

LAPORAN TUGAS AKHIR  
KARYA ILMIAH TERAPAN

***SMART MONITORING SYSTEM FOR  
RENEWABLE ENERGY***



TEGAR REZKY FEBRIANTO  
0921021103

disusun sebagai salah satu syarat  
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA  
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN  
TEKNOLOGI REKAYASA KELISTRIKAN KAPAL  
TAHUN 2025

LAPORAN TUGAS AKHIR  
KARYA ILMIAH TERAPAN

***SMART MONITORING SYSTEM FOR  
RENEWABLE ENERGY***



TEGAR REZKY FEBRIANTO  
0921021103

disusun sebagai salah satu syarat  
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA  
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN  
TEKNOLOGI REKAYASA KELISTRIKAN KAPAL  
TAHUN 2025

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Tegar Rezky Febrianto  
Nomor Induk Taruna : 09.21.021.1.03  
Program Studi : Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul:

### ***SMART MONITORING SYSTEM FOR RENEWABLE ENERGY***

Merupakan karya asli seluruh ide yang ada dalam KIT tersebut, kecuali tema dan yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide saya sendiri.

Jika pernyataan di atas terbukti tidak benar, maka saya sendiri menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Pelayaran Surabaya.

Surabaya, 23 Juli 2025



Tegar Rezky Febrianto  
NIT. 09.21.021.1.03

**PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN  
PROPOSAL TUGAS AKHIR**

Judul : SMART MONITORING SYSTEM FOR RENEWABLE ENERGY

Program Studi : SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA KELISTRIKAN KAPAL

Nama : TEGAR REZKY FEBRIANTO

NIT : 0921021103

Jenis Tugas Akhir : Prototype / Proyek / Karya Ilmiah Terapan\*

Keterangan: \* (coret yang tidak perlu)

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk dilaksanakan Uji Kelayakan Proposal

Surabaya, ..... 03 DESEMBER 2024

**Menyetujui,**

**Dosen Pembimbing I**

### Dosen Pembimbing II

**DIANA ALIA, S.T, M.Eng**  
Penata (III/c)  
NIP. 199106062019022003

**PRIMA YUDHA YUDIANTO, S.E., M.M.**  
Penata (III/c)  
NIP. 197807172005021001

Ketua Program Studi  
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

**AKHMAD KASAN GUPRON, M.Pd.**  
Penata Tk. I (III/d)  
NIP. 198005172005021003

**PERSETUJUAN SEMINAR  
HASIL TUGAS AKHIR**

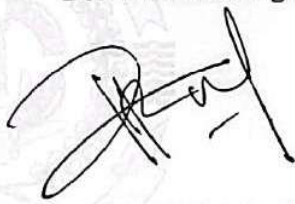
Judul : *SMART MONITORING SYSTEM FOR RENEWABLE ENERGY*  
Program Studi : SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA KELISTRIKAN KAPAL  
Nama : TEGAR REZKY FEBRIANTO  
NIT : 0921021103  
Jenis Tugas Akhir : Prototype / Karya Ilmiah Terapan / Karya Tulis Ilmiah\*  
Keterangan: \*(coret yang tidak perlu)

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk dilaksanakan Seminar Hasil Tugas Akhir


Surabaya, ...*29 JULI 2025*.....

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing I                      Dosen Pembimbing II

  
**DIANA ALIA, S.T, M.Eng**  
Penata (III/c)  
NIP. 199106062019022003

  
**PRIMA YUDHA YUDIANTO, S.E., M.M.**  
Penata (III/c)  
NIP. 197807172005021001

Mengetahui,  
Ketua Program Studi  
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

  
**DIRHAMSYAH, S.E., M.Pd.**  
Penata Tk. I (III/d)  
NIP. 197504302002121002

**PENGESAHAN  
PROPOSAL TUGAS AKHIR  
KARYA ILMIAH TERAPAN**

***SMART MONITORING SYSTEM FOR RENEWABLE ENERGY***

Disusun oleh:

**TEGAR REZKY FEBRIANTO**  
NIT. 0921021103

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Hasil Tugas Akhir  
Politeknik Pelayaran Surabaya

Surabaya, *11 DESEMBER 2024*

Mengesahkan,

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Dosen Penguji III



**ANTONIUS E K, M.Mar.E, M.Pd**

Penata Tk. I (III/d)

NIP. 196905312003121001



**ACHMAD D F, S.Pd., M.Pd.**

X

NIP. 198805042024211005



**DIANA ALIA, S.T, M.Eng**

Penata (III/c)

NIP. 199106062019022003

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal



**AKHMAD KASAN GUPRON, M.Pd.**

Penata Tk. I (III/d)

NIP. 198005172005021003



**PENGESAHAN  
LAPORAN TUGAS AKHIR  
KARYA ILMIAH TERAPAN**

***SMART MONITORING SYSTEM FOR RENEWABLE ENERGY***

Disusun oleh:

**TEGAR REZKY FEBRIANTO**  
NIT. 0921021103

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Hasil Tugas Akhir  
Politeknik Pelayaran Surabaya

Surabaya, ...01... AGUSTUS... 2025...

Mengesahkan,

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Dosen Penguji III



**ANTONIUS E K, M.Mar.E., M.Pd**

Penata Tk. I (III/d)

NIP. 196905312003121001



**ACHMAD D F, S.Pd., M.Pd.**

X

NIP. 198805042024211005



**DIANA ALIA, S.T, M.Eng**

Penata (III/c)

NIP. 199106062019022003

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal



**DIRHAMSYAH S.E., M.Pd.**

Penata Tk. I (III/d)

NIP. 197504302002121002

## ABSTRAK

Tegar Rezky Febrianto, *Smart Monitoring System for Renewable Energy*. Politeknik Pelayaran Surabaya. Dibimbing oleh Diana Alia, S.T, M.Eng dan Prima Yudha Yudianto, S.E., M.M.

Tujuan penelitian ini adalah monitoring kinerja dan potensi energi terbarukan melalui integrasi *Solar Cell* dan *Wind Turbine*. Untuk meningkatkan pemahaman mengenai *monitoring* pengisian baterai melalui NodeMCU ESP 8266. Perancangan alat ini disebabkan karena pengisian daya yang berlebihan terhadap baterai akan menjadikan baterai kelebihan kapasitas sehingga dapat menjadikan baterai cepat rusak. INA219 merupakan sensor yang dapat menghitung arus dan tegangan sehingga dapat memberikan hasil yang akurat sehingga memudahkan dalam *monitoring* kinerja *Solar Cell* dan *Wind Turbine*. Hasil penelitian meliputi evaluasi kinerja masing-masing sistem. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang manfaat dan tantangan penggunaan *monitoring Solar Cell* dan *Wind Turbine*, serta memberikan pengawasan yang praktis untuk menghitung arus dan tegangan yang dihasilkan oleh *Solar Cell* dan *Wind Turbine*. Sistem pemantauan energi terbarukan yang dikembangkan dengan NodeMCU ESP8266 terbukti efektif dalam melakukan pemantauan secara langsung dan dari jarak jauh. Data menunjukkan *Upload Rate* rata-rata 4.93 KBps, *Upload Speed* 8.72 detik, *Bit Rate* 39.41 kbps, *SNR* 24.89 dB, dan *BER* 0.038 %. Kinerja sistem rentan terhadap fluktuasi kondisi lingkungan transmisi, menekankan perlunya optimasi efisiensi energi dan strategi pengiriman data.

**Kata Kunci :** *Solar Cell*, *Wind Turbine*, INA219, NodeMCU ESP 8266.



## **ABSTRACT**

*Tegar Rezky Febrianto, Smart Monitoring System for Renewable Energy. Surabaya Merchant Marine Polytechnic. Guided by Diana Alia, S.T, M.Eng and Prima Yudha Yudianto, S.E., M.M.*

*The purpose of this research is to monitor the performance and potential of renewable energy through the integration of Solar Cell and Wind Turbine. To improve understanding of battery charging monitoring via NodeMCU ESP 8266. The design of this tool is due to overcharging the battery will cause the battery to overcapacity so that it can cause the battery to be damaged quickly. INA219 is a sensor that can calculate current and voltage so that it can provide accurate results, making it easier to monitor the performance of Solar Cell and Wind Turbine. The results of the study include an evaluation of the performance of each system. This research is expected to provide a better understanding of the benefits and challenges of using Solar Cell and Wind Turbine monitoring, as well as providing practical supervision to calculate the current and voltage produced by Solar Cell and Wind Turbine. The renewable energy monitoring system developed with NodeMCU ESP8266 has proven effective in monitoring directly and remotely. The data shows an average Upload Rate of 4.93 KBps, Upload Speed 8.72 seconds, Bit Rate 39.41 kbps, SNR 24.89 dB, and BER 0.038%. System performance is susceptible to fluctuations in transmission environmental conditions, emphasizing the need for optimization of energy efficiency and data delivery strategies.*

**Keywords :** *Solar Cell, Wind Turbine, INA219, NodeMCU ESP 8266.*

## KATA PENGANTAR

Kami memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT, karena atas penelitian tentang *Smart Monitoring System for Renewable Energy* dapat dilaksanakan.

Karya Ilmiah Terapan (KIT) merupakan salah satu persyaratan baku taruna untuk menyelesaikan studi program Sarjana Terapan tingkat IV dan wajib diselesaikan pada periode yang ditetapkan. KIT merupakan proses penyajian keadaan tertentu yang dialami taruna pada saat melaksanakan praktek laut ketika berada di atas kapal.

Peneliti menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyelesaian tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan baik dari segi bahasa, susunan kalimat, maupun cara penulisan serta pembahasan materi akibat keterbatasan penulis dalam penguasaan materi, waktu dan data-data yang diperoleh.

Untuk itu peneliti senantiasa menerima kritikan dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini. Penelitian karya tulis ilmiah ini dapat terselesaikan karena adanya bantuan dari berbagai pihak, olehnya itu peneliti mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya, khususnya kepada kedua orang tua dan saudara tercinta serta senior-senior yang selalu memberi dukungan baik moril maupun material serta kepada:

1. Bapak Moejiono, M.T., M.Mar.E, selaku Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya, yang telah memberikan pembinaan dan arahan kepada seluruh taruna dan taruni Politeknik Pelayaran Surabaya, termasuk dalam mendukung pelaksanaan penelitian ini.
2. Bapak Dirhamsyah, S.E., M.Pd., selaku Ketua Jurusan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal, yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan penelitian ini.
3. Ibu Diana Alia, S.T, M.Eng, selaku dosen pembimbing materi sekaligus penguji, yang telah memberikan arahan, kritik, dan saran yang sangat berarti selama proses penyusunan karya ilmiah terapan ini.
4. Bapak Prima Yudha Yudianto, S.E., M.M., selaku dosen pembimbing penulisan, yang dengan sabar memberikan arahan, masukan, dan saran yang membantu penulis dalam menyelesaikan karya ilmiah ini dengan baik.
5. Bapak/Ibu dosen Politeknik Pelayaran Surabaya, saya sadar bahwa dalam penelitian karya ilmiah terapan ini masih terdapat banyak kekurangan.
6. Kedua orang tua saya yang telah mendukung peneliti untuk menyelesaikan pendidikan dan penyelesaian KIT.
7. Teman-teman semua yang telah membantu dalam memperoleh masukan, data, sumber informasi, serta bantuan untuk menyelesaikan KIT.
8. Semua pihak yang tidak dapat taruna sebutkan satu persatu yang telah membantu menyelesaikan penelitian karya ilmiah terapan ini.

Terimakasih kepada beliau dan semua pihak yang telah membantu, semoga semua amal dan jasa baik mereka dapat imbalan dari Allah SWT dan semoga proposal ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan bagi pembaca serta dapat membantu untuk kemajuan pelayaran di Indonesia.

Surabaya, 23 Juli 2025

Tegar Rezky Febrianto

## DAFTAR ISI

JUDUL KARYA ILMIAH TERAPAN .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN .....	ii
PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN PROPOSAL TUGAS AKHIR .....	iii
PERSETUJUAN SEMINAR HASIL TUGAS AKHIR .....	iv
PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS AKHIR .....	v
PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR .....	vi
ABSTRAK .....	vii
<i>ABSTRACT</i> .....	viii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	4
C. Batasan Masalah .....	4
D. Tujuan Penelitian .....	5
E. Manfaat Penelitian .....	6
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b> .....	<b>7</b>
A. <i>Review</i> Penelitian Sebelumnya .....	7
B. Landasan Teori .....	8
C. Kerangka Pikir .....	25

<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>27</b>
A. Perancangan Sistem .....	27
B. Model / Perancangan Alat / Software / Desain .....	29
C. Rencana / Skenario Pengujian / Desain Uji Coba Produk .....	31
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>36</b>
A. Hasil Penelitian / Uji Coba Produk .....	36
B. Analisa Data / Revisi Produk .....	60
C. Kajian Produk Akhir .....	66
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>83</b>
A. Simpulan .....	83
B. Saran.....	84
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>85</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>88</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1.</b> <i>Review Penelitian</i> .....	7
<b>Tabel 2. 2.</b> Spesifikasi INA219 .....	14
<b>Tabel 3. 1.</b> Perangkat Penelitian.....	28
<b>Tabel 3. 2.</b> Perangkat Penunjang.....	28
<b>Tabel 3. 3.</b> Parameter Keberhasilan .....	33
<b>Tabel 4. 1.</b> Jenis Pengujian.....	37
<b>Tabel 4. 2.</b> Pengukuran Tegangan dan Arus oleh Sensor INA219 .....	38
<b>Tabel 4. 3.</b> Pengukuran Tegangan dan Arus oleh Avometer .....	41
<b>Tabel 4. 4.</b> Pengujian <i>Switching Method</i> .....	47
<b>Tabel 4. 5.</b> Hasil Upload Data ke Cloud .....	61
<b>Tabel 4. 6.</b> Hasil Rata – Rata Hari Ke-1.....	67
<b>Tabel 4. 7.</b> Hasil Rata – Rata Hari Ke-2.....	69
<b>Tabel 4. 8.</b> Hasil Rata – Rata Hari Ke-3.....	70
<b>Tabel 4. 9.</b> Hasil Rata – Rata Hari Ke-3.....	71
<b>Tabel 4. 10.</b> Hasil Upload Data ke Cloud Hari Ke-1 .....	88
<b>Tabel 4. 11.</b> Hasil Upload Data ke Cloud Hari Ke-2 .....	89
<b>Tabel 4. 12.</b> Hasil Upload Data ke Cloud Hari Ke-3 .....	90



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1.</b> <i>Solar Cell</i> .....	9
<b>Gambar 2. 2.</b> Turbin Ventilator .....	10
<b>Gambar 2. 3.</b> Baterai/Aki.....	11
<b>Gambar 2. 4.</b> <i>Battery Charging Controller (BCC)</i> .....	12
<b>Gambar 2. 5.</b> Inverter.....	13
<b>Gambar 2. 6.</b> NodeMCU ESP8266.....	14
<b>Gambar 2. 7.</b> INA219 .....	15
<b>Gambar 2. 8.</b> Software ARDUINO IDE.....	16
<b>Gambar 2. 9.</b> Ubidots.....	17
<b>Gambar 2. 10.</b> Internet of Things .....	18
<b>Gambar 2. 11.</b> Buck – Boost Converter .....	19
<b>Gambar 2. 12.</b> Converter AC to DC .....	20
<b>Gambar 2. 13.</b> Relay.....	21
<b>Gambar 3. 1.</b> Perancangan Sistem.....	27
<b>Gambar 3. 2.</b> Model/Perancangan Alat/Software/Desain.....	29
<b>Gambar 3. 3.</b> Wiring Perancangan Alat.....	30
<b>Gambar 3. 4.</b> Model <i>Dashboard</i> .....	35
<b>Gambar 4. 1.</b> Pengujian <i>Solar Cell</i> dan <i>Wind Turbine</i> .....	45
<b>Gambar 4. 2.</b> Pengujian (a) <i>Solar Cell</i> dan (b) <i>Wind Turbine</i> .....	46
<b>Gambar 4. 3.</b> Sistem <i>Switching Method</i> .....	51
<b>Gambar 4. 4.</b> <i>Dashboard Monitoring</i> .....	52
<b>Gambar 4. 5.</b> <i>Dashboard</i> Status Sistem .....	53
<b>Gambar 4. 6.</b> <i>Dashboard Real-Time Renewable Energy</i> .....	55
<b>Gambar 4. 7.</b> Grafik <i>Real-Time Renewable Energy</i> .....	56
<b>Gambar 4. 8.</b> Data Historis <i>Real-Time Renewable Energy</i> .....	57
<b>Gambar 4. 9.</b> Perakitan Komponen .....	59
<b>Gambar 4. 10.</b> Pemrograman Software .....	60
<b>Gambar 4. 11.</b> Pengambilan Data.....	61
<b>Gambar 4. 12.</b> Performa Web menggunakan GTmetrix.....	65
<b>Gambar 4. 13.</b> Grafik Upload Rate dan SNR Hari Ke-1 .....	66
<b>Gambar 4. 14.</b> Grafik <i>Bit Error</i> Hari Ke-1 .....	67
<b>Gambar 4. 15.</b> Grafik Upload Rate dan SNR Hari Ke-2 .....	68
<b>Gambar 4. 16.</b> Grafik <i>Bit Error</i> Hari Ke-2.....	68
<b>Gambar 4. 17.</b> Grafik Upload Rate dan SNR Hari Ke-3 .....	69
<b>Gambar 4. 18.</b> Grafik <i>Bit Error</i> Hari Ke-3.....	70
<b>Gambar 4. 19.</b> Wiring Diagram Alat .....	91

## DAFTAR LAMPIRAN

Persamaan Daya <i>Input</i> pada <i>Solar Cell</i> (2. 1).....	21
Persamaan Daya <i>Output</i> pada <i>Solar Cell</i> (2. 2) .....	21
Persamaan Lama Pengisian Baterai/Aki pada <i>Solar Cell</i> (2. 3).....	22
Persamaan Efisiensi pada <i>Solar Cell</i> (2. 4).....	22
Persamaan Area Sapu Turbin pada <i>Wind Turbine</i> (2. 5) .....	22
Persamaan Daya <i>Input</i> pada <i>Wind Turbine</i> (2. 6) .....	23
Persamaan Daya <i>Output</i> pada <i>Wind Turbine</i> (2. 7).....	23
Persamaan Efisiensi pada <i>Wind Turbine</i> (2. 8).....	23
Persamaan Upload Rate (4. 1).....	62
Persamaan Upload Speed (4. 2).....	63
Persamaan Bit Rate (4. 3).....	63

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Energi terbarukan sekarang sangat penting dalam sistem energi hybrid, karena membantu mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dalam produksi bahan bakar. Selain itu, energi terbarukan memanfaatkan sumber daya yang tidak habis, seperti matahari dan angin, sehingga bisa memberikan ide-ide penelitian yang berguna untuk masa depan. Energi jenis ini sangat berperan dalam memenuhi kebutuhan listrik di berbagai bidang.

Dalam upaya mengubah energi terbarukan menjadi listrik, terdapat faktor pendorong dan penghambat. Faktor pendukungnya termasuk lokasi geografis yang strategis, paparan sinar matahari yang melimpah, dan kecepatan angin yang memadai. Namun, pengembangan ini juga menghadapi tantangan seperti cuaca yang tidak menentu, penumpukan debu atau kotoran pada panel surya yang dapat mengurangi produksi energi, serta potensi kerusakan pada pelat dan baling-baling.

Indonesia memiliki letak geografis yang sangat potensial untuk mengaplikasikan energi terbarukan karena negara ini dilalui oleh garis khatulistiwa. Selain itu, banyak pulau di Indonesia memiliki potensi energi angin yang besar, terutama di bagian pantai utara dan pantai selatan.

Dalam hal tersebut, Indonesia memiliki peluang yang besar dalam pemanfaatan energi yang tak terbatas sehingga mampu memproduksi listrik secara mandiri dan gratis.

Energi listrik merupakan faktor utama yang perlu dipenuhi saat ini karena kebutuhan masyarakat akan pasokan listrik dari PLN yang kian meningkat. Oleh karena itu, Indonesia diharapkan dapat menjadikan energi terbarukan sebagai sumber alternatif dalam hal menghasilkan energi bersih dan berkelanjutan.

Integrasi *Solar Cell* dan *Wind Turbine* memiliki tantangan yang beragam. Pertama, tindakan perbaikan yang belum dapat dilakukan dengan cepat dan hasil produksi energi belum dapat dihasilkan secara maksimal. Kedua, output yang dialirkan ke dalam baterai secara terus menerus akan terjadi kelebihan tegangan atau *overcharging* pada baterai sehingga dapat mengakibatkan baterai menjadi lebih sering mengalami kerusakan. Ketiga, pengawasan secara manual dapat menjadikan kurang efisien dalam perhitungan arus dan tegangan.

Tantangan tersebut membutuhkan *monitoring system* yang dapat menghitung arus dan tegangan secara *real – time* sehingga dapat mendeteksi secara dini kerusakan pada komponen sistem *Solar Cell* dan *Wind Turbine* sebelum kerusakan menjadi lebih parah dan menimbulkan gangguan besar. Radiasi daya surya yang diukur di Luxor, Kairo, dan El - Beheira berkisar antara 216-1000 W/m<sup>2</sup>, 245-958 W/m<sup>2</sup>, dan 187-692 W/m<sup>2</sup> masing-masing selama matahari berlangsung.

Keakuratan dan kecepatan memperoleh hasil pemantauan menggunakan sistem IoT yang diusulkan menjadikannya kandidat kuat untuk aplikasi dalam pemantauan sistem sel surya (Ali *et al.*, 2024). Data yang diperoleh melalui pemantauan dapat merencanakan jadwal perawatan kapan komponen perlu dibersihkan atau diganti.

Hasil pemantauan bisa mengurangi biaya perawatan, membuat sistem tahan lama, dan bisa digabungkan ke dalam sistem pengelolaan energi atau jaringan yang canggih. Selanjutnya, ini memungkinkan penggunaan energi secara optimal secara keseluruhan dan meningkatkan efisiensi penggunaan energi.

Pemantauan secara *real-time* memberikan bukti yang jelas mengenai bagaimana sistem berjalan, sehingga bisa digunakan untuk membuat laporan yang lengkap untuk digunakan dalam internal perusahaan serta memenuhi persyaratan laporan yang diminta oleh pihak luar. Data dari pemantauan ini juga bisa digunakan untuk mengembangkan model simulasi yang lebih tepat tentang kinerja *Solar Cell* dan *Wind Turbine*. Model ini berguna untuk merancang *Solar Cell* dan *Wind Turbine* yang lebih efisien di masa depan.

Data pemantauan juga bisa digunakan untuk mengawasi dampak lingkungan dari sistem fotovoltaik dan turbin angin, seperti perubahan suhu pada panel, perubahan kondisi turbin, atau pengaruhnya terhadap keanekaragaman hayati. Pemantauan ini penting agar tidak terjadi kerusakan pada baterai dan sistem tetap berjalan secara efisien. Mengukur arus dalam satuan ampere dan tegangan dalam satuan volt sangat penting untuk memahami bagaimana sistem bekerja, agar tidak terjadi kelebihan tegangan atau arus pada beban, menghindari pemborosan energi, serta memantau kombinasi dari kedua sumber energi tersebut.

Topik ini berfokus pada pengembangan sistem pemantauan yang menggunakan *Internet of Things* (IoT) untuk meningkatkan efisiensi operasional *Solar Cell* dan *Wind Turbine* dengan menggunakan mikrokontroler.

NodeMCU ESP8266 berfungsi sebagai pusat kendali sistem yang bertugas menerima, memproses, serta mengatur perintah dalam keseluruhan desain sistem (Auliya et al., 2022). Mikrokontroler ini menganalisis bagaimana sensor pintar dapat digunakan untuk mengumpulkan data *real - time* tentang kinerja *Solar Cell* dan *Wind Turbine*, termasuk total tegangan dan arus yang dihasilkan secara jarak jauh. Melalui pemanfaatan teknologi analitik, data hasil pemantauan dapat diolah untuk menghasilkan rekomendasi yang mendukung perbaikan serta optimalisasi operasional *Solar Cell* dan *Wind Turbine*. Maka dari itu penulis mengangkat judul “*Smart Monitoring System for Renewable Energy*”. Alat ini ditujukan untuk memonitor dari pemanfaatan udara untuk memutar *turbine* menjadi energi listrik dan *Solar Cell* yang berfungsi sebagai perubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana sistem *monitoring output renewable energy* dalam penggunaan *Solar Cell* dan *Wind Turbine* menggunakan NodeMCU ESP8266 secara *real-time* dan jarak jauh?

## **C. Batasan Masalah**

Dalam penelitian ini, beberapa batasan masalah yang diterapkan meliputi:

1. Fokus pada pemanfaatan *Solar Cell* dan *Wind Turbine* sebagai sumber energi terbarukan.



2. Analisis kinerja *Solar Cell* meliputi efisiensi konversi energi surya menjadi listrik dan faktor-faktor yang mempengaruhinya.
3. Analisis kinerja *Wind Turbine* meliputi efisiensi konversi energi angin menjadi energi listrik.
4. Aspek ekonomi, termasuk biaya instalasi dan perakitan *monitoring Solar Cell* dan *Wind Turbine* hanya akan dibahas secara singkat.
5. Penelitian akan melakukan pengujian fisik sistem *monitoring* terhadap *Solar Cell* dan *Wind Turbine* dengan mengandalkan studi literatur dan data yang tersedia.

Dengan adanya batasan masalah ini, penelitian akan terfokus pada aplikasi *monitoring Solar Cell* dan *Wind Turbine* dan memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang kinerja dan integrasi energi terbarukan.

#### **D. Tujuan Penelitian**

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan cerdas (smart monitoring system) berbasis IoT untuk energi terbarukan, khususnya *Solar Cell* dan *Wind Turbine*. Penelitian ini akan mencakup pengembangan sistem pemantauan berbasis IoT yang mampu mengumpulkan data kinerja *real-time* dari *Solar Cell* dan *Wind Turbine*, serta analisis dan visualisasi data *real-time* yang dihasilkan oleh sistem pemantauan untuk menyajikan informasi yang akurat mengenai output daya masing-masing sumber energi terbarukan.

#### **E. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang manfaat dan tantangan dalam *monitoring Solar Cell* dan *Wind Turbine*. Hasil penelitian ini dapat memastikan kinerja optimal dari sistem *Solar Cell*, mengurangi biaya operasional, dan berkontribusi pada masa depan yang lebih berkelanjutan.

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### A. Review Penelitian Sebelumnya

Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk mengkaji efisiensi dan pengembangan sistem *monitoring* energi terbarukan berbasis *Solar Cell* dan *Wind Turbine*. Adapun *review* penelitian sebelumnya dalam penelitian ini ditunjukkan pada tabel 2. 1.

**Tabel 2. 1. Review Penelitian**

Sumber : <https://www.academia.edu/download/120635094/17329.pdf>  
<https://ejournal.poltekbangsby.ac.id/index.php/SNITP/article/download/1417/1312>

No	Nama	Judul Penelitian	Hasil	Perbedaan Penelitian
1.	Ahmed H. Ali, Raafat A. El-Kammar, Hesham F. Ali Hamed, Adel A. Elbaset, Aya Hossam, 2023	<i>Smart monitoring technique for solar cell systems using internet of things based on NodeMCU ESP8266 microcontroller</i>	Dalam artikel ini prototype pintar yang ditingkatkan dari teknik <i>internet of things</i> (IoT) berdasarkan sistem tertanam melalui NodeMCU ESP8266 (ESP-12E) dilakukan secara eksperimental. Data pemantauan radiasi surya, suhu, dan kelembapan divisualisasikan langsung oleh Ubidots melalui protokol <i>transfer hypertext</i> (HTTP). Radiasi daya surya yang diukur di Luxor, Kairo, dan El – Beheira berkisar antara 216-1000 W/m <sup>2</sup> , 245-958 W/m <sup>2</sup> , dan 187-692 W/m <sup>2</sup> masing – masing selama hari matahari.	Penelitian ini menerapkan metode pengujian perangkat menggunakan sistem NodeMCU ESP8266 (ESP-12E) yang dikombinasikan dengan platform Ubidots untuk menyimpan data hasil pemantauan. Fokus pengujian adalah untuk mengevaluasi tegangan dan arus yang dihasilkan oleh <i>Solar Cell</i> dan <i>Wind Turbine</i> .
2.	Achmad Yusuf Wildan Auliya, Harton, Nyaris	<i>PROTOTYPE MONITORING GENERATOR</i>	Perancangan prototype monitoring generator surya dan	Dalam penelitian sebelumnya, sensor arus yang digunakan

No	Nama	Judul Penelitian	Hasil	Perbedaan Penelitian
	Pambudiyatno, 2022	ALTERNATIF <i>HYBRID SOLAR CELL</i> DAN <i>WIND TURBINE</i> BERBASIS <i>NODEMCU ESP8266</i>	turbin angin alternatif ini bertujuan untuk mempermudah monitoring sistem pembangkit listrik hybrid yang dilengkapi dengan sensor arus dan tegangan ACS712, SEN-0052 dan NodeMCU Esp8266 yang terhubung dengan aplikasi smartphone Nodemcu Esp8266 yang dapat menampilkan muatan tegangan masukan dalam sistem, tegangan baterai dan arus keluaran ke beban.	adalah ACS712 dan sensor tegangan yang digunakan SEN-0052. Namun, dalam penelitian ini, peneliti memilih menggunakan sensor INA219 yang mampu mengukur tegangan, arus, dan daya secara bersamaan.

## B. Landasan Teori

Landasan teori mengenai pengawasan yang dihasilkan dari integrasi *Solar Cell* dan *Wind Turbine* dengan analisis kinerja dan potensi energi terbarukan dapat mencakup beberapa konsep penting berikut:

### 1. Sumber Energi Terbarukan:

#### a. *Solar Cell*

Einstein melakukan pengamatan pada sebuah lempeng metal yang melepaskan foton partikel energi cahaya ketika energi matahari mengenainya. Foton-foton tersebut secara terus – menerus mendesak atom metal, sehingga terjadi partikel energi foton bersifat gelombang energi Cahaya (Nurjanah, 2016).

*Solar Cell* mengubah energi matahari menjadi energi listrik melalui efek *fotovoltaik*. Mereka terdiri dari sel-sel *fotovoltaik* yang

dapat menyerap sinar matahari dan menghasilkan arus listrik.

Jumlah energi sinar matahari yang begitu besar, membuat sel surya menjadi alternatif sumber energi masa depan yang sangat menjanjikan. Sel surya juga memiliki kelebihan seperti dapat dipasang secara modular di setiap lokasi sehingga tidak membutuhkan transmisi (Setiawan et al., 2020).



**Gambar 2. 1.** *Solar Cell*

Sumber : <https://www.greeners.co>

b. *Wind Turbine*

*Wind Turbine* mengubah energi kinetik angin menjadi energi listrik melalui konversi energi kinetik menjadi energi mekanik dan akhirnya menjadi energi listrik melalui generator.

Turbin ventilator merupakan *Wind Turbine* dengan sumbu putar vertical yang memiliki fungsi sebagai *Wind Turbine* dan juga kipas hisap. Energi angin yang berhembus pada sudu turbin ventilator akan menghasilkan *drag force* dan menyebabkan turbin ventilator berputar (Fahmi Ivannuri, Nugraha and Subiyanto, 2022).



**Gambar 2. 2.** Turbin Ventilator

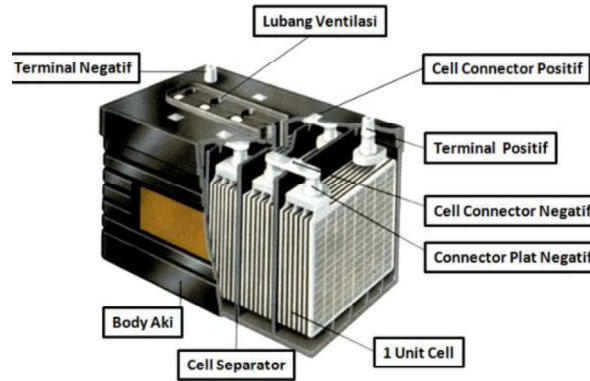
Sumber : <https://www.rumah.com>

c. Baterai

Baterai merupakan alat elektro kimia yang berfungsi untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk kimia. Baterai terdiri dari dua jenis yaitu baterai primer dan baterai sekunder. Baterai pada sistem PLTS dan PLTB menggunakan baterai jenis sekunder. Baterai sekunder merupakan jenis baterai yang dapat diisi ulang atau *rechargeable battery*. Baterai pada PLTS dan PLTB harus memenuhi tujuan yaitu untuk menyimpan kelebihan daya dari PLTS dan PLTB yang selanjutnya digunakan untuk memberikan daya listrik ke sistem ketika daya tidak disediakan oleh *Solar Cell* dan *Wind Turbine*.

Yang dimaksud dengan reaksi elektrokimia *reversible* adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian) dengan cara proses regenerasi dari elektroda – elektroda yang dipakai yaitu, dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan di dalam sel (Pasaribu and Reza, 2021).





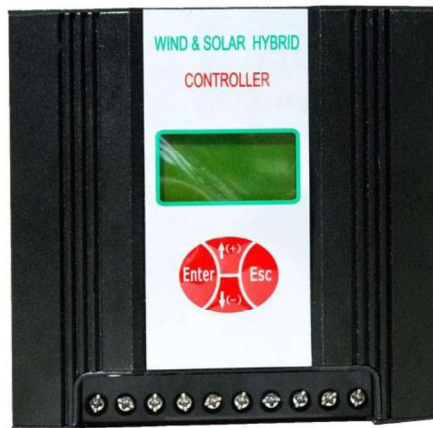
**Gambar 2. 3.** Baterai/Aki

Sumber : [www.gridoto.com](http://www.gridoto.com)

d. *Battery Charging Controller (BCC)*

*BCC* berfungsi mengatur lalu lintas listrik dari modul *Solar Cell* dan *Wind Turbine* ke baterai. Arus listrik *DC* yang berasal dari baterai tidak mungkin masuk ke *Solar Cell* dan *Wind Turbine* karena biasanya ada *diode protection* yang hanya melewatkan arus listrik *DC* dari *Solar Cell* ke baterai dan arus listrik *DC* dari *Wind Turbine* yang sudah dikonversi dari *AC* menjadi *DC* ke baterai, bukan sebaliknya. Alat ini juga memiliki banyak fungsi yang pada dasarnya digunakan untuk melindungi baterai. Pengisi baterai atau *BCC* adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah *DC* yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. *BCC* mengatur over charging (kelebihan pengisian dan kelebihan tegangan *overvoltage*) dari *Solar Cell* dan *Wind Turbine*. Kelebihan tegangan dan pengisian akan mengurangi umur baterai. *Solar Cell* 12 V umumnya memiliki tegangan output 16 – 21 *VDC* dan *Wind Turbine* pada kecepatan angin 3 m/s dapat menghasilkan tegangan 30,8 volt. Jadi tanpa *BCC*, baterai akan rusak oleh *overcharging* dan ketidakstabilan tegangan. Baterai umumnya di-

*charge* pada tegangan 14 – 14,7 *VDC*. Sumber energi ketiga mutlak diperlukan untuk meningkatkan keamanan pasokan energi sistem *Solar Cell* dan *Wind Turbine*. Sistem tenaga ketiga harus dipilih sesuai dengan manfaat dan bentuk sistem penyimpanannya (Gulzar et al., 2023).



**Gambar 2. 4.** *Battery Charging Controller (BCC)*

Sumber : <https://kerychip.com>

e. *Inverter*

*Inverter* merupakan sebuah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengubah arus listrik searah (*DC*) menjadi arus listrik bolak-balik (*AC*). Alat ini sangat penting karena *Solar Cell* menghasilkan energi listrik yang berupa *DC*.

Sumber tegangan *inverter* dapat berupa baterai, *Solar Cell* maupun sumber tegangan *DC* lainnya. Berdasarkan gelombang keluaran yang dihasilkan, *inverter* dapat dibagi menjadi 3 macam yaitu *square wave*, *modified sine wave*, dan *pure sine wave*. *Inverter* yang terhubung ke jaringan tiga fase telah menarik banyak perhatian baru-baru ini karena efisiensinya yang tinggi, harga yang rendah, dan kapasitasnya untuk menangani banyak daya (Ezhilvannan et al., 2023).

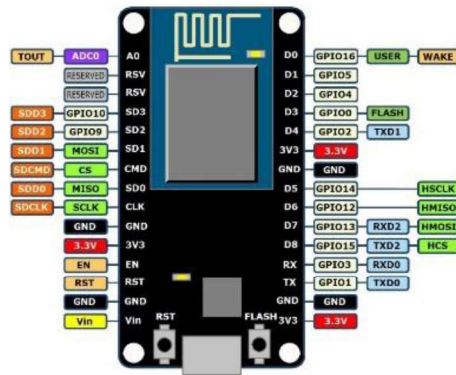


**Gambar 2. 5.** *Inverter*

Sumber : <https://solarcell.co.id>

f. *NodeMCU ESP8266*

*NodeMCU ESP8266* merupakan *platform* berbasis mikrokontroler *ESP8266* yang dapat terhubung ke jaringan *Wi-Fi*. *NodeMCU* menggabungkan modul *ESP8266* dengan *firmware* yang dapat diprogram menggunakan bahasa *Lua* atau *Arduino IDE* sehingga mudah digunakan oleh pengembang perangkat *Internet of Things* (IoT). *ESP8266* sendiri merupakan mikrokontroler dari *Espressif Systems* yang populer karena performanya yang andal, konsumsi daya yang rendah, dan harga yang relatif terjangkau. Istilah *NodeMCU* sebenarnya mengacu pada *firmware* yang digunakan dan bukan perangkat pengembangan perangkat keras. *NodeMCU* mirip dengan papan *Arduino ESP8266* (Auliya, Pambudiyatno and Hartono, 2022).



**Gambar 2. 6.** NodeMCU ESP8266

Sumber : <https://99tech.com.au>

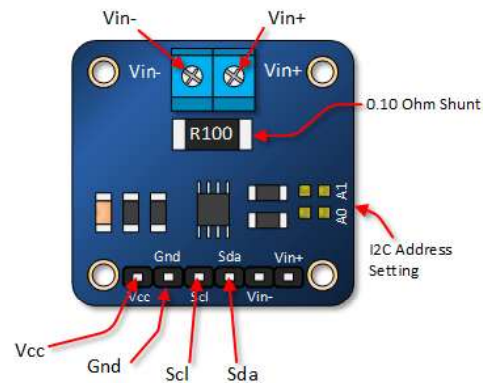
g. *INA219*

*INA219* merupakan sensor tegangan dan arus yang biasa digunakan dalam aplikasi elektronik untuk mengukur arus, tegangan, dan daya pada rangkaian. Sensor ini diproduksi oleh *Texas Instruments*, sensor ini dirancang untuk aplikasi yang memerlukan pengukuran akurat, seperti proyek *IoT*, robotika, dan sistem manajemen energi. *INA219* memungkinkan desainer memantau konsumsi daya secara akurat tanpa mengganggu aliran daya yang diukur. Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat didalamnya yang menghasilkan medan magnet yang di tangkap oleh *IC* medan terintegasi dan diubah menjadi tegangan proporsional (Putri, Setyawan and Sumadi, 2022).

**Tabel 2. 2.** Spesifikasi *INA219*

Sumber : <https://www.ti.com/>

No	Jenis	Spesifikasi
1.	Ukuran	20 x 20 mm
2.	<i>Output</i>	<i>monitors voltage and current</i>
3.	Tipe Kontrol	I <sup>2</sup> C ( <i>Inter – Integrated Circuit</i> )
4.	Tegangan	6 V
5.	Kapasitas <i>Output</i>	10 mA



**Gambar 2. 7.** INA219

Sumber : <https://www.nn-digital.com/>

#### h. *Software ARDUINO IDE*

*NodeMCU ESP8266* dapat deprogram dengan *compiler*-nya *Arduino*, menggunakan *Arduino IDE* (Suryanto, 2021). *Software* ini memprogram *NodeMCU ESP8266* menggunakan *Arduino IDE* adalah cara yang populer bagi pengembang untuk mengembangkan perangkat *IoT* dengan lebih mudah karena *Arduino IDE* menyediakan antarmuka pemrograman yang sederhana dan dukungan berbagai perpustakaan.

*Arduino IDE* adalah lingkungan pengembangan perangkat lunak yang awalnya dirancang untuk papan *Arduino*, namun kini telah diperluas untuk mendukung berbagai mikrokontroler, termasuk *ESP8266*.

*Software* ini memprogram *NodeMCU ESP8266* menggunakan *Arduino IDE* membuat pengembangan perangkat *IoT* menjadi fleksibel dan mudah. Dukungan untuk banyak perpustakaan memungkinkan pengembang dengan cepat membangun aplikasi yang terhubung ke internet, menjadikan *NodeMCU* dan *Arduino IDE* kombinasi ideal untuk proyek *IoT* yang efektif dan efisien.



**Gambar 2. 8.** Software ARDUINO IDE

Sumber : <https://www.kmtech.id/>

i. *Ubidots*

*Ubidots* adalah *platform* berbasis *cloud* yang dirancang untuk menyederhanakan pengelolaan dan visualisasi data dalam proyek *Internet of Things* (IoT).

*Ubidots* memungkinkan pengguna mengumpulkan, menyimpan, dan menganalisis data yang dihasilkan oleh perangkat *IoT* secara real time melalui antarmuka *web* atau *API*.

*Platform* ini banyak digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pemantauan lingkungan, otomasi industri, manajemen energi, dan sistem kota pintar dengan antarmuka yang ramah pengguna dan dukungan protokol komunikasi yang fleksibel, *Ubidots* dapat mempercepat pengembangan dan penerapan solusi *IoT*, menjadikannya pilihan populer untuk proyek *IoT* komersial dan eksperimental. Selain itu, data pemantauan ditampilkan langsung pada *platform Ubidots*, yang ditandai dengan akses jarak jauh dan secara *real-time* melalui perangkat apa pun, seperti laptop, PC, dan telepon pintar (Ali et al., 2024).





**Gambar 2. 9.** Ubidots

Sumber : <https://ubidots.com/>

j. *Internet of Things (IoT)*

*Internet of Things (IoT)* adalah sebuah konsep yang memungkinkan perangkat fisik terhubung melalui internet, mengumpulkan, berbagi, dan bertukar data satu sama lain tanpa campur tangan manusia.

*IoT* mencakup berbagai perangkat seperti sensor, kendaraan, peralatan rumah tangga, dan perangkat elektronik lainnya yang terhubung ke jaringan.

Teknologi ini digunakan di berbagai bidang seperti kesehatan, transportasi, energi, dan rumah pintar, dengan tujuan meningkatkan efisiensi, keselamatan, dan kualitas hidup.

Teknologi *IoT* terus berkembang dengan inovasi baru dalam *AI*, *5G*, dan komputasi *edge* untuk memungkinkan aplikasi *IoT* yang lebih canggih dan luas.

Terlepas dari tantangan keamanan dan privasi, *IoT* membawa peluang baru ke berbagai sektor dan menjadi bagian integral dari masa depan yang lebih cerdas dan terhubung. Konsep *internet of things*

mencangkup 3 elemen utama yaitu: benda fisik atau nyata yang telah diintegrasikan pada modul sensor, koneksi internet, dan pusat data pada server untuk menyimpan data ataupun informasi dari aplikasi (Putri, Setyawan and Sumadi, 2022).



**Gambar 2. 10.** Internet of Things

Sumber : <https://www.puskomedia.id/>

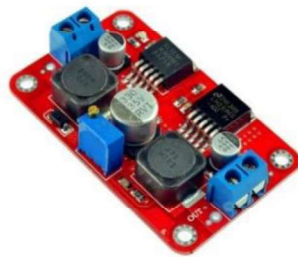
k. *Buck – Boost Converter*

*Buck – Boost Converter* adalah jenis konverter daya *DC-DC* yang digunakan untuk mengubah tegangan masukan menjadi tegangan keluaran yang lebih tinggi (*boost*) atau lebih rendah (*buck*) daripada tegangan masukan.

*Buck – Boost Converter* ini sering digunakan pada peralatan elektronik yang membutuhkan tegangan yang stabil meskipun sumber tegangan masukannya ber-*fluktuasi*. Contoh penerapan *Buck – Boost Converter* meliputi perangkat baterai, sistem tenaga surya, dan perangkat elektronik *portabel*.

*Buck – Boost Converter*, dengan kemampuannya menyesuaikan siklus tugasnya secara tepat, banyak digunakan dalam aplikasi yang memerlukan pengaturan tegangan stabil, seperti elektronik *portabel* dan sistem tenaga walaupun *Buck – Boost Converter* ini mempunyai

masalah dengan manajemen riak atau ripple dan kebisingan, teknologi ini memberikan efisiensi dan fleksibilitas yang didambakan dalam banyak aplikasi modern. Implementasi *Buck – Boost Converter* lebih toleran terhadap penurunan level tegangan input dan memiliki rentang tegangan input yang lebih lebar dari sebelumnya (Auliya, Pambudiyatno and Hartono, 2022).



**Gambar 2. 11.** Buck – Boost Converter

Sumber : <https://www.makerlab-electronics.com/>

#### 1. *Converter*

*Converter* adalah perangkat penting dalam sistem tenaga listrik yang mengubah suatu bentuk tegangan, arus, atau frekuensi ke bentuk lain tergantung pada kebutuhan spesifik perangkat atau sistem tersebut berbagai jenis *converter*, seperti *AC ke DC*, *DC ke AC*, *DC ke DC*, dan *AC ke AC*, dapat digunakan untuk mengoptimalkan efisiensi untuk berbagai aplikasi, mulai dari pasokan listrik hingga sistem energi terbarukan.

Sistem *Wind Tubine* melibatkan dinamika yang tinggi, perubahan cepat dalam kecepatan angin dan perubahan yang sering terjadi pada beban jaringan menyebabkan perubahan mendadak pada torsi, sehingga

metode diagnosis kesalahan untuk konverter daya harus memiliki ketahanan yang kuat terhadap kecepatan dan beban angin (Liang and Zhang, 2023). *Converter* menghasilkan gelombang yang harus diatasi dengan filter, *converter* masih sangat efisien dan ekonomis dalam menyediakan tegangan *DC* dari sumber *AC*, menjadikannya komponen penting dalam elektronik modern dan sistem tenaga. Namun, proses pemanfaatan memerlukan konversi dua tahap dari *AC* ke *DC* dan dari *DC-DC* atau *DC-AC*.



**Gambar 2. 12.** Converter AC to DC

Sumber : <https://www.amazon.in/>

m. *Relay*

Sistem operasi pintar secara otomatis mengontrol daya input sistem pemantauan tergantung pada radiasi matahari melalui *relay* (Ali et al., 2024). *Relay* memainkan peran penting dalam berbagai aplikasi, mulai dari kontrol otomasi hingga perlindungan sistem kelistrikan. Komponen ini memungkinkan pemisahan sirkuit kontrol dan daya, memastikan keamanan dan fleksibilitas pengoperasian sistem.



**Gambar 2. 13.** Relay

Sumber : <https://www.gmp-electric.com>

n. Metode Perhitungan Tegangan dan Arus

Jumlah tegangan dan arus yang dihasilkan oleh *Solar Cell* dan *Wind Turbine* akan diakumulasikan menjadi suatu data. Data yang telah diakumulasikan akan dihitung untuk mendapatkan rata – rata dari keseluruhan percobaan yang telah dilaksanakan.

Berikut ini persamaan untuk menganalisis dalam melakukan pengisian terhadap baterai pada *Solar Cell*:

$$Pm = G \times A \quad (2. 1)$$

dimana  $Pm$  adalah daya input akibat radiasi matahari (Watt),  $G$  adalah intensitas radiasi matahari ( $\text{Watt/m}^2$ ), dan  $A$  adalah luas area permukaan *photovoltaic module* ( $\text{m}^2$ ).

Kemudian untuk mencari Daya *Output* digunakan persamaan sebagai berikut:

$$Pout = Vmax . Imax \quad (2. 2)$$

dimana  $Pout$  adalah nilai daya output maksimum (Watt),  $Vmax$  adalah nilai tegangan pada daya maksimum (Volt) ,  $Imax$  adalah arus pada

daya maksimum (A).

Lama Pengisian baterai/aki adalah sebagai berikut:

$$T_1 = \frac{C}{1} (1 + \eta) \quad (2. 3)$$

dimana  $T_1$  adalah waktu yang diinginkan,  $C$  adalah kapasitas, dan  $\eta$  adalah nilai *de – efesiensi*.

Sedangkan untuk rumus yang kita gunakan untuk mengetahui tingkat efesiensi pada *Solar Cell* adalah sebagai berikut:

$$\eta = \frac{P_{max}}{E(x, y) \times A} \times 100\% \quad (2. 4)$$

dimana  $E(x, y) \times A$  adalah daya intensitas matahari dari pemasukan (Watt),  $P_{max}$  adalah daya maximum keluaran (Watt) dan  $\eta$  adalah nilai efesiensi (Putri, Setyawan and Sumadi, 2022).

Perhitungan daya *Wind Turbine* dapat diukur dengan area sapu turbin ( $m^2$ ) dan efisiensi daya rotor turbin sesuai dengan nilai maksimal pada jenis turbin (%) dengan faktor pengaruh efisiensi lain diabaikan. Daya angin ( $P_{wind}$ ) dari variasi kecepatan angin dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$A = D \times H \quad (2. 5)$$

dimana  $A$  adalah area sapu turbin ( $m^2$ ),  $D$  adalah diameter turbin (m) dan  $H$  adalah tinggi turbin (m).

Kemudian untuk mencari Daya yang tersedia digunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_{wind} = 0.5 \times \rho \times V^3 \times A \quad (2.6)$$

dimana  $\rho$  adalah massa jenis angin, massa jenis angin adalah  $1.225 \text{ kg/m}^3$  ( $\text{kg/m}^3$ ),  $V$  adalah kecepatan angin ( $\text{m/s}$ ), dan  $P_{wind}$  adalah daya yang tersedia (Watt).

Power Output adalah sebagai berikut:

$$P_{output} = \mu \times P_{wind} \quad (2.7)$$

dimana  $P_{output}$  adalah power output,  $\mu$  adalah nilai efisiensi jenis rotor turbin (%), dan  $P_{wind}$  adalah daya angin.

Daya hasil pengujian akan dilakukan persentase dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Efisiensi = \frac{P_{terukur}}{P_{output}} \times 100 \quad (2.8)$$

dimana  $Efisiensi$  adalah nilai persentase efisiensi,  $P_{terukur}$  adalah nilai nilai daya hasil pengukuran, dan  $P_{output}$  adalah daya turbin maksimal (Wardana, Siswantoro, MT. and ., 2023).

## 2. Integrasi Energi Terbarukan di Kapal:

- a. Integrasi *Solar Cell*: *Solar Cell* dapat diintegrasikan di atas kapal untuk menghasilkan listrik yang dapat digunakan untuk kebutuhan daya seperti penerangan, peralatan elektronik, atau sistem pengisian baterai.
- b. Integrasi *Wind Turbine*: *Wind Turbine* dapat diinstal di atas kapal untuk menghasilkan energi listrik tambahan dari angin yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan daya kapal.

### 3. Analisis Kinerja:

- a. Efisiensi *Solar Cell*: Efisiensi *Solar Cell* mengacu pada kemampuan *Solar Cell* untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Efisiensi yang lebih tinggi akan menghasilkan lebih banyak listrik dengan jumlah sinar matahari yang sama.
- b. Efisiensi *Wind Turbine*: Efisiensi *Wind Turbine* mengacu pada kemampuan *Wind Turbine* untuk mengubah energi kinetik angin menjadi energi listrik. Efisiensi yang lebih tinggi akan menghasilkan lebih banyak listrik dengan kecepatan angin yang sama.

### 4. Potensi Energi Terbarukan di Lingkungan Maritim:

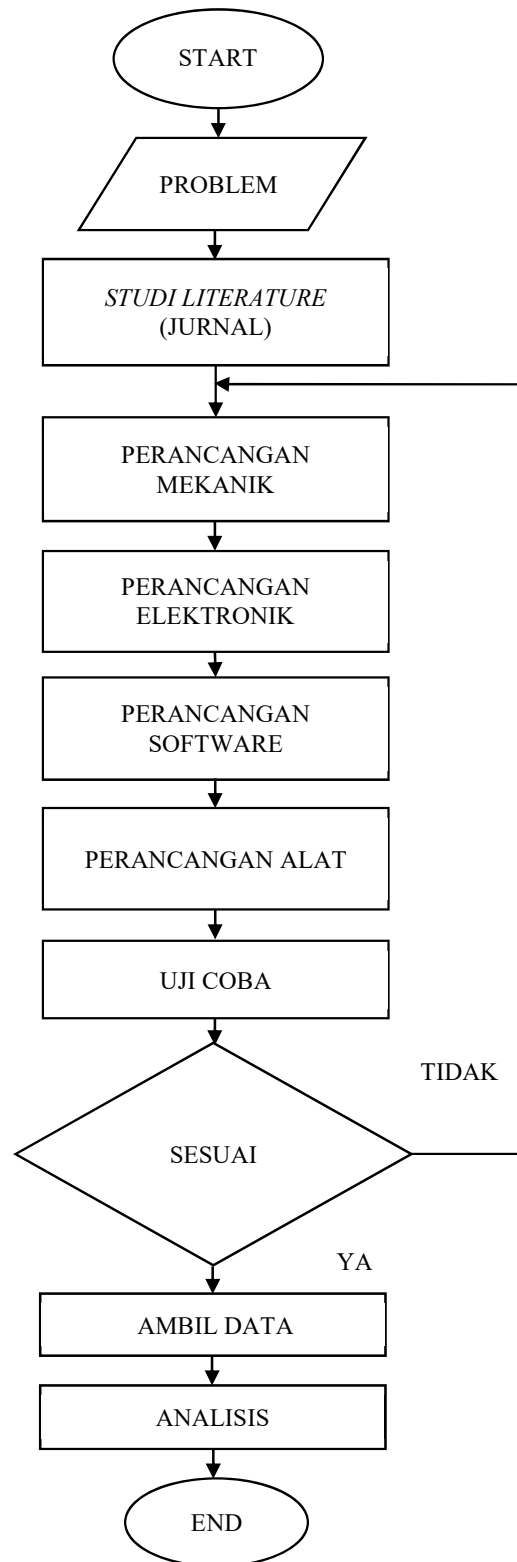
Melalui integrasi *Solar Cell* dan *Wind Turbine* di atas kapal diharapkan dapat mengoptimalkan penggunaan energi terbarukan untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi dampak lingkungan negatif dari sektor transportasi maritim.

- a. Variabilitas Sumber Daya: Potensi energi surya dan angin dapat bervariasi berdasarkan lokasi geografis dan musim. Analisis potensi energi terbarukan di lingkungan maritim melibatkan penilaian potensi energi matahari dan angin yang dapat dihasilkan di lokasi kapal beroperasi.
- b. Pengaruh Cuaca Maritim: Lingkungan maritim dapat memiliki kondisi cuaca yang berbeda seperti angin kencang, gelombang laut, dan suhu yang tinggi. Analisis kinerja dan potensi energi terbarukan harus mempertimbangkan pengaruh kondisi cuaca ini terhadap kinerja *Solar Cell* dan *Wind Turbine*.



### C. Kerangka Pikir

Kerangka berpikir penelitian ini didasarkan pada integrasi *Solar Cell* dan *Wind Turbine* yang dilengkapi dengan *Dual Tracker* untuk memaksimalkan penyerapan energi, serta sistem *Smart Monitoring* untuk memantau kinerja secara *real-time*. Kerangka berpikir ini dirangkum dalam bentuk *flowchart* pada Gambar 2. 14.



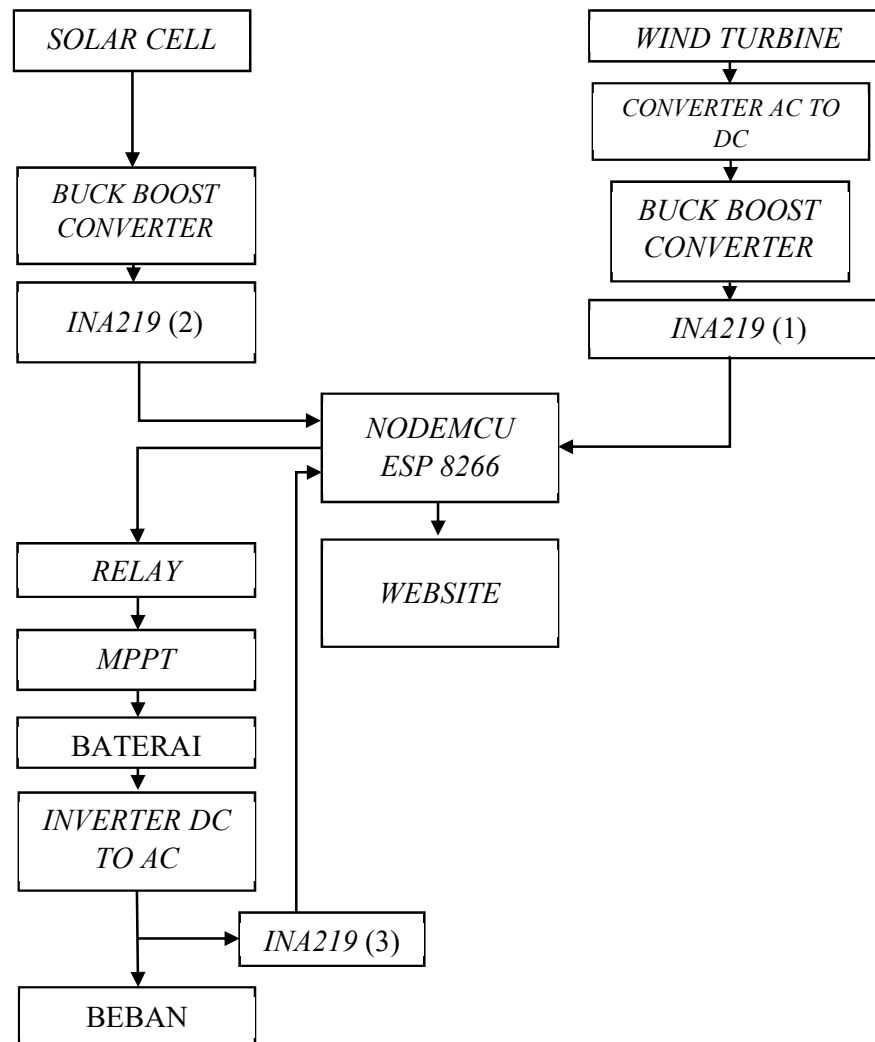
**Gambar 2. 14.** Kerangka Penelitian  
*Sumber : Dokumen Penelitian*

### BAB III

#### METODE PENELITIAN

##### A. Perancangan Sistem

Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah perancangan dan pemodelan *monitoring* antara energi angin dan energi matahari. Proses perencanaan berdasarkan pada skema yang ditunjukkan pada Gambar 3. 1 dan Gambar 3. 2.



**Gambar 3. 1.** Perancangan Sistem  
*Sumber : Dokumen Penelitian*

Adapun perangkat yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada tabel 3. 1.

**Tabel 3. 1.** Perangkat Penelitian

*Sumber : Dokumen Penelitian*

No.	Nama Perangkat	Banyak
1.	<i>Solar Cell</i> dan	1 Buah
2.	<i>Wind Turbine</i>	1 Buah
3.	<i>BCC</i>	1 Buah
4.	Baterai	1 Buah
5.	<i>Inverter</i>	1 Buah
6.	<i>Relay</i>	1 Buah
7.	<i>Buck Boost Converter</i>	2 Buah
8.	<i>INA219</i>	3 Buah
9.	<i>NODEMCU ESP 8266</i>	1 Buah
10.	<i>Converter AC to DC</i>	1 Buah

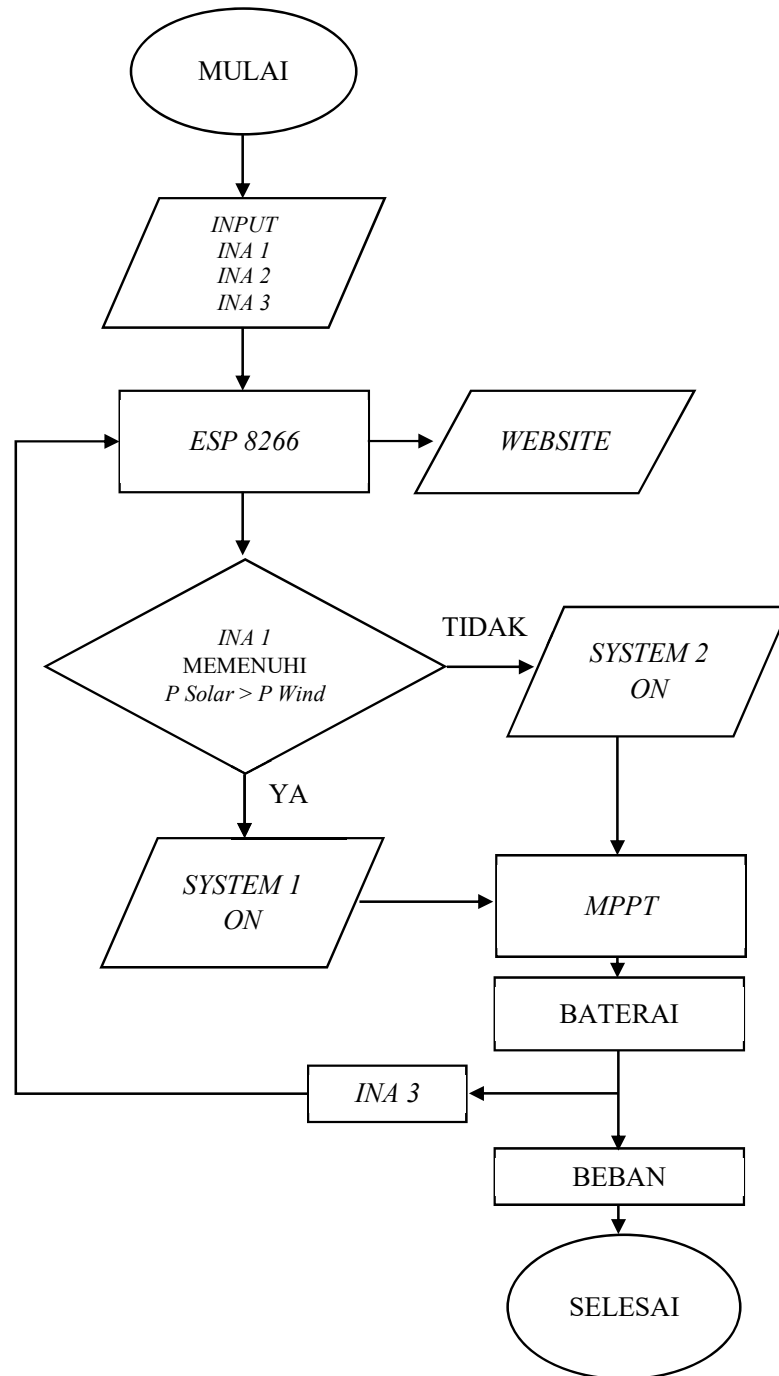
Selain perangkat yang digunakan pada tabel 3. 1, juga terdapat beberapa perangkat penunjang yang ditunjukkan pada tabel 3. 2.

**Tabel 3. 2.** Perangkat Penunjang

*Sumber : Dokumen Penelitian*

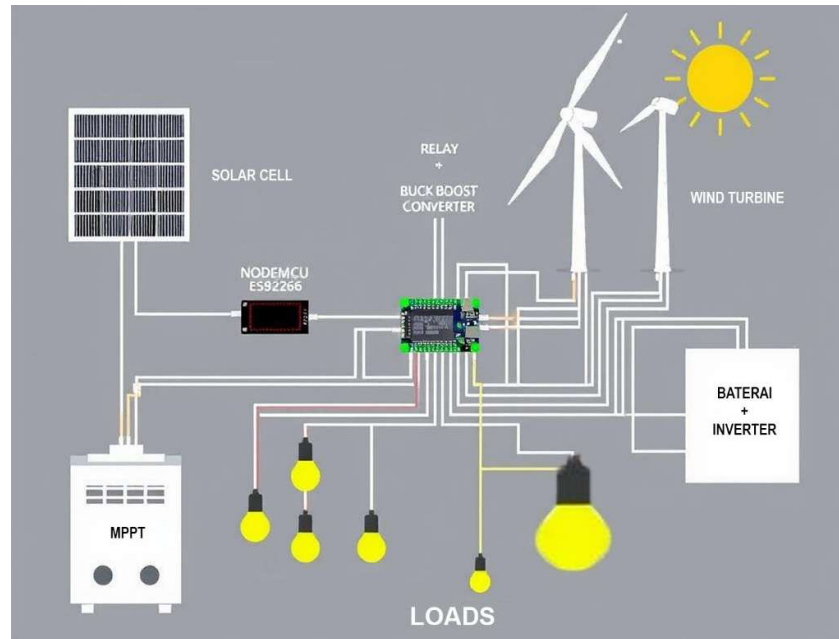
No	Nama Perangkat	Banyak
1.	Beban	Secukupnya
2.	Kabel	Secukupnya
3.	Alat – alat Ukur	Secukupnya
4.	<i>Software for Access Point WiFi</i>	Secukupnya

## B. Model / Perancangan Alat / Software / Desain



**Gambar 3. 2.** Model/Perancangan Alat/Software/Desain

Sumber : Dokumen Penelitian



**Gambar 3. 3.** Wiring Perancangan Alat

*Sumber : Dokumen Penelitian*

Energi listrik yang dihasilkan dari *Solar Cell* berupa arus searah (*direct current/DC*), sedangkan *Wind Turbine* berupa arus bolak-balik (*alternating current/AC*). Oleh karena itu dalam rangkaian *Solar Cell* dan *Wind Turbine* dibutuhkan *converter* dan *inverter*. *Inverter* perangkat elektronik yang mengkonversikan arus *DC* menjadi arus *AC*, sedangkan *converter* yang mengkonversikan arus *AC* menjadi arus *DC*. Pada *Solar Cell* dan *Wind Turbine* terdapat *relay*. Fungsi dari *relay* adalah untuk mengontrol pengisian baterai. Energi listrik yang dihasilkan dari tenaga matahari dan angin tersebut (baik yang berupa arus *AC* yang diubah ke *DC* dan arus *DC* yang tersimpan pada baterai maupun arus *AC* yang telah melalui proses konversi pada inverter) dapat langsung digunakan.

Dari arus dan tegangan yang terdeteksi oleh sensor *INA219* akan ditampilkan melalui website menggunakan *NodeMCU ESP8266*. Arus dan

tegangan akan dikelompokkan untuk menampilkan nilai rata - rata yang telah dihasilkan oleh *Solar Cell* dan *Wind Turbine*. Sensor *INA219* akan meneruskan arus dan tegangan ke baterai sesuai nilai arus dan tegangan yang diprogram menggunakan mikrokontroler *NodeMCU ESP8266*.

### C. Rencana / Skenario Pengujian / Desain Uji Coba Produk

Rencana Pengujian/Desain Uji Coba Produk dalam penelitian ini akan mencakup beberapa langkah yang terperinci. Sebelum itu, integrasi *web* akan menggunakan *platform Ubidots*. *INA219* akan mendeteksi arus dan tegangan dari *Solar Cell* dan *Wind Turbine* yang melalui ke baterai sehingga baterai dapat diketahui jumlah tegangan dan arus yang masuk ke dalam baterai.

Kapasitas baterai akan diolah *NodeMCU ESP8266* menggunakan *INA219* untuk ditampilkan pada *platform Ubidots*. Selain hal tersebut, *INA219* akan mendeteksi arus dan tegangan terhadap pemakaian beban seperti penggunaan pada lampu. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini diawali dengan langkah pertama akan dilakukan pemilihan tempat yang akan dijadikan objek pengujian.

Tempat yang dipilih harus memenuhi persyaratan yang diperlukan untuk pemasangan *Solar Cell* dan *Wind Turbine*, seperti memiliki area yang cukup untuk memasang perangkat tersebut. Rencana tempat yang dipilih adalah di Surabaya. Kedua, *INA219* akan dipasang dengan teliti dan sesuai dengan spesifikasi teknis yang direkomendasikan oleh produsen.

Penempatan dan orientasi perangkat ini akan diperhatikan untuk memaksimalkan *monitoring* dari penyerapan energi matahari dan kecepatan angin. Selanjutnya, akan dilakukan pengumpulan data kinerja energi terbarukan

yang meliputi produksi energi surya dan kecepatan angin, pengisian baterai, dan penggunaan energi pada beban.

Pengukuran ini akan dilakukan dalam rentang waktu tertentu dan secara periodik, baik rentang waktu jam maupun dalam setiap menit, untuk mendapatkan data yang komprehensif. Pengujian ini membutuhkan rentang waktu selama 4 minggu pada jam 7 pagi hingga jam 8 malam dengan interval waktu setiap 30 menit sekali untuk *monitoring* arus dan tegangan yang dikumpulkan di dalam baterai, serta penggunaan energi pada beban.

Selama pengujian, faktor – faktor eksternal seperti kondisi cuaca, kecepatan angin, dan intensitas sinar matahari juga akan diperhatikan dan dicatat. Hal ini akan membantu dalam analisis kinerja *monitoring Solar Cell* dan *Wind Turbine* dalam berbagai kondisi lingkungan yang terjadi.

Rencana pengujian ini bertujuan untuk memperoleh data yang akurat dan dapat diandalkan mengenai kinerja *monitoring Solar Cell* dan *Wind Turbine*. Data yang diperoleh akan dianalisis untuk mengevaluasi efisiensi energi terbarukan, kapasitas pengisian baterai, dan potensi penghematan energi yang dapat dicapai dari kedua sumber energi ini.

Dalam penelitian ini, berbagai instrumen digunakan untuk mendukung pengukuran dan pemantauan sistem. Salah satu sensor utama yang diterapkan adalah **INA219**, sensor yang berfungsi untuk mengukur arus dan tegangan secara *real-time* dengan tingkat akurasi tinggi.

Sensor ini dikombinasikan dengan **NodeMCU ESP8266**, sebuah mikrokontroler berbasis *IoT* yang memungkinkan data hasil pengukuran dikirim dan dipantau secara nirkabel melalui jaringan internet. Selain itu, sistem



ini juga mengandalkan perangkat lunak berbasis antarmuka *web* untuk visualisasi data secara langsung, yang membantu dalam mendeteksi perubahan arus dan tegangan dengan cepat.

Adapun parameter keberhasilan dalam penelitian ini meliputi beberapa aspek penting. Pertama, **akurasi pengukuran**, yang dievaluasi berdasarkan perbandingan antara hasil sensor dan alat ukur standar. Kedua, **respons waktu sistem**, yaitu kecepatan sistem dalam mendeteksi perubahan arus dan tegangan serta mengirimkan data ke *platform* pemantauan. Ketiga, **efektivitas sistem dalam mencegah kerusakan akibat *overcharging***, dengan memastikan adanya mekanisme peringatan dini atau pemutusan otomatis saat tegangan atau arus melebihi ambang batas.

Data yang diperoleh dari penelitian ini akan dianalisis lebih lanjut untuk mengevaluasi kinerja sistem dan menjadi dasar dalam pengembangan sistem pemantauan yang lebih canggih di masa depan.

Tabel berikut merangkum instrumen penelitian yang digunakan beserta fungsinya:

**Tabel 3. 3.** Parameter Keberhasilan

*Sumber : Dokumen Penelitian*

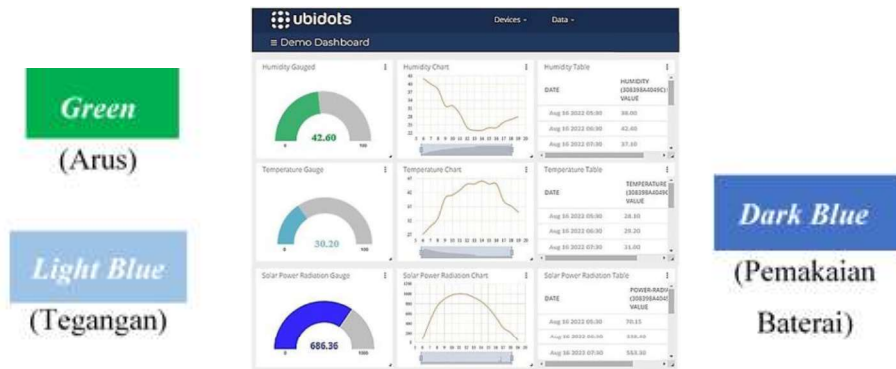
No	Instrumen	Fungsi Utama	Parameter Keberhasilan	Nilai Standar
1	INA219	Mengukur arus dan tegangan	Akurasi pengukuran	$\pm 0.1V$ / $\pm 10mA$
2	NodeMCU ESP8266	Menghubungkan sistem ke jaringan <i>IoT</i>	Waktu respons pengiriman data	$\leq 2$ detik
3	Antarmuka <i>Web</i>	Menampilkan data secara <i>real-time</i>	Waktu pembaruan tampilan	$\leq 3$ detik
4	Alat Ukur Standar	Memverifikasi keakuratan pengukuran	Deviasi maksimum dari alat standar	$\leq 2\%$
5	Sistem Proteksi	Mencegah <i>overcharging</i>	Pemutusan otomatis saat tegangan > batas aman	14.4V untuk aki 12V

Dengan pendekatan ini, penelitian dapat memberikan pemahaman yang lebih jelas mengenai tantangan dalam perawatan serta efektivitas sistem yang dikembangkan.

Untuk menguji kinerja sistem *IoT* yang diusulkan dalam memberikan data yang efisien, akurat, dan cepat mengenai total tegangan dan arus yang optimal, kami akan melakukan serangkaian pengujian yang meliputi:

1. **Uji Akurasi Data:** Membandingkan hasil pengukuran tegangan dan arus yang diperoleh dari sistem *IoT* dengan alat ukur standar (multimeter atau alat pengukur lainnya) untuk memastikan tingkat akurasi data yang dihasilkan.
2. **Uji Kecepatan Pengolahan Data:** Mengukur waktu respons dari sistem *IoT* untuk memberikan hasil pengukuran tegangan dan arus secara *real – time*. Pengujian ini akan menunjukkan seberapa cepat sistem dapat memproses data dan menampilkan hasil yang diperlukan.
3. **Uji Efisiensi Sistem:** Menganalisis penggunaan sumber daya (seperti daya dan *bandwidth*) oleh sistem *IoT* selama pengumpulan dan transmisi data untuk memastikan bahwa sistem bekerja dengan efisien, tanpa membebani sistem atau jaringan secara berlebihan.
4. **Uji Kestabilan dan Ketahanan:** Menguji kemampuan sistem *IoT* dalam mempertahankan kinerja yang stabil selama waktu operasi yang lama, termasuk menguji sistem pada kondisi variasi tegangan dan arus yang berbeda.

Hasil dari uji coba ini akan ditampilkan pada web dalam bentuk grafik atau *dashboard* interaktif yang menunjukkan data *real – time* mengenai tegangan dan arus, serta informasi terkait efisiensi dan akurasi sistem.



**Gambar 3. 4.** Model *Dashboard*

Sumber : <https://www.researchgate.net/>