

***PROTOTYPE SISTEM POMPA AIR TENAGA SURYA DENGAN
MONITORING DAYA BERBASIS IOT***

Oleh

**RIZKY WAHYU RAMADHAN
T21 20 014**

SKRIPSI

*Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar
Sarjana Teknik Elektro di Fakultas Teknik
Universitas Ichsan Gorontalo*



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ICHSAN GORONTALO
2024**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PROTOTYPE SISTEM POMPA AIR TENAGA SURYA DENGAN
MONITORING DAYA BERBASIS IOT**

Oleh

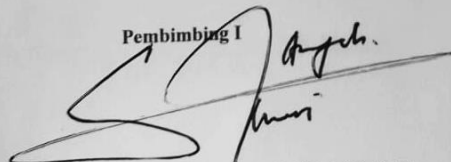
RIZKY WAHYU RAMADHAN
T21 20 014

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana
program studi Teknik Elektro di Fakultas Teknik, Skripsi ini
telah disetujui oleh Tim pembimbing
pada tanggal seperti yang tertera dibawah ini :

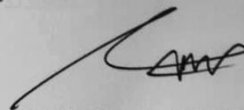
Gorontalo, Juni 2024

Pembimbing I



Dr. Ir. Stephan A. Hulukati, ST., MT., M.Kom
NIDN. 0917118701

Pembimbing II



Iqbal F. Usman . ST., MT
NIDN.1616129601

HALAMAN PENGESAHAN
**PROTOTYPE SISTEM POMPA AIR TENAGA SURYA DENGAN
MONITORING DAYA BERBASIS IOT**

Oleh :

RIZKY WAHYU RAMADHAN

T21 20 014

Gorontalo, Juni 2024

Diperiksa Oleh Panitia Ujian Strata Satu (S1)

Universitas Ichsan Gorontalo

1. (Pembimbing I) Dr.Ir.Stephan A. Hulukati, ST.,MT.,M.Kom
2. (Pembimbing II) Iqbal F. Usman, ST.,MT
3. (Penguji I) Frengki Eka Putra Surusa,ST.,MT
4. (Penguji II) Muhammad Asri,ST.,MT
5. (Penguji III) Sjahril Botutihe, ST.,MM

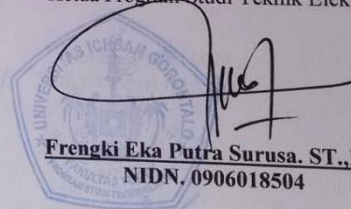
Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Dr. Ir. Stephan A. Hulukati, ST., MT., M. Kom
NIDN. 0917118701



Frengki Eka Putra Surusa, ST., MT
NIDN. 0906018504

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rizky Wahyu Ramadhan

NIM : T21 20 014

Judul Skripsi : *PROTOTYPE* SISTEM POMPA AIR TENAGA SURYA
DENGAN *MONITORING* DAYA BERBASIS IOT

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa karya tulis (Skripsi) ini adalah asli gagasan, rumusan dan penelitian yang dilakukan oleh saya sendiri dengan arahan dari para pembimbing. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah dipublikasikan sebelumnya oleh orang lain kecuali secara tertulis dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan atau sumbernya dengan jelas serta dicantumkan di dalam daftar pustaka.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku diperguruan tinggi ini.

Gorontalo. Juni 2024
Yang Membuat Pernyataan



(RIZKY WAHYU RAMADHAN)
NIM : T2120014

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul " PROTOTYPE SISTEM POMPA AIR TENAGA SURYA DENGAN MONITORING DAYA BERBASIS IOT." Skripsi ini merupakan hasil kerja keras dan dedikasi penulis selama beberapa bulan.

Semoga semoga Skripsi ini dapat diterima untuk perkembangan ilmu pengetahuan di bidang mikrokontroler dan *IOT*. Akhir kata, penulis berharap agar Skripsi ini dapat diterima dengan baik oleh pembaca dan menjadi bekal untuk penelitian lebih lanjut. Penulisan Skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak. Terima kasih kepada dosen pembimbing, teman-teman, dan keluarga yang telah memberikan arahan, masukan, dan semangat selama proses penulisan.

Ucapan terima kasih ini penulis tujukan kepada :

1. Ibu Dr. Hj. Djuriko Abdussamad, M.Si, selaku Ketua Yayasan Pengembangan Ilmu Pengetahuan Teknologi (YPIPT) Ichsan Gorontalo.
2. Bapak Dr. Abd.Gaffar Latjokke, M.Si, selaku Rektor Universitas Ichsan Gorontalo.
3. Bapak DR. Ir. Stephan Adriansyah Hulukati, ST., MT., M.KOM, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Ichsan Gorontalo dan juga selaku pembimbing 1.
4. Bapak Frengki Eka Putra Surusa, ST., MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Ichsan Gorontalo. Dan juga telah banyak membantu saya dalam proses menyelesaikan tugas akhir ini dengan sabar

5. Bapak Iqbal F. Usman, ST., MT, selaku pembimbing 2 yang telah banyak meluangkan waktu untuk membimbing dan membantu saya dalam menyelesaikan tugas akhir saya dan memberikan banyak support kepada saya agar dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Ibu saya dan (Alm.) bapak saya yang menjadi motivasi saya dalam menyelesaikan penelitian ini.terimakasih banyak.Penulis saying kalian
7. Kepada saudara saya yang tidak boleh di sebutkan 1 per 1 karena banyak terimakasih banyak karena kalian telah memberikan dorongan, motivasi dan bantuan materil selama proses perkuliahan sampai saat sekarang.Serta dukungan motivasi yang kalian berikan kepada saya selama menjalani masa perkuliahan ini.
8. Teman-Teman Fakultas Teknik program studi Elektro Angkatan 2020 Universitas Ichsan Gorontalo yang banyak drama.
9. Seluruh mahasiswa Fakultas Teknik.

ABSTRAK

RIZKY WAHYU RAMADHAN.T2120014. PROTOTYPE SISTEM POMPA AIR TENAGA SURYA DENGAN MONITORING DAYA BERBASIS IOT

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah prototype sistem pompa air yang menggunakan tenaga surya sebagai sumber energi utama.mengintegrasikan sistem monitoring daya berbasis *internet of things* (iot) ke dalam prototype sistem pompa air. Hal ini melibatkan penggunaan sensor-sensor yang dapat mengukur dan mentransmisikan data kinerja dan konsumsi energi dan air secara real-time.meningkatkan efisiensi penggunaan energi melalui pemantauan dan analisis data yang diperoleh dari sistem monitoring daya.metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu kuantitatif dengan analisis eksperimental. Adapun hasil pada penelitian ini prototipe sistem pompa air tenaga surya dengan monitoring daya berbasis iot telah berhasil dikembangkan dan dievaluasi. Penelitian ini menyoroti beberapa temuan penting:efisiensi energi: implementasi panel surya untuk memasok daya pada pompa air meningkatkan efisiensi energi secara signifikan. Sistem ini mampu mengoptimalkan penggunaan energi dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan.monitoring daya berbasis iot: penggunaan teknologi *internet of things* (iot) dalam sistem memungkinkan pemantauan real-time yang akurat terhadap konsumsi daya pompa air. Hal ini memberikan pemahaman mendalam mengenai performa sistem dan memungkinkan untuk melakukan tindakan perbaikan secara proaktif.keandalan operasional: sistem telah terbukti dapat beroperasi secara andal dalam berbagai kondisi lingkungan, termasuk cuaca ekstrem dan fluktuasi sinar matahari. Ini menunjukkan potensi aplikasi yang luas dalam daerah terpencil atau sulit dijangkau.keterhubungan dan scalability: ketersediaan data real-time melalui platform iot memfasilitasi pengelolaan jarak jauh dan memungkinkan untuk perluasan sistem dengan mudah. Ini menjadi landasan yang kokoh untuk pengembangan lebih lanjut dalam skala yang lebih besar.

KATA KUNCI: *Prototype, Sistem Pompa Air, Tenaga Surya, Monitoring Daya,Berbasis Iot*



ABSTRACT

RIZKY WAHYU RAMADHAN. T2120014. SOLAR POWERED WATER PUMP SYSTEM PROTOTYPE WITH IoT-BASED POWER MONITORING

This study aims to develop a prototype water pump system that uses solar power as the primary energy source and integrates an Internet of Things (IoT)-based power monitoring system into the water pump system prototype. It involves using sensors that can measure and transmit real-time energy and water performance and consumption data and improve energy efficiency through monitoring. Data analysis is obtained from the power monitoring system. The method used in this study is quantitative with experimental technique. The results of this study indicate that the prototype solar water pump system with IoT-based power monitoring has been successfully developed and evaluated. This study highlights several critical findings in terms of: 1) Energy efficiency, namely the implementation of solar panels to supply power to the water pump significantly increases energy efficiency. This system can optimize energy use by utilizing renewable energy sources. 2) IoT-based power monitoring, namely the use of Internet of Things (IoT) technology in the system that allows accurate real-time monitoring of the power consumption of the water pump. It provides an in-depth understanding of system performance and allows for proactive corrective action. 3) Operational reliability, the system has been proven to operate reliably under various environmental conditions, including extreme weather and sunlight fluctuations. It shows the potential for wider applications in remote or hard-to-reach areas. 4) Connectivity and scalability, namely the availability of real-time data through the IoT-based facilitates remote management and allows for easy system expansion. It is a solid foundation for further development on a larger scale.



Keywords: prototype, water pump system, solar power, power monitoring, IoT

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vii
Daftar Tabel.....	x
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Dasar Teori	8
2.2.1 Energi Terbarukan.....	8
2.2.2 Sejarah Sel Surya	12
2.2.3 Perkembangan Sel Surya	13
2.2.4 Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Indonesia	14
2.2.5 Faktor Pengoprasian Sel Surya	15
2.2.6 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)	17
2. Polycrystalline.....	22
3. Thin Film Solar Cell (TFSC)	22
2.2.7 Iot	27
2.2.8 Prinsip kerja IoT	28
2.2.9 Komponen IoT	29
2.2.10 Komponen yang digunakan	31
BAB III	42
METODOLOGI PENELITIAN.....	42
3.1 Jenis Penelitian	42
3.2 Objek Penelitian	42

3.3	Alat dan bahan.....	42
3.4	Lokasi dan Waktu Pelaksanaan Penelitian	43
3.5	Tahapan Alur Penelitian.....	43
3.6	Diagram alir penelitian.....	44
3.7	Metode Pengumpulan Data	45
3.8	Perancangan Rangkaian Alat.....	45
3.9	Perancangan Kode Program Alat.....	49
3.10	Perancangan Aplikasi.	50
3.11	Tahapan Pengujian Alat.	50
3.11.1	Pengujian Alat.....	50
3.11.2	Analisis Data	51
BAB IV	52
HASIL DAN PEMBAHASAN	52
4.1	perancangan Alat	52
4.2	Perancangan Sistem.....	53
4.2	Implementasi	58
4.3	Pengujian	59
4.3.1	Pengujian Aplikasi Blynk	59
4.3.2	Pengujian Aplikasi Blynk	63
4.3.3	Pengujian Sistem Utama.....	63
4.4	hasil Penelitian	64
BAB V	69
PENUTUP	69
5.1	Kesimpulan.....	69
5.2.	Saran.....	70

Daftar Gambar

Gambar 2. 1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya	17
Gambar 2. 2 photovoltaic jenis Monocrystalline	21
Gambar 2. 3 Photovoltaic jenis polycrystalline	22
Gambar 2. 4 Thin Film Solar Cell.....	23
Gambar 2. 5 cahaya matahari.....	24
Gambar 2. 6 Penampang PV	25
Gambar 2. 7 Arduino	31
Gambar 2. 8 NodeMCU Esp8266	32
Gambar 2. 9 Flow Meter	34
Gambar 2. 10 Kabel Jumper	35
Gambar 2. 11 Submersible PUMP	37
Gambar 2. 12 Panel Surya.....	38
Gambar 2. 13 RS 485	38
Gambar 2. 14 Board	39
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	44
Gambar 3. 2 Rangkaian Alat	46
Gambar 4. 1 Dokumentasi Perakitan Alat.....	53
Gambar 4. 2 Aplikasi Blynk.....	63
Gambar 4. 3 Tampilan saat program pada ESP 8266 berjalan	64

Daftar Tabel

Tabel 2. 1 Pin NodeMCU.....	32
Tabel 3. 1 Alat dan bahan.....	43
Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Cuaca Cerah.....	66
Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran Cuaca Mendung.....	68

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di Indonesia, energi terbarukan seperti energi surya semakin menjadi fokus utama dalam usaha mencapai keberlanjutan energi dan mengurangi dampak negatif perubahan iklim. Karakteristik sumber daya alam yang tak terbatas dan ramah lingkungan menjadikan energi surya pilihan yang menarik untuk memenuhi berbagai kebutuhan, termasuk kebutuhan akan air bersih. Meskipun pembangkit listrik tenaga surya telah banyak diimplementasikan untuk memenuhi kebutuhan energi, penggunaan energi surya dalam mengoperasikan pompa air masih memerlukan perhatian khusus.

Gorontalo, sebagai salah satu provinsi di Indonesia, memiliki kekayaan sumber daya alam yang melimpah, namun sering menghadapi tantangan akses terhadap air bersih, terutama di wilayah pedesaan yang terpencil. Keterbatasan ketersediaan listrik di beberapa daerah menjadi salah satu isu kritis dalam pemenuhan kebutuhan air. Untuk meningkatkan aksesibilitas air bersih dan mengatasi kendala daya, pemanfaatan tenaga surya sebagai energi alternatif menjadi solusi yang menarik di Gorontalo.

Implementasi sistem pompa air tenaga surya dapat menjadi solusi untuk menghadapi kendala listrik dan meningkatkan ketersediaan air bersih di masyarakat pedesaan. Namun, pengembangan teknologi ini tidak hanya terfokus

pada aspek energi, tetapi juga membutuhkan pemantauan dan manajemen daya yang efektif untuk memastikan kinerja optimal dan perawatan yang tepat waktu. Oleh karena itu, integrasi sistem pemantauan daya berbasis *Internet of Things* (IoT) menjadi kebutuhan krusial untuk memastikan efisiensi dan ketersediaan solusi ini di wilayah Gorontalo.

Pompa air merupakan perangkat penting dalam menyediakan akses terhadap air bersih, khususnya di daerah-daerah yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik grid. Namun, pengoperasian pompa air konvensional seringkali membutuhkan sumber daya listrik yang sulit diakses atau mahal untuk diimplementasikan. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan solusi yang lebih efisien dan berkelanjutan untuk memenuhi kebutuhan air di daerah pedesaan atau terpencil.

Dalam upaya meningkatkan efisiensi dan ketersediaan sistem pompa air tenaga surya, monitoring daya menjadi aspek yang krusial. Dengan memanfaatkan *Internet of Things* (IoT), pengguna dapat melakukan pemantauan dan manajemen kinerja sistem secara real-time. Ini memungkinkan deteksi dini terhadap potensi masalah, pengoptimalan konsumsi energi, serta pengambilan keputusan yang lebih tepat untuk pemeliharaan dan perbaikan sistem.

Menghadapi tantangan ini, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan prototype sistem pompa air tenaga surya dengan sistem monitoring daya berbasis IoT. Dengan implementasi sistem ini, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi biaya operasional, dan

memberikan solusi berkelanjutan untuk memenuhi kebutuhan air di daerah-daerah terpencil.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, maka permasalahan yang dapat diidentifikasi dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana merancang *prototype* pompa air tenaga surya dengan monitoring daya berbasis *IoT*.
2. Bagaimana mengimplementasikan sistem monitoring daya berbasis *IoT* pada *prototype* sistem pompa air tenaga surya untuk memantau kinerja dan konsumsi energi secara *real-time*.
3. Bagaimana mengoptimalkan penggunaan energi pada sistem pompa air tenaga surya agar sesuai dengan kebutuhan aktual.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengembangkan sebuah *prototype* sistem pompa air yang menggunakan tenaga surya sebagai sumber energi utama.
2. Mengintegrasikan sistem monitoring daya berbasis *Internet of Things (IoT)* ke dalam *prototype* sistem pompa air. Hal ini melibatkan penggunaan sensor-sensor yang dapat mengukur dan mentransmisikan data kinerja dan konsumsi energi dan air secara *real-time*.
3. Meningkatkan efisiensi penggunaan energi melalui pemantauan dan analisis data yang diperoleh dari sistem *monitoring* daya. Tujuan ini

mencakup pengoptimalkan daya yang digunakan oleh pompa air tenaga surya agar sesuai dengan kebutuhan *actual*

1.4 Batasan Masalah

Untuk menghindari perluasan pembahasan tugas akhir ini, penulis akan memfokuskan pada topik yang dibahas, yaitu:

1. Mencakup penggunaan teknologi yang mampu membantu *user* dalam pemantauan tegangan dan arus dalam penggunaan pompa air.
2. Penelitian ini akan memfokuskan pada pengembangan sistem *monitoring* daya dan air berbasis *IoT*.
3. Pembahasan tentang sistem *monitoring* daya lebih difokuskan pada pengukuran dan analisis konsumsi energi pompa air tenaga surya, dengan penggunaan teknologi IoT untuk mendapatkan data secara *real-time*.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan akses terhadap air bersih di wilayah Gorontalo.
2. Kemudahan Pemantauan Jarak Jauh. Dengan adanya aplikasi yang terhubung dengan perangkat, sehingga user dapat memantau konsumsi daya pada pompa.
3. Dengan adanya sistem monitoring daya berbasis IoT, penelitian ini diarahkan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi pada sistem pompa air tenaga surya.

4. Model pemeliharaan preventif berbasis data yang dikembangkan dalam penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan efektivitas pemeliharaan, mengurangi downtime, dan memperpanjang masa pakai sistem.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Menurut Deni Wijayanto Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya Dan Subuh Isnur Haryudo, Tri Wrahatnolo, Nurhayati Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya dengan judul” Rancang Bangun Monitoring Arus dan Tegangan Pada PLTS Sistem *On Grid Berbasis Internet of Things (IoT)* Menggunakan Aplikasi Telegram”

"Hasil penelitian ini mencakup pengembangan rancang bangun sistem monitoring *PLTS On Grid* berbasis IoT menggunakan aplikasi Telegram. Penelitian berhasil merancang sistem pemantauan arus dan tegangan dengan memanfaatkan sensor tegangan, *relay*, sensor arus, *mikrokontroler* ESP32, dan aplikasi Telegram. Selain itu, penelitian juga mencakup pengujian alat dan pengumpulan data yang dilakukan di Laboratorium Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik di Gedung A8.02.13 dan *rooftop* Gedung A8 Unesa. Pengujian memberikan informasi tentang arus dan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya serta output inverter saat beban diberikan. Selain itu, penelitian juga memberikan informasi tentang kondisi cuaca cerah dan panas di mana panel surya menghasilkan energi listrik, dan output panel dialirkan ke sistem konversi energi.

Menurut Alfian Habibillah dan Alfian Ma'arif dalam penelitian mereka yang berjudul “*Prototipe* Sistem Pompa Air Tenaga Surya dengan Monitoring

Tegangan Berbasis *Internet of Things* (IoT)”, hasil penelitian ini mencakup pengembangan sistem pompa air tenaga surya dengan pemantauan tegangan berbasis teknologi *IoT*. Sistem ini diuji dalam dua percobaan, satu tanpa penggunaan panel surya untuk menguji daya tahan baterai, dan yang lainnya dengan panel surya untuk membandingkan daya tahan baterai. Sensor tegangan yang digunakan mampu mengukur tegangan AC atau DC secara akurat, dan data tersebut ditransmisikan ke situs *web Thingspeak* untuk pemantauan jarak jauh. Sistem ini memiliki potensi untuk menyediakan solusi energi terbarukan bagi daerah terpencil dengan akses listrik yang terbatas.

Menurut Amar Ma’ruf, Rangsang Purnama, dan Kunto Eko Susilo dalam penelitian mereka yang berjudul “Rancang Bangun Alat Monitoring Tegangan, Arus, Daya, dan Faktor Daya Berbasis IoT”, hasil penelitian menunjukkan bahwa alat yang dirancang dapat memantau penggunaan daya listrik pada kamar kos dengan cukup akurat. Pengujian pada sensor tegangan dan arus menunjukkan nilai error yang kecil, yaitu sebesar 0,02% dan 0,01% secara berturut-turut. Selain itu, hasil monitoring penggunaan daya listrik dapat diakses secara online melalui internet dengan menggunakan server *thingspeak.com*. Oleh karena itu, alat ini dapat mempermudah pemantauan penggunaan daya listrik pada kamar kos secara *real-time* dan efektif.

2.2 Dasar Teori

2.2. Energi Terbarukan

Energi memiliki akar etimologi dari bahasa Yunani, yaitu *energia* yang berarti aktivitas (*energos* yang berarti aktif). Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, energi didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan kerja seperti energi listrik, mekanik, dan termal; daya yang dapat digunakan untuk proses-proses berbagai kegiatan, dapat berupa bagian dari suatu bahan atau berada secara terpisah (seperti sinar matahari); serta tenaga.

Definisi energi juga termaktub dalam Undang-undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi, pasal 1 ayat (1), yang menyebutkan energi sebagai kemampuan untuk melakukan kerja dalam bentuk panas, cahaya, mekanika, kimia, dan elektromagnetik. Sumber energi merupakan bagian dari sumber daya alam seperti minyak bumi, gas alam, batu bara, air, panas bumi, gambut, dan biomassa, yang dapat dimanfaatkan langsung maupun setelah melalui proses konversi atau transformasi.

Sebagai sumber daya alam, energi harus dimanfaatkan seoptimal mungkin untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat dengan mengacu pada prinsip pembangunan berkelanjutan. Sumber daya energi ini juga dikenal sebagai sumber energi primer, yaitu sumber daya energi yang ada dalam bentuk alaminya. Peran energi sangat penting dalam mendukung aktivitas ekonomi dan keamanan nasional, sehingga pengelolaannya harus dilakukan secara adil, berkelanjutan, optimal, dan terpadu.

Alam menyediakan sumber energi secara gratis dan melimpah untuk dimanfaatkan oleh semua makhluk hidup. Namun, untuk memenuhi kebutuhan hidupnya, manusia perlu mengelola dan mengembangkan energi yang tersedia di alam. Dalam Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2007, terdapat asas-asas yang mengatur pengusahaan dan pengelolaan energi, yaitu: Asas Kemanfaatan, Asas Efisiensi Berkeadilan, Asas Peningkatan Nilai Tambah, Asas Keberlanjutan, Asas Kesejahteraan Masyarakat, Asas Pelestarian Fungsi Lingkungan, Asas Ketahanan Nasional, dan Asas Keterpaduan.

Asas-asas ini memiliki tujuan masing-masing, seperti memastikan kebutuhan masyarakat terpenuhi dalam pengelolaan energi (Asas Kemanfaatan), menjamin akses energi yang merata dengan harga ekonomis (Asas Efisiensi Berkeadilan), mencapai nilai ekonomi optimal (Asas Peningkatan Nilai Tambah), serta memastikan ketersediaan energi untuk generasi masa depan (Asas Keberlanjutan).

Dengan mengacu pada Undang-Undang tersebut, pengelolaan energi diharapkan mampu mendukung pembangunan energi berkeadilan, yang mencakup akses merata bagi seluruh rakyat Indonesia melalui infrastruktur sektor ESDM dan pemanfaatan sumber energi lokal dengan harga yang terjangkau dan berkelanjutan. Hal ini sejalan dengan prinsip dalam Undang-Undang Dasar 1945 Pasal 33, yang menekankan penggunaan energi untuk kesejahteraan rakyat, bangsa, dan negara.

Menurut Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945 Pasal 33, negara memiliki kewajiban untuk menguasai seluruh sumber daya energi dengan tujuan utama memanfaatkannya secara bijak demi kemakmuran seluruh rakyat Indonesia.

Energi baru merujuk kepada jenis energi yang dikembangkan melalui hasil riset dan pengembangan teknologi, yang tidak termasuk dalam kategori energi fosil atau energi terbarukan, seperti energi nuklir, energi plasma (*magneto-hydro dynamics*), atau sel bahan bakar (*fuel cell*). Definisi ini juga ditegaskan dalam Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi, Pasal 1 ayat (5), yang menyebutkan energi baru sebagai sumber energi yang dikembangkan dari teknologi baru, baik dari sumber energi terbarukan maupun tak terbarukan, seperti nuklir, hidrogen, gas metana batu bara (*coal bed methane*), batu bara tercairkan (*liquified coal*), dan batu bara tergasifikasi (*gasified coal*).

Energi terbarukan, di sisi lain, merujuk kepada energi yang berasal dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui secara *continue* dalam jangka panjang tanpa habis, seperti panas bumi, angin, *bioenergi*, sinar matahari, air, dan perbedaan suhu lapisan laut. Definisi ini tercantum dalam Undang-undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi, Pasal 1 ayat (6).

Indonesia memiliki potensi besar dalam sumber energi terbarukan berkat letak geografisnya yang strategis di garis khatulistiwa dan iklim tropisnya. Potensi energi terbarukan di Indonesia mencakup panas bumi, energi surya, hidro, energi laut, dan bioenergi.

Data radiasi surya di Indonesia menunjukkan bahwa rata-rata penyinaran matahari mencapai 4.8 kWh/m².hari dengan variasi bulanan sekitar 9%, berdasarkan data yang dikumpulkan dari 18 lokasi di Indonesia. Informasi ini menggambarkan potensi besar Indonesia dalam memanfaatkan energi surya sebagai sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan.

Indonesia, sebagai negara yang terletak di jalur Cincin Api Pasifik, merupakan kawasan dengan potensi panas bumi yang besar, didukung oleh kondisi geologisnya yang vulkanik. Survei menunjukkan bahwa terdapat sekitar 70 lokasi panas bumi dengan suhu tinggi di Indonesia, dengan kapasitas total mencapai 19.658 MW. Meskipun demikian, sebagian besar lokasi ini masih belum dieksploitasi secara maksimal.

Selain panas bumi, Indonesia juga memiliki potensi yang signifikan dalam pengembangan pembangkit listrik tenaga air. Topografi yang bergunung-gunung dan berbukit serta banyaknya sungai dan danau/waduk memberikan potensi yang besar bagi energi air di Indonesia.

Potensi biomassa Indonesia juga cukup besar, berasal dari limbah pertanian, perkebunan, kehutanan, limbah ternak, dan sampah kota.

Secara umum, Indonesia dikenal sebagai negara dengan angin yang tidak cukup kuat untuk eksploitasi ekonomis sebagai sumber energi. Meskipun demikian, beberapa wilayah seperti Nusa Tenggara Timur (NTT), Nusa Tenggara

Barat (NTB), Sulawesi Selatan dan Tenggara, Pantai Utara dan Selatan Jawa, serta Karimun Jawa memiliki potensi yang cukup untuk energi angin.

Indonesia juga kaya akan potensi energi laut/samudra. Dengan luas wilayah laut yang mencapai 65% dari total wilayahnya, Indonesia memiliki potensi dalam energi panas laut, pasang surut, gelombang laut, dan arus laut yang dapat dimanfaatkan untuk pembangkitan energi listrik (Azhar, 2018)."

2.2.2 Sejarah Sel Surya

Pada awal abad ke-19, Alexander Edmond Becquerel, seorang fisikawan Jerman, menemukan aliran listrik matahari (surya) secara tidak sengaja. Ia mengamati bahwa berkas sinar matahari yang mengenai larutan elektrokimia meningkatkan muatan elektron. Lebih dari satu abad kemudian, pada awal abad ke-20, Albert Einstein mengembangkan temuan ini lebih lanjut dengan menamainya "*Photoelectric effect*", yang kemudian menjadi dasar untuk "*Photovoltaic effect*". Einstein mengamati bahwa sinar matahari dapat membebaskan foton, partikel energi cahaya, dari lempeng logam, mendorong partikel energi foton ini seperti gelombang energi cahaya. Sinar dengan energi foton tinggi dan gelombang pendek dikenal sebagai sinar *ultraviolet*, sedangkan yang memiliki energi foton rendah dan gelombang panjang adalah sinar inframerah.

Pada sekitar tahun 1930-an, konsep *Quantum Mechanics* berkembang, yang digunakan untuk teknologi solid state. *Bell Telephone Research*

Laboratories memanfaatkan teknologi ini untuk mengembangkan sel surya padat pertama. Penggunaan sel surya semakin meluas pada tahun 1950-an hingga 1960-an, terutama di aplikasi pesawat ruang angkasa. Pada tahun 1970-an, sel surya diperkenalkan secara luas sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan di seluruh dunia. Penggunaan PV (*Photovoltaic*) mulai diperluas pada Sistem Peringatan Kekuatan Rendah dan Boei Laut. Meskipun demikian, produksi sel surya masih terbatas karena sebagian besar proses pembuatannya masih dilakukan secara manual.

Pada tahun 1980-an, produsen sel surya mulai bekerja sama dengan pemerintah untuk meningkatkan produksi massal, dengan tujuan menurunkan biaya produksi dan membuat sel surya lebih terjangkau bagi masyarakat umum (Phalevi, 2015).

2.2.3 Perkembangan Sel Surya

Perkembangannya, sel surya semakin banyak memanfaatkan silikon dan bahan semikonduktor yang bervariasi sebagai bahan bakunya. Sel surya memiliki beberapa jenis, di antaranya adalah:

- a. Sel surya monokristalin (*Monocrystalline*): Jenis panel ini sangat efisien, menghasilkan daya listrik per luas yang paling tinggi dengan efisiensi mencapai 15%. Namun, kelemahannya adalah tidak efektif dalam kondisi cahaya matahari yang kurang atau teduh, sehingga efisiensinya akan turun secara signifikan pada cuaca berawan.

- b. Sel surya polikristalin (*Polycrystalline / Multicrystalline*): Panel ini memiliki tingkat silikon yang lebih rendah dibandingkan monokristalin, sehingga lebih ekonomis namun dengan efisiensi sedikit lebih rendah. Polikristalin memiliki struktur kristal yang lebih acak. Meskipun memerlukan luas permukaan lebih besar untuk menghasilkan daya listrik yang sama dengan *monokristalin*, jenis ini mampu menghasilkan listrik pada kondisi mendung.
- c. Sel surya *Gallium Arsenide* (GaAs): Jenis ini terbuat dari bahan semikonduktor dari kelompok III-V, *Gallium arsenide*. Sel surya ini sangat efisien dengan kemampuan mencapai efisiensi sekitar 25%. GaAs sering digunakan dalam pembuatan berbagai perangkat seperti sirkuit terpadu frekuensi mikrowave, dioda laser, dan tentu saja, sel surya.

2.2.4 Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Indonesia

Indonesia merupakan negara tropis yang memiliki potensi energi surya yang tinggi. Data tentang penyinaran matahari di Indonesia dapat diklasifikasikan sebagai berikut: untuk Kawasan Barat Indonesia (KBI) sekitar 4,5 kWh/m²/hari dan untuk Kawasan Timur Indonesia (KTI) sekitar 5,1 kWh/m²/hari. Dengan demikian, rata-rata potensi matahari di Indonesia adalah sekitar 4,8 kWh/m²/hari. Hal ini menunjukkan bahwa prospek penggunaan fotovoltaiik di masa mendatang sangat cerah. Mengingat kelimpahan energi surya ini, pengembangan listrik tenaga surya berbasis efek fotovoltaiik dari sel surya sebagai sumber energi listrik

yang bebas polusi dan alami merupakan pilihan yang tepat untuk diterapkan di Indonesia. Adapun alasan yang mendukung hal tersebut yakni:

1. Kondisi iklim di Indonesia yang sangat mendukung karena intensitas radiasi matahari di Indonesia relatif tinggi serta stabil, sehingga modul surya mendapat daya yang optimal sepanjang tahun.
2. Instalasi yang lebih sederhana dibandingkan dengan pemasangan sumber energi terbarukan lainnya, sehingga memungkinkan pemanfaatan energi ini untuk kebutuhan listrik baik dalam skala kecil sampai skala besar.
3. Indonesia merupakan negara kepulauan terdiri dari 13 ribu pulau sehingga membutuhkan waktu yang cukup lama untuk menyediakan jaringan pembangkit listrik pada setiap daerahnya hingga sampai ke tiap pelosok.

Dapat menjangkau seluruh pelosok Indonesia dengan ketersediaan radiasi surya yang merata sepanjang tahun. Energi matahari sistem dapat diinstal di lokasi terpencil sehingga lebih praktis dan hemat biaya. (Mertasana, 2017).

2.2.5 Faktor Pengoprasian Sel Surya

Faktor-faktor yang mempengaruhi pengoperasian sel surya agar didapatkan nilai yang maksimum sangat tergantung pada:

- a. Ambient air temperature: Sel surya dapat beroperasi secara maksimum jika suhu lingkungan tetap normal (sekitar 25°C). Kenaikan suhu dari suhu normal akan mengakibatkan penurunan tegangan (Voc). Setiap kenaikan suhu sel surya sebesar 10°C dari 25°C akan menyebabkan penurunan

sekitar 0,4% pada total energi yang dihasilkan, atau dua kali lipat untuk setiap kenaikan suhu 100°C.

- b. Radiasi matahari: Intensitas radiasi matahari di bumi bervariasi tergantung lokasi dan kondisi spektrum solar yang mencapai bumi. Radiasi matahari memiliki pengaruh besar terhadap arus listrik yang dihasilkan dan sedikit pengaruh terhadap tegangan.
- c. Kecepatan angin: Kecepatan angin di sekitar lokasi sel surya dapat membantu dalam mendinginkan suhu permukaan panel sel surya.
- d. Keadaan atmosfer bumi: Keadaan *atmosfer* bumi seperti kondisi berawan, mendung, keberadaan partikel debu, asap, kelembaban udara (Rh), kabut, dan polusi mempengaruhi hasil maksimum arus listrik dari sel surya.
- e. Orientasi panel atau larik sel surya: Orientasi optimal dari rangkaian sel surya ke arah matahari sangat penting untuk memaksimalkan energi yang dihasilkan. Panel atau larik sel surya sebaiknya diarahkan ke selatan untuk lokasi di belahan bumi utara, meskipun orientasi ke timur atau barat juga dapat menghasilkan energi, namun tidak pada tingkat optimum.

Tilt angle atau sudut kemiringan: Memiliki permukaan panel sel surya tegak lurus terhadap sinar matahari akan memaksimalkan energi yang diterima sekitar 1000 W/m² atau 1 kW/m². Sudut kemiringan yang tidak optimal memerlukan penyesuaian bidang panel sel surya, terutama untuk lokasi dengan lintang geografis yang berbeda, di mana sudut kemiringan optimal harus dipertimbangkan. (Yuliananda dkk, 2015).

2.2.6 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

PLTS adalah suatu pembangkit listrik yang menggunakan sinar matahari melalui sel surya (fotovoltaik) untuk mengkonversi radiasi sinar foton matahari menjadi energi listrik. Sel surya terdiri dari lapisan-lapisan tipis bahan semikonduktor. PLTS memanfaatkan cahaya matahari untuk menghasilkan listrik DC, yang dapat diubah menjadi listrik AC apabila diperlukan. Meskipun cuaca mendung, selama masih terdapat cahaya matahari yang cukup, PLTS tetap dapat menghasilkan listrik. PLTS pada dasarnya adalah sumber daya energi yang dapat dirancang untuk memenuhi kebutuhan listrik dalam skala kecil hingga besar, baik secara mandiri maupun digabungkan dengan sumber energi lainnya. Sistem PLTS dapat diimplementasikan dengan metode desentralisasi (satu rumah satu pembangkit) atau sentralisasi (distribusi listrik melalui jaringan kabel). Berikut merupakan Gambar dari PLTS :



Gambar 2. 1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

PLTS pada dasarnya adalah pembangkit listrik tenaga surya (*Photovoltaic Solar Power System*), yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan listrik dari skala kecil hingga besar, baik secara mandiri (*standalone*) maupun dalam bentuk hibrida (kombinasi dengan sumber energi lain). PLTS dapat diimplementasikan dengan

metode desentralisasi (satu pembangkit per rumah atau bangunan) atau sentralisasi (distribusi listrik melalui jaringan kabel).

PLTS merupakan bagian dari sumber energi terbarukan, di mana energi matahari sebagai sumber utamanya tidak terbatas. Selain itu, PLTS dikenal sebagai pembangkit listrik yang ramah lingkungan karena tidak memiliki bagian yang berputar, tidak menghasilkan kebisingan, dan tidak mengeluarkan gas buang atau limbah. (Mertasana, 2017).

2.2.6.1 Solar Cell

Modul surya (fotovoltaik) adalah agregat dari sel surya yang tersusun secara seri dan paralel, bertujuan untuk meningkatkan tegangan dan arus yang dihasilkan guna memenuhi kebutuhan sistem catu daya beban. Untuk mencapai hasil maksimal dalam penghasilan energi listrik, permukaan modul surya harus selalu menghadap ke arah matahari. Komponen utama dalam sistem fotovoltaik adalah modul, yang terdiri dari beberapa sel surya fotovoltaik. Produksi modul fotovoltaik dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi kristal dan thin film. Modul fotovoltaik kristal dapat dibuat dengan teknologi yang relatif sederhana, namun pembuatan sel fotovoltaik memerlukan teknologi yang lebih tinggi. Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) memiliki beberapa keunggulan, antara lain:

1. Sumber energi yang digunakan sangat melimpah dan gratis
2. Sistem yang dikembangkan bersifat modular sehingga dapat dengan mudah diinstalasi dan diperbesar kapasitasnya.

3. Perawatannya mudah
4. Tidak menimbulkan polusi
5. Dirancang bekerja secara otomatis sehingga dapat diterapkan ditempat terpencil.
6. Relatif aman
7. Keandalannya semakin baik
8. Adanya aspek masyarakat pemakai yang mengendalikan sistem itu sendiri
9. Mudah untuk diinstalasi
10. Radiasi matahari sebagai sumber energi tak terbatas
11. Tidak menghasilkan CO₂ serta emisi gas buang

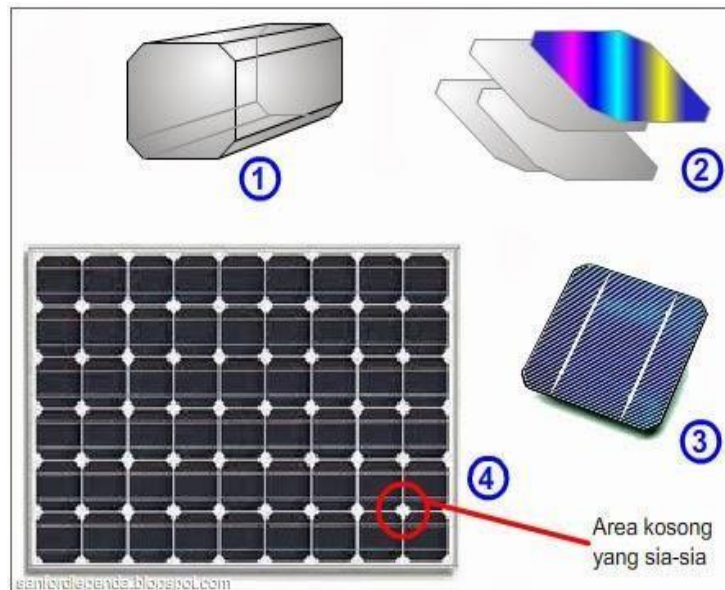
Salah satu tantangan yang dihadapi dalam pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah investasi awal yang tinggi dan harga per kWh listrik yang dihasilkan juga masih relatif tinggi, sekitar (\$ USD 3 –5 / Wp). Untuk beberapa kondisi, pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dapat bersaing dengan pembangkit konvensional seperti *Diesel/Mikrohidro*, terutama di tempat-tempat terpencil yang belum terjangkau oleh jaringan listrik umum (PLN), (Retno dkk, 2017).

2.2.6.2 Spesifikasi dan Jenis Jenis Sel Surya

Jenis-jenis *photovoltaic array* digolongkan berdasarkan teknologi pembuatannya. Secara garis besar sel surya dibagi dalam tiga jenis, yaitu:

1. Monocrystalline

Jenis ini terbuat dari batang kristal silikon murni yang diiris tipis-tipis. Kristal silikon murni memerlukan teknologi khusus untuk diiris menjadi kepingan-kepingan kristal silikon yang tipis. Proses ini menghasilkan kepingan sel surya yang identik satu sama lain dan memiliki kinerja tinggi, mencapai sekitar 15% - 20% efisiensi. Karena biaya tinggi untuk kristal silikon murni dan teknologi yang digunakan, jenis sel surya ini lebih mahal dibandingkan dengan yang lain di pasaran.



Gambar 2. 2 photovoltaic jenis Monocrystalline

Keterangan gambar:

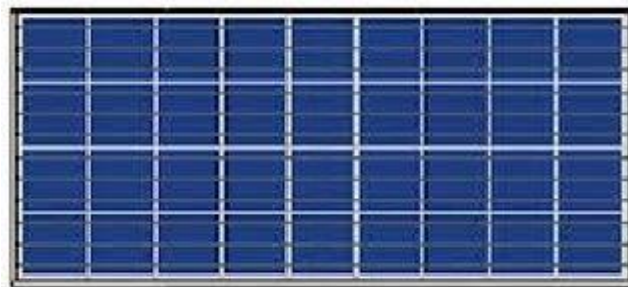
1. Batangan kristal silikon murni
2. Irisan kristal silikon yang sangat tipis
3. Sebuah sel surya *monocrystalline* yang sudah jadi
4. Sebuah panel surya *monocrystalline* menampilkan susunan sel surya *monocrystalline*. Terlihat area kosong yang tidak tertutup karena bentuk sel surya ini umumnya berbentuk segi enam atau bulat, tergantung pada struktur batangan kristal silikonnya.

Kelemahan dari jenis sel surya ini adalah ketika disusun menjadi modul surya (panel surya), akan meninggalkan banyak ruang kosong karena bentuk sel surya yang teratur.

2. *Polycrystalline*

Jenis *polycrystalline* terbuat dari beberapa batang kristal silikon yang dilebur atau dicairkan lalu dituangkan dalam cetakan persegi. Karena kristal silikonnya tidak sehomogen monocrystalline, sel surya polycrystalline memiliki efisiensi yang sedikit lebih rendah, sekitar 13% - 16%. Penampilannya sering kali menyerupai motif pecahan kaca di dalamnya. Bentuk persegiannya membuat susunan panel surya polycrystalline rapat tanpa adanya ruang kosong seperti yang terlihat pada panel surya monocrystalline. Proses pembuatannya lebih sederhana dibandingkan monocrystalline sehingga harganya lebih terjangkau. Jenis ini merupakan pilihan utama yang digunakan secara luas saat ini.

3. *Thin Film Solar Cell (TFSC)*



Gambar 2. 3 Photovoltaic jenis polycrystalline

Jenis sel surya ini diproduksi dengan memasukkan satu atau beberapa lapisan bahan semikonduktor tipis ke dalam substrat dasar. Sel surya ini memiliki ketebalan yang sangat tipis sehingga ringan dan fleksibel. Teknologi ini dikenal dengan sebutan TFPV (Thin Film Photovoltaic).



Gambar 2. 4 Thin Film Solar Cell

Berdasarkan materialnya, sel surya thin film ini digolongkan menjadi:

1. *Amorphous Silicon (a-Si) Solar Cells.*

Sel surya yang menggunakan bahan Amorphous Silicon awalnya banyak digunakan pada kalkulator dan jam tangan. Namun, dengan kemajuan teknologi pembuatannya, penggunaannya semakin meluas. Teknik produksinya menggunakan metode "stacking" (penumpukan lapisan), di mana beberapa lapisan Amorphous Silicon disusun membentuk sel surya. Dengan teknik ini, efisiensi sel surya dapat ditingkatkan menjadi sekitar 6% - 8%..

2. *Cadmium Telluride (CdTe) Solar Cells.*

Sel surya jenis ini mengandung bahan *Cadmium Telluride* yang memiliki efisiensi lebih tinggi dari sel surya *Amorphous Silicon*, yaitu sekitar: 9% - 11%.¹⁶

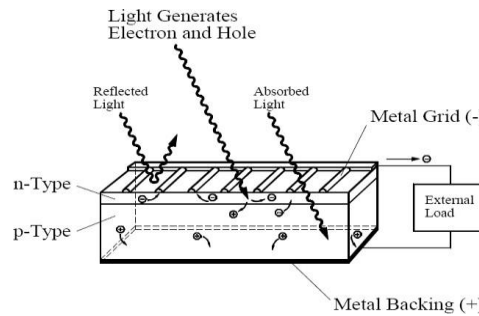
3. *Copper Indium Gallium Selenide (CIGS) Solar Cells.*

Dibandingkan dengan kedua jenis sel surya thin film sebelumnya, CIGS (Copper Indium Gallium Selenide) memiliki efisiensi tertinggi yaitu sekitar 10% - 12%. Selain itu, jenis ini tidak mengandung bahan berbahaya seperti kadmium yang terdapat pada sel surya CdTe. Teknologi produksi sel surya thin film CIGS masih relatif baru, dengan potensi besar untuk pengembangan di masa depan. Biaya produksinya murah, dan karena

bentuknya yang tipis, ringan, dan fleksibel, sel surya ini dapat diterapkan pada berbagai permukaan seperti kaca, dinding gedung, genteng rumah, dan bahkan tidak menutup kemungkinan dapat diterapkan pada bahan seperti kain kaos. (Retno dkk, 2017).

2.2.6.3 Prinsip Kerja Photovoltaik

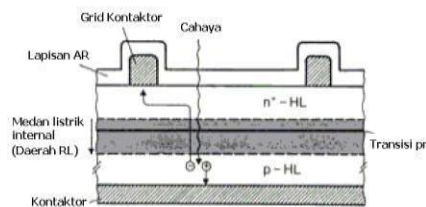
Apabila suatu bahan semikonduktor seperti bahan silikon disimpan dibawah sinar matahari, maka bahan silikon tersebut akan melepaskan sejumlah kecil listrik yang biasa disebut efek fotolistrik. Efek fotolistrik adalah pelepasan elektron dari permukaan metal yang disebabkan penumbukan cahaya. Efek ini merupakan proses dasar fisis dari fotovoltaik merubah energi cahaya menjadi listrik. Cahaya matahari terdiri dari partikel-partikel yang disebut sebagai “photons” yang mempunyai sejumlah energi yang besarnya tergantung dari panjang gelombang pada spektrum cahaya. Pada saat photon menumbuk sel surya maka cahaya tersebut akan dipantulkan atau diserap atau mungkin hanya diteruskan. Cahaya yang diserap akan membangkitkan listrik. Pada saat terjadi tumbukan, energi yang dikandung oleh photon ditransfer pada elektron yang terdapat pada atom sel surya yang merupakan bahan *semikonduktor*. Dengan energi yang didapat dari photon, elektron melepaskan diri dari ikatan normal bahan semikonduktor dan menjadi arus listrik yang mengalir dalam rangkaian listrik yang ada. Dengan melepaskan dari ikatannya, elektron tersebut menyebabkan terbentuknya lubang atau “*hole*”.



Gambar 2.5 Konversi

cahaya matahari Secara umum, konstruksi sebuah fotovoltaiik terdiri dari 3 bagian, yaitu

- Lapisan penerima radiasi
- Lapisan tempat terjadinya pemisahan muatan akibat fotoinduksi
- Lapisan kontaktor



Gambar 2. 6 Penampang PV

2.2.6.4 Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Energi PLTS

PLTS Keberhasilan produksi dari PLTS pada Kantor Gubernur Bali ini tidak terlepas dari berbagai macam faktor yang mempengaruhi hasil produksi, unjuk kerja PLTS ini perlu diperhatikan mengingat banyak faktor yang mempengaruhi kinerja pembangkit dan hasil energi listrik yang diproduksi nantinya. Faktor – faktor yang mempengaruhi produksi energi listrik PLTS adalah

irradiasi matahari, energi yang dihasilkan modul surya dapat menurun atau meningkat tergantung dari irradiasi matahari pada lokasi pengukuran, suhu modul surya juga mampu mempengaruhi hasil energy yang dibangkitkan karena energi yang dihasilkan menurun seiring dengan meningkatnya suhu tergantung dari besarnya koefisien suhu pada modul surya. Penurunan produksi energi akibat pengaruh dari kenaikan suhu adalah sekitar 0,4% setiap peningkatan 1°C., shading (bayangan) yaitu benda-benda disekeliling PLTS yang menghalangi penyinaran matahari ke modul surya sehingga mengurangi nilai irradiasi matahari yang ditangkap oleh modul surya, tingkat kebersihan modul surya juga mampu mempengaruhi hasil energi yang dibangkitkan oleh PLTS dikarenakan kotoran atau debu yang menghalangi sel surya dalam menerima sinar matahari, terakhir adalah sudut kemiringan serta orientasi pemasangan modul surya perlu diperhatikan agar panel surya mampu menyerap sinar matahari dengan baik dan menghasilkan output energi yang telah ditargetkan. (Wicaksana dkk, 2019).

2.2.6.5 Jenis Bayangan Yang Mempengaruhi Kinerja Panel Surya

Ada beberapa jenis bayangan yang mempengaruhi kinerja dari panel surya, diantaranya adalah :

1) Awan

Jenis bayangan ini akan selalu muncul pada setiap pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Jenis bayangn ini juga sulit untuk dihindari karena sangat sulit untuk memprediksi kapan datangnya awan. Namun jenis bayangan ini sangat mempengaruhi besarnya daya output yang dihasilkan pada panel surya.

2) Pepohonan

Pada PLTS Panti asuhan Titian Umat di sekitar area panel masih terdapat banyak pohon-pohon tinggi yang terletak disebelah barat dari area panel. Hal ini sangat memungkinkan pepohonan tersebut menghalangi sinar matahari terutama ketika menjelang sore hari. Dikarenakan daerah Kayubihi yang dekat dengan gunung Batur, menyebabkan banyaknya pepohonan yang tumbuh tinggi dan dapat menghalangi sinar matahari.

3) Debu dan Kotoran Hewan

Jenis bayangan ini yang paling berpengaruh terhadap output dari panel surya yang terpasang. Di PLTS Kayubihi panel surya yang terpasang sebagian besar berdebu, hal ini dikarenakan daerah tersebut dekat dengan Gunung Batur yang menyebabkan adanya debu vulkanik yang menempel di panel surya tersebut. Selain itu, banyak terdapat kotoran burung dan hewan lainnya yang menutupi panel surya tersebut. Lokasi panel yang merupakan tempat terbuka sangat memungkinkan burung- burung hinggap diatas panel 24 dan meninggalkan kotorannya. Hal inilah yang dapat mempengaruhi daya output dari panel surya tersebut. (Martesana, 2017).

2.2.7 Iot

Internet of Things (IoT) adalah sistem perangkat, objek, dan mesin yang saling terkait yang memiliki kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan tanpa campur tangan manusia. Perangkat IoT dapat berkomunikasi satu sama lain, mengumpulkan dan menganalisis data, dan melakukan tindakan otomatis berdasarkan data tersebut. Dengan kata lain, IoT adalah koneksi perangkat fisik ke

internet, yang memungkinkan mereka untuk berinteraksi satu sama lain dan bertukar data.

Tujuan utama dari IoT adalah meningkatkan efisiensi, keamanan, kenyamanan, dan kualitas hidup melalui konektivitas yang luas antara perangkat-perangkat tersebut. Dengan adanya IoT, perangkat-perangkat tersebut dapat dikendalikan dan diakses dari jarak jauh, mendapatkan wawasan berharga dari data yang terkumpul, dan memberikan solusi yang lebih cerdas dan terhubung untuk berbagai aplikasi, baik di bidang rumah tangga, industri, transportasi, kesehatan, dan lain-lain.

Secara keseluruhan, IoT adalah konsep yang melibatkan jaringan perangkat terhubung melalui internet yang mampu saling berkomunikasi dan bertindak secara otonom. Definisi IoT menggambarkan integrasi teknologi yang memungkinkan pertukaran data dan pengambilan keputusan yang lebih baik untuk meningkatkan efisiensi, kenyamanan, dan inovasi di berbagai bidang kehidupan.

2.2.8 Prinsip kerja IoT

Secara sederhana, konsep dari IoT sendiri adalah menghubungkan mesin dengan mesin lainnya. Manusia hanya berperan untuk memonitor dan mengawasi cara kerja IoT secara berkala, bukan secara terus-menerus. Dalam cara kerja IoT, setidaknya ada 3 hal yang harus ada, yakni perangkat, konektivitas *internet*, dan *cloud data center*.

Pertama dimulai dengan sensor dalam perangkat IoT yang mengumpulkan data dan bereaksi berdasarkan data yang terkumpul. Sensor dalam perangkat IoT bisa mengenali perubahan temperatur, suara, sentuhan, dan lain sebagainya.

Kemudian, data yang terkumpul akan dikirimkan menggunakan koneksi internet menuju *cloud data center*. Setiap fitur dalam perangkat IoT memerlukan kapasitas energi, ketentuan jarak, serta bandwidth yang berbeda-beda. Jadi, sangat krusial untuk memiliki konektivitas internet yang stabil demi bisa mengaplikasikan teknologi IoT dengan optimal. Selanjutnya, data akan diproses oleh *software*. Proses ini cukup krusial karena akan menentukan reaksi dari perangkat. Semisal Anda menggunakan sistem keamanan rumah berbasis IoT, data seperti adanya pergerakan objek asing akan diproses dan software dapat menentukan tindakan seperti apa yang perlu dilakukan.

2.2.9 Komponen IoT

Sistem Internet of Things (IoT) terdiri dari berbagai komponen yang bekerja bersama untuk mengumpulkan data, mengirimkan informasi, dan mengelola interaksi antarperangkat. Berikut adalah komponen utama pada IoT:

1. **Sensor** : Sensor adalah komponen yang mengumpulkan data dari lingkungan fisik, seperti suhu, kelembaban, gerakan, cahaya, tekanan, dan banyak parameter lainnya. Sensor ini merupakan mata dan telinga perangkat IoT untuk memahami kondisi di sekitarnya.
2. **Mikrokontroler** : Ini adalah otak dari perangkat IoT. Mikrokontroler menjalankan program yang mengontrol operasi perangkat, mengambil data dari sensor, mengirimkan data melalui jaringan, dan mengendalikan aktuator. Contoh mikrokontroler termasuk Raspberry Pi, Arduino, dan ESP8266.
3. **Aktuator** : Aktuator bertindak sebagai tangan dan kaki perangkat IoT. Mereka merespons instruksi atau data yang diterima dari jaringan dengan melakukan

tindakan fisik. Contohnya adalah motor yang menggerakkan sesuatu, atau katup yang mengendalikan aliran cairan.

4. Jaringan : ini adalah medium yang digunakan untuk mengirimkan data antar perangkat IoT dan server atau cloud. Ini bisa berupa jaringan WiFi, jaringan seluler, Ethernet, atau teknologi nirkabel lainnya.
5. *Platform* IoT ; *Platform* IoT menyediakan lingkungan untuk mengelola perangkat IoT, mengumpulkan data, menganalisis data, dan memberikan interaksi antara perangkat dan aplikasi pengguna. Platform ini mencakup aspek seperti manajemen perangkat, keamanan, analitika, dan integrasi data.
6. *Cloud* : Cloud adalah tempat di mana data dari perangkat IoT disimpan dan diolah. Menggunakan layanan cloud memungkinkan pengolahan dan analisis data yang efisien, serta akses yang mudah dari berbagai lokasi.
7. Aplikasi dan antarmuka pengguna : Ini adalah antarmuka yang memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan perangkat IoT. Aplikasi ini bisa berupa aplikasi mobile atau web yang memungkinkan pengguna mengontrol, memantau, atau menerima informasi dari perangkat IoT.
8. Analitika data : Analitika data digunakan untuk memproses dan menganalisis data yang dihasilkan oleh perangkat IoT. Ini dapat memberikan wawasan tentang tren, pola, atau informasi berharga lainnya.
9. Keamanan : Komponen keamanan termasuk enkripsi data, otorisasi akses, deteksi ancaman siber, dan langkah-langkah lain untuk melindungi data dan perangkat dari serangan atau pelanggaran privasi.

10. Menejmen energi : Bagi perangkat yang beroperasi dengan daya baterai, manajemen energi sangat penting. Ini mencakup teknik untuk mengoptimalkan penggunaan daya agar perangkat dapat bertahan lebih lama.

2.2.10 Komponen yang digunakan

Adapun komponen yang digunakan oleh peneliti pada penelitian ini terbagi dua yakni *software*(perangkat lunak) dan *hardware*(perangkat keras) :

1. *Arduino IDE*

Arduino IDE adalah sebuah editor yang digunakan untuk menulis program, meng-compile, dan mengunggah ke papan Arduino. *Arduino Development Environment* terdiri dari editor teks untuk menulis kode, area pesan, *console teks*, toolbar dengan tombol-tombol untuk fungsi umum, dan sederetan menu.[6] Software yang ditulis menggunakan Arduino dinamakan sketches. Sketches ini ditulis di editor teks dan disimpan dengan file yang berekstensi .ino. Editor teks ini mempunyai fasilitas untuk cut/paste dan search/replace. Area pesan berisi umpan balik ketika menyimpan dan mengunggah file, dan juga menunjukkan jika terjadi error.



Gambar 2. 7 Arduino

2. NodeMCU Esp8266



Gambar 2. 8 NodeMCU Esp8266

ESP8266 adalah modul Wi-Fi tambahan untuk *mikrokontroler* seperti Arduino, yang memungkinkan koneksi langsung ke Wi-Fi dan pembentukan koneksi TCP/IP. Modul ini dilengkapi dengan mikrokontroler yang memiliki prosesor 32-bit, memungkinkan untuk melakukan berbagai tugas pemrosesan data. ESP8266 juga mendukung berbagai bahasa pemrograman, seperti Arduino, *MicroPython*, dan NodeMCU, sehingga memudahkan pengembangan aplikasi. Dengan fungsi-fungsi tersebut[8], ESP8266 dapat digunakan dalam berbagai aplikasi IoT, seperti monitoring lingkungan, smart home, monitoring panel surya, dan sebagainya. ESP8266 memungkinkan perangkat untuk terhubung ke internet dengan mudah dan efisien, sehingga memudahkan pengumpulan data dan pengambilan keputusan yang lebih baik.

Tabel 2. 1 Pin NodeMCU

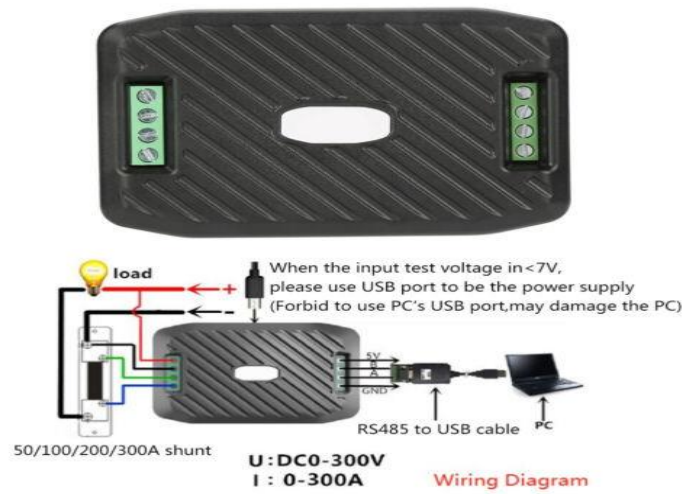
<i>Microkontroller</i>	Tensilica 32-bit RISC CPU Xtensa LX106
<i>Operasi voltage</i>	3,3V

Input voltage	7-12V (Rekomendasi)
UARTs	2
Pin digital I/O	16 Pin
Pin Analog	1
SPIs	1
<i>Flash Memory</i>	4 MB
<i>Boadleader</i>	SRAM 64 KB
I2Cs	1
Kecepatan	80 MHz

3. Modul PZEM 017t

PZEM-017t adalah modul komunikasi DC yang mampu mengukur daya DC hingga 300 VDC dan pengukuran arus pada rentang pemasangan shunt eksternal 50 A hingga 300 A. Modul ini juga dapat mengukur tegangan, arus, daya dan energi. Semua seri *PZEM Energy Meter* memiliki antarmuka komunikasi RS485 bawaan yang menggunakan protokol Modbus-RTU yang menyerupai kebanyakan perangkat industri lainnya.

PZEM-017 adalah modul komunikasi DC yang dapat mengukur daya DC hingga 300 VDC dan pengukuran arus tunduk pada rentang terpasang shunt eksternal 50 A, 100 A, 200 A, dan 300 A.



Gambar 2. 9 GAMBAR FZEM 017t

4. Water Flow Sensor

Sensor flow water merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur debit air yang mengalir pada pipa pelanggan. Sensor flow water terdiri dari bagian katup plastik (*valve body*), rotor air dan sebuah sensor *half effect*. Ketika air mengalir melalui rotor maka rotor akan berputar dan kecepatan dari rotor akan sesuai dengan aliran air yang masuk melewati rotor. Pulsa sinyal dari rotor akan diterima oleh sensor *hall effect* untuk selanjutnya diproses di *mikrokontroller*.



Gambar 2. 10 Flow Meter

5. Kabel Jumper

Kabel jumper adalah kabel elektrik yang memiliki pin konektor di setiap ujungnya dan memungkinkanmu untuk menghubungkan dua komponen yang melibatkan Arduino tanpa memerlukan solder. Intinya kegunaan kabel jumper ini adalah sebagai konduktor listrik untuk menyambungkan rangkaian listrik. Biasanya kabel jumper digunakan pada breadboard atau alat prototyping lainnya agar lebih mudah untuk mengutak-atik rangkaian. Konektor yang ada pada ujung kabel terdiri atas dua jenis yaitu konektor jantan (*male connector*) dan konektor betina (*female connector*).



Gambar 2. 11 Kabel Jumper

6. Pompa Air

Pompa merupakan suatu alat yang berfungsi untuk mengalirkan dan memindahkan zat cair dengan cara menaikkan tekanan dan kecepatan dari suatu tempat ke tempat lain, atau dengan kata lain pompa adalah alat yang merubah energi mekanik dari suatu alat penggerak menjadi energi potensial yang berupa head, sehingga zat cair tersebut memiliki tekanan sesuai dengan head yang

dimilikinya. Perpindahan zat cair secara mendatar, tegak lurus atau arah campuran keduanya. Pada perpindahan zat cair yang tegak lurus harus dapat mengatasi hambatan-hambatan, seperti yang terdapat pada pemindahan zat cair arah mandatar, yaitu adanya hambatan gesekan. Hambatan gesekan ini akan mempengaruhi kecepatan aliran dan adanya perbedaan *head* antara sisi hisap (*suction*) dengan sisi tekan (*discharge*).

Berdasarkan letak penempatan pompa dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu:

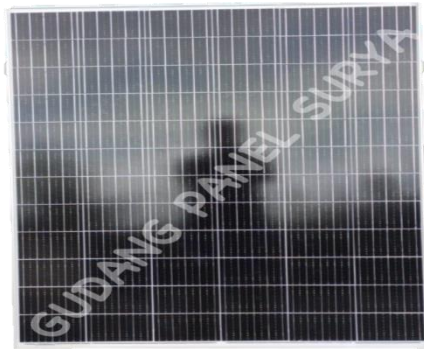
- a. Pompa air Sumur dangkal dan Pompa air sumur dalam Pompa air sumur dangkal dan pompa air sumur dalam adalah pompa yang motor penggeraknya terletak di bagian atas sumur. Pompa dihubungkan satu sama lain oleh pipa tegak yang sekaligus melindungi poros pompa. Cara kerja pompa ini ialah dengan mengubah energi kinetik (kecepatan) cairan menjadi energi potensial (tekanan) melalui suatu impeller yang berputar di dalam *casing*. *Impeller* tersebut berupa piringan berongga yang memiliki sudu-sudu melengkung dan diputar oleh motor penggerak. Putaran dari impeller akan memberikan gaya sentrifugal terhadap cairan dan diarahkan ke sisi *discharge*.
- b. Pompa Celup (*Submersible Pump*) Pompa submerible merupakan pompa yang melekat ke motor listrik dan beroperasi terbenam di dalam air. Motor listrik dipasang satu poros dengan impeller. Kapasitas pompa ditentukan oleh lebarnya *impeller* dan tekanan ditentukan oleh jumlah impeller.



Gambar 2. 12 Submersible PUMP

7. Panel Surya 240 Watt

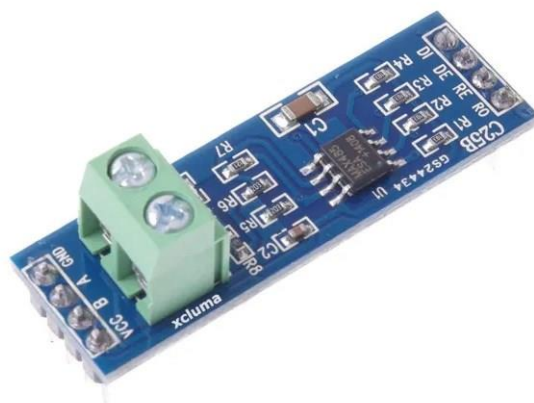
Panel Surya merupakan peralatan yang memiliki bias ubah sinar surja ke listrik. adalah sumber yang dapat digunakan cahaya/sinarnya. Sel photovoltaic biasanya yang disebut panel surya, yang juga bisa diartikan “cahaya listrik”. Efek Photovoltaic timbul dari sel surya dalam penyerapan energi (hidayah, 2019). "Kutub positif dan negatif dari semikonduktor memiliki irisansi yang berukuran 0,3 mm yang merupakan bagian dari sel surya. Sambungan dua lapisan berbeda, yaitu jenis positif dan negatif, terdapat pada struktur sel surya. Lapisan jenis P dirancang tipis untuk memungkinkan cahaya matahari menembus hingga junction, yang dibuat dari lapisan nikel berbentuk cincin untuk bagian positifnya. Di bawah lapisan P, terdapat bagian N yang juga dilapisi dengan nikel untuk kuadran negatifnya (E.Yusmiati, 2014)."



Gambar 2. 13 Panel Surya

8. Converter RS 485 module

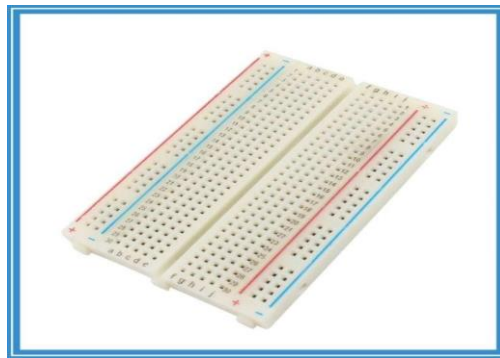
KRS-485 adalah standar komunikasi yang digunakan untuk mentransmisikan data serial antar perangkat, sering digunakan dalam aplikasi industri dan komersial karena kemampuannya untuk mentransmisikan data secara reliabel dalam jarak jauh dan di lingkungan yang bising.



Gambar 2. 14 RS 485

9. Board Arduino

Papan Arduino adalah platform pengembangan elektronik open source yang digunakan untuk membuat berbagai macam proyek elektronika. Papan ini dilengkapi dengan mikrokontroler dan sejumlah port input/output yang memungkinkan penggunaanya untuk menghubungkan berbagai sensor, motor, dan perangkat lainnya. Arduino sangat populer karena mudah digunakan, memiliki komunitas yang besar, serta banyaknya dukungan dan dokumentasi yang tersedia secara online.



Gambar 2. 15 Board

2.2.10 Tabel Spesifikasi Sensor

No	Nama	Spesifikasi	
		Spesifikasi	Detail
1	FZEEM-017	Tipe Alat Jenis Rentang Pengukuran Akurasi Resolusi	PZEEM-017 Alat ukur tegangan listrik 0 - 600 V AC/DC ±1% dari pembacaan 0.1 V

		Tipe Layar Baterai Dimensi Berat Fitur Tambahan	LCD Backlit 9V (dapat diisi ulang) 200 x 100 x 50 mm 300 g Pengukuran AC/DC, fungsi tahanan	
2	FLOW METER	Spesifikasi Tipe Sensor Jenis Rentang Pengukuran Akurasi Tegangan Operasi Output Dimensi Berat Tipe Koneksi Material Fitur Tambahan	Detail Flow Meter Elektromagnetik / Ultrasonik / Turbine (pilih sesuai tipe) 0 - 1000 L/min (contoh) ±1-2% dari pembacaan DC 5V - 24V 4-20 mA / Pulse / RS485 150 x 80 x 50 mm 500 g Flange / Threaded Stainless Steel / PVC (pilih sesuai) Pemantauan suhu, alarm	
3	RS 485	Spesifikasi Tipe Protokol Jarak Maksimum Kecepatan Data Tipe Koneksi Jumlah Perangkat Tegangan Operasi Bentuk Sinyal Penggunaan Kelebihan Fitur Tambahan	Detail RS-485 1200 meter Hingga 10 Mbps Differential Hingga 32 perangkat (standard) -7V hingga +12V Differential Signal Komunikasi industri, kontrol otomatis Tahan terhadap noise, jarak jauh Mode Half-Duplex / Full-Duplex	
4	ESP-8266	Spesifikasi Tipe Modul Jenis Kecepatan Prosesor Memori Flash RAM	Detail ESP8266 Wi-Fi SoC (System on Chip) 80 MHz / 160 MHz 4 MB (umumnya) 160 KB	

		Konektivitas	Wi-Fi 802.11 b/g/n	
		Antarmuka	UART, SPI, I2C	
		Tegangan Operasi	3.0V - 3.6V	
		Konsumsi Daya	≤ 160 mA (transmit)	
		Modulasi	OFDM, DSSS	
		Fitur Tambahan	Built-in TCP/IP stack, GPIO	

Tabel 2. 1 Spesifikasi Sensor Alat

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menerapkan pendekatan eksperimental kuantitatif dengan melibatkan uji coba dan memberikan masukan pada sistem perangkat yang dirancang. Selain itu, studi ini juga dapat mengelola pompa serta memonitor hasil keluaran sensor melalui tampilan informasi data. Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai perancangan tugas akhir ini, peneliti telah menetapkan langkah-langkah berikut:

1. Mengumpulkan data melalui studi jurnal dan observasi lapangan.
2. Menyiapkan alat dan bahan untuk pembuatan perangkat.
3. Merancang prototype sistem pompa air tenaga surya dengan monitoring daya berbasis IoT.
4. Menganalisis data pada objek yang telah ditentukan

3.2 Objek Penelitian

Objek penelitiannya adalah daya dari beban yakni pompa dan daya masukan dari solar cell, serta debit air yang di keluarkan oleh pompa.

3.3 Alat dan bahan.

Tabel 3.1 Alat dan bahan

Tabel 3. 1 Alat dan bahan

No	Alat dan bahan	Banyaknya	Biaya
1	NodeMCU Esp8266	1 buah	Rp. 85.000
2	Sensor PZEM-017t	2 buah	Rp. 600.000
3	Kabel Jumper	1 buah	Rp. 19.000
4	Sensor Flow meter	1 buah	Rp. 50.000
5	<i>Converter</i> 285	1 buah	Rp.30.000
8	Lem Lilin	1 buah	Rp. 10.000
9	Solder	1 buah	Rp. 35.500
10	Timah solder	1 buah	Rp. 17.500
11	Panel surya 240 W	1 buah	Rp. 700.000
12	Aki	1 buah	Rp. 1.000.000
13	Pompa DC	1 buah	Rp. 1.600.000
	Total RAB		Rp 3.147.000

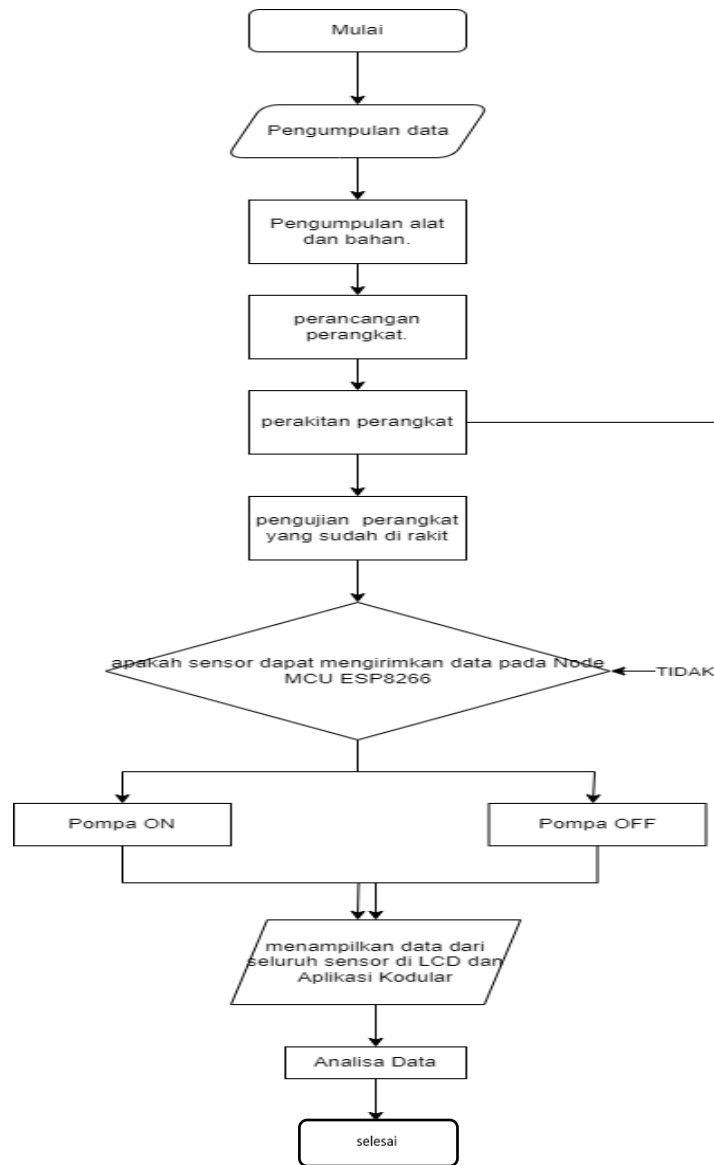
3.4 Lokasi dan Waktu Pelaksanaan Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Jl.Prof H.B Jassin,dulalow,Provinsi Gorontalo

3.5 Tahapan Alur Penelitian

Tahapan penelitian *prototype* sistem pompa air tenaga surya dengan monitoring daya berbasis IoT ini terbagi menjadi lima tahapan. Kelima tahapan tersebut adalah tahapan akusisi pengumpulan data, tahap persiapan, tahap perancangan, tahap perakitan, dan tahap pengujian.

3.6 Diagram alir penelitian



Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian

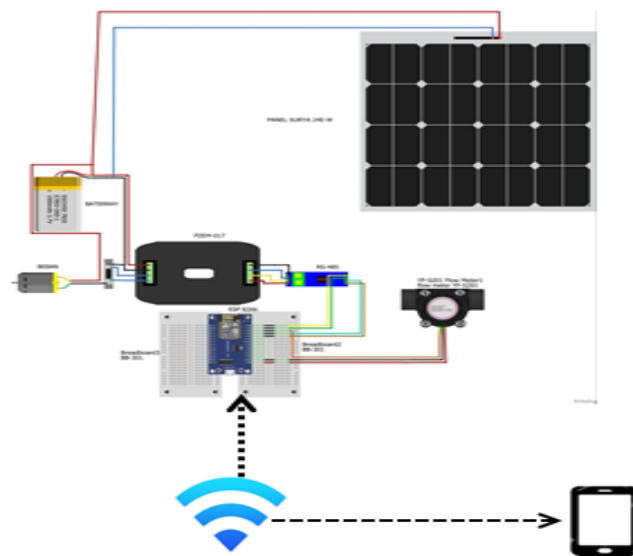
3.7 Metode Pengumpulan Data

Metode yang dilakukan yakni:

1. Metode yang dilakukan pertama kali adalah dengan mengamati langsung kondisi yang terjadi di lapangan. Dengan observasi kita dapat mengetahui permasalahan yang sering timbul di lapangan khususnya pada tanaman kangkung yang menjadi objek penelitian kali ini.
2. Studi literature merupakan suatu proses pengumpulan data informasi secara rinci dengan mengumpulkan referensi jurnal dari penelitian terdahulu. Dengan adanya hal tersebut, peneliti berharap metode ini dapat berguna untuk digunakan dalam perancangan tugas akhir ini.

3.8 Perancangan Rangkaian Alat

Dibawah ini adalah rangkaian keseluruhan dari *Prototype* sistem pompa air tenaga surya dengan sensor tegangan dan arus serta debit air berbasis IoT yang terdiri dari modul NodeMCU Esp8266 sebagai *mikrokontroler*, sensor PZEM-017t, sensor flowmeter sebagai sensor debit air, Relay sebagai saklar elektrik, dan modul step down sebagai penurun tegangan dari 12V menjadi 5V Dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. 2 Rangkaian Alat

Pin ESP8266	Deskripsi	Fungsi
D0	MAX485 Driver Enable (DE)	Mengendalikan mode transmisi data Modbus
D1	MAX485 Receiver Enable (RE_NEG)	Mengendalikan mode penerimaan data Modbus
D2	Flow Sensor YF-S201	Membaca pulsa dari sensor aliran air
D3 (RX)	PZEM-017 RX	Menerima data dari PZEM-017
D4 (TX)	PZEM-017 TX	Mengirim data ke PZEM-017

Tabel 3.1 penjelasan pin pin

Penjelasan Pengiriman Data ke Google Spreadsheet Menggunakan WiFi

Pada sistem ini, **ESP8266** terhubung ke WiFi dan mengumpulkan data dari sensor aliran air YF-S201 serta dari perangkat PZEM-017. Setelah data diperoleh,

ESP8266 akan mengirimkan data ke **Google Spreadsheet** menggunakan **Google Apps Script**.

1. **Koneksi WiFi:** ESP8266 menggunakan jaringan WiFi yang telah ditentukan dalam skrip (`const char* ssid = "Smart Farming"; const char* password = "Smartfarming123";`). Setelah terhubung ke WiFi, perangkat siap untuk mengirimkan data.
2. **Mengirim Data ke Google Apps Script:** ESP8266 mengirimkan data ke Google Spreadsheet melalui URL dari Google Apps Script. Data yang akan dikirim diproses sebagai query string pada URL, contohnya seperti `?moisture=80` untuk mengirim data kelembaban tanah.
3. **Proses Pengiriman:**
 - Data dari sensor aliran air atau PZEM-017 dikumpulkan.
 - ESP8266 membuat koneksi ke Google Apps Script melalui HTTPS (WiFiClientSecure).
 - ESP8266 mengirimkan data melalui HTTP GET ke URL Google Apps Script.
 - Google Apps Script menerima data dan secara otomatis memperbarui Google Spreadsheet yang terhubung dengan data terbaru dari perangkat.
4. **Penyimpanan di Google Spreadsheet:** Aplikasi Google Apps Script bertindak sebagai penerima data dari ESP8266 dan menyimpan nilai yang diterima ke baris baru di Google Spreadsheet, memungkinkan data sensor dipantau secara real-time dari cloud.

Sistem ini memungkinkan pemantauan jarak jauh dengan menggunakan WiFi dan penyimpanan data pada platform berbasis cloud seperti Google Sheets.

Gambar tersebut menunjukkan sistem monitoring berbasis energi surya yang mengirimkan data melalui jaringan WiFi ke perangkat mobile (seperti smartphone). Berikut penjelasan detail dari komponen-komponen yang ada di dalam gambar:

1. Panel Surya (Solar Panel)

Panel surya menghasilkan energi listrik dari sinar matahari. Energi ini digunakan untuk mengisi baterai dan memberikan daya ke sistem.

2. Baterai

Baterai menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya untuk digunakan oleh sistem ketika matahari tidak tersedia (misalnya pada malam hari atau cuaca mendung).

3. ESP8266 (Mikrokontroler WiFi)

Komponen utama ini bertindak sebagai pusat kendali sistem. ESP8266 membaca data dari sensor dan modul PZEM-017, kemudian mengirimkan data ke server cloud atau Google Spreadsheet melalui WiFi.

4. PZEM-017

Modul ini digunakan untuk mengukur parameter kelistrikan seperti tegangan (voltage), arus (current), dan daya (power). Modul ini terhubung ke ESP8266 untuk membaca data listrik yang dihasilkan oleh panel surya dan menyuplai ke baterai.

5. YF-S201 (Flow Sensor)

- Sensor aliran air ini digunakan untuk memantau jumlah air yang melewati sistem (dalam liter). Sensor ini juga terhubung ke ESP8266 untuk mencatat data aliran air.

6. Koneksi WiFi

ESP8266 terhubung ke jaringan WiFi, yang memungkinkan sistem untuk mengirim data secara *real-time* ke perangkat mobile atau server cloud.

7. Perangkat Mobile

Smartphone atau perangkat *mobile* lainnya berfungsi sebagai penerima data yang dikirim oleh ESP8266. Pengguna dapat memantau status sistem, seperti jumlah energi yang dihasilkan atau volume air yang dialirkan, melalui aplikasi yang terhubung.

3.9 Perancangan Kode Program Alat

Penulis menggunakan sumber program pada saat memprogram Arduino, termasuk penggunaan *software* khusus Arduino IDE (*Integrated Development Environment*). Perangkat lunak ini ditujukan untuk pemograman yang

mengimplementasikan fungsi *on-board* melalui sintaks pemrograman. Bahasa yang digunakan dalam pemrograman Arduino adalah Bahasa C.

Bahasa pemrograman ini telah dimodifikasi untuk memudahkan pengguna memprogram dari Bahasa aslinya. Sebelum direkomersialkan, IC Arduino (*Integrated Circuit*) diimplementasikan dengan program bernama bootloader yang bertindak sebagai perantara antara compiler Arduino dan mikrokontroler. Dalam program yang dibuat penulis membagi program menjadi dua yakni kondisi pompa hidup secara manual dan kondisi pemantauan daya dari panel surya dan beban yakni pompa.

3.10 Perancangan Aplikasi.

Untuk pembuatan aplikasi, penulis menggunakan software yaitu kodular. Kodular adalah suatu web aplikasi yang memungkinkan kita untuk membuat aplikasi android dengan menggunakan Blok *Programming* sehingga tidak perlu melakukan koding (menulis kode pemrograman).

Kodular sendiri dibangun diatas sebuah projek *opensource MIT app inventor*, meski MIT App inventor sendiri dapat digunakan untuk membuat sebuah aplikasi android, tetapi kodular menawarkan banyak kelebihan fitur dan tools dibandingkan MIT app inventor.

3.11 Tahapan Pengujian Alat.

3.11.1 Pengujian Alat

Pengujian menentukan apakah perangkat sistem yang dibuat telah sesuai dengan skema yang dibuat atautkah masih ada kedala pada sub-sub sistem. Peneliti

kemudian melakukan pengujian. Pengujian dilakukan pada sub-sub bagian perangkat. Setelah dilakukan pengujian hasilnya akan dipelajari untuk mengetahui kesalahan dalam cara pengujian alat.

3.11.2 Analisis Data

Peneliti menganalisa serta mendefinisikan masalah pada daya dari beban dan panel surya, sensor PZEM-017t yang berfungsi sebagai pendeteksi arus dan tegangan, sensor *flow meter* sebagai pengukur debit air, mikrokontroler NodeMCU ESP8266 sebagai pengendali utama, LCD sebagai keluaran informasi dan relay sebagai penghubung dan pemutus arus pada pompa. Jika analisa data menghasilkan data yang tidak sesuai dengan hasil, maka akan dilakukan pengujian kembali.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini, penulis akan menguraikan hasil dan pembahasan dari pengujian alat “*Prototype* sistem pompa air tenaga surya dengan monitoring daya berbasis *IoT*”, yang telah dikembangkan. Sistem pompa air tenaga surya dengan monitoring daya berbasis *Internet of Things (IoT)* menggabungkan energi matahari untuk mengoperasikan pompa air, dan memanfaatkan teknologi IoT guna memantau dan meningkatkan efisiensi kinerja pompa serta mengatur penggunaan energi secara optimal. Pada sub bab pembahasan, penulis akan memaparkan hasil pengujian sistem yang telah dilakukan, yang dibagi menjadi beberapa bagian sesuai dengan tujuan dari pembuatan sistem tersebut.

4.1 perancangan Alat

Perancangan alat di buat guna mendukung dalam kelancaran penelitian ini,karena alat merupakan komponen utama untuk melakukan penelitian ini.Perancangan alat dilakukan di jurusan prodi teknik elektro universitas ichsan Gorontalo.



Gambar 4. 1 Dokumentasi Perakitan Alat

4.2 Perancangan Sistem

Perancangan sistem ini terdiri dari beberapa bagian yaitu :

1. Pemasangan Komponen: Setelah merancang sistem, langkah berikutnya adalah memasang semua komponen tersebut secara fisik. Panel surya dipasang di lokasi yang terpapar sinar matahari secara optimal, sedangkan pompa air dipasang di tempat yang membutuhkan pasokan air. Sensor

monitoring dipasang pada pompa air dan panel surya, sementara kontroler IoT ditempatkan di tempat yang mudah diakses.

2. Pengaturan dan Konfigurasi: Setelah pemasangan fisik, komponen elektronik seperti inverter dan kontroler IoT perlu dikonfigurasi. Ini melibatkan pengaturan arus dan tegangan yang tepat untuk inverter, serta konfigurasi jaringan untuk kontroler IoT agar dapat terhubung ke internet dan platform pengelolaan data.
3. Pengujian Fungsionalitas: Prototipe kemudian diuji untuk memastikan semua komponen berfungsi dengan baik. Ini melibatkan pengujian pompa air untuk memastikan bahwa dapat memompa air dengan baik menggunakan energi dari panel surya, serta pengujian sensor monitoring untuk memastikan pengambilan data yang akurat.
4. Integrasi IoT dan Pengelolaan Data: Setelah semua komponen berfungsi dengan baik, kontroler IoT diintegrasikan dengan platform pengelolaan data di cloud. Ini melibatkan pengaturan koneksi internet, pengiriman data sensor ke platform, dan penerimaan instruksi dari platform untuk mengontrol kinerja pompa air.
5. Pelatihan Pengguna: Terakhir, pengguna prototipe perlu dilatih untuk menggunakan sistem dengan efektif. Mereka perlu memahami cara memantau kinerja sistem melalui platform pengelolaan data dan cara mengontrol pompa air sesuai kebutuhan."

Dalam merancang Sistem “*Prototype* sistem pompa air tenaga surya dengan monitoring daya berbasis *IoT*”, *ESP 8266 Devkit V1* digunakan sebagai

unit utama sistem, dan *cloud server Spreadsheet* digunakan untuk melayani permintaan data dari perangkat *IoT*. Untuk memberikan ilustrasi sistem ini, penjelasannya dapat dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu:

1. *Embedded System* pada perangkat *ESP 8266*
2. Sistem *cloud server Spreadsheet*

Pada sistem Prototype sistem pompa air tenaga surya dengan monitoring daya berbasis *IoT*, penulis merinci rancangan sistem dengan menjelaskan secara detail setiap perangkat yang terintegrasi di dalamnya sebagai berikut:

1. *ESP 8266*, merupakan modul wifi yang berfungsi sebagai perangkat tambahan mikrokontroller seperti arduino
2. *Water flow* sensor, berfungsi untuk membaca debit air
3. *RXTX*, berfungsi sebagai media komunikasi yang dapat mengirimkan dan menerima informasi dari sensor.
4. Sensor *FZEEM 017*, adalah modul sensor yang dilengkapi dengan protocol komunikasi Modbus yang digunakan untuk mengukur keluaran DC seperti tegangan, arus, daya aktif, dan *energy*(KWh) .
5. Kabel jumper, adalah yang berfungsi sebagai konduktor listrik untuk menyambungkan rangkaian listrik.

4.2.1 Aplikasi SpreadSheet

Tipe Aplikasi

- **Spreadsheet:** Excel adalah aplikasi spreadsheet yang digunakan untuk mengorganisir, menganalisis, dan memanipulasi data dalam bentuk tabel.

2. Fitur Utama

- **Tabel dan Sel:** Data disusun dalam kolom dan baris, di mana setiap intersection disebut sel.
- **Fungsi dan Rumus:** Excel menyediakan berbagai fungsi matematika, statistik, dan logika yang memungkinkan pengguna untuk melakukan perhitungan kompleks.
- **Format Sel:** Pengguna dapat mengubah format sel, termasuk font, warna, dan gaya, untuk meningkatkan presentasi data.
- **Grafik dan Diagram:** Excel memungkinkan pengguna untuk membuat berbagai jenis grafik (bar, garis, pie, dll.) untuk visualisasi data.
- **Pivot Table:** Fitur ini membantu pengguna untuk menganalisis dan merangkum data dengan cepat, memungkinkan interaksi yang lebih mendalam.
- **Filter dan Sortir:** Pengguna dapat menyaring dan mengurutkan data berdasarkan kriteria tertentu untuk menemukan informasi yang relevan dengan cepat.
- **Makro dan VBA:** Excel mendukung pembuatan makro menggunakan Visual Basic for Applications (VBA) untuk mengotomatisasi tugas repetitif.

3. Konektivitas dan Kolaborasi

- **Cloud Integration:** Excel terintegrasi dengan Microsoft OneDrive, memungkinkan penyimpanan dan berbagi file secara online.
- **Kolaborasi Real-time:** Pengguna dapat berkolaborasi secara langsung dengan pengguna lain, memungkinkan beberapa orang untuk mengedit file secara bersamaan.
- **Ekspor dan Impor:** Excel mendukung berbagai format file, termasuk CSV, XML, dan PDF, memudahkan pertukaran data dengan aplikasi lain.

4. Keamanan

- **Proteksi File:** Excel memungkinkan pengguna untuk mengatur kata sandi untuk melindungi file dan mencegah akses tidak sah.
- **Audit:** Fitur audit membantu pengguna melacak perubahan yang dilakukan dalam dokumen.

5. Platform

- **Versi Desktop:** Tersedia untuk Windows dan macOS dengan fitur lengkap.
- **Versi Web:** Excel Online menawarkan akses ke fitur dasar Excel secara gratis dengan koneksi internet.
- **Aplikasi Seluler:** Excel juga tersedia di platform iOS dan Android, memungkinkan akses dan pengeditan file di perangkat mobile.

6. Aplikasi Praktis

- **Analisis Data:** Digunakan untuk menganalisis data keuangan, penjualan, dan tren pasar.
- **Perencanaan Anggaran:** Membantu pengguna dalam merencanakan dan melacak pengeluaran.
- **Pembuatan Laporan:** Memudahkan pengguna dalam menyusun laporan berdasarkan data yang tersedia.
- **Manajemen Proyek:** Membantu dalam pembuatan jadwal dan pemantauan kemajuan proyek.

7. Kompatibilitas

- **Integrasi dengan Aplikasi Microsoft:** Excel terintegrasi dengan aplikasi lain seperti Word, PowerPoint, dan Access untuk meningkatkan produktivitas.
- **Add-Ins:** Mendukung penggunaan add-ins untuk menambah fungsionalitas, seperti analisis data lanjutan dan koneksi ke database eksternal.

4.2 Implementasi

Dalam mengembangkan prototipe sistem pompa air tenaga surya yang dilengkapi dengan pemantauan daya berbasis *Internet of Things* (IoT), langkah pertama adalah merancang sistem yang efisien dan ramah lingkungan. Energi matahari akan dikumpulkan oleh panel surya dan diubah menjadi daya listrik

untuk menggerakkan pompa air. Sensor *IoT* akan dipasang untuk memantau dan meningkatkan kinerja sistem secara real-time. Data terkait produksi energi, konsumsi, dan kinerja pompa dapat diakses dari jarak jauh melalui koneksi internet.

Terlebih lagi, integrasi *IoT* memungkinkan untuk pengaturan otomatis, di mana pompa air dapat diaktifkan atau dinonaktifkan sesuai dengan kebutuhan air atau intensitas cahaya matahari. Fungsionalitas ini tidak hanya meningkatkan efisiensi energi, tetapi juga membolehkan pengguna untuk mengelola sistem melalui perangkat pintar seperti smartphone atau komputer. Sehingga, pengguna memiliki kontrol total terhadap operasi pompa air mereka, sambil secara efektif memantau kinerjanya dan menyesuaikan penggunaan energi sesuai kebutuhan. Langkah ini mencerminkan kemajuan menuju solusi yang berkelanjutan dan cerdas dalam memanfaatkan energi surya untuk aplikasi sehari-hari.

4.3 Pengujian

Untuk menerapkan Sistem Monitoring Penggunaan Air PDAM Prabayar Berbasis *IoT*, penulis membagi pengujian menjadi beberapa bagian pengujian sesuai dengan kerja masing-masing perangkat.

4.3.1 Pengujian Aplikasi Blynk

Pengujian Aplikasi Blynk dilakukan untuk memastikan bahwa sistem validasi *login* dan sign up berjalan dengan baik, memungkinkan hanya pengguna yang terdaftar untuk mengakses aplikasi. Berikut adalah langkah-langkah pengujian yang dilakukan:

1. Pendaftaran Pengguna (*Signup*):

- Aplikasi menyediakan fitur pendaftaran untuk pengguna baru, yang mengharuskan pengguna untuk memasukkan email dan kata sandi.
- *Firebase Authentication* digunakan untuk membuat akun baru dengan informasi yang diberikan.
- Pengujian ini memastikan bahwa akun baru dapat dibuat dengan sukses dan informasi pengguna disimpan dengan benar di *Firebase Authentication*.

2. Login Pengguna:

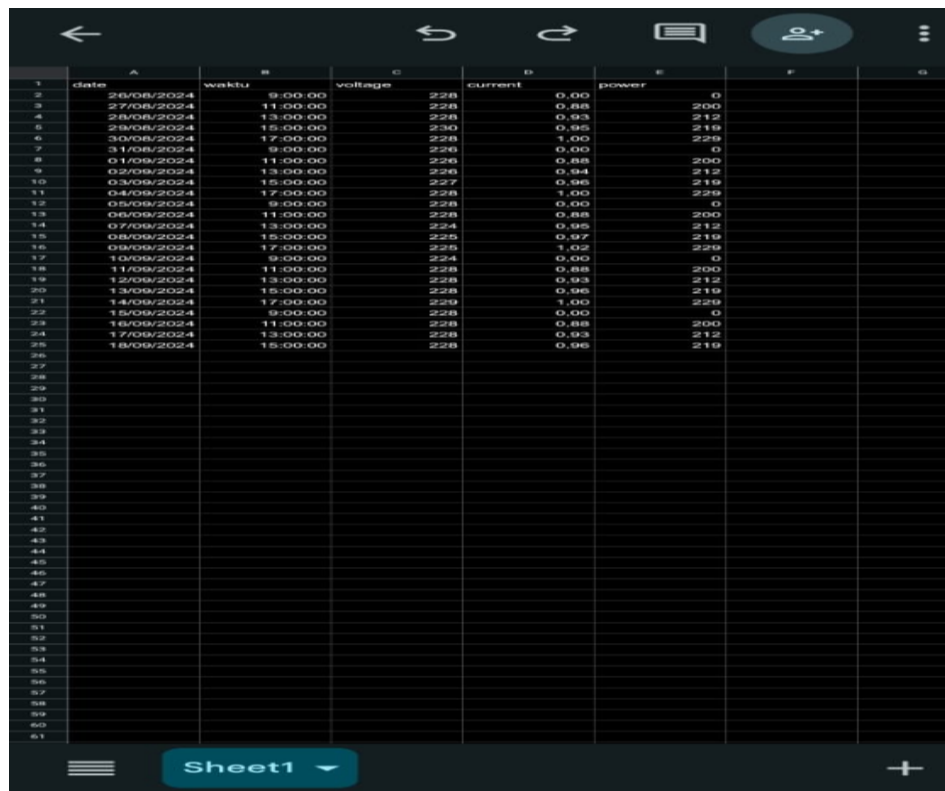
- Aplikasi menyediakan fitur login yang memungkinkan pengguna yang telah terdaftar untuk masuk ke aplikasi.
- Aplikasi Blynk memverifikasi kredensial (email dan kata sandi) yang dimasukkan oleh pengguna.
- Pengujian ini memastikan bahwa hanya pengguna yang telah terdaftar dan email mereka telah diverifikasi yang dapat masuk ke aplikasi.
- Jika pengguna mencoba masuk dengan informasi yang salah, sistem akan menampilkan pesan kesalahan yang sesuai.

3. Pengaturan Keamanan aplikasi Blynk

- Enkripsi seluruh komunikasi: Pastikan bahwa semua data yang dikirim antara perangkat dan server Blynk dienkripsi menggunakan protokol yang aman seperti HTTPS atau MQTT dengan SSL/TLS.

- Konfigurasi keamanan server: Atur server *Spreadsheet* Anda dengan langkah-langkah keamanan tambahan seperti pengaturan *firewall*, pemantauan aktivitas yang mencurigakan, dan penerapan pembaruan rutin.
- Pembaruan perangkat lunak: Pastikan bahwa perangkat keras dan lunak yang digunakan dalam proyek *Spreadsheet* selalu diperbarui dengan pembaruan keamanan terbaru.
- Kontrol akses yang ketat: Pertimbangkan untuk menerapkan kontrol akses yang ketat, seperti menerapkan *whitelist* IP atau menggunakan otentikasi dua faktor.
- Validasi data input: Lakukan validasi data input secara ketat untuk mencegah serangan injeksi atau celah keamanan lainnya yang dapat dimanfaatkan oleh penyerang.
- Pemantauan aktivitas: Terapkan mekanisme pemantauan aktivitas yang memungkinkan Anda untuk mendeteksi dan merespons ancaman keamanan dengan cepat.
- Pembatasan akses ke fungsi sensitif: Jika memungkinkan, batasi akses pengguna ke fungsi-fungsi yang sensitif atau berpotensi membahayakan sistem.
- Penghapusan data yang aman: Pastikan bahwa data sensitif dihapus dengan aman dari perangkat dan server setelah tidak diperlukan lagi.

- Fasilitasi pelaporan kerentanan: Berikan cara bagi pengguna atau peneliti keamanan untuk melaporkan kerentanan keamanan yang mereka temukan.



	A	B	C	D	E	F	G
1	date	waktu	voltage	current	power		
2	26/08/2024	9:00:00	228	0.00	0		
3	27/08/2024	11:00:00	228	0.88	200		
4	28/08/2024	13:00:00	228	0.93	212		
5	29/08/2024	15:00:00	230	0.95	219		
6	30/08/2024	17:00:00	228	1.00	229		
7	31/08/2024	9:00:00	228	0.00	0		
8	01/09/2024	11:00:00	228	0.88	200		
9	02/09/2024	13:00:00	228	0.94	212		
10	03/09/2024	15:00:00	227	0.96	219		
11	04/09/2024	17:00:00	228	1.00	229		
12	05/09/2024	9:00:00	228	0.00	0		
13	06/09/2024	11:00:00	228	0.88	200		
14	07/09/2024	13:00:00	224	0.95	212		
15	08/09/2024	15:00:00	225	0.97	219		
16	09/09/2024	17:00:00	228	1.02	229		
17	10/09/2024	9:00:00	224	0.00	0		
18	11/09/2024	11:00:00	228	0.88	200		
19	12/09/2024	13:00:00	228	0.93	212		
20	13/09/2024	15:00:00	228	0.96	219		
21	14/09/2024	17:00:00	229	1.00	229		
22	15/09/2024	9:00:00	228	0.00	0		
23	16/09/2024	11:00:00	228	0.88	200		
24	17/09/2024	13:00:00	228	0.93	212		
25	18/09/2024	15:00:00	228	0.96	219		
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
59							
60							
61							

Gambar 4.1 Data Dari Aplikasi



Gambar 4. 2 Aplikasi Spreadsheet

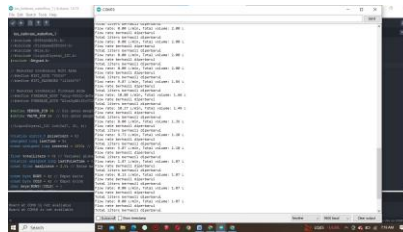
4.3.2 Pengujian Aplikasi Spreadsheet

Prototype sistem pompa air tenaga surya dengan monitoring daya berbasis *IoT* yang dibuat menggunakan aplikasi *Spreadsheet*. *Spreadsheet* adalah platform yang memfasilitasi pembuatan aplikasi *IoT* dengan cepat dan sederhana bagi pengembang, tanpa memerlukan pengetahuan khusus dalam pemrograman atau elektronika. Pada sistem yang dibuat terdiri dari beberapa fitur yang dapat memonitoring penggunaan daya dan debit air.

4.3.3 Pengujian Sistem Utama

Sensor Fzeem-017t menghasilkan serangkaian pulsa yang Pengukuran beban yang ada pada rangkain seperti *Voltage*, *Current* Arus dan Debit Air. Dalam pengujian ini, digunakan sensor Fzeem 017t yang akan mengeluarkan nilai yang berupa satuan angka. Pada penelitian ini, sebuah program dibuat menggunakan bahasa pemrograman Arduino C++ untuk dijalankan oleh perangkat utama. Program Arduino C++ yang dijalankan pada sistem utama yang menggunakan

ESP 8266 sebagai komponen utama memiliki tampilan yang ditunjukkan pada Gambar 4.6



Gambar 4. 3 Tampilan saat program pada ESP 32 berjalan

4.4 hasil Penelitian

PZEM-017 adalah sebuah perangkat metering energi yang digunakan untuk mengukur daya listrik secara akurat pada panel surya yang memasok daya ke beban, seperti pompa air. Perangkat ini menggunakan teknologi pengukuran arus dan tegangan yang terintegrasi dengan sensor transformatif arus dan sensor tegangan. Saat terhubung ke panel surya, PZEM-017 pertama-tama mengukur tegangan DC yang disediakan oleh panel surya. Sensor tegangan di perangkat ini mendeteksi tegangan masukan secara langsung, memberikan pembacaan yang akurat meskipun dalam kondisi variabel atau saat panel surya beroperasi di bawah intensitas cahaya yang berbeda. Selanjutnya, perangkat ini mengukur arus DC yang mengalir dari panel surya ke pompa air.

Sensor transformatif arus di PZEM-017 ditempatkan sepanjang jalur arus yang mengalir, mendeteksi dan mengukur arus yang digunakan oleh beban, dalam hal ini, pompa air. Dengan data tegangan dan arus yang diukur, PZEM-017 dapat secara langsung menghitung daya listrik yang sedang dibangkitkan oleh panel surya untuk mengoperasikan pompa air.

Pengukuran ini dilakukan dengan presisi tinggi dan diperbarui secara real-time, memberikan informasi yang akurat tentang kinerja sistem panel surya dan konsumsi daya oleh beban seperti pompa air. Hasil pengukuran daya ini biasanya ditampilkan pada layar *LCD* PZEM-017 atau dapat diakses melalui output data digital yang tersedia, seperti modul komunikasi serial. Informasi ini berguna untuk pemantauan efisiensi sistem panel surya dan pemeliharaan rutin, serta untuk perencanaan dan pengoptimalan konsumsi energi dalam aplikasi-aplikasi terkait, seperti irigasi pertanian atau penyediaan air dalam lingkungan yang terpencil.

Flow meter YF-S201 bekerja dengan prinsip *Hall Effect* di mana sensor Hall Effect mendeteksi perubahan medan magnet yang disebabkan oleh rotor yang berputar sejalan dengan aliran cairan. Saat cairan mengalir melalui flow meter, rotor bergerak dan menghasilkan pulsa-pulsa sinyal listrik. Frekuensi dari pulsa-pulsa ini kemudian dihitung untuk menentukan jumlah aliran yang melewati flow meter dalam satuan yang sesuai, seperti liter per menit. *Flow* meter ini biasanya memberikan *output* yang dapat langsung dibaca atau diintegrasikan ke dalam sistem pemantauan yang lebih besar, memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengontrol aliran cairan dengan akurasi yang tinggi untuk berbagai aplikasi industri dan domestik.

Pada saat pengujian semua sensor berfungsi seperti semestinya flow meter mengeluarkan nilai debit air yang keluar secara

4.4.1 Analisis Data

Pengukuran dilakukan di tiga(3) kondisi cuaca yang berbeda yaitu

- Kondisi cuaca cerah
- Kondisi cuaca cerah sekali
- Kondisi cuaca mendung

1. Kondisi cuaca cerah

Irradians Surya Tinggi: Pada kondisi cerah, intensitas sinar matahari yang diterima oleh panel surya sangat tinggi. Hal ini mengakibatkan panel surya menghasilkan listrik maksimum karena banyaknya energi matahari yang tersedia. **Tingkat Efisiensi Tinggi:** Dalam kondisi ini, panel surya cenderung memiliki efisiensi yang lebih tinggi karena tidak ada hambatan signifikan dalam penyerapan radiasi matahari. **Output Listrik Maksimum:** Panel surya akan menghasilkan output listrik maksimum sesuai dengan kapasitasnya pada kondisi cerah ini.

Berdasarkan kondisi cuaca di atas telah didapatkan hasil pengukuran seperti di tunjukkan pada table 4.1.

Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Cuaca Cerah

No	Voltage(V)	Ampere(A)	Power(W)	Flow Meter(L/M)	Ket.Cuaca
1	12,32	2,1	2,6	2,5	Cerah
2	12,18	2,1	2,6	2,6	Cerah
3	12,30	2,1	2,6	2,5	Cerah
4	12,32	2,1	2,6	2,7	Cerah
5	12,12	2,1	2,6	2,7	Cerah
6	12,36	2,0	2,5	2,6	Cerah
7	12,30	2,1	2,6	2,6	Cerah
8	12,32	2,1	2,6	2,6	Cerah
9	11,32	2,1	2,6	2,6	Cerah
10	11,91	1,9	2,3	2,6	Cerah

Total	26 Liter/M	Cerah
-------	------------	-------

Pada Tabel 4.1 hasil pengujian menunjukkan bahwa pada kondisi cuaca cerah, sistem pompa air tenaga surya ini stabil dengan tegangan rata-rata sekitar 12,2 V dan arus sekitar 2,0 A. Meskipun terjadi sedikit variasi dalam tegangan dan arus, daya yang dihasilkan tetap konsisten pada sekitar 2,5 Watt. Selain itu, debit air yang dihasilkan bervariasi antara 2,5 hingga 2,7 liter per menit. Hal ini menunjukkan bahwa sistem ini cukup responsif terhadap variasi intensitas cahaya matahari.

2. Kondisi Cuaca Terik

Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran Cuaca Cerah

No	Voltage(V)	Ampere(A)	Power(W)	Flow Meter(L/M)	Ket.Cuaca
1	12,32	2,1	2,6	2,5	Cerah
2	12,18	2,1	2,6	2,6	Cerah
3	12,30	2,1	2,6	2,5	Cerah
4	12,32	2,1	2,6	2,7	Cerah
5	12,12	2,1	2,6	2,7	Cerah
6	12,36	2,0	2,5	2,6	Cerah
7	12,30	2,1	2,6	2,6	Cerah
8	12,32	2,1	2,6	2,6	Cerah
9	11,32	2,1	2,6	2,6	Cerah
10	11,91	1,9	2,3	2,6	Cerah
Total				26 Liter/M	Cerah

3. Kondisi Cuaca Mendung

Prototipe sistem pompa air tenaga surya dengan monitoring daya berbasis IoT ini diuji pada kondisi cuaca mendung untuk memahami pengaruhnya terhadap kinerja dan efisiensi system lihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Cuaca Mendung

No	Voltage(V)	Ampere(A)	Power(W)	Flow Meter(L/M)	Ket.Cuaca
1	1,1	1,7	2,0	2,0	Mendung
2	1,1	1,8	2,1	2,0	Mendung
3	1,1	1,8	2,1	2,1	Mendung
4	1,1	1,8	2,0	2,0	Mendung
5	1,1	1,7	2,0	2,3	Mendung
6	1,1	1,7	2,0	2,2	Mendung
7	1,1	1,4	1,7	2,3	Mendung
8	1,1	1,4	1,7	2,2	Mendung
9	1,1	1,4	1,7	2,3	Mendung
10	1,1	1,4	1,7	2,2	Mendung
Total				21,6 Liter/M	

Pada Tabel 4.3 hasil pengujian menunjukkan bahwa pada kondisi cuaca mendung, tegangan yang dihasilkan stabil pada sekitar 1,1 V, dengan arus yang bervariasi antara 1,4 A hingga 1,8 A. Daya yang dihasilkan berkisar antara 1,7 Watt hingga 2,1 Watt, menunjukkan respons yang cukup stabil meskipun dalam kondisi cahaya matahari yang tereduksi. Debit air yang dicatat bervariasi dari 2,0 hingga 2,3 liter per menit, yang dapat diatribusikan pada fluktuasi intensitas cahaya. Dalam total pengukuran, sistem ini mencapai rata-rata debit sebesar 21,6 liter per menit pada kondisi cuaca mendung.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Prototipe sistem pompa air tenaga surya dengan monitoring daya berbasis IoT telah berhasil dikembangkan dan dievaluasi. Penelitian ini menyoroti beberapa temuan penting:

1. **Efisiensi Energi:** Implementasi panel surya untuk memasok daya pada pompa air meningkatkan efisiensi energi secara signifikan. Sistem ini mampu mengoptimalkan penggunaan energi dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan.
2. **Monitoring Daya Berbasis IoT:** Penggunaan teknologi Internet of Things (IoT) dalam sistem memungkinkan pemantauan real-time yang akurat terhadap konsumsi daya pompa air. Hal ini memberikan pemahaman mendalam mengenai performa sistem dan memungkinkan untuk melakukan tindakan perbaikan secara proaktif.
3. **Keandalan Operasional:** Sistem telah terbukti dapat beroperasi secara andal dalam berbagai kondisi lingkungan, termasuk cuaca ekstrem dan fluktuasi sinar matahari. Ini menunjukkan potensi aplikasi yang luas dalam daerah terpencil atau sulit dijangkau.
4. **Keterhubungan dan Scalability:** Ketersediaan data real-time melalui platform IoT memfasilitasi pengelolaan jarak jauh dan memungkinkan

untuk perluasan sistem dengan mudah. Ini menjadi landasan yang kokoh untuk pengembangan lebih lanjut dalam skala yang lebih besar.

5.2. Saran

Berikut beberapa saran untuk pengembangan dan implementasi lebih lanjut dari prototipe ini:

1. **Pengembangan Sensor:** Integrasi sensor yang lebih canggih untuk mendapatkan data yang lebih detail tentang kondisi lingkungan (misalnya, suhu, kelembaban, dan tekanan) dapat meningkatkan pemantauan dan kontrol sistem.
2. **Pengoptimalan Algoritma:** Penelitian lebih lanjut dalam pengembangan algoritma untuk pengaturan otomatis pompa air berdasarkan data pemantauan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi.
3. **Uji Coba di Lapangan:** Melakukan uji coba lebih lanjut di lapangan untuk memvalidasi kinerja sistem dalam skala yang lebih besar dan beragam kondisi lingkungan.
4. **Edukasi dan Pelatihan:** Pelatihan bagi pengguna akhir tentang pengoperasian dan pemeliharaan sistem akan mendukung adopsi teknologi ini secara lebih luas.
5. **Studi Kelayakan Ekonomi:** Melakukan studi kelayakan ekonomi lebih lanjut untuk memperhitungkan investasi awal, penghematan energi, dan biaya pemeliharaan dalam jangka panjang.

6. **Integrasi dengan Smart Grid:** Mengeksplorasi integrasi sistem dengan smart grid untuk optimisasi lebih lanjut dalam manajemen dan distribusi energi.

Dengan adanya prototipe ini, terbuka peluang besar untuk menerapkan solusi berkelanjutan dan inovatif dalam sektor pertanian, pengairan, dan pemukiman di daerah yang tidak terjangkau oleh jaringan listrik konvensional. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif dalam mendukung pembangunan berkelanjutan dan pengurangan emisi karbon di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Talawo, P. C. D (2022). Pengaruh Polutan pada Permukaan Panel Surya Terhadap Kinerja Panel Surya Kapasitas 10 Wp, 2 (1) 31-38.
- Gede Widayana (2014). Pemanfaatan Energi Surya ,9(1), 37-46
- Dian Furqani Alifyanti. (2018). Pengaturan Tegangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 1000 WATT Jurnal Kajian Teknik Elektro ,1(1), 79-95
- Sujana, P. A. (2015). Pengaruh Kebersihan Modul Surya Terhadap Unjuk Kerja PLTS, E-journal SPEKTRUM, 3(2). 49-54.
- Junaldy, M. (2019). Rancang Bangun Alat Pemantau Arus Dan Tegangan Di Sistem Panel Surya Berbasis Arduino Uno. Jurnal Teknik Elektro dan Komputer . 8(1). 9-14.
- Harahap, P. (2019). Implementasi Karakteristik Arus dan Tegangan PLTS Terhadap Peralatan Trainer Energi Baru Terbarukan. 2(4). 152-157.
- Wicaksana. M. R (2019). Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop 158 KWP Pada Kantor Gubernur Bali. Jurnal SPEKTRUM.6(3). 107-113.
- Diantari, R. A (2017). Studi Penyimpanan Energi Pada Baterai PLTS JURNAL ENERGI & KELISTRIKAN VOL. 9(2), 49-54.
- Yuliananda, S (2015). Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya. Jurnal Pengabdian LPPM Untag Surabaya, 1(2),193-202.

- Gustami, R (2020). Karakteristik Sistem PLTS Terhubung Pararel Dengan Variasi Beban, 1-22.
- Pasaribu,C (2021). Analisa Pengaruh Pendinginan Permukaan Panel Surya Terhadap Daya Keluaran Pada Pembangkit Listrik Tenaga Matahari, Universitas Pembangunan Panca Budi.
- Fernando,Y(2020). Studi Kinerja Panel Surya Tipe 180 WP Berdasarkan Air Cooling System dan Perpindahan Panas Pada Permukaan Panel, Universitas Islam Riau Pekanbaru.
- Fuadi.I.A.(2018)”Studi Pengaruh Polutan Terhadap Kinerja PV Module, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kresna A, “Perancangan Sistem Irigasi Berbasis IoT pada Sawah Padi di Kecamatan Wangon, Kabupaten Banyumas,” *LEDGER : Journal Informatic and Information Technology*, vol. 1, no. 3, pp. 1–9, Oct. 2022, doi: 10.20895/ledger.v1i3.736.
- R. B. Alat *et al.*, “Rancang Bangun Alat Penyiraman Tanaman Tomat Otomatis Menggunakan Sensor RTC Berbasis Arduino Uno”, doi: 10.36418/comserva.v2i5.317.
- R. Daniel, “Rancang Bangun Alat Monitoring Kelembaban, PH Tanah dan Pompa Otomatis Berbasis Arduino,” *Journal of Applied Computer Science and Technology*, vol. 3, no. 2, pp. 208–212, Dec. 2022, doi: 10.52158/jacost.v3i2.384.

A. Rahman and I. U. V. Simanjuntak, “Rancang Bangun Sistem Irigasi pada Perkebunan Cabai Berbasis Arduino Uno dan Sprinkler,” *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 21, no. 2, p. 279, Dec. 2022, doi: 10.24843/mite.2022.v21i02.p16.

I. Agustine Cahyaningtyas and A. Stefanie, “IMPLEMENTASI ESP32 CAM DAN KODULAR BERBASIS ANDROID UNTUK MONITORING SMART GARDEN,” 2023.

Y. Setiawan and L. Fauziah, “PENERAPAN SENSOR SOIL MOISTURE (YL-69) PADA SISTEM PENGUKUR KELEMBABAN JAGUNG.”
“jm_elektro,+29220-60845-1-ED”.

A. Boy Panroy Manullang *et al.*, “IMPLEMENTASI NODEMCU ESP8266 DALAM RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN SEPEDA MOTOR BERBASIS IOT,” 2021. [Online]. Available: <http://ejournal.stmiklombok.ac.id/index.php/jirelISSN.2620-6900>

Deni Wijayanto, Subuh Isnur Haryudo, Tri Wrahatnolo, Nurhayati

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: deni.18069@mhs.unesa.ac.id

Email: subuhisnur@unesa.ac.id, wrahatnolo@yahoo.co.id,
nurhayati@unesa.ac.id

Alfan Habibillah, Alfian Ma’arif Program Studi Teknik Elektro, Universitas
Ahmad Dahlan, Indonesia

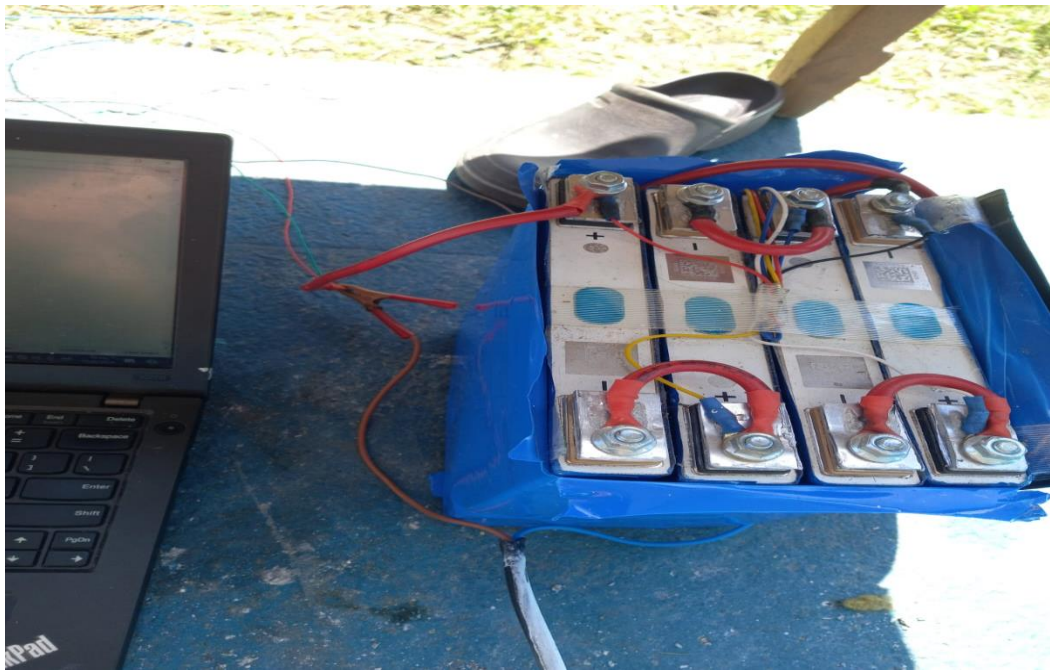
Amar Ma'ruf , Rangsang Purnama , Kunto Eko Susilo

Program Studi Sistem Komputer, Universitas Narotama Jl. Arief Racman

Hakim 51, Surabaya 60117 Indonesia

LAMPIRAN







KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ICHSAN GORONTALO
LEMBAGA PENELITIAN

Kampus Unisan Gorontalo Lt.3 - Jln. Achmad Nadjamuddin No. 17 Kota Gorontalo
Telp: (0435) 8724466, 829975 E-Mail: lembagapenelitian@unisan.ac.id

Nomor : 5036/PIP/LEMLIT-UNISAN/GTO/II/2024

Lampiran : -

Hal : Permohonan Izin Penelitian

Kepada Yth,

Kepala Lab. Teknik Elektro Universitas Ichsan Gorontalo

di,-

Tempat

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dr. Rahmisyari, ST.,SE.,MM

NIDN : 0929117202

Jabatan : Ketua Lembaga Penelitian

Meminta kesediannya untuk memberikan izin pengambilan data dalam rangka penyusunan **Proposal / Skripsi**, kepada :

Nama Mahasiswa : Rizky Wahyu Ramadhan

NIM : T2120014

Fakultas : Fakultas Teknik

Program Studi : Teknik Elektro

Lokasi Penelitian : LABORATORIUM TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS
ICHSAN GORONTALO

Judul Penelitian : PROTOTYPE SISTEM POMPA AIR TENAGA SURYA
DENGAN MONITORING DAYA BERBASIS IOT

Atas kebijakan dan kerja samanya diucapkan banyak terima kasih.

Gorontalo, 02 Februari 2024
Kema

Dr. Rahmisyari, ST.,SE.,MM
NIDN: 0929117202

+



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS ICHSAN GORONTALO FAKULTAS TEKNIK JURUSAN ELEKTRO
SK. MENDIKNAS NOMOR 84/D/O/2001 STATUS TERAKREDITASI BAN-PT. DIKTI
JL. Raden Saleh No. 17 Tlp. (0435) 829975 Kota Gorontalo
SURAT KETERANGAN TELAH MELAKUKAN PENELITIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Iqbal Faturachamn. ST.,MT

Jabatan : Kepala Laboratorium Jurusan Teknik Elektro

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang beridentitas :

Nama : Rizky Wahyu Ramadhan

Nim : T2120014

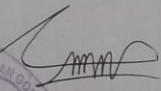

Program Studi : Teknik Elektro

Telah selesai melakukan penelitian dan pengambilan data penelitian mulai terhitung satu bulan untuk memperoleh data penelitian dalam rangka penyusunan skripsi yang berjudul “ **Prototype Sistem Pompa Air Tenaga Surya Dengan Monitoring Daya Berbasis IOT**”.

Demikian surat keterangan ini di buat dan diberikan kepada yang bersangkutan untuk di pergunakan sepenuhnya.

Gorontalo, 13 Juni 2024

Kepala Laboratorium



Iqbal Faturachamn. ST.,MT



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ICHSAN GORONTALO
FAKULTAS TEKNIK

SK MENDIKNAS NOMOR 84/D/O/2001
Jl. Ahmad Nadjamuddin No. 17. Telp. (0435) 829975 Fax. (0435) 829976 Gorontalo

SURAT REKOMENDASI BEBAS PLAGIASI
No. 108/FT-UIG/VI/2024

Yang bertanda tangan di bawah ini :


Nama : Dr. Ir. Stephan A. Hulukati. ST.,MT.,M.Kom
NIDN : 0917118701
Jabatan : Dekan /Tim Verifikasi Fakultas Teknik

Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama Mahasiswa : Rizky Wahyu Ramadhan
NIM : T21.20.014
Program Studi : Elektro
Fakultas : Teknik
Judul Skripsi : Prototype Sistem Pompa Air Tenaga Surya Dengan
Monitoring Daya Berbasis IoT.

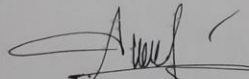
Sesuai hasil pengecekan tingkat kemiripan skripsi melalui aplikasi **Turnitin** untuk judul skripsi di atas diperoleh hasil *Similarity* sebesar **30%**, berdasarkan Peraturan Rektor No. 32 Tahun 2019 tentang Pendeteksian Plagiat pada Setiap Karya Ilmiah di Lingkungan Universitas Ichsan Gorontalo dan persyaratan pemberian surat rekomendasi verifikasi calon wisudawan dari LLDIKTI Wil. XVI, bahwa batas kemiripan skripsi maksimal 30%, untuk itu skripsi tersebut di atas dinyatakan **BEBAS PLAGIASI** dan layak untuk diujikan.

Demikian surat rekomendasi ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Mengetahui
Dekan,


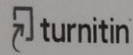
Dr. Ir. Stephan A. Hulukati. ST.,MT.,M.Kom
NIDN: 0917118701

Gorontalo, 19 Juni 2024
Tim Verifikasi,



Arifuddin. ST.,MT
NIDN. 0907088604

Terlampir :
Hasil Pengecekan Turnitin



Similarity Report ID: old:25211:61669098

PAPER NAME

AUTHOR

SKRIPSI_T2120014_RIZKYWAHYURAMA DHAN.pdf RIZKY WAHYU RAMADHAN

WORD COUNT

CHARACTER COUNT

10473 Words

68930 Characters

PAGE COUNT

FILE SIZE

72 Pages

2.1MB

SUBMISSION DATE

REPORT DATE

Jun 19, 2024 3:15 AM GMT+8

Jun 19, 2024 3:16 AM GMT+8

● 30% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

- 30% Internet database
- 3% Publications database
- Crossref database
- Crossref Posted Content database
- 1% Submitted Works database

● Excluded from Similarity Report

- Bibliographic material
- Quoted material
- Cited material
- Small Matches (Less than 25 words)

Summary

**BIODATA CALON WISUDAWAN
UNIVERSITAS ICHSAN GORONTALO**

Nama : Rizky Wayu Ramadhan
Nim : T21.20.014
Jenis Kelamin : Laki-laki
Tempat Tgl Lahir : Ambelang, 23 November 1999
Pekerjaan : -
Agama : Islam
Suku Bangsa : Indonesia
Alamat : Desa Ambelang, Kec. Tinangkung Kab. Banggai Kepulauan
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang Pendidikan : S1
No. HP : 082321449433
IPK : -
Tanggal Yudisium :
Ukuran Toga : M
Email : Rizkywahyu871@gmail.com
Judul Skripsi : Prototype Sistem Pompa Air Tenaga Surya Dengan Monitoring Daya Berbasis IOT.

