

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**SISTEM *MONITORING PROTOTYPE* ENERGI LISTRIK
HYBRID MENGGUNAKAN PANEL SURYA, TURBIN ANGIN
& *PIEZOELEKTRIK* DIATAS KAPAL**



BAGUS FIRDHA MAHENDRA
NIT. 09.21.004.1.03

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

**SISTEM *MONITORING PROTOTYPE* ENERGI LISTRIK
HYBRID MENGGUNAKAN PANEL SURYA, TURBIN ANGIN
& *PIEZOELEKTRIK* DIATAS KAPAL**



BAGUS FIRDHA MAHENDRA
NIT. 09.21.004.1.03

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 bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Bagus Firdha Mahendra

NIT : 09.21.004.1.03

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

***“SISTEM MONITORING PROTOTYPE ENERGI LISTRIK HYBRID
MENGUNAKAN PANEL SURYA, TURBIN ANGIN & PIEZOELEKTRIK
DIATAS KAPAL”***

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

Jika pernyataan diatas terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi.

Yang ditetapkan oleh Politeknik Pelayaran Surabaya.

SURABAYA, 29 Juli 2025



BAGUS FIRDHA MAHENDRA

NIT. 0921004103

**PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN
PROPOSAL TUGAS AKHIR**

Judul : *SISTEM MONITORING PROTOTYPE ENERGI LISTRIK
HYBRID MENGGUNAKAN PANEL SURYA, TURBIN
ANGIN, & PIEZOELEKTRIK DIATAS KAPAL*

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

Nama : BAGUS FIRDHA MAHENDRA

NIT : 09.21.004.1.03

Jenis Tugas Akhir : Karya Ilmiah Terapan

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

Surabaya, 4 Desember 2024

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



SRI MULYANTO H, S.T., M.T.
Pembina (IV/a)
NIP. 197204181998031003

Dosen Pembimbing II



Dr. Ir. PRIHASTONO. M.T.

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal



AKHMAD KASAN GUPRON, M.Pd
NIP. 19800517200502103

**PERSETUJUAN SEMINAR
HASIL TUGAS AKHIR**

Judul : *SISTEM MONITORING PROTOTYPE ENERGI LISTRIK
HYBRID MENGGUNAKAN PANEL SURYA, TURBIN
ANGIN, & PIEZOELEKTRIK DIATAS KAPAL*

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

Nama : BAGUS FIRDHA MAHENDRA

NIT : 09.21.004.1.03

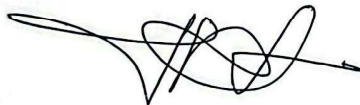
Jenis Tugas Akhir : Karya Ilmiah Terapan

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

Surabaya, 8 Juli 2025

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



SRI MULYANTO H, S.T., M.T.

Pembina (IV/a)

NIP. 197204181998031003

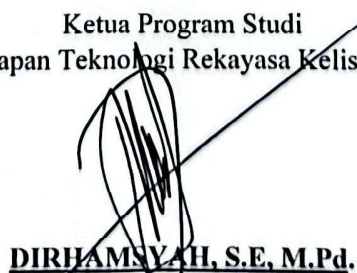
Dosen Pembimbing II



Dr. Ir. PRIHASTONO M.T.

Mengetahui,

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal



DIRHAM SYAH, S.E., M.Pd.

Penata Tk. I (III/d)

NIP. 197504302002121002

**PENGESAHAN
PROPOSAL TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**SISTEM MONITORING PROTOTYPE ENERGI LISTRIK HYBRID
MENGUNAKAN PANEL SURYA, TURBIN ANGIN, & PIEZOELEKTRIK DIATAS
KAPAL**

Disusun oleh :

BAGUS FIRDHA MAHENDRA
NIT. 09.21.004.1.03

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

Surabaya, Januari 2025

Menyetujui,

Penguji I



HENNA NURDIANSARI, ST., M.T., M.Sc.
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 198512112009122003

Penguji II



AZIS NUGROHO, SE., MPd., M.Mar.E.
Pembina (IV/a)
NIP. 197503221998081001

Penguji III



SRI MULYANTO H, S.T., M.T.
Pembina (IV/a)
NIP. 197204181998031003

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal



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

**PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**SISTEM MONITORING PROTOTYPE ENERGI LISTRIK HYBRID
MENGUNAKAN PANEL SURYA, TURBIN ANGIN, & PIEZOELEKTRIK DIATAS
KAPAL**

Disusun oleh :

BAGUS FIRDHA MAHENDRA
NIT. 09.21.004.1.03

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

Surabaya, 14 Juli 2025

Menyetujui,

Penguji I



HENNA NURDIANSARI, ST., M.T., M.Sc.
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 198512112009122003

Penguji II



AZIS NUGROHO, SE., MPd., M.Mar.E.
Pembina (IV/a)
NIP. 197503221998081001

Penguji III



SRI MULYANTO H, S.T., M.T.
Pembina (IV/a)
NIP. 197204181998031003

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal



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

ABSTRAK

BAGUS FIRDHA MAHENDRA, Sistem *Monitoring Prototype* Energi Listrik *Hybrid* Menggunakan Panel Surya, Turbin Angin, & Piezoelektrik Diatas Kapal dibimbing oleh Bapak Sri Mulyanto H, S.T. , M.T. dan Bapak Dr. Ir. Prihastono. M.T.

Energi terbarukan adalah energi non-fosil yang dapat diperbarui dan dikelola secara berkelanjutan, seperti matahari, angin, air, dan biomassa. Untuk mengatasi ketergantungan pada cuaca, energi ini dapat dikombinasikan dengan sumber energi alternatif seperti sensor *piezoelektrik* yang dapat mengubah tekanan menjadi energi listrik. Pada penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem *monitoring prototype* energi listrik *hybrid* menggunakan panel surya, turbin angin, & *piezoelektrik* sebagai sumber energi listrik alternatif di atas kapal. Penggunaan teknologi *Internet of Things* (IoT) menjadi kunci untuk memantau dan mengelola sumber energi tersebut secara *real-time* dan otomatis melalui sensor dan perangkat lunak yang terintegrasi. Pada penelitian ini jenis metode yang digunakan yaitu metode *Research and Development* (R&D) dengan membuat *prototype* dengan menggabungkan panel surya, turbin angin, & *piezoelektrik* sebagai sumber energi listrik dan mendesain sistem *monitoring* berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan aplikasi kodular. Beberapa komponen sistem akan diuji melalui dua jenis pengujian, yaitu pengujian statis dan pengujian dinamis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa panel surya memiliki kinerja paling stabil dengan nilai tegangan yang didapat sekitar 16.50V dan arus sebesar 2.41A yang terjadi pada pukul 13.00 - 16.00 WIB. Turbin angin mampu bekerja pada kecepatan angin rendah dan mendapatkan nilai tegangan tertinggi sebesar 3.63V dan arus sebesar 1.14A yang terjadi di hari kelima pada pukul 20.00 WIB dengan kecepatan angin sebesar 1.1 knot. *Piezoelektrik* menghasilkan daya sesuai dengan tekanan dan frekuensi injakan. Tegangan tertinggi yang didapat pada subjek BB 70kg menghasilkan tegangan sebesar 4.11V dan arus sebesar 0.19A. Sistem *hybrid* ini berpotensi menjadi solusi pendukung energi ramah lingkungan di atas kapal.

Kata kunci : Sistem *monitoring*, Aplikasi Kodular, ESP32, Energi *hybrid*.

ABSTRACT

BAGUS FIRDHA MAHENDRA, Hybrid Electrical Energy Prototype Monitoring System Using Solar Panels, Wind Turbines, & Piezoelectrics on Ships supervised by Mr. Sri Mulyanto H, S.T. , M.T. and Mr. Dr. Ir. Prihastono. M.T.

Renewable energy is non-fossil energy that can be renewed and managed sustainably, such as solar, wind, water, and biomass. To overcome dependence on weather conditions, this energy can be combined with alternative energy sources such as piezoelectric sensors, which can convert pressure into electrical energy. This study aims to design a prototype monitoring system for hybrid electric energy using solar panels, wind turbines, and piezoelectric elements as alternative energy sources on board ships. The use of Internet of Things (IoT) technology is key to monitoring and managing these energy sources in real-time and automatically through integrated sensors and software. This research uses the Research and Development (R&D) method by creating a prototype that combines solar panels, wind turbines, and piezoelectric components as energy sources and designing a monitoring system based on the Internet of Things (IoT) using the Kodular application. Several system components were tested through two types of testing: static and dynamic testing. The test results showed that the solar panel had the most stable performance with a voltage of approximately 16.50V and a current of 2.41A occurring between 13:00 and 16:00 WIB. The wind turbine was able to operate at low wind speeds and reached its highest voltage of 3.63V and current of 1.14A on the fifth day at 20:00 WIB with a wind speed of 1.1 knots. The piezoelectric system generated power according to the pressure and frequency of footstep impacts. The highest voltage recorded for a 70kg subject was 4.11V with a current of 0.19A. This hybrid system has the potential to be an environmentally friendly energy support solution on board ships.

Keywords : Monitoring system, Kodular Application, ESP32, Hybrid energy.

KATA PENGANTAR

Segala puja dan puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa berkat limpahan rahmat-Nya dan kesehatan penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “**SISTEM *MONITORING PROTOTYPE* ENERGI LISTRIK *HYBRID* MENGGUNAKAN PANEL SURYA, TURBIN ANGIN, DAN PIEZOELEKTRIK DIATAS KAPAL**” dapat dilaksanakan dengan baik.

Dalam penyusunan laporan ini, kami banyak menerima bantuan dan dukungan dari berbagai pihak yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama proses pengerjaan skripsi ini. Oleh karena itu pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi & penelitian ini dapat dilaksanakan, antara lain kepada :

1. Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya, Bapak Moejiono M. T., M.Mar.E
2. Ketua prodi Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal, Bapak Dirhamsyah, S.E., M.Pd.
3. Bapak Sri Mulyanto H, S.T. , M.T. selaku dosen pembimbing I, Bapak Dr. Ir. Prihastono. M.T. selaku dosen pembimbing II.
4. Kedua orang tua tercinta Dian Haruno & Tri Widya Agoestina yang senantiasa memberikan dukungan berupa doa, moral, dan material.
5. Teman teman kelas TRKK serta senior yang telah membantu dan memberikan dukungan.
6. Teman angkatan XII / XL Politeknik Pelayaran Surabaya yang selalu memberikan dukungan dan pengalaman dalam menjalani masa perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini terdapat kekurangan, sehingga penulis memohon maaf atas segala kesalahan dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Kritik dan saran yang membangun senantiasa penulis harapkan agar kedepannya menjadi lebih baik. Semoga penelitian ini bermanfaat bagi pembaca & bagi masyarakat luas

Surabaya, Juli 2025

Bagus Firdha Mahendra

DAFTAR ISI

LAPORAN TUGAS AKHIR.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN	iii
PENGESAHAN SEMINAR PROPOSAL	iv
PERSETUJUAN SEMINAR HASIL	v
PENGESSAHAN SEMINAR HASIL	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Batasan Masalah.....	4
D. Tujuan Penelitian	5
E. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJUAN PUSTAKA.....	6
A. Review Penelitian.....	6
B. Landasan Teori.....	9
1. Sistem monitoring	9
2. ESP32	10
3. Internet of Things	10

4. Aplikasi Kodular	11
5. Sensor INA219	11
6. Google Sheet	12
7. Sensor Anemometer	13
8. Sensor Suhu DHT 22.....	14
9. Sensor DS18B20	15
10.Android	16
BAB III METODE PENELITIAN	17
A. Perancangan Sistem	17
1. Block Diagram Rancang Bangun & Sitem Monitoring.....	17
2. Block diagram sistem monitoring	18
3. Flowchart Sistem.....	19
B. Perancangan alat.....	20
1. Skema Wiring Diagram keseluruhan.....	20
2. Skema Wiring Diagram sensor suhu DHT22	22
3. Skema Wiring Diagram Sensor Anemometer	23
4. Skema Wiring Diagram Sensor INA219	24
5. Skema Wiring Diagram Sensor DS18B20	25
C. Rencana Pengujian.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
A. Hasil Pengujian	27
1. Pengujian Statis	27
2. Pengujian Dinamis.....	34
B. Penyajian Data	38

1. Panel Surya	38
2. Turbin Angin	42
3. Piezoelektrik	45
C. Analisis Data	48
1. Panel surya	48
2. Turbin angin	49
3. Piezoelektrik	49
BAB V KESIMPULAN.....	50
A. Kesimpulan	50
B. Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	52

DAFTAR TABEL

Table 2. 1 Review penelitian sebelumnya.....	6
Table 3. 1 Wiring Sensor suhu DHT22.....	22
Table 3. 2 Wiring Sensor Anemometer.....	23
Table 3. 3 Wiring Sensor INA219	24
Table 3. 4 Wiring sensor DS18B20	25
Table 4. 1 Pengujian statis tegangan sensor INA219.....	29
Table 4. 2 Pengujian statis arus sensor INA219	29
Table 4. 3 Pengujian statis sensor DS18B20	30
Table 4. 4 Pengujian statis sensor DHT22	31
Table 4. 5 Pengujian statis sensor anemometer	32
Table 4. 6 Kategori kecepatan angin.....	33
Table 4. 7 Pengujian sensor INA219 pada panel surya	35
Table 4. 8 Pengujian sensor INA219 pada turbin angin	36
Table 4. 9 Pengujian sensor INA219 pada piezoelektrik.....	36
Table 4. 10 Pengujian sensor DHT22	37
Table 4. 11 Pengujian sensor anemometer.....	38
Table 4. 12 Tampilan kodular & Spreadsheets pengujian panel surya	39
Table 4. 13 Penyajian data panel surya hari ke-1.....	39
Table 4. 14 Penyajian data panel surya hari ke-2.....	40
Table 4. 15 Penyajian data panel surya hari ke-3.....	40
Table 4. 16 Penyajian data panel surya hari ke-4.....	40
Table 4. 17 Penyajian data panel surya hari ke-5.....	41
Table 4. 18 Penyajian data panel surya hari ke-6.....	41
Table 4. 19 Penyajian data panel surya hari ke-7.....	41
Table 4. 20 Tampilan kodular & Spreadsheet pengujian turbin angin	42
Table 4. 21 Penyajian data turbin angin hari ke-1	42
Table 4. 22 Penyajian data turbin angin hari ke-2	43
Table 4. 23 Penyajian data turbin angin hari ke-3	43
Table 4. 24 Penyajian data turbin angin hari ke-4	44
Table 4. 25 Penyajian data turbin angin hari ke-5	44
Table 4. 26 Penyajian data turbin angin hari ke-6	45
Table 4. 27 Penyajian data turbin angin hari ke-7	45
Table 4. 28 Tampilan kodular & Spreadsheet pengujian piezoelektrik	46
Table 4. 29 Penyajian data piezoelektrik BB 50kg	46
Table 4. 30 Penyajian data piezoelektrik BB 55kg	47
Table 4. 31 Penyajian data piezoelektrik BB 60kg	47
Table 4. 32 Penyajian data piezoelektrik BB 65kg	47
Table 4. 33 Penyajian data piezoelektrik BB 70kg	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 ESP32	10
Gambar 2. 2 Aplikasi Kodular	11
Gambar 2. 3 Sensor INA219	11
Gambar 2. 4 Google Sheets	12
Gambar 2. 5 Sensor anemometer	13
Gambar 2. 6 Sensor DHT22	14
Gambar 2. 7 Sensor DS18B20	15
Gambar 2. 8 Android smartphone	16
Gambar 3. 1 Block Diagram Keseluruhan	17
Gambar 3. 2 Block diagram sistem monitoring	18
Gambar 3. 3 Flowchart Sistem	19
Gambar 3. 4 Wiring Diagram	20
Gambar 3. 5 Wiring Diagram Sensor Suhu DHT22	22
Gambar 3. 6 Wiring Diagram Sensor Anemometer	23
Gambar 3. 7 Wiring Diagram Sensor INA219	24
Gambar 3. 8 Wiring Diagram Sensor DS18B20	25
Gambar 4. 1 Mikrokontroller ESP32	27
Gambar 4. 2 Pengujian Sensor INA219	28
Gambar 4. 3 Pengujian Sensor DS18B20	30
Gambar 4. 4 Pengujian sensor suhu DHT22	31
Gambar 4. 5 Pengujian sensor anemometer	32
Gambar 4. 6 Pengujian tampilan aplikasi kodular	33
Gambar 4. 7 Pengujian dinamis keseluruhan	34

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Di zaman modern saat ini, kebutuhan akan sumber energi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan semakin meningkat. Penggunaan energi terbarukan seperti energi surya, angin, dan *piezoelektrik* merupakan salah satu solusi yang menjanjikan untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengatasi masalah perubahan iklim yang terjadi di Indonesia.

Penggabungan ketiga sumber energi ini dalam sistem *hybrid* tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan energi, namun juga memberikan solusi dalam menggunakan sumber energi. Selama cuaca buruk atau ketika salah satu sumber energi tidak tersedia, sistem dapat beroperasi menggunakan sumber energi lain seperti menggunakan *piezoelektrik*. Selain itu, integrasi sistem *hybrid* ini membutuhkan pengelolaan yang cermat agar distribusi daya antar sumber energi tetap optimal sesuai kebutuhan.

Internet of Things (IoT) berperan penting dalam mengelola sumber daya energi secara optimal, *Internet of Things (IoT)* merupakan konsep yang menghubungkan perangkat fisik ke internet, memungkinkan untuk saling berkomunikasi dan bertindak secara otomatis (Solusi et al., 2024). Pemanfaatan *Internet of Things (IoT)* memungkinkan pemantauan kinerja sumber energi apa pun seperti panel surya, turbin angin, dan *piezoelektrik* secara *real-time* sehingga dapat ter-*monitoring* secara efisien.

Sensor dan perangkat lunak (*software*) adalah komponen kunci dalam sistem *Internet of Things (IoT)*, Sensor dan *software* dapat menganalisis data tentang produksi energi dari panel surya, turbin angin, dan *piezoelektrik*. Penyajian data dari hasil produksi energi dapat digunakan untuk mengetahui seberapa besar kontribusi masing-masing sumber energi, serta membantu mendeteksi sumber energi mana yang bekerja kurang efisien. Informasi ini sangat penting dalam pengambilan keputusan mengenai pengelolaan sumber daya energi secara optimal.

Monitoring adalah salah satu bagian dari proses pengumpulan informasi maupun data yang bertujuan untuk menilai hasil yang dilakukan secara berkelanjutan, objektif, meningkatkan efisiensi dan efektivitas program atau kegiatan yang didasarkan pada satuan target dan aktivitas yang direncanakan (Misnaniarti & Najmah, 2021). Sistem *monitoring* ini sudah banyak digunakan & dikembangkan di berbagai aspek dalam berbagai bidang tertentu. Salah satu bentuk kelebihan sistem *monitoring* dapat memantau dengan jarak jauh dan secara *real-time*.

Kemajuan teknologi saat ini telah membuka peluang baru bagi pengembangan sistem *monitoring* berbasis aplikasi. Aplikasi *mobile* telah menjadi alat yang cukup efektif untuk memantau parameter secara *real-time*. Platform seperti kodular memungkinkan pengembangan dan membangun aplikasi android tanpa menulis kode secara manual, sehingga mempercepat proses pengembangan dan membuat informasi lebih mudah diakses oleh pengguna.

Kemampuan kolaborasi ini memungkinkan penulis melihat dan menganalisis data dan konsumsi energi dengan mudah dari beberapa perangkat. Hal ini sangat berguna untuk memantau perubahan data secara langsung serta mendukung pengambilan keputusan yang cepat dan tepat waktu. Data yang telah diperoleh dari sistem *monitoring* akan disimpan dan diperbarui secara otomatis di Google Sheets, sehingga memudahkan proses pencatatan, pengelolaan, dan analisis data secara terpusat. Dengan integrasi aplikasi kodular dan google sheets, data yang dikumpulkan oleh sensor dan perangkat pemantauan dapat disimpan secara terstruktur dan dapat diakses kapanpun dan dimana saja.

Perancangan sistem *monitoring* ini bertujuan untuk memberikan kontribusi & edukasi dalam penggunaan energi listrik bersumber dari panel surya, turbin angin, dan *piezoelektrik*. Dengan memanfaatkan dan efektifitas teknologi *Internet of Things (IoT)*, aplikasi tidak hanya membantu penulis untuk memantau energi listrik yang dihasilkan, namun juga menyediakan analisis data untuk membantu menentukan efisiensi energi listrik. Sehingga pada uraian diatas peneliti menulis ” *SISTEM MONITORING PROTOTYPE ENERGI LISTRIK HYBRID MENGGUNAKAN PANEL SURYA, TURBIN ANGIN & PIEZOELEKTRIK DIATAS KAPAL.*” alat sistem *monitoring* daya listrik menggunakan IoT yang dirancang untuk memudahkan pemantauan daya yang dihasilkan dari setiap sumber energi listrik tersebut.

B. Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah dijelaskan diatas, maka disusulanlah rumusan masalah, sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang sistem *monitoring* energi listrik *hybrid* menggunakan panel surya, turbin angin & *piezoelektrik* berbasis *Internet of Things (IoT)* menggunakan aplikasi kodular & database google sheet ?
2. Bagaimana hasil pengujian alat sistem *monitoring* energi listrik *hybrid* menggunakan panel surya, turbin angin & *piezoelektrik* berbasis *Internet of Things (IoT)* menggunakan aplikasi kodular & database google sheet ?

C. Batasan Masalah

Penelitian dengan masalah diatas ini biasanya menjadi meluas. Maka dari itu penulis membuat adanya batasan masalah dalam penelitian ini, agar hasil yang didapatkan bisa ter arah dan spesifik. Penulis membatasi masalah hanya pada sebagai berikut :

1. Mikrokontroller yang digunakan pada penelitian ini berbasis ESP32.
2. Data hasil pengujian disimpan melalui google sheet.
3. Sensor yang digunakan untuk me-*monitoring* daya listrik yaitu sensor INA219.
4. Aplikasi yang digunakan guna me-*monitoring* daya listrik secara *real-time* menggunakan aplikasi kodular.
5. Sensor kecepatan angin menggunakan sensor Anemometer
6. Sensor suhu menggunakan DHT22
7. Sensor suhu DS18B20

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penulis melakukan penelitian dan pembahasan ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui cara merancang sistem *monitoring* energi listrik *hybrid* menggunakan panel surya, turbin angin & *piezoelektrik* berbasis *Internet of Things (IoT)* menggunakan aplikasi kodular & database google sheet
2. Untuk mengetahui hasil pengujian alat sistem *monitoring* energi listrik *hybrid* menggunakan panel surya, turbin angin & *piezoelektrik* berbasis *Internet of Things (IoT)* menggunakan aplikasi kodular & database google sheet

E. Manfaat Penelitian

Dengan adanya hasil penelitian ini diharapkan memberikan manfaat bagi semua pihak. manfaat tersebut antara lain sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan bagi pembaca bagaimana mengimplemantasikan sebuah alat yang dapat me-*monitoring* daya listrik dari panel surya, turbin angin dan *piezoelektrik* secara *real-time* menggunakan mikrokontroller ESP32.
2. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dan wawasan untuk mengembangkan sebuah alat yang dapat mempermudah kita dalam menjalani aktivitas sehari hari.

BAB II

TINJUAN PUSTAKA

A. Review Penelitian

Dari tinjauan pustaka penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan ilmu untuk mencari tahu apa saja hasil dan perbedaan dari penelitian sebelumnya. Oleh karena itu, penulis membutuhkan referensi dari penelitian terdahulu yang tercantum pada tabel 2.1 dibawah. Berikut adalah penelitian terdahulu yang digunakan sebagai referensi oleh penulis antara lain:

Table 2. 1 Review penelitian sebelumnya

Sumber : Dokumen pribadi

Sumber	Judul	Metodologi	Hasil	Perbedaan
Tresna Umar Syamsuri *a), Rahma Nur Amaliaa), Mudjiono a), Aly Imrona). Jurusan Teknik Elektro, Polinema. Jalan Soekarno-Hatta No. 9 Malang 65141. Tahun 2023	Rancang Bangun Alat Monitoring Daya Listrik di Asrama Berbasis Web Menggunakan ESP32	Pada penelitian tersebut terdapat. Penulis melakukan tahap perancangan dan pembuatan program yang terintegrasi dengan web. Yang dimana perangkat mendeteksi arus dan tegangan dari beban aliran arus PLN yang kemudian diolah oleh perangkat sehingga didapatkan nilai daya secara realtime.	Berdasarkan perancangan dan hasil pengujian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa Merancang dan membangun sistem kontrol dan pemantauan kecil berbasis IoT untuk pengukuran daya menggunakan platform web Blynk menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor ACS217 untuk pengukuran arus, dan sensor ZMPT101B untuk pengukuran tegangan Masuk.	Pada penelitian tersebut menggunakan web Blynk, sensor arus ACS217, Sensor Tegangan ZMPT101B. Perbedaannya penulis menggunakan platform Kodular dan menggunakan sensor INA219 untuk mengukur arus & tegangan pada penelitiannya.

Sumber	Judul	Metodologi	Hasil	Perbedaan
			Nilai arus dan tegangan digunakan untuk mendapatkan nilai daya.	
James William Jokanan, Arif Widodo, Nur Kholis, Lusia Rakhmawati. Jurnal Teknik Elektro. Volume 11 Nomor 1 Tahun 2022, 47-55	Rancang Bangun Alat Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT Menggunakan Firebase Dan Aplikasi Android	Pada penelitian ini penulis menggunakan <i>prototyping</i> alat untuk memonitoring daya listrik. monitoring daya listrik berbasis Iot menggunakan google database dan aplikasi android.	Hasil dari penelitian ini adalah rancang bangun alat monitoring yang dapat membaca nilai dari tegangan, arus, daya, dan energi dari listrik yang mengalir menuju beban. Alat monitoring ini dapat mengirimkan data secara realtime dan dapat dipantau melalui aplikasi MDL secara online	Pada penelitian ini penulis menggunakan Google Sheets sebagai database dari data yang dihasilkan.
Rellinga Frendy Pradistia*, Dedi Ary Prasetya Jurusan Teknik Elektro/Fakultas Teknik – Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia. Tahun 2022	Pemanfaatan Sensor Piezoelektrik Sebagai Penghasil Sumber Energi Dengan Tekanan Anak Tangga	Penelitian diawali dengan mengumpulkan data sebanyak anak buah tangga yang didalamnya dilengkapi dengan sensor piezoelektrik. untuk mencari inspirasi perancangan sebagai sumber tenaga dengan menggunakan pijakan kaki manusia.	Pada pembahasan kali ini penulis merancang prototype skala yang dipasang sensor piezoelektrik. Sensor piezoelektrik digunakan untuk menghasilkan listrik. Pengujiannya dilakukan dengan cara naik turun tangga sebanyak 10 kali dan 10 kali dengan beban tubuh orang yang berbeda.	Dengan hasil penelitian tersebut disimpulkan bahwa sensor piezoelektrik dapat menghasilkan daya listrik dengan beban yang berbeda-beda dan dimonitoring secara manual. Dengan ini penulis akan memonitoring daya yang dihasilkan piezoelektrik berbasis IoT secara Real-time menggunakan mikrokontroler ESP32 & Sensor INA219

Dari hasil review penelien sebelumnya, pada penelitian yang berjudul *Rancang Bangun Alat Monitoring Daya Listrik di Asrama Berbasis Web Menggunakan ESP32* ini juga melakukan penelitian untuk mengukur arus, tegangan dan daya listrik secara real time di asrama. Alat yang dirancang terdiri dari beberapa komponen seperti mikrokontroler ESP32 yang berfungsi untuk memproses data sensor dan mengirimkannya ke server web. Lalu sensor arus ACS712 dan sensor tegangan ZMPT101B digunakan untuk mengukur arus dan tegangan. Relay berfungsi untuk memotong daya jika konsumsi daya melebihi batas yang ditentukan. Layar LCD menampilkan informasi konsumsi daya secara real time. Alat ini dirancang untuk memonitoring arus dan tegangan yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 dan dapat dipantau melalui platform Blynk.

Selanjutnya pada penelitian kedua dengan judul penelitian *Rancang Bangun Alat Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT Menggunakan Firebase Dan Aplikasi Android* Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem monitoring yang mampu memantau konsumsi listrik peralatan rumah tangga secara real-time menggunakan sensor PZEM-004T dan database menggunakan Google Firebase.

Hasil review pada penelitian terakhir yang berjudul *Pemanfaatan Sensor Piezoelektrik Sebagai Penghasil Sumber Energi Dengan Tekanan Anak Tangga*. Penelitian ini menjelaskan pentingnya listrik dalam kehidupan sehari-hari dan bagaimana sensor *piezoelektrik* dapat digunakan untuk menghasilkan listrik dari tekanan yang tercipta saat berjalan di tangga. Dengan adanya tegangan dan arus yang dihasilkan oleh *piezoelektrik* penulis berencana *me-monitoring* daya yang

dihasilkan oleh *piezoelektrik* berbasis *IoT* secara *Real-time* menggunakan mikrokontroler ESP32 & Sensor INA219

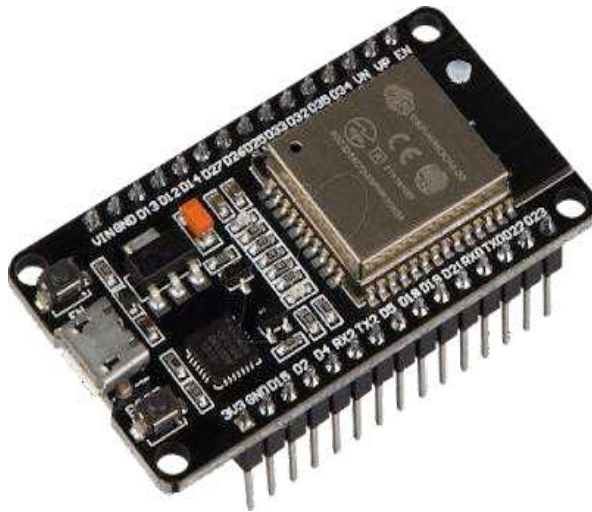
B. Landasan Teori

Landasan teori merupakan bagian penting dalam penelitian yang berfungsi sebagai dasar bagi pengembangan hipotesis dan metodologi. Dalam konteks ini, landasan teori mengacu pada pemahaman dan penjelasan tentang konsep konsep kunci yang relevan dengan topik penelitian. Review terhadap penelitian terdahulu sangat penting untuk mengidentifikasi celah penelitian dan menghindari duplikasi. Berdasarkan teori tersebut, penulis menjelaskan pengertian dari sistem *monitoring*, *Internet of Things (IoT)*, Mikrokontroler ESP32, aplikasi kodular, sensor arus dan tegangan INA219, Sensor Anemometer, dan google sheet sebagai database penyimpanan data hasil pengujian alat sistem *monitoring*.

1. Sistem monitoring

Monitoring adalah salah satu bagian dari proses pengumpulan informasi maupun data yang bertujuan untuk menilai hasil yang dilakukan secara berkelanjutan, objektif, meningkatkan efisiensi dan efektivitas program atau kegiatan yang didasarkan pada satuan target dan aktivitas yang direncanakan (Misnaniarti & Najmah, 2021). Siklus kegiatan *monitoring* mencakup pengumpulan data, peninjauan ulang, pelaporan, dan tindakan atas informasi yang diperoleh dari suatu proses. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa proses berjalan sesuai dengan rencana (on track) (Karlin & Wright, 2013).

2. ESP32



Gambar 2. 1 ESP32

Sumber : : www.mikrokontroler-esp32.com

Pada gambar 2.1 merupakan mikrokontroler ESP32 yang dikembangkan oleh Espressif Systems. Mikrokontroler ini terintegrasi dengan modul *Wi-Fi* dan dual-mode bluetooth dalam bentuk chip (SoC) sehingga sangat mendukung dalam pengaplikasian *Internet of Things (IoT)* (Tresna Umar Syamsuri et al., 2023). ESP32 sangat cocok untuk aplikasi IoT karena kemampuannya dalam mengelola pengolahan data, komunikasi jaringan, dan berfungsi sebagai server web.

3. Internet of Things

Internet of Things merupakan konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat konektivitas internet yang tersambung secara terus menerus. *Internet of Things* membuat internet menjadi meluas dan berkembang dengan memungkinkan akses dan interaksi yang mudah dengan beragam perangkat seperti *actuator*, *display*, kamera cctv (closed circuit television) sensor pemantauan dan sebagainya (Jokanan et al., 2022).

4. Aplikasi Kodular



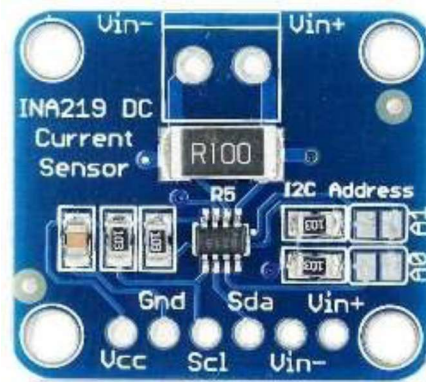
Gambar 2. 2 Aplikasi Kodular

Sumber : <https://images.app.goo.gl/FV4TtGgwryoE8tSN8>

Kodular adalah situs web yang digunakan untuk membuat aplikasi android yang menggunakan metode drag-and-drop *programming*. Metode ini memudahkan bagi pengguna karena tidak perlu lagi untuk mengetik layaknya pemrograman lainnya (Winarto et al., 2023).

Berdasarkan gambar 2.2 diatas, aplikasi kodular juga mendukung integrasi dengan berbagai layanan database sepertiI Firebase dan CloudDB. Fitur ini memungkinkan pengguna untuk bertukar data dalam database secara *real-time* sehingga meningkatkan fungsionalitas aplikasi yang dibangun.

5. Sensor INA219



Gambar 2. 3 Sensor INA219

Sumber : <https://images.app.goo.gl/8wCmFEXjo6FXkccu6>

Sensor INA219 adalah sebuah modul sensor yang memiliki kemampuan untuk mengukur tegangan, arus, dan daya secara simultan. Cara kerja sensor ini adalah dengan mengalirkan arus melalui kabel tembaga di dalamnya, yang menghasilkan medan magnet yang kemudian ditangkap oleh IC medan terintegrasi dan diubah menjadi tegangan yang berbanding lurus (Ade Wahyu et al., 2024).

Berdasarkan gambar 2.3 diatas sensor INA219 sering digunakan dalam proyek *IoT* untuk pemantauan arus listrik, tegangan, dan daya secara jarak jauh. sensor ini dapat diintegrasikan dengan NodeMCU ESP8266 untuk mengirimkan data arus dan tegangan secara nirkabel ke server web, memungkinkan pemantauan kondisi sistem secara *real-time* tanpa kehadiran fisik di lokasi pemasangan.

6. Google Sheet



Gambar 2. 4 Google Sheets

Sumber : <https://images.app.goo.gl/GFu92Dw3fEsrE75u6>

Google sheets adalah sebuah *software* atau perangkat lunak berbasis web yang dikembangkan oleh Google, untuk membuat tabel, perhitungan sederhana, atau pengolahan data. Sama dengan bekerja pada Microsoft Excel, bedanya bahwa di Google Sheet beberapa pengguna dapat bekerja bersama-sama dalam satu lembar kerja Secara online (Situmorang, 2024).

Salah satu keunggulan google sheets yang ditunjukkan pada gambar 2.4 diatas yaitu sebagai database yang dapat diakses dari mana saja dengan koneksi internet. Selain itu, fitur kolaborasi *real-time* memungkinkan banyak pengguna untuk mengedit dan memperbarui data secara bersamaan tanpa risiko kehilangan informasi.

7. Sensor Anemometer

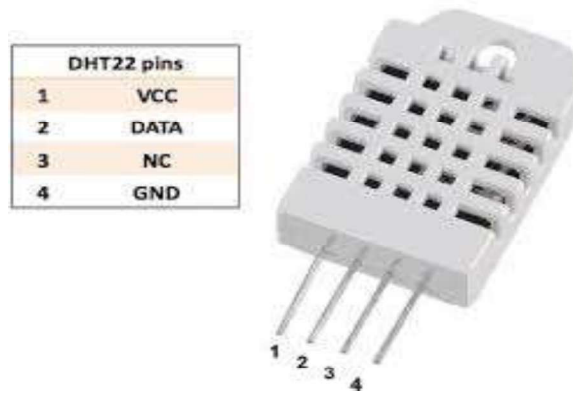


Gambar 2. 5 Sensor anemometer

Sumber: <https://images.app.goo.gl/rYjMDF5oTtwA8HaD6>

Gambar 2.5 diatas adalah sensor anemometer yang didefinisikan sebagai alat untuk mengukur kecepatan dan tekanan angin, yang biasa digunakan di hampir semua stasiun cuaca. Istilah "anemometer" berasal dari bahasa Yunani 'anemos', yang berarti angin. Alat ini penting bagi para ahli meteorologi untuk mempelajari pola cuaca dan pergerakan udara (*Detail-Opac @ Balaiyanpus.Jogjaprovo.Go.Id*, n.d.). Dalam konteks sistem pemantauan cuaca berbasis *IoT*, anemometer berfungsi untuk mengukur kecepatan angin secara *real-time*.

8. Sensor Suhu DHT 22



Gambar 2. 6 Sensor DHT22

Sumber: <https://images.app.goo.gl/pdUEwa8Cg2HPkFTW7>

DHT22 merupakan sensor dengan kalibrasi yang menerapkan teknik pengumpulan sinyal digital dan teknologi pengindraan kelembaban. DHT22 memiliki fitur kalibrasi dan koefisien yang sangat akurat (Samsinar et al., 2020).

Sensor kapasitif di dalam DHT22 mengukur perubahan kapasitas yang terjadi akibat kelembaban di udara. Ketika kelembaban meningkat, kapasitas sensor juga meningkat, dan ini diubah menjadi sinyal digital. Termistor yang ada dalam sensor mengubah resistansinya berdasarkan suhu. Perubahan resistansi ini juga diubah menjadi sinyal digital. Setelah pengukuran selesai, sensor mengirimkan data suhu dan kelembaban dalam bentuk sinyal digital ke mikrokontroler yang terhubung.

Keunggulan sensor suhu DHT22 pada gambar 2.6 diatas yaitu sensor ini mudah diintegrasikan dengan berbagai mikrokontroler seperti Arduino, NodeMCU dan ESP32, serta dapat digunakan dalam sistem monitoring berbasis IoT untuk pemantauan suhu dan kelembaban secara real-time.

9. Sensor DS18B20



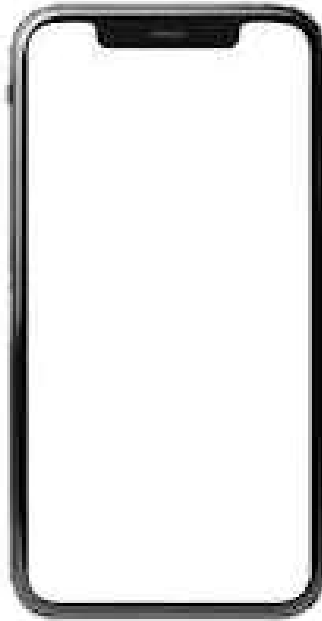
Gambar 2. 7 Sensor DS18B20

Sumber : <https://images.app.goo.gl/NPhjs15rDoXf4EgS6>

Pada gambar 2.7 diatas merupakan sensor suhu sensor suhu DS18B20. DS18B20 adalah sensor yang dapat membaca perubahan temperatur lingkungan dan mengkonversikannya menjadi data digital. Sensor ini memiliki tingkat akurasi tinggi ($\pm 0,5^{\circ}\text{C}$) dan dapat bekerja pada rentang suhu -55°C hingga 125°C , dengan tegangan kerja 3V hingga 5,5V. Sensor ini juga hanya membutuhkan satu pin untuk komunikasi 1-wire (Ii et al., 1997)

Sensor DS18B20 dinilai dapat digunakan untuk aplikasi pengukuran suhu lingkungan, maupun sistem otomatisasi berbasis Internet of Things (IoT). Pada penelitian ini sensor suhu DS18B20 penulis gunakan untuk mengukur suhu generator DC pada *wind turbine* untuk memproteksi jika terjadi overheating pada generator DC *wind turbine*.

10. Android



Gambar 2. 8 Android smartphone

Sumber : <https://images.app.goo.gl/kL8RhnxaeX3Eezen9>

Android adalah sistem operasi untuk perangkat mobile yang mencakup sistem operasi, middleware, dan aplikasi. Android dirancang sebagai platform terbuka yang memungkinkan pengembang untuk menciptakan aplikasi mereka sendiri (Nazrudin Safaat H, 2012).

Saat ini kita mengenal istilah *smartphone* atau ponsel pintar, Integrasi Android dengan *smartphone* tidak hanya meningkatkan fungsionalitas perangkat tetapi juga menciptakan pengalaman pengguna yang lebih beragam. Pada gambar 2.7 diatas yaitu smartphone nantinya akan di hubungkan dengan mikrokontroler yang sudah di program melalui jaringan *wi-fi* sehingga dapat menampilkan data dari mikrokontroler agar lebih efisien dalam pemantauannya.

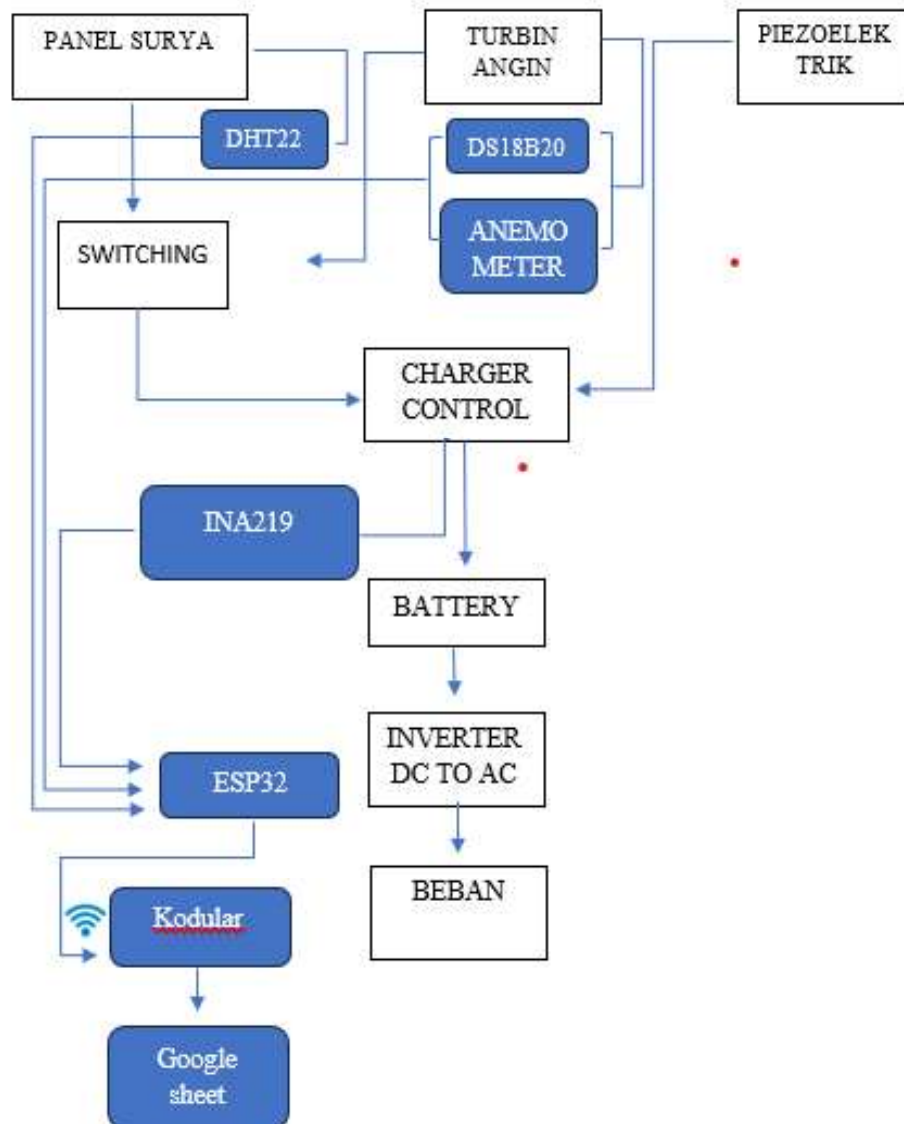
BAB III

METODE PENELITIAN

A. Perancangan Sistem

Adapun block diagram perancangan sistem sebagai berikut :

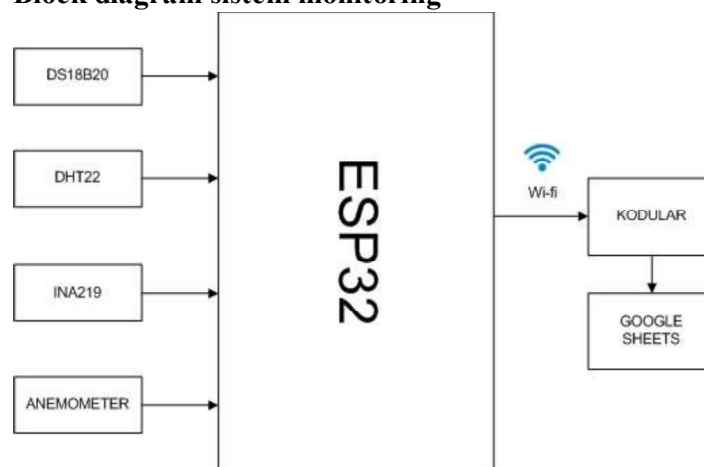
1. Block Diagram Rancang Bangun & Sitem Monitoring



Gambar 3. 1 Block Diagram Keseluruhan
Sumber : Dokumen pribadi

Pada gambar block diagram 3.1 diatas menunjukan sistem *monitoring* enegi listrik *hybrid* menggunakan panel surya, turbin angin dan *piezoelektrik* bekerja. Dalam sistem *monitoring*-nya sensor INA219 sebagai sensor arus & tegangan mengukur parameter tegangan, arus dan daya guna mengetahui kinerja dari sistem pembangkit listrik tersebut. Sensor anemometer berfungsi mengukur kecepatan angin untuk menganalisis kinerja turbin angin dalam menghasilkan daya. Sensor DS18B20 membaca suhu pada generator motor DC turbin angin guna memproteksi generator motor DC pada turbin angin, jika terjadi *overheating*. Sensor suhu DHT22 juga *memonitoring* suhu diluar ruangan, untuk menganalisis daya yang telah diterima oleh panel surya tersebut. Selanjutnya ESP32 sebagai mikrokontroller mengelola data dari sensor dan dikirimkan ke aplikasi kodular melalui jaringan *wi-fi* untuk menampilkan parameter data sensor secara *real-time*. Selanjutnya google sheet berfungsi sebagai tempat penyimpanan data secara otomatis.

2. Block diagram sistem monitoring

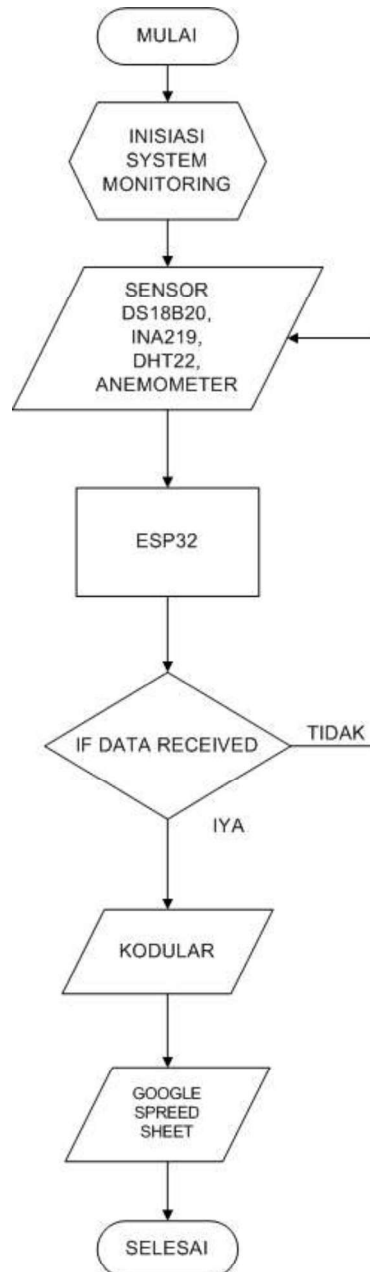


Gambar 3. 2 Block diagram sistem monitoring

Sumber : Dokumen pribadi

3. Flowchart Sistem

Flowchart adalah representasi visual dari suatu proses atau alur kerja yang menggunakan simbol-simbol grafis untuk menggambarkan setiap langkah yang harus diambil. Berikut flowchart pada penelitian ini :



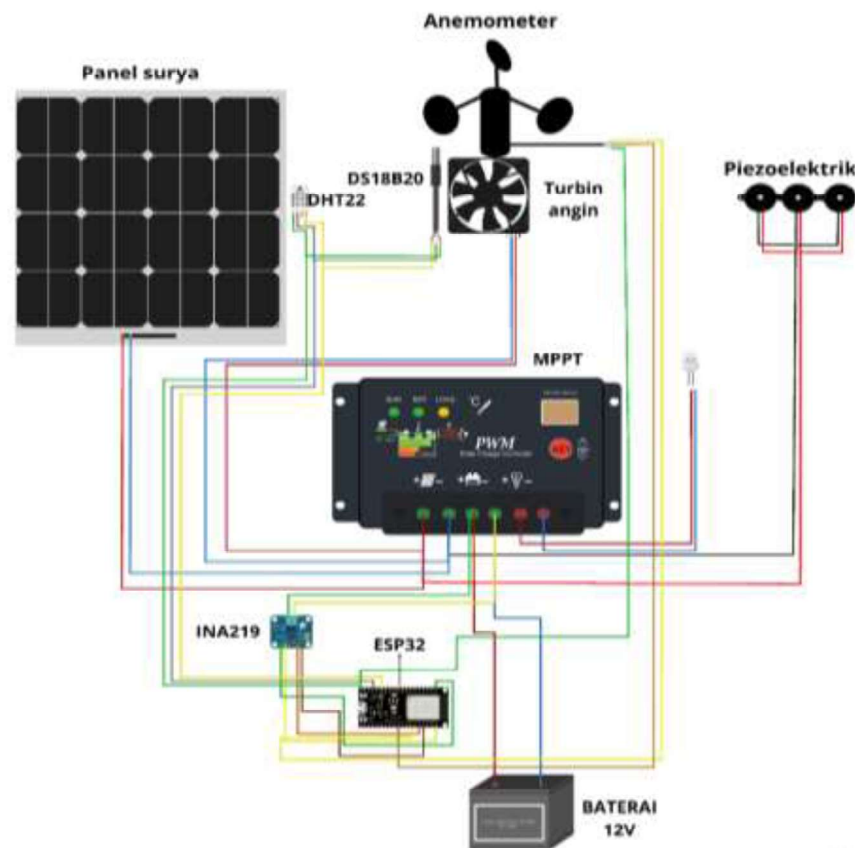
Gambar 3. 3 Flowchart Sistem

Sumber : Dokumen pribadi

B. Perancangan alat

1. Skema Wiring Diagram keseluruhan

Berikut *wiring-diagram* pada penelitian yang berjudul “Sistem *Monitoring Prototype* Energi Listrik *Hybrid* Menggunakan Panel Surya, Turbin Angin, dan *Piezoelektrik* Diatas Kapal”



Gambar 3. 4 Wiring Diagram

Sumber : Dokumen Pribadi

Pada gambar 3.4 diatas menunjukan wiring diagram secara keseluruhan sistem *monitoring* daya listrik berbasis *Internet of Things (IoT)*. Beberapa komponen diatas seperti panel surya, turbin angin, dan *piezoelektrik* saling terhubung pada MPPT solar charger controller yang berfungsi untuk mengatur pengisian daya. Dalam sistem ini, penulis

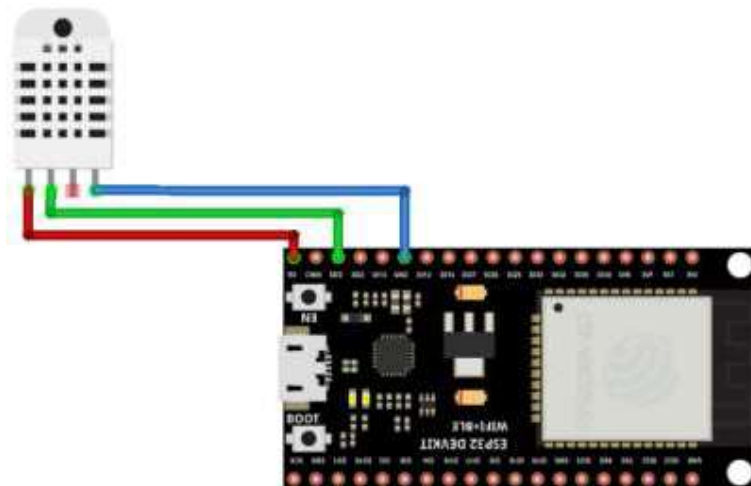
menambahkan beberapa sensor seperti sensor INA219, sensor suhu DHT22, sensor anemometer yang berperan untuk membaca data yang dihasilkan dari setiap masing – masing sensor. Sensor INA219 yang berperan penting dalam membaca parameter listrik seperti tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan oleh masing-masing sumber energi. Sensor anemometer berfungsi mengukur kecepatan angin untuk menganalisis kinerja turbin angin dalam menghasilkan daya. Sensor DHT22 berfungsi untuk mengukur suhu pada generator motor turbin angin, mengukur kelembapan dan suhu diluar ruangan. Penulis juga menambahkan sebuah mikrokontroller ESP32 yang berperan untuk menerima & mengelola data yang diperoleh dari sensor tersebut. Mikrokontroler ESP32 yang memiliki keunggulan untuk terhubung ke jaringan *wi-fi*, memungkinkan untuk mengirimkan informasi terkait kinerja setiap sumber energi yang dapat dipantau melalui *smartphone* menggunakan aplikasi kodular dan nantinya data akan dikirimkan ke google sheets sebagai database.

Aplikasi kodular menyediakan antarmuka yang intuitif. Aplikasi ini dilengkapi dengan indikator yang menampilkan data dari sensor secara *real-time*, sehingga penulis dapat dengan mudah mengawasi kinerja sistem. Penggunaan google sheets sebagai basis data memungkinkan penyimpanan dan pengolahan data secara efisien. Dengan demikian, pengguna dapat mengakses informasi terkini tentang produksi energi yang dihasilkan untuk memudahkan pengguna dalam memantau data tersebut.

Dengan pendekatan ini, sistem tidak hanya memberikan kemudahan dalam *monitoring* tetapi juga mendukung pengambilan keputusan yang

lebih baik terkait pengelolaan sumber daya energi. Melalui aplikasi *mobile*, pengguna dapat menerima notifikasi dan informasi penting mengenai status operasional sistem, termasuk potensi masalah yang mungkin terjadi. Dengan demikian, integrasi IoT dalam desain sistem *monitoring* ini tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan energi terbarukan tetapi juga memberikan keandalan dan fleksibilitas dalam pengelolaan energi secara keseluruhan.

2. Skema Wiring Diagram sensor suhu DHT22



Gambar 3. 5 Wiring Diagram Sensor Suhu DHT22

Sumber : Dokumen Pribadi

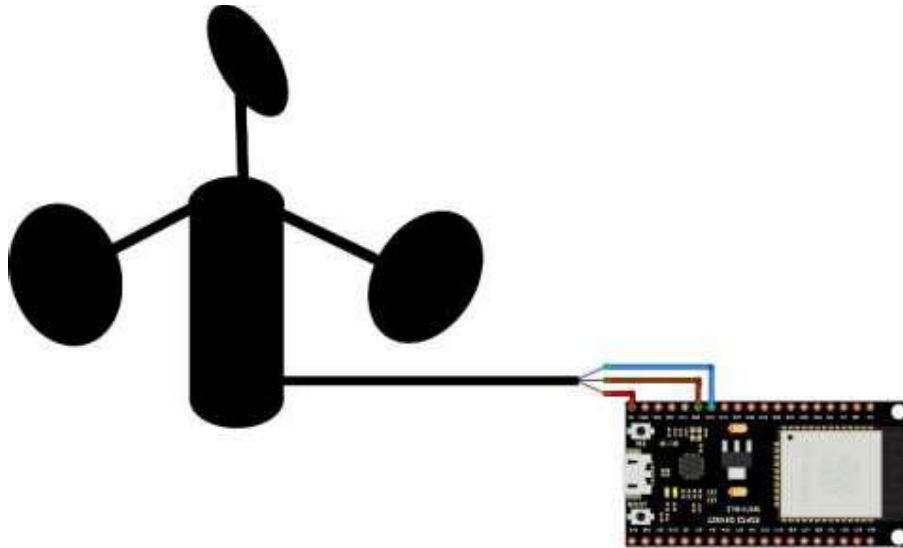
Pada gambar 3.5 diatas merupakan sensor suhu DHT22 yang terhubung dengan Mikrokontroller ESP32. Sensor suhu DHT22 ini digunakan untuk *monitoring* suhu diluar luar ruangan yang penulis integrasikan dengan panel surya.

Table 3. 1 Wiring Sensor suhu DHT22

Sumber : Dokumen Pribadi

PIN DHT 22	PIN ESP32	WARNA
VCC	5V	MERAH
GND	GND	BIRU
DATA	PIN SD3	HIJAU

3. Skema Wiring Diagram Sensor Anemometer



Gambar 3. 6 Wiring Diagram Sensor Anemometer

Sumber : Dokumen Pribadi

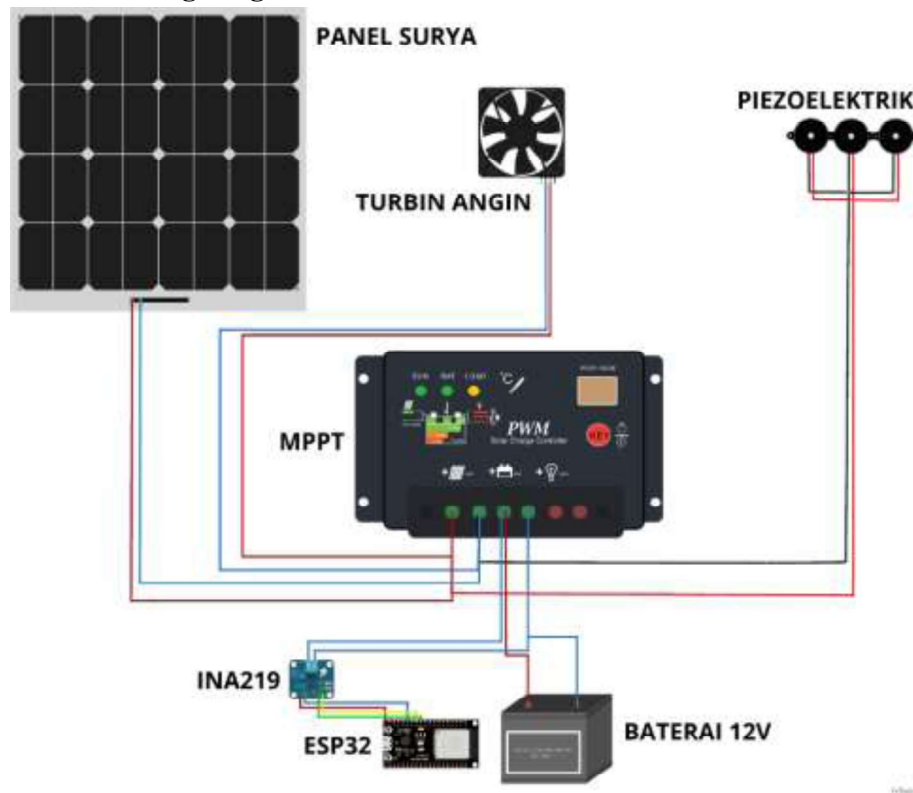
Pada gambar 3.6 diatas merupakan *wiring diagram* sensor anemometer yang berfungsi untuk *memonitoring* kecepatan angin. Sensor ini penulis integrasikan dengan turbin angin untuk *memonitoring* kecepatan angin rata rata untuk mengetahui bagaimana kinerja pada turbin angin tersebut untuk mengetahui pembacaan parameter arus dan tegangan yang dihasilkan dari turbin angin. Dengan integrasi ini, sistem mampu memberikan informasi yang lebih akurat terkait efisiensi turbin angin dalam kondisi lingkungan tertentu, serta membantu dalam evaluasi potensi energi yang dapat dimanfaatkan.

Table 3. 2 Wiring Sensor Anemometer

Sumber : Dokumen Pribadi

PIN ANEMOMETER	PIN ESP32	WARNA
VCC	5V	MERAH
DATA	I013	COKLAT
GND	GND	BIRU

4. Skema Wiring Diagram Sensor INA219



Gambar 3. 7 Wiring Diagram Sensor INA219

Sumber : Dokumen Pribadi

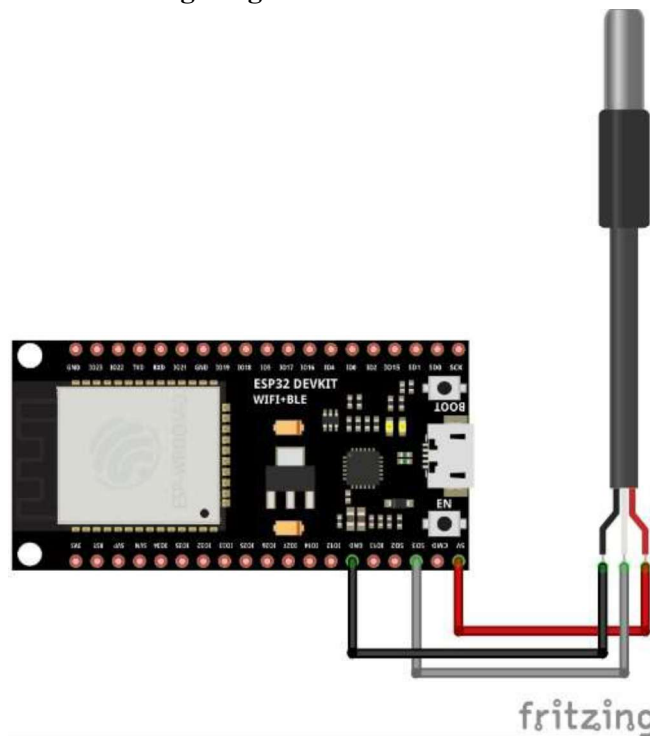
Pada gambar 3.6 diatas menunjukan wiring diagram dari sensor arus & tegangan (INA219) yang terintegrasi dengan panel surya, turbin angin dan piezoelektrik. Sensor INA219 berfungsi untuk memonitoring arus dan tegangan yang diterima oleh ketiga sumber energi listrik tersebut. Kemudian setelah dimonitoring daya yang diterima akan disimpan di baterai 12 V

Table 3. 3 Wiring Sensor INA219

Sumber : Dokumen Pribadi

PIN INA219	PIN ESP32	WARNA
VCC	5V	MERAH
DATA	I013	COKLAT
GND	GND	BIRU

5. Skema Wiring Diagram Sensor DS18B20



Gambar 3. 8 Wiring Diagram Sensor DS18B20

Sumber : Dokumen Pribadi

Pada gambar 3.8 diatas merupakan wiring diagram sensor DS18B20 yang berfungsi untuk memonitoring suhu. Sensor ini diintegrasikan dengan turbin angin untuk memonitoring suhu genarator DC turbin angin untuk mengetahui suhu yang terdeteksi oleh sensor tersebut. Jika suhu yang dihasilkan lebih dari 50°C system akan otomatis off dan memutus tegangan, arus yang dihasilkan oleh turbin angin untuk memproteksi generator DC dari overheating

Table 3. 4 Wiring sensor DS18B20

Sumber : Dokumen Pribadi

PIN DS18B20	PIN ESP32	WARNA
VCC	5V	MERAH
DATA	SD3	ABU ABU
GND	GND	HITAM

C. Rencana Pengujian

Rencana pengujian adalah suatu konsep untuk menguji alat yang dirancang untuk mengetahui cara kerja dan potensi masalah yang mungkin timbul. Pengujian alat pada perancangan sistem *monitoring* energi listrik berbasis IoT yang mengintegrasikan panel surya, turbin angin, dan *piezoelektrik* akan dilakukan secara statis dan dinamis untuk memastikan kinerja dan keakurasinya.

Langkah pertama adalah mengukur keluaran masing-masing sumber listrik menggunakan sensor INA219 yang membaca nilai tegangan, dan arus yang dihasilkan. Sensor anemometer mengukur kecepatan angin untuk menganalisis kinerja turbin angin dalam menghasilkan daya listrik. Sensor DSB1820 akan membaca suhu pada generator motor DC turbin angin untuk menghindari overheating. Sensor suhu DHT22 akan mengukur suhu luar ruangan yang sudah penulis integrasikan pada panel surya.

Mikrokontroler ESP32 berfungsi untuk mengelola data dari sensor yang selanjutnya akan mengirimkan data ke *smartphone* melalui jaringan *wifi*. Aplikasi *smartphone* yaitu kodular akan menampilkan nilai data sensor secara *real-time*.

ESP32 juga akan mengirimkan data ke database google sheets. Data yang disimpan di google sheets akan dilakukan analisis untuk mengevaluasi efektivitas sistem secara keseluruhan dan untuk mengidentifikasi kemungkinan perbaikan. Dengan pendekatan ini, diharapkan pengujian yang dilakukan dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai kinerja sistem pemantauan energi *hybrid* ini dan memberikan informasi untuk pengembangan lebih lanjut.