

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING HASIL
ENERGI LISTRIK PADA PROTOTIPE TURBIN DARRIEUS
UNTUK OPTIMALISASI ENERGI BERBASIS IOT**



SYAH REZA HASYIM

NIT.0921013107

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

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING HASIL
ENERGI LISTRIK PADA PROTOTIPE TURBIN DARRIEUS
UNTUK OPTIMALISASI ENERGI BERBASIS IOT**



SYAH REZA HASYIM

NIT.0921013107

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 : SYAH REZA HASYIM

Nomor Induk Taruna : 09.21.013.1.07

Program Studi : Sarja Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul:

Rancang Bangun Sistem Monitoring Hasil Energi Listrik pada Prototipe

Turbin Darrieus untuk Optimalisasi Energi Berbasis IoT

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.



**PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN
PROPOSAL TUGAS AKHIR**

Judul : RANCANG BANGUN SENSOR MONITORING HASIL
ENERGI LISTRIK PADA *PROTOTIPE TURBIN*
DARRIEUS UNTUK OPTIMALISASI ENERGI BERBASIS
IOT

Program Studi : Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal
Nama : SYAH REZA HASYIM
NIT : 09.21.013.1.07
Jenis Tugas Akhir : Karya Ilmiah Terapan



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

Surabaya, 24 Februari 2025

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dr. AGUS DWI SANTOSO, S.T., M.T., MPd
NIP. 197808192000031001

Dosen Pembimbing II

FARIS NOPANDI, S.Si.T., M.Sc.
NIP. 198411182008121003

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan-Kapal

DIRHAM SYAH, S.E., M.Pd
NIP. 197504302002121002

**PERSETUJUAN SEMINAR
HASIL TUGAS AKHIR**

Judul : RANCANG BANGUN SENSOR MONITORING HASIL
ENERGI LISTRIK PADA *PROTOTIPE TURBIN*
DARRIEUS UNTUK OPTIMALISASI ENERGI BERBASIS
IOT

Program Studi : Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal
Nama : SYAH REZA HASYIM
NIT : 09.21.013.1.07
Jenis Tugas Akhir : Karya Ilmiah Terapan



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

Surabaya, 21 Juli 2025

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dr. AGUS DWI SANTOSO, S.T., M.T., MPd
NIP. 197808192000031001

Dosen Pembimbing II

FARIS NOFANDI, S.Si.T., M.Sc.
NIP. 198411182008121003

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

DIRHAM SYAH, S.E., M.Pd
NIP. 197504202002121002

**PENGESAHAN
PROPOSAL TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING HASIL ENERGI LISTRIK PADA
PROTOTIPE TURBIN DARRIEUS UNTUK OPTIMALISASI ENERGI BERBASIS**



D-IV Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

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

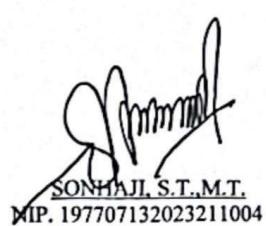
Surabaya, 14 Maret 2025

Menyetujui,

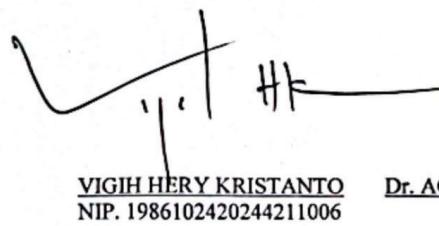
Penguji I

Penguji II

Penguji III



SONHAJI, S.T., M.T.
NIP. 197707132023211004

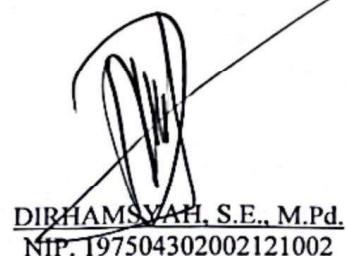


VIGIH HERY KRISTANTO
NIP. 1986102420244211006



Dr. AGUS DWI SANTOSO, S.T., M.T., MPd
NIP. 197808192000031001

Mengetahui,
Ketua Program Studi
D-IV Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal



DIRHAMSYAH, S.E., M.Pd.
NIP. 197504302002121002

PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING HASIL ENERGI LISTRIK PADA
PROTOTIPE TURBIN DARRIEUS UNTUK OPTIMALISASI ENERGI BERBASIS



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

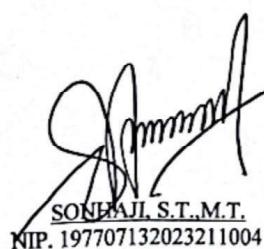
Surabaya, 22 Juli 2025

Menyetujui,

Penguji I

Penguji II

Penguji III

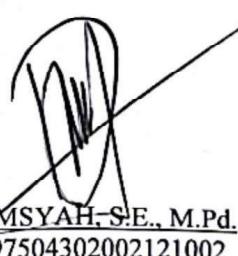


SONHAJI, S.T., M.T.
NIP. 197707132023211004

VIGIH HERY KRISTANTO
NIP. 1986102420244211006

Dr. AGUS DWI SANTOSO, S.T., M.T., MPd
NIP. 197808192000031001

Mengetahui,
Ketua Program Studi
D-IV Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal



DIRHAMSYAH, S.E., M.Pd.
NIP. 197504302002121002

ABSTRAK

SYAH REZA HASYIM, Rancang Bangun Sistem Monitoring Hasil Energi Listrik Pada Prototipe Turbin Darrieus Untuk Optimalisasi Energi Berbasis IoT. Dibimbing oleh Dr. Agus Dwi Santoso.S.T., M.T., MPd Dan Faris Novandi, S.Si.T.,M.Sc

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pemantauan energi listrik berbasis Internet of Things (IoT) pada prototipe turbin Darrieus untuk mengoptimalkan hasil energi. Penelitian ini merupakan penelitian yang menggunakan metode Research and Development atau RnD, metode ini dipilih oleh peneliti karena dapat memberikan solusi, memungkinkan pengembangan serta penerapan metode belajar yang lebih efektif. Sistem ini menggunakan sensor NodeMCU ESP32 untuk mengukur parameter- parameter penting seperti tegangan, arus, daya, dan energi yang dihasilkan oleh turbin. Data yang terkumpul kemudian dianalisis dan divisualisasikan melalui platform IoT seperti ThingsBoard, yang memungkinkan pemantauan kinerja turbin secara real-time. Integrasi IoT dalam sistem ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi dengan menyediakan informasi yang berguna untuk manajemen dan pengambilan keputusan dalam operasi turbin. Penelitian ini juga mengisi kesenjangan dalam pengembangan turbin Darrieus dengan pendekatan yang menggabungkan pemantauan berbasis IoT dan optimasi hasil energi yang dapat diterapkan untuk meningkatkan efisiensi energi terbarukan di Indonesia.

Kata kunci : IoT, Turbin Darrieus, Pemantauan Energi, Efisiensi Energi, Sensor NodeMCU ESP32.

ABSTRACT

SYAH REZA HASYIM, Rancang Bangun Sistem Monitoring Hasil Energi Listrik Pada Prototipe Turbin Darrieus Untuk Optimalisasi Energi Berbasis IoT. Dibimbing oleh Dr. Agus Dwi Santoso.S.T., M.T., MPd Dan Faris Novandi, S.Si.T.,M.Sc

This research aims to design and build an Internet of Things (IoT)-based electrical energy monitoring system on a Darrieus turbine prototype to optimize energy yield. This research using the Research and Development or RnD method, this method was chosen by researchers because it can provide solutions, enable the development and application of more effective learning methods. The system uses NodeMCU ESP32 sensors to measure important parameters such as voltage, current, power, and energy produced by the turbine. The collected data is then analyzed and visualized through IoT platforms such as ThingsBoard, which allows real- time monitoring of the turbine's performance. The integration of IoT in this system is expected to improve energy use efficiency by providing useful information for management and decision-making in turbine operations. This research also fills the gap in Darrieus turbine development with an approach that combines IoT-based monitoring and energy yield optimization, and can be applied to improve the efficiency of renewable energy in Indonesia.

Keywords : *IoT, Darrieus Turbine, Energy Monitoring, Energy Efficiency, NodeMCU ESP32 Sensor.*

KATA PENGANTAR

Kami memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT, karena atas penelitian tentang **“Rancang Bangun Sistem Monitoring Hasil Energi Listrik pada Prototipe Turbin Darrieus untuk Optimalisasi Energi Berbasis IoT”** 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 praktik 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. Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya Bapak Moejiono, M.T., M.Mar.E yang telah memberikan pembinaan kepada taruna-taruni Politeknik Pelayaran Surabaya.
2. Bapak Dirhamsyah, S.E.,M.Pd, Selaku Ketua Prodi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal.
3. Bapak Dr Agus Dwi Santoso, S.T., M.T.,M.Pd, Selaku dosen pembimbing materi pertama saya.
4. Bapak Faris Novandi, S.Si.T.M.Sc, Selaku dosen pembimbing materi kedua saya.
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. Kedua orang tua saya yang telah mendukung peneliti untuk menyelesaikan pendidikan dan penyelesaian KIT.
8. Teman-teman semua yang telah membantu dalam memperoleh masukan, data, sumber informasi, serta bantuan untuk menyelesaikan KIT.
9. 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 karya ilmiah terapan ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan bagi pembaca serta dapat membantu untuk kemajuan pelayaran di Indonesia.

Surabaya 22 Juli 2025



Syah Reza Hasyim

DAFTAR ISI

JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
LEMBAR UJI KELAYAKAN PROPOSAL	iii
LEMBAR PERSETUJUAN SEMINAR HASIL	iv
LEMBAR PENGESAHAN SEMINAR PROPOSAL.....	v
LEMBAR PENGESAHAN SEMINAR HASIL.....	vi
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT.....</i>	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan Penelitian.....	3
E. Manfaat Penelitian	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	6
A. Review Penelitian Sebelumnya.....	6
B. Landasan Teori	9
BAB III METODE PENELITIAN	15
A. Perancangan Sistem	15

B. Perancangan Perangkat Keras.....	19
C. Perancangan Perangkat Lunak.....	19
D. Pengujian dan Pengumpulan Data	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	21
A. Pengujian Statis	21
B. Pengujian Dinamis.....	26
BAB V PENUTUP.....	30
A. Kesimpulan	30
B. Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Review Penelitian	6
Tabel 4. 1 Pengujian Step down	24
Tabel 4. 2 Pengujian Keseluruhan	28
Tabel 4. 3 Data Tegangan dan Ampere	28

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sensor ina 2019.....	10
Gambar 2. 2 sensor DC voltage	11
Gambar 2. 3 Water Flow sensor	12
Gambar 2. 4 NodeMCU esp32	13
Gambar 2. 5 LCD 20x4 i2c	13
Gambar 2. 6 Google sheet	14
Gambar 3. 1 Blok diagram sistem.....	17
Gambar 3. 2 Flowchart sistem.....	18
Gambar 4. 1 Program koneksi esp ke Spreadsheet	21
Gambar 4. 2 Pengujian Sensor DC Volt.....	22
Gambar 4. 3 Pengujian Sensor ina219	23
Gambar 4. 4 Pengujian LCD I2C 20x4.....	25
Gambar 4. 5 Pengujian Flow Sensor.....	26
Gambar 4. 6 Pengujian Google Spreadsheet	27

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Di era modern, perkembangan teknologi berlangsung pesat, mendorong manusia untuk menciptakan inovasi dalam berbagai bidang sains guna memudahkan kehidupan. Salah satu inovasi penting adalah Internet of Things (IoT), yang berperan dalam pemantauan dan pengelolaan energi listrik. Energi listrik merupakan kebutuhan utama dalam sektor industri, termasuk dalam kegiatan produksi, pengolahan data, dan analisis. Oleh karena itu, pemantauan konsumsi energi listrik menjadi krusial untuk mengoptimalkan penggunaan daya (Hamsah & Aprilya, 2023).

Dalam sistem distribusi daya, ketidakseimbangan beban dapat menyebabkan arus netral yang mengalir dalam transformator, mengakibatkan pemborosan energi. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan sistem pemantauan dan kontrol energi listrik berbasis IoT. Sensor NodeMCU ESP32, yang mampu mendeteksi tegangan, arus, daya, frekuensi, energi, dan faktor daya, sangat cocok untuk pemantauan operasi turbin Darrieus dalam proyek ini (Hamsah & Aprilya, 2023).

Proyek ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pemantauan energi listrik berbasis IoT yang dapat menampilkan hasil pemantauan secara langsung di platform web melalui jaringan internet. Dengan memanfaatkan teknologi IoT, sistem ini menawarkan cara yang inovatif untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi pemantauan kinerja turbin Darrieus

(Ramadhan et al., 2022).

Integrasi sensor monitoring dengan platform IoT memungkinkan pengumpulan dan analisis data real-time, memberikan informasi yang diperlukan bagi pengambil keputusan dalam manajemen energi (Aslam Bhutta et al., 2012).

Platform IoT seperti ThingsBoard dapat digunakan untuk mengumpulkan, memproses, dan memvisualisasikan data, serta mengidentifikasi ketidakseimbangan beban dan mengirimkan pemberitahuan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem sensor pemantauan energi listrik berbasis IoT pada prototipe turbin Darrieus, dengan harapan dapat meningkatkan efisiensi produksi energi dan mendukung kemajuan teknologi energi terbarukan (Ridlwan et al., 2022).

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memajukan teknologi energi terbarukan di Indonesia, khususnya dalam penggunaan turbin Darrieus yang lebih berkelanjutan dan efisien. Pengembangan sensor pemantau energi listrik berbasis IoT diharapkan dapat menghasilkan sistem yang lebih sensitif dan adaptif terhadap perubahan lingkungan, sehingga meningkatkan efisiensi dan daya saing turbin air di pasar energi terbarukan.

B. Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah dijelaskan di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu adalah:

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem yang efektif untuk memantau output energi listrik dari prototipe turbin Darrieus?

2. Bagaimana penerapan teknologi IoT dapat mengoptimalkan proses pemantauan dan pengelolaan energi listrik pada prototipe turbin Darrieus?

C. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, beberapa batasan masalah yang diterapkan meliputi:

1. Penelitian ini hanya mencakup pengujian dan penerapan sistem monitoring energi listrik pada prototipe turbin Darrieus.
2. Sistem menggunakan sensor spesifik seperti sensor arus dan tegangan yang sesuai untuk lingkungan berair dan mampu memberikan data akurat terkait keluaran listrik.
3. Fokus penelitian terbatas pada parameter utama: arus, tegangan, daya listrik, dan efisiensi energi. Parameter lain di luar pengukuran energi listrik tidak dibahas.
4. Sistem monitoring diterapkan menggunakan platform Internet of Things (IoT), sehingga akses data hanya tersedia melalui platform tersebut.
5. Pengujian dilakukan dalam kondisi operasional tertentu seperti kecepatan aliran air dan sudut pemasangan turbin yang telah ditentukan untuk menjaga konsistensi data.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari Karya Ilmiah Terapan ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang dan membangun sistem yang efektif dalam memantau output energi listrik yang dihasilkan oleh prototipe turbin Darrieus secara akurat

dan berkelanjutan, dan menghubungkannya ke platform Internet of Things dalam mengotomatiskan pengumpulan data dan pemantauan kinerja.

2. Menggabungkan teknologi IoT pada prototipe turbin Darrieus untuk diterapkan dengan tujuan membantu mengelola energi dengan lebih baik, mempermudah pemeliharaan secara langsung (real-time), dan memungkinkan pengumpulan data yang lebih akurat.
3. Dengan fokus pada pengembangan prototipe dan analisis data, penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi energi dan mendukung penggunaan energi terbarukan.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini dibuat agar dapat memberikan manfaat yang signifikan, Berikut adalah manfaatnya:

Dengan menggunakan turbin air sebagai sumber energi alternatif, penelitian ini secara signifikan memajukan teknologi energi terbarukan. Penelitian ini meningkatkan efisiensi pengelolaan energi listrik yang dihasilkan dengan menggunakan sistem pemantauan berbasis Internet of Things (IoT). Hasil penelitian dapat menjadi referensi bagi mahasiswa dan peneliti di bidang teknik kelautan dan energi terbarukan, mendorong inovasi dalam desain sistem energi yang ramah lingkungan.

Selain itu, penelitian ini memberikan wawasan praktis khususnya pada Program Studi Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal di Politeknik Pelayaran Surabaya, mengenai penerapan teknologi modern dalam industri pelayaran dan energi. Dengan meningkatkan pengetahuan tentang teknologi energi

terbarukan, hal ini tidak hanya meningkatkan proses pembelajaran tetapi juga membantu pertumbuhan sektor pelayaran yang berkelanjutan di Indonesia. Penelitian ini memungkinkan untuk mengoptimalkan penggunaan energi yang dihasilkan dan meningkatkan ketergantungan pasokan listrik dengan melacak kinerja turbin Darrieus secara real-time. Secara keseluruhan, penelitian ini dapat memberikan dampak yang bermanfaat bagi pengetahuan ilmiah dan juga sektor pelayaran yang ramah lingkungan

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Review Penelitian Sebelumnya

Pada bab ini, akan dibahas penelitian-penelitian sebelumnya yang relevan dengan topik penelitian ini. Review terhadap studi terdahulu dengan tujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai perkembangan teknologi sistem monitoring energin khususnya dalam konteks penggunaan Internet of Things (IoT) pada pembangkit listrik. Selain itu, bab ini juga akan mengidentifikasi gap atau kesenjangan yang ada dalam penelitian-penelitian tersebut serta menunjukkan bagaimana penelitian ini akan berkontribusi untuk mengisi kekurangan tersebut. Adapun *review* penelitian sebelumnya dalam penelitian ini ditunjukkan pada tabel 2. 1.

Tabel 2. 1 Review Penelitian
Sumber : Dio Tri Ramadhan FTI UII (2022), Hasvienda M. Ridlwan Politeknik Negeri Jakarta (2022), Andika Hamsah & Putri Aprilia R Politeknik Negeri Ujung Pandang (2023)

No	Penulis	Judul	Hasil	Perbedaan
1.	(Ramadhan et al., 2022) (Jurnal ini membahas pengembangan sistem monitoring performa listrik dari Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) menggunakan teknologi Internet of Things (IoT). Sistem bernama momidro ini	MOMIDRO: Sistem Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Berbasis IoT pada Laboratorium Ketenagaan FTI UII	Penelitian MOMIDRO mengembangkan sistem pemantauan IoT untuk PLT mikrohidro yang memungkinkan pemantauan energi, tegangan, arus, dan daya secara real-time. Data ditransmisikan Menggunakan sensor PZEM-004T dan mikrokontroler NodeMCU pada platform Ubidots yang dapat diakses melalui komputer atau perangkat seluler. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem ini bekerja dengan baik, meskipun ada tingkat kesalahan	Perbedaannya dengan penelitian saya terletak pada Penggunaan teknologi dan fokusnya. MOMIDRO menggunakan turbin mikrohidro berbasis air, sedangkan penelitian ini menggunakan turbin Darrieus. MOMIDRO hanya memonitoring performa energi, sedangkan penelitian ini mencakup optimasi hasil energi dan kontrol sistem berbasis IoT. Selain

No	Penulis	Judul	Hasil	Perbedaan
	memungkin kan pengguna memantau tegangan, arus, daya aktif, dan energi secara real-time melalui browser, tanpa harus datang langsung ke lokasi.		yang tinggi dalam pembacaan arus (21,2%) dan energi (28,7%). MOMIDRO juga dirancang untuk menghemat biaya dengan memanfaatkan sensor multifungsi dan jaringan WiFi.	itu, MOMIDRO berskala laboratorium, sedangkan penelitian ini berpotensi untuk diaplikasikan dalam skala yang lebih besar dan praktis. Oleh karena itu, penelitian Anda lebih baik dalam menawarkan cara-cara untuk meningkatkan efisiensi energi Listrik.
2.	(Ridlwan et al., 2022) (Penelitian ini berfokus pada perancangan perangkat keras monitoring jarak jauh untuk PLTMH. Alat ini menggunakan mikrokontroler Robotdyn Uno + WiFi, ADC 16-bit, serta aplikasi Blynk dan Telegram sebagai antarmuka pemantauan)	Implementasi Perangkat Keras Sistem Monitoring Internet of Thinking (IoT) pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro	Penelitian dalam jurnal ini berhasil mengembangkan sistem monitoring energi yang dapat membaca data secara real-time dengan akurasi yang baik. Sistem ini menggunakan sensor PZEM-004T untuk mengukur tegangan, arus, daya, dan energi secara bersamaan, sehingga lebih efisien. Namun, hasil pengujian menunjukkan adanya error yang cukup besar, terutama pada pembacaan arus dan energi, dengan nilai error rata-rata mencapai 21,2% dan 28,57%. Sistem ini juga memerlukan koneksi internet untuk berfungsi, menggunakan mikrokontroler nodeMCU yang dilengkapi modul WiFi ESP8266.	Penelitian ini memiliki fokus yang lebih spesifik. Penelitian dirancang untuk prototipe turbin Darrieus, yang merupakan jenis pembangkit Listrik vertikal. Jika mengembangkan sensor baru atau memodifikasi sensor yang ada, ini akan menjadi kebaharuan yang penting. Penelitian juga menekankan pada optimalisasi hasil energi dari turbin Darrieus dan memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT) untuk pengumpulan data secara real-time.

No	Penulis	Judul	Hasil	Perbedaan
3.	(Hamsah & Aprilya, 2023) (membahas tentang desain sistem monitoring jarak jauh untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) yang bertujuan untuk memantau arus, tegangan, dan daya keluaran generator)	Rancang Bangun Sistem Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Berbasis Digital	Jurnal ini membahas pengembangan sistem monitoring digital pada PLTMH. Sistem ini dirancang menggunakan turbin Pelton dengan metode sirkulasi air yang memungkinkan pengoperasian tanpa memerlukan aliran sungai yang terus-menerus. Tujuan penelitian ini adalah mempermudah pengukuran kecepatan turbin dan tegangan keluaran generator melalui layar LCD, serta meningkatkan efisiensi energi dengan menambahkan beban seperti lampu pijar. Kebaruanya terletak pada penggantian sistem monitoring manual menjadi berbasis digital, sehingga meningkatkan akurasi dan kemudahan pengoperasian. Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan, yaitu Kurangnya integrasi teknologi IoT untuk pemantauan jarak jauh atau real-time. Kekurangan lainnya adalah penelitian ini tidak berkonsentrasi untuk memaksimalkan hasil energi listrik secara keseluruhan atau menerapkan sistem kontrol adaptif; sebaliknya, penelitian ini hanya melacak kecepatan turbin dan tegangan generator.	Penelitian ini membawa kebaruan dalam tiga aspek utama. Pertama, integrasi teknologi IoT memungkinkan pemantauan real-time dan jarak jauh, memberikan fleksibilitas dan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan sistem digital manual pada jurnal pertama dan kedua. Kedua, menggunakan turbin Darrieus yang berbeda dari turbin Pelton dengan pendekatan khusus untuk mengoptimalkan hasil energi listrik. Ketiga, fokus penelitian Anda mencakup optimalisasi hasil energi listrik, seperti tegangan, arus, daya, dan efisiensi, yang lebih komprehensif dibandingkan kedua jurnal tersebut.

B. Landasan Teori

Dalam konteks keberlanjutan dan efisiensi energi, pemanfaatan sumber energi terbarukan, khususnya energi air, sangatlah penting. Turbin air berfungsi mengubah energi kinetik aliran air menjadi energi listrik. Untuk memaksimalkan potensi energi yang dihasilkan diperlukan sistem monitoring yang akurat dan real-time.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem sensor monitoring pada prototipe turbin air berbasis Internet of Things (IoT). Dengan memanfaatkan teknologi sensor dan platform IoT diharapkan data mengenai performa turbin seperti arus, tegangan, daya, dan kecepatan aliran air, dapat diperoleh. Data ini akan memberikan wawasan tentang efisiensi operasional sekaligus memungkinkan optimasi penggunaan energi.

Berikut adalah penjelasan dasar mengenai teori energi listrik dan alat-alat yang diperlukan dalam penelitian ini:

1. Energi Listrik

Energi listrik adalah bentuk energi yang dihasilkan dari pergerakan elektron. Dalam konteks turbin air energi mekanik dari aliran air dikonversi menjadi energi listrik melalui generator. Beberapa parameter penting dalam energi listrik adalah:

a. Daya (Power):

Diukur dalam satuan watt (W), daya merupakan hasil perkalian antara tegangan (V) dan arus (I). Daya aktif (real power) adalah daya yang digunakan untuk melakukan kerja.

b. Energi Listrik:

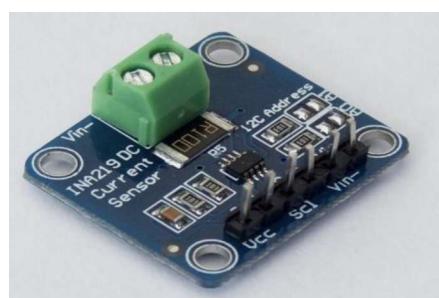
Diukur dalam kilowatt-jam (kWh), yang merepresentasikan jumlah energi total yang digunakan dalam periode tertentu. Efisiensi turbin air yaitu rasio antara energi listrik yang dihasilkan dan energi kinetik dari aliran air menjadi faktor penting dalam mengoptimalkan desain dan operasional turbin.

2. Alat Pengukuran

Untuk mendukung perancangan sistem monitoring memerlukan beberapa alat penting yang digunakan yaitu:

a. Sensor Arus ina219

INA219 adalah sensor yang digunakan untuk mengukur arus, tegangan, dan daya dalam suatu rangkaian DC. Sensor ini berkomunikasi melalui antarmuka I2C dan dapat mengukur tegangan hingga 26V dan arus hingga 3.2A. Sensor ini sangat berguna untuk berbagai aplikasi, termasuk pemantauan daya baterai, panel surya, dan sistem elektronik lainnya. INA219 adalah sensor serbaguna yang mampu mengukur tegangan dan arus dengan presisi tinggi.



Gambar 2. 1 Sensor ina 2019

Sumber:<https://images.app.goo.gl/xi97wrJfkvt9UfuZ7>

b. Voltage dc Sensor

Sensor DC voltage, atau sensor tegangan DC, adalah perangkat yang digunakan untuk mendeteksi dan mengukur tegangan dalam rangkaian listrik arus searah (DC). Sensor ini biasanya berupa modul yang terhubung ke rangkaian dan memberikan output berupa sinyal analog yang nilainya sebanding dengan tegangan yang diukur. Sinyal output ini kemudian dapat dibaca oleh mikrokontroler atau perangkat lain untuk pemantauan dan pengendalian lebih lanjut. Sensor DC voltage umumnya menggunakan prinsip pembagi tegangan (voltage divider) untuk mengurangi tegangan input yang tinggi menjadi tegangan yang lebih rendah yang dapat dibaca oleh mikrokontroler.



Gambar 2. 2 sensor DC voltage

Sumber: <https://images.app.goo.gl/ch8Lh1wuvBLZwEr7A>

c. Water Flow Sensor YF-S201

Sensor YF-S201 adalah sensor aliran air yang menggunakan efek Hall untuk mengukur laju aliran air. Sensor ini terdiri dari katup plastik, rotor air, dan sensor Hall-effect. Ketika air mengalir, rotor akan berputar, dan kecepatan putarannya sesuai dengan laju aliran. Sensor Hall-effect mendeteksi putaran rotor dan menghasilkan

pulsa yang proporsional dengan laju aliran air.



Gambar 2. 3 Water Flow sensor

Sumber: <https://images.app.goo.gl/gSmPgY3u6p42wKSb6>

3. Teknologi IoT untuk Monitoring

Penerapan teknologi IoT memungkinkan pemantauan dan pengendalian sistem secara real-time. Komponen yang digunakan meliputi:

a. NodeMCU ESP32

ESP32 adalah sebuah mikrokontroler yang dikembangkan oleh Espressif Systems. Ia populer di kalangan penggemar IoT karena kemampuannya terintegrasi dengan WiFi dan Bluetooth, serta memiliki dua inti pemroses (dual-core). ESP32 sering digunakan dalam berbagai proyek, termasuk robotika, dan otomatisasi rumah. ESP32 banyak digunakan dalam proyek-proyek IoT karena kemampuannya terhubung ke jaringan dan memproses data secara nirkabel (imran & rasul, 2020)



Gambar 2. 4 NodeMCU esp32

Sumber: <https://images.app.goo.gl/FBCGN4cLZy4bvfNA7>

b. Visualisasi Data:

1) LCD 20x4 i2c

LCD 20x4 I2C adalah jenis layar kristal cair yang memiliki kemampuan menampilkan 20 karakter dalam 4 baris. "I2C" merujuk pada antarmuka komunikasi yang digunakan, yang hanya membutuhkan dua pin (SDA dan SCL) pada mikrokontroler, dibandingkan dengan LCD biasa yang memerlukan lebih banyak pin. Ini membuatnya lebih hemat pin pada Arduino atau mikrokontroler lainnya.



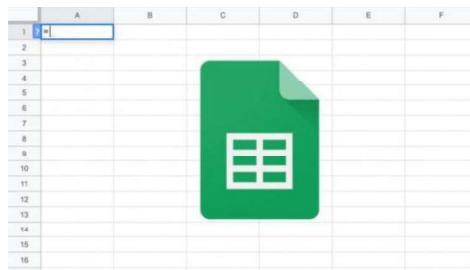
Gambar 2. 5 LCD 20x4 i2c

Sumber: <https://images.app.goo.gl/E6Lh7Lrocs2RC8wD9>

2) Aplikasi google spreadsheet

Google Spreadsheet adalah aplikasi spreadsheet berbasis web yang dikembangkan oleh Google. Ini memungkinkan

pengguna untuk membuat, mengedit, dan memanipulasi lembar kerja secara daring. Google Sheets adalah bagian dari rangkaian Google Workspace dan dapat diakses melalui browser web, serta aplikasi seluler untuk Android dan iOS.



Gambar 2. 6 Google sheet

Sumber: <https://images.app.goo.gl/Eyg98CSj9NyekA7g6>

4. Prototipe Turbin Air

Prototipe turbin air merupakan unit utama dalam penelitian ini. Desain bilah atau baling-baling, material, dan komponen pendukung lainnya harus dirancang dengan cermat agar dapat menghasilkan energi secara efisien. Komponen seperti bilah, struktur pendukung, dan generator listrik harus mampu beroperasi dalam kondisi aliran air yang bervariasi. Landasan teori ini menyatukan konsep energi listrik dengan alat-alat yang diperlukan secara terstruktur dalam konteks penelitian tentang turbin air berbasis IoT. Melalui landasan teori di atas potensi energi terbarukan diharapkan dapat mengoptimalkan penggunaan energi terbarukan untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi dampak lingkungan negatif.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Perancangan Sistem

Metode Research and Development (R&D) adalah suatu proses yang melibatkan langkah-langkah untuk menciptakan produk baru atau memperbaiki produk yang sudah ada. Penelitian pengembangan ini berfungsi sebagai jembatan atau penghubung antara penelitian dasar dan penelitian terapan. Dengan demikian, R&D adalah metode penelitian yang bertujuan menghasilkan produk-produk tertentu.

Dalam konteks pendidikan, R&D dapat digunakan untuk menemukan solusi terhadap masalah pendidikan, memungkinkan pengembangan dan penerapan metode pembelajaran yang lebih inovatif. Salah satu contohnya adalah penelitian R&D dalam bidang pendidikan yang dapat memberikan kontribusi untuk menciptakan sistem pendidikan yang lebih baik (Okpatrioka, 2023).

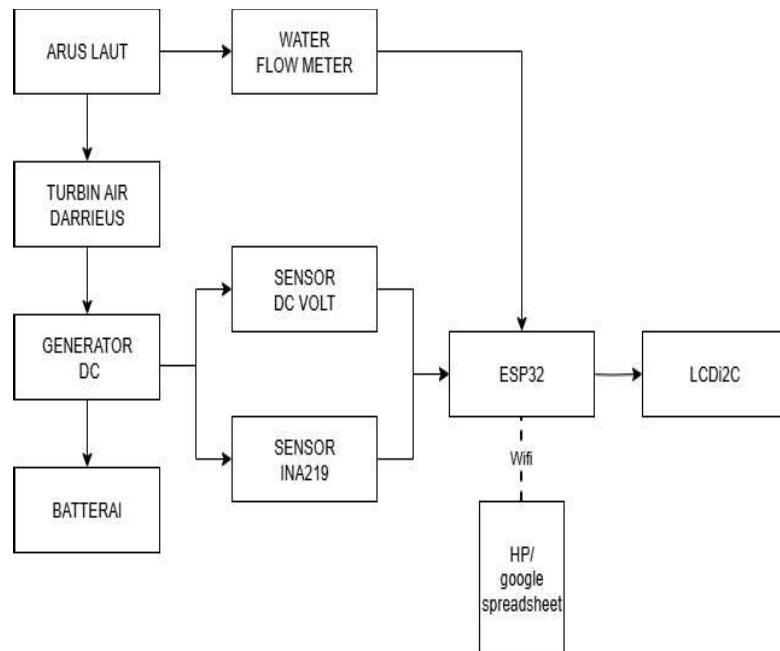
Tahapan pengembangan dalam penelitian ini terdiri dari delapan Langkah. Tahap pertama adalah identifikasi potensi dan masalah, yaitu permasalahan sistem monitoring yang mampu memantau output energi listrik dari turbin Darrieus secara efektif. Tahap kedua adalah pengumpulan data dan studi literatur untuk memperoleh informasi mengenai prinsip kerja turbin, sensor arus dan tegangan (INA219), mikrokontroler ESP32, serta platform IoT. Tahap ketiga adalah desain produk awal, dimana peneliti melakukan perancangan sistem monitoring yang meliputi blok diagram, pemilihan

komponen, dan rancang bangun sistem perangkat keras serta perangkat lunaknya.

Selanjutnya, tahap keempat adalah validasi desain, yaitu meminta masukan dari dosen pembimbing atau ahli untuk memastikan bahwa desain sistem layak secara teknis. Tahap kelima adalah pembuatan produk, yaitu proses merakit sistem secara nyata dengan mengintegrasikan sensor, mikrokontroler, tampilan LCD I2C, dan modul komunikasi IoT. Tahap keenam, uji coba produk yang dilakukan dengan menguji kinerja sistem monitoring saat dihubungkan pada prototipe turbin Darrieus untuk melihat kestabilan data, akurasi pengukuran, dan kemudahan pemantauan melalui aplikasi. Tahap ketujuh adalah evaluasi dan revisi produk, berdasarkan hasil uji coba yang dilakukan untuk memperbaiki aspek-aspek yang masih kurang. Tahap terakhir adalah menghasilkan produk akhir yang berupa sistem monitoring energi listrik berbasis IoT yang berfungsi optimal dan siap digunakan dalam mendukung pemanfaatan energi terbarukan dari turbin Darrieus secara efisien.

Dengan tahapan-tahapan tersebut pada metode R&D yang dilakukan dalam penelitian ini diharapkan mampu untuk menghasilkan solusi inovatif dalam bentuk sistem monitoring yang tidak hanya fungsional tetapi juga aplikatif, serta mendukung perkembangan teknologi energi terbarukan berbasis digital.

1. Blok Diagram Sistem



Gambar 3. 1 Blok diagram sistem

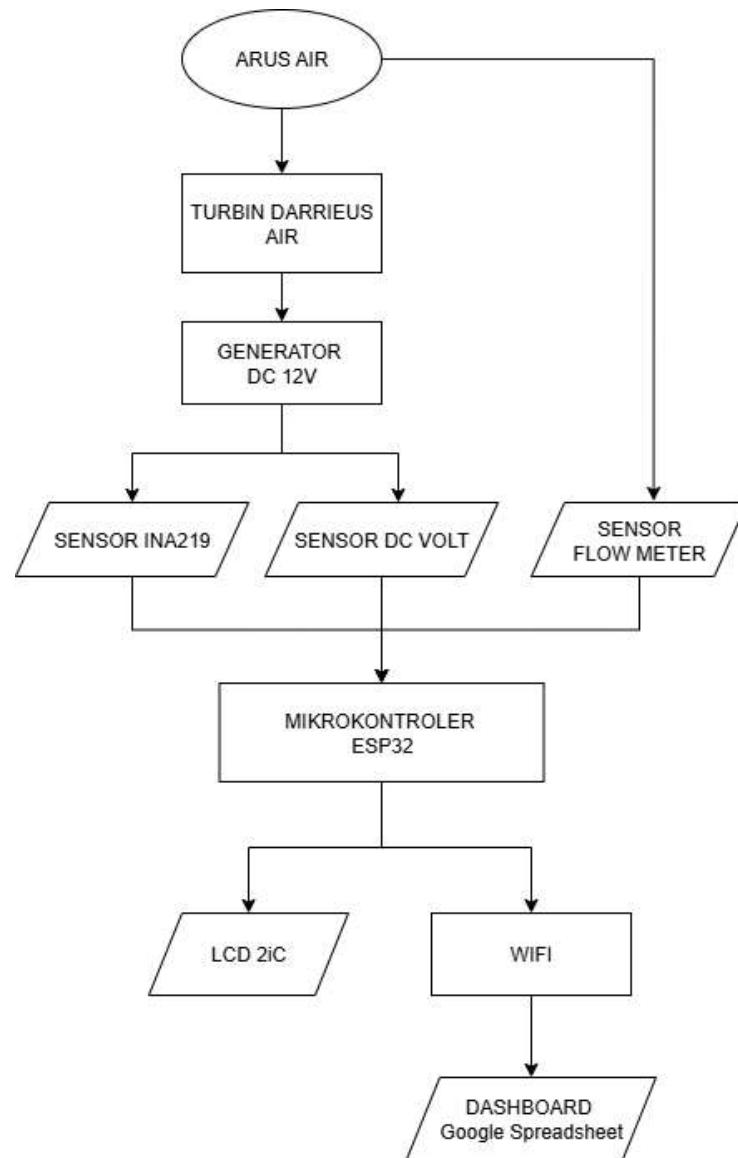
Sumber: Dokumen Pribadi

Blok diagram sistem terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

- Turbin Darrieus – Sebagai sumber utama energi air.
- Generator – Mengubah energi mekanik dari turbin menjadi energi listrik.
- Sensor Ina219 – Mengukur parameter listrik seperti tegangan, arus, dan daya keluaran.
- NodeMCUesp32 – Mengolah data dari sensor dan mengirimkannya ke platform IoT.
- LCD 20x4 20iC – Menampilkan hasil energi listrik yg dihasilkan secara langsung didalam layar.

f. Aplikasi google spreadsheet – Menampilkan data hasil monitoring dalam bentuk grafik dan laporan.

2. Flowchart sistem



Gambar 3. 2 Flowchart sistem

Sumber : Dokumen Pribadi

B. Perancangan Perangkat Keras

1. Sensor Tegangan dan Arus

Untuk mengukur tegangan dan arus, digunakan sensor Voltage DC untuk tegangan dan ina219 untuk arus. Sensor ini akan membaca nilai listrik yang dihasilkan dan dikirimkan ke mikrokontroler.

2. Mikrokontroler

Mikrokontroler yang digunakan adalah ESP32 karena memiliki konektivitas WiFi serta kapasitas pemrosesan yang cukup untuk menangani pengolahan data sensor dan komunikasi IoT.

3. Modul IoT

Untuk mengirim data ke server yang disambungkan wifi, digunakan modul komunikasi seperti NodeMcu ESP32.

4. Penyimpanan Data

Data hasil pengukuran dapat disimpan secara lokal dan dikirim ke google spreadsheet ditampilkan dalam bentuk tabel.

C. Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak dirancang untuk membaca data dari sensor, mengolahnya, dan mengirimkan ke platform IoT. Berikut adalah tahapannya:

1. Pengambilan Data – Mikrokontroler membaca data dari sensor.
2. Pemrosesan Data – Data difilter untuk menghilangkan noise dan dikonversi ke satuan yang sesuai.
3. Pengiriman Data – Data dikirim ke server melalui koneksi internet.

4. Visualisasi Data – Data ditampilkan dalam bentuk grafik melalui aplikasi google spreadsheet.

D. Pengujian dan Pengumpulan Data

1. Implementasi Sistem

Sistem dirakit berdasarkan perancangan perangkat keras dan lunak yang telah dijelaskan. Pengujian awal dilakukan dengan simulasi menggunakan software seperti Proteus atau Arduino IDE.

2. Pengujian Sensor dan Kalibrasi

Sensor tegangan dan arus diuji untuk memastikan akurasi pengukuran. Pengujian dilakukan dengan:

- a. Menghubungkan sensor ke sumber tegangan tetap.
- b. Menggunakan multimeter sebagai pembanding.
- c. Menyesuaikan kalibrasi sensor jika terjadi deviasi.

3. Uji Coba Pengiriman Data

Data hasil pengukuran dikirim ke google spreadsheet menggunakan wifi dan diverifikasi melalui tampilan dashboard. Kemudian data disimpan di google spreadsheet dan ditampilkan dalam bentuk tabel.