA 12 volt dalam Tiga Hari Pengujian	90



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Pengambilan Data Hari Pertama.....	108
Lampiran 2. Tabel Pengambilan Data Hari Kedua	108
Lampiran 3. Tabel Pengambilan Data Hari Ketiga	108
Lampiran 4. Dokumentasi Pengambilan Data Arus, Tegangan, dan Daya	109
Lampiran 5. Dokumentasi Pengambilan Data Lux Meter, Anemometer, dan Tegangan Baterai.....	109
Lampiran 6. Kegiatan Penelitian.....	109
Lampiran 7. Dokumentasi Pengambilan Data Selama 3 Hari Pengujian.....	110

