

**PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM MONITORING
TEGANGAN, ARUS, DAN SUHU PADA PANEL SURYA
BERBASIS IOT MENGGUNAKAN BLYNK**

SKRIPSI

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Program Studi S-1 Jurusan Teknik
Elektro Fakultas Teknik Universitas Islam Nusantara

Oleh :

Raihan Wahyu Pratama

41037002211019



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM NUSANTARA
2025**

LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Raihan Wahyu Pratama

NIM : 41037002211019

Program studi : Teknik Elektro

Menyatakan bahwa Skripsi yang berjudul :

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM MONITORING TEGANGAN, ARUS, DAN SUHU PADA PANEL SURYA BERBASIS IOT MENGGUNAKAN BLYNK dibuat dengan sebenar-benarnya dari penelitian, pemikiran, dan pemaparan hasil saya sendiri, untuk melengkapi sebagai pernyataan menjadi Sarjana (S1) pada jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Islam Nusantara Bandung, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari buku Skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan jenjang Sarjana (S1) di lingkungan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Islam Nusantara Bandung maupun perguruan-perguruan tinggi atau instansi manapun kecuali bagian yang sumber informasi dicantumkan sebagaimana mestinya.

Bandung, 26 Agustus 2025

Yang membuat pernyataan,

RAIHAN WAHYU PRATAMA

NIM. 41037002211019

LEMBAR PENGESAHAN

**PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM MONITORING
TEGANGAN, ARUS, DAN SUHU PADA PANEL SURYA BERBASIS IOT
MENGUNAKAN BLYNK**

Disusun dan diajukan oleh:

**RAIHAN WAHYU PRATAMA
41037002211019**

Disetujui dan disahkan pada Sidang Skripsi pada tanggal :

15 Mei 2025

Pembimbing I

Pembimbing II

Ganis Sanhaji, S.Si., M.Sc.

Dr. Iksal Rachman, M.T.

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Prodi Teknik Elektro

Dr. Ricky Yoseptry, S.T., M.M.Pd.

Muhammad Zimamul Adli, M.S.i.

**LEMBAR PENGESAHAN
REVISIAN SKRIPSI**

**PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM MONITORING
TEGANGAN, ARUS, DAN SUHU PADA PANEL SURYA BERBASIS IOT
MENGUNAKAN BLYNK**

Telah Direvisi

Oleh:

**RAIHAN WAHYU PRATAMA
41037002211019**

Bandung, 15 Mei 2025

Mengesahkan,

Penguji I

Penguji II

Osphanie Mentari, S.T., M.T., M.Eng.

Ryan Nur Iman, S.Si., M.Sc.

Ketua Sidang

Muhammad Zimamul Adli, M.S.i.

BIODATA PENULIS



Nama : Raihan Wahyu Pratama
Tempat Tanggal Lahir : Bandung, 17 Februari 2003
Telepon : +6285722661890
Email : raihanwahyupratama40@gmail.com
Riwayat Pendidikan : SD Negeri 1 Cipeundeuy
SMP Negeri 1 Ngamprah
SMK Pusdikhubad Cimahi

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal tugas akhir yang berjudul " PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM MONITORING TEGANGAN, ARUS DAN SUHU PADA PANEL SURYA BERBASIS IOT MENGGUNAKAN BLYNK". Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi S1 di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro, Universitas Islam Nusantara. Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua individu dan pihak yang telah memberikan bimbingan serta bantuan dalam proses pelaksanaan penelitian ini, hingga skripsi tugas akhir ini dapat kami susun dengan baik :

1. Prof. Dr. Endang Komara, M.Si., selaku Rektor Universitas Islam Nusantara, yang telah memberikan fasilitas dan dukungan akademik selama proses perkuliahan.
2. Dr. Ricky Yoseptry., S.T, M.M.Pd., selaku Dekan Fakultas Fakultas Teknik, atas dukungan dan bimbingannya.
3. Muhammad Zimamul Adli, M.S.i, _selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, yang senantiasa memberikan pengarahan dan nasihat kepada penulis.
4. Ganis Sanhaji, S.Si., M.Sc., selaku dosen pembimbing I skripsi, yang telah memberikan arahan, kritik, dan saran selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini.
5. Dr. Iksal Rachman, M.T., selaku dosen pembimbing II skripsi, yang telah memberikan arahan, kritik, dan saran selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini.
6. Seluruh dosen dan staf pengajar di Program Studi Teknik Elektro, yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan dan pengalaman selama masa perkuliahan.
7. Keluarga tercinta, yang selalu mendoakan, memberikan dukungan moral, serta motivasi kepada penulis.
8. Teman-teman seperjuangan di program studi teknik elektro angkatan 2021, yang senantiasa memberikan semangat dan kebersamaan selama studi.

Penulis menyadari bahwa proposal ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan untuk perbaikan dan penyempurnaan penelitian ini di masa mendatang. Akhir kata, semoga proposal ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang berkepentingan dan dapat memberikan kontribusi nyata dalam perkembangan teknologi di masa depan.

Bandung, 17 April 2025

Raihan Wahyu Pratama

ABSTRAK

Nama : Raihan Wahyu Pratama

Program Studi : Teknik Elektro

Judul : Perancangan dan Implementasi Sistem Monitoring Tegangan, Arus, dan Suhu pada Panel Surya Berbasis IoT Menggunakan Blynk

Pemantauan terhadap performa panel surya ini sangat perlu dilakukan untuk mengetahui kinerja sebuah panel surya pada suatu kondisi lingkungan disekitar yang nyata. Penelitian ini bertujuan memberikan suatu pemahaman tentang sistem monitoring secara langsung dan real time untuk tegangan, arus, dan suhu. Untuk memenuhi keperluan tersebut, sistem monitoring performa panel surya yang dirancang ini dilengkapi dengan sensor pengukur tegangan, arus yaitu PZEM-004T, serta sensor suhu DHT22, dan dilengkapi dengan mikrokontroler ESP8266. Hasil dari sistem monitoring ini adalah pengukuran dari setiap sensor dapat diproses secara langsung dan ditampilkan pada blynk dalam kondisi real time serta dapat memonitor performa tersebut. Sistem ini memberi kemudahan untuk monitoring dan pengolahan data selanjutnya.

Hasil pengukuran suhu menunjukkan fluktuasi sepanjang hari, dengan suhu tertinggi sebesar 35,2°C terjadi pada pukul 12.00 dan suhu terendah sebesar 31,7°C pada pukul 08.00. Perbandingan antara metode monitoring otomatis dan metode manual menunjukkan hasil yang relatif konsisten, dengan nilai *error relatif* terkecil sebesar 2,7% pada pukul 09.00 dan tertinggi sebesar 5,7% pada pukul 13.00.

Selisih *error relatif* pada pengukuran tegangan berkisar antara 0,4% - 4,3%, dengan nilai *error relatif* tertinggi terjadi pada pukul 10.00 (4,3%) dan terendah pada pukul 11.00 (0,4%). Sementara itu, nilai arus menunjukkan hasil dengan nilai *error relatif* 0,0% - 14,2%. Berdasarkan hasil tersebut, sistem monitoring yang dikembangkan terbukti mampu melakukan pengukuran dengan akurasi yang baik serta memberikan kemudahan dalam pemantauan parameter penting pada panel surya secara efektif dan efisien.

Kata Kunci : Panel Surya, Monitoring, PZEM004T, DHT22, ESP8266, Blynk

ABSTRACT

Name : Raihan Wahyu Pratama

Departement : *Electrical Engineering*

Judul : *Design and Implementation of Voltage, Current, and Temperature Monitoring System on IoT-Based Solar Panels Using Blynk*

Monitoring the performance of solar panels is essential to assess their efficiency under real-world environmental conditions. This study aims to provide a clear understanding of a real-time monitoring system for voltage, current, and temperature. To achieve this objective, the solar panel performance monitoring system was designed with integrated sensors: the PZEM-004T for voltage and current measurements, and the DHT22 for temperature readings. An ESP8266 microcontroller serves as the core of the system. The collected sensor data is processed instantly and displayed in real-time using the Blynk platform, enabling continuous and convenient monitoring.

Temperature measurements revealed daily fluctuations, with the highest recorded temperature reaching 35.2°C at 12:00 PM, and the lowest at 31.7°C at 08:00 AM. A comparison between the automated monitoring method and manual measurements showed relatively consistent results, with the smallest relative error of 2.7% observed at 09:00 AM and the highest of 5.7% at 01:00 PM.

For voltage measurements, the relative error ranged from 0.4% to 4.3%, with the highest error occurring at 10:00 AM (4.3%) and the lowest at 11:00 AM (0.4%). Meanwhile, current measurements showed a wider range of relative errors, between 0.0% and 14.2%.

Based on these findings, the developed monitoring system has proven to be capable of delivering accurate measurements and significantly simplifies the real-time monitoring of key parameters in solar panel systems, making it an effective and efficient solution.

Keywords: Solar Panel, Monitoring, PZEM-004T, DHT22, ESP8266, Blynk

DAFTAR ISI

LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN REVISIAN SKRIPSI.....	iii
BIODATA PENULIS.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Metode Penulisan	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI.....	6
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Photovoltaic.....	16
2.3 Arus Listrik	20
2.4 Tegangan Listrik	20
2.5 Suhu.....	21
2.6 Internet of Things	21

2.7	Mikrokontroller	23
2.8	ESP8266	23
2.9	PZEM-004T	25
2.10	DHT22.....	26
2.11	LCD I2C	27
2.12	Software Arduino IDE	28
2.13	Aplikasi Blynk.....	30
BAB III ANALISIS DAN PERENCANAAN SISTEM		32
3.1	Prosedur Penelitian.....	32
3.1.1	Tahapan Perencanaan	32
3.1.2	Persiapan Penelitian.....	32
3.2	Metode Penelitian.....	33
3.3	Kerangka Berpikir	34
3.4	Perencanaan Sistem Hardware	34
3.4.1	Komponen Hardware.....	35
3.4.2	Rangkaian ESP8266	35
3.4.3	Rangkaian PZEM-004T.....	35
3.4.4	Rangkaian LCD I2C	36
3.4.5	Rangkaian DHT22.....	36
3.4.6	Assembly Rangkaian	37
3.5	Perencanaan Software	38
3.6	Diagram Blok Sistem	39
3.7	Flowchart Sistem.....	39
3.8	Perencanaan Pengukuran dan Pengujian.....	40
BAB IV PEMBAHASAN DAN ANALISIS		42
4.1	Pengujian Tegangan dan Arus.....	42
4.2	Pengujian <i>Temperature</i> Lingkungan.....	44

4.3	Pengujian Blynk.....	46
4.4	Perbandingan dengan Alat sebelumnya.....	39
BAB V PENUTUP.....		49
5.1	Kesimpulan.....	49
5.2	Saran.....	49
REFRENSI		51
LAMPIRAN.....		54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Photovoltaic</i>	17
Gambar 2.2 Rangkaian Panel Surya	18
Gambar 2.3 Sistem Kerja IoT	22
Gambar 2.4 <i>Datasheet</i> ESP8266.....	24
Gambar 2.5 PZEM-004T	26
Gambar 2.6 DHT22	27
Gambar 2.7 LCD I2C.....	28
Gambar 2.8 Arduino UNO.....	30
Gambar 2.9 Logo <i>Blynk</i>	30
Gambar 3.1 Kerangka Berpikir.....	34
Gambar 3.2 Rangkaian ESP8266.....	35
Gambar 3.3 Rangkaian PZEM-004T	36
Gambar 3.4 Rangkaian LCD I2C.....	36
Gambar 3.5 Rangkaian DHT22	37
Gambar 3.6 <i>Assembly</i> Rangkaian	37
Gambar 3.7 Blok Diagram.....	39
Gambar 3.8 Flowchart Sistem.....	39
Gambar 3.9 Flowchart Pengujian	40
Gambar 4.1 Grafik Tegangan	43
Gambar 4.2 Grafik Arus	44
Gambar 4.3 Grafik <i>Temperature</i> Lingkungan	45
Gambar 4.4 Tampilan <i>Blynk</i>	46

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>State of Arts</i>	6
Tabel 2.2 <i>Datasheet</i> PZEM-004T.....	26
Tabel 2.3 <i>Datasheet</i> DHT22.....	27
Tabel 2.4 <i>Datasheet</i> LCD I2C.....	28
Tabel 3.1 Komponen <i>Hardware</i>	35
Tabel 3.2 PIN.....	38
Tabel 3.3 <i>Software</i>	38
Tabel 4.1 Pengujian Tegangan dan Arus.....	42
Tabel 4.2 Pengujian <i>Temperature</i> Lingkungan.....	44
Tabel 4.3 Penyesuaian <i>Blynk</i>	46
Tabel 4.4 Perbandingan Alat.....	47

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut *Environmental and Energy Study Institute* (EESI) sekarang ini kebutuhan energi global lebih dari 80% masih bergantung kepada sumber energi batubara seperti minyak bumi, serta fosil. Seiring dengan pesatnya perkembangan revolusi industri dapat mengakibatkan jumlah pasokan energi konvensional semakin berkurang sehingga berdampak pada meningkatnya biaya penggunaan energi seperti tagihan listrik naik, juga peralatan modern yang kini membutuhkan konsumsi listrik yang tinggi. Oleh karena itu diperlukan solusi alternatif untuk sumber energi yang ramah lingkungan sebagai cadangan dan meminimalisir ketergantungan terhadap energi konvensional.

Sejak terjadinya krisis energi, terkhusus energi minyak bumi yang saat itu terjadi pada tahun 1970-an. Manfaat penggunaan energi matahari untuk sumber energi alternatif mulai mendapatkan perhatian luas dari seluruh negara di dunia, selain ketersediaannya melimpah dan tidak terbatas jumlahnya, pada penggunaan energi matahari juga tidak dapat merusak alam dan tidak menimbulkan polusi. Energi dari matahari dapat dikonversi menjadi daya listrik melalui proses perancangan sel surya *photovoltaic*. Indonesia memiliki peluang penggunaan energi surya sangat besar yaitu sekitar 4.8 KWh/m² atau sama dengan 112.000 GWp. Tetapi, sejauh ini pemanfaatannya hanya mencapai 10 MWp. Untuk mendorong pemanfaatan energi tersebut, pemerintah telah menetapkan planning pengembangan untuk energi surya dengan kapasitas target PLTS terpasang yaitu sebesar 0,87 GW sampai tahun 2025, atau sekitar 50 MWp per tahunnya. Angka ini menggambarkan target pasar yang sangat menjanjikan bagi perkembangan energi surya di masa depan. (ESDM 2012).

Dalam penerapan *photovoltaic*, *output* daya listrik yang dihasilkan oleh energi cahaya matahari sangat dipengaruhi dengan kondisi lingkungan di lokasi pemasangan sebuah *photovoltaic*. Faktor - faktor seperti intensitas radiasi matahari, *temperature* sekitar, sudut datangnya sinar matahari, serta spektrum cahaya matahari menjadi penentu utama efisiensi dan besarnya keluaran daya. Karena situasi lingkungan yang bersifat dinamis dan berubah sepanjang waktu, ditambah ada gangguan dari faktor

eksternal maka daya keluaran *photovoltaic* cenderung tidak stabil (MAR Effendy, 2021).

Kinerja panel surya ketika dipasang pada posisi lingkungan khusus dievaluasi dengan dapat melakukan pemantauan langsung output-nya, seperti arus, daya, dan tegangan. Melalui pemantauan ini, kita dapat mengetahui apakah instalasi panel surya telah dilakukan secara optimal dan apakah daya yang dihasilkan sesuai dengan ekspektasi. Namun, data parameter tersebut umumnya tidak tersedia secara langsung dalam waktu nyata. Ketika data keluaran panel surya dapat diakses secara tepat waktu dalam bentuk grafik, maka pengguna dapat mengatur lebih mudah dalam konsumsi energi dan penggunaan listriknya secara efisien (Putriani et al., 2019).

Saat ini, pemantauan arus dan tegangan dari panel surya masih banyak dilakukan secara manual, yaitu dengan mendatangi lokasi dan menggunakan alat ukur seperti multimeter. Metode ini dinilai kurang praktis dan memerlukan waktu serta tenaga lebih. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem pemantauan jarak jauh yang mampu menampilkan data arus dan tegangan secara tepat waktu, sehingga lebih efisien dan hemat waktu.

Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi, berbagai inovasi terus dikembangkan untuk mempermudah kehidupan manusia. Diantaranya adalah teknologi Internet of Things (IoT), yang telah banyak diterapkan dalam berbagai bidang seperti kesehatan, informatika, geospasial, hingga dalam aktivitas sehari-hari. IoT membuka peluang besar dalam otomatisasi dan pemantauan sistem, termasuk dalam sistem energi berbasis panel surya.

Sejumlah penelitian membahas juga beberapa penerapan alat monitoring energi listrik, khususnya dibidang teknologi photovoltaic. Seiring perkembangan teknologi, sistem pemantauan ini mulai memanfaatkan media telekomunikasi, salah satunya melalui layanan SMS gateway (Fitriandi et al., 2016). Selain itu, terdapat juga studi yang mengembangkan pemantauan sistem berbasis Internet of Things (IoT), seperti pada penelitian mengenai monitoring kerja panel surya berbasis IoT menggunakan Arduino yang diterapkan pada PLTS di Pematang Johar (MAR Effendy, 2021).

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut masih terdapat peluang untuk meningkatkan dan mengembangkan sistem pemantauan tegangan, arus, dan suhu pada panel surya menggunakan platform IoT, Penelitian ini dimaksudkan untuk monitoring tegangan yang dihasilkan oleh panel sehingga dapat diamati pada berapa situasi yang paling tepat sehingga dapat mengetahui output dari tegangan panel surya secara

maksimal. Sistem yang dibangun juga menggunakan sistem monitoring online menggunakan *Internet of Things* (IoT) sehingga sangat tepat jika dikembangkan dan diimplementasikan pada sistem panel surya untuk memudahkan monitoringnya.

Pada penelitian yang akan dilakukan ini dirancang sebuah rangkaian sistem monitoring arus, tegangan, dan suhu berbasis IoT untuk mengatasi permasalahan diatas dengan memanfaatkan sensor PZEM004T sebagai pengukur tegangan sumber AC yang dihasilkan inverter, sensor DHT22 untuk pemantauan suhu disekitar panel surya, serta ESP8266 sebagai mikrokontroler dari sistem yang akan dijalankan, dan untuk pengiriman data ke aplikasi Blynk secara real time.

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang yang diambil, maka rumusan masalahnya yaitu sebagai berikut :

1. Bagaimana membuat sistem monitoring berbasis IoT untuk memantau parameter arus, tegangan, suhu pada panel surya yang dapat bekerja secara real time menggunakan antarmuka Blynk?
2. Berapa selisih nilai pengukuran sensor dan alat ukur konvensional?
3. Seberapa besar pengaruh kondisi cuaca di lingkungan sekitar terhadap keluaran kinerja panel surya?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari perumusan masalah yang diambil, maka tujuan dari tugas akhir ini yaitu sebagai berikut :

1. Merancang serta memahami sistem pemantauan arus, tegangan, dan suhu berbasis *Internet of Things* (IoT) secara real time menggunakan antarmuka blynk.
2. Analisis perbedaan nilai *error* antara pembacaan hasil sensor dengan hasil pengukuran menggunakan alat konvensional dilakukan sebagai perbandingan pada kelayakan alat yang dikembangkan.
3. Melakukan pengujian terhadap kinerja panel surya dalam kondisi cuaca tertentu untuk mendapatkan data keluaran yang akurat mengenai pengaruh lingkungan terhadap panel surya.

1.4 Manfaat Penelitian

Ada juga manfaat penelitian yang dapat diambil dari tugas akhir ini yaitu :

1. Untuk memperkenalkan konsep pemantauan kinerja pada suatu sistem, khususnya pada sistem *photovoltaic*.
2. Memberikan pengetahuan dan pengalaman praktis dalam menerapkan alat *monitoring* kerja *photovoltaic* berbasis IoT khususnya pada *platform* Blynk.
3. Sebagai acuan pada penelitian selanjutnya yang relevan dengan *monitoring* kinerja terhadap suatu alat.

1.5 Metode Penulisan

Metode yang dipergunakan pada penelitian ini merupakan metode eksperimental, yang juga dapat dikategorikan sebagai *Research and Development* (R&D). Penelitian ini juga berfungsi untuk menguji efektivitas dari sistem monitoring tegangan, arus, dan suhu yang telah dirancang serta diimplementasikan pada instalasi panel surya di Universitas Islam Nusantara. Diharapkan, hasil dari penelitian ini diharapkan bisa menghasilkan alat yang bekerja secara optimal dan bisa melakukan pemantauan jarak jauh secara real-time.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan sistematika pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Membahas mengenai latar belakang, maksud dan tujuan, ruang lingkup penelitian, serta tahap penulisan dari laporan ini.

BAB II : LANDASAN TEORI

Memberikan penjelasan dan pemaparan mengenai dasar teori yang mendukung pembahasan terhadap bagian-bagian dari alat yang akan dianalisis.

BAB III : PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

Memberikan gambaran perencanaan rangkaian yang mencakup berbagai komponen yang diperlukan dalam proses perancangan alat yang akan dibuat dan dikembangkan.

BAB IV PEMBAHASAN DAN ANALISIS

Melakukan pendataan dan uji sistem dari alat yang dibuat, serta memberikan analisa pada alat tersebut.

BAB V PENUTUP

Kesimpulan mengenai alat yang dibuat serta masukan yang diambil penulis pada laporan skripsi ini.

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.1 *State of Arts*

No	Penulis	Judul	Jenis Penulisan	Hasil Pembahasan
1	Afrizal Fitriandi, Endah Komalasari, & Herri Gusmedi (2016)	Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler dengan SMS Gateway	Jurnal	<p>Perancangan sistem pemantauan arus dan tegangan ini terdiri dari tiga komponen utama, yaitu baterai, sensor, dan mikrokontroler.</p> <p>Baterai berfungsi sebagai sumber energi catu daya untuk mengoperasikan mikrokontroler, kemudian sensor, dan LCD, dengan tegangan berkisar antara 6,8 hingga 6,9 VDC dan arus sebesar 4,8 mAh.</p> <p>Pengujian sistem dilakukan di lingkungan dengan beban maksimum mencapai 300 watt. Berdasarkan hasil analisis tingkat kesalahan (galat), sensor menunjukkan performa yang baik</p>

				dengan rata-rata kesalahan sebesar 0,87%. Nilai ini masih berada dalam batas toleransi yang sesuai dengan standar PLN sebagaimana ada dalam literatur Instrumentasi dan Pengukuran Listrik.
2	Muhammad Aslam Ridho Effendy (2021)	Sistem Monitoring Kinerja Panel Surya Berbasis IoT Menggunakan Arduino Uno Pada PLTS Pematang Johar	Skripsi	Uji ini dilakukan untuk mengevaluasi suatu sistem yang dibuat bisa berfungsi sesuai dengan cara kerja yang telah ditentukan. Dalam proses pengujian ini metode yang dilakukan yaitu dengan melaksanakan observasi terhadap alat yang telah dibuat, termasuk pemantauan pembacaan dari sensor ukur yang terpasang serta respon dihasilkan oleh sistem. Pada hari pertama pengujian, rata-rata hasil pengukuran menunjukkan Tegangan sebesar 36,6 V, Arus 2,8 A, Daya

				105,2 watt, Suhu 31,4°C, Kelembaban 67%, dan tingkat intensitas cahaya (cuaca) sebesar 60%.
3	Subuh Isnur Haryudo, Tri Wrahatnolo, Nurhayati (2022)	Rancang Bangun Monitoring Arus dan Tegangan Pada PLTS Sistem On Grid Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Aplikasi Telegram	Jurnal	Pengujian dilakukan dalam dua skenario, yakni tanpa beban dan dengan beban. Pada kondisi tanpa beban, didapatkan hasil rata-rata tegangan dari panel surya yaitu 14,84V dan arus sekitar 0,908A. Sementara pada pengujian dengan beban menggunakan lem tembak elektrik berdaya 20W, terjadi penurunan rata-rata arus dan tegangan pada aki yaitu 0,01A dan 0,2V dengan interval pengamatan setiap satu menit. Disisi lain, hasil keluaran dari inverter menunjukkan

				tegangan rata-rata sebesar 218,26V dan arus sebesar 0,068A.
4	Muhammad Ibrahim Alfitroh dan Humaidilah Kurniadi Wardana dari Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasyim Asy'ari, Jombang, Jawa Timur, 2023	Rancang Bangun Sistem Monitoring Arus, Tegangan, Kecepatan Putar Turbin dan Suhu Berbasis IoT pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Mini Skala Laboratorium	Skripsi	Merancang sistem monitoring berbasis Arduino Uno, ESP01, dan Blynk yang menampilkan data suhu, arus, tegangan, dan putaran turbin secara real-time. Hasil pengujian menunjukkan akurasi tinggi dengan error sangat kecil (0,01–0,10%), sehingga prototipe efektif sebagai media pembelajaran laboratorium, meski disarankan perbaikan pada penempatan sensor, material, dan aplikasi monitoring.

5	<p>Tole Sutikno, Jekson Alfahri, dan Hendril Satrian Purnama dari Program Studi Teknik Elektro, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta, 2023 .</p>	<p>Monitoring Tegangan dan Arus Pada Panel Surya Menggunakan IoT</p>	<p>Jurnal</p>	<p>Membahas penerapan teknologi IoT untuk memantau kondisi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) secara daring dan real-time menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 serta sensor INA219. Data tegangan dan arus dikirim ke aplikasi Blynk sehingga dapat dipantau melalui smartphone. Pengujian dilakukan setiap 10 menit pada pagi, siang, dan sore hari, dengan hasil yang menunjukkan tingkat akurasi pengukuran sensor sangat tinggi, yakni di atas 95% untuk arus dan di atas 99% untuk tegangan. Sistem ini terbukti dapat mengefisiensi biaya pemeliharaan, sekaligus memberikan hasil pemantauan yang stabil dan optimal.</p>
---	--	--	---------------	--

6	<p>Vegan Bagus Palermo dari Program Studi D3 Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, 20 22.</p>	<p>Pengoperasian dan Monitoring Tegangan, Arus dan Suhu pada PHB-TR Berbasis Internet of Things (IoT)</p>	<p>Skripsi</p>	<p>Membahas perancangan sistem monitoring gardu distribusi tegangan rendah berbasis IoT. Sistem ini menggunakan sensor ZMPT101b, ACS712, dan DHT11 yang terhubung dengan Arduino Uno dan NodeMCU ESP8266 untuk mengukur tegangan, arus, serta suhu, kemudian menampilkan data secara real-time melalui Blynk smartphone atau website. Hasil pengujian menunjukkan alat mampu mengukur tegangan hingga 1000 V, arus -20A sampai 20A, serta suhu dengan tingkat error 1–7%, dan data dapat direkap otomatis menggunakan PLX- DAQ ke Microsoft Excel.</p>
---	--	---	----------------	--

7	<p>Damar Romansdani, Apip Pudir, dan Wahyu Budi Mursanto dari Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung, 2024.</p>	<p>Monitoring Arus dan Temperature Discharge Kompresor Berbasis IoT untuk Kebutuhan Preventive Maintenance di PT. Mekar Armada Jaya</p>	<p>Jurnal</p>	<p>Penelitian ini merancang sistem monitoring berbasis IoT menggunakan sensor Thermocouple Type-K untuk suhu, modul PZEM-004T untuk arus, serta relay untuk proteksi overheat, dengan pengolahan data melalui ESP8266 dan tampilan pada aplikasi Blynk. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu bekerja dengan tingkat akurasi tinggi, dimana selisih pengukuran arus rata-rata <1% dan suhu rata-rata hanya berbeda 0,08°C, serta relay berhasil memutus sistem pada suhu lebih dari 105°C, sehingga efektif mencegah kerusakan dan mendukung preventive.</p>
---	--	---	---------------	--

8	<p>Risky Sandiari, Joni Eka Candra, Zainul Munir, dan Rifa'atul Mahmudah Burhan dari Institut Teknologi Batam, 2024.</p>	<p>Sistem Monitoring Daya Listrik Berbasis Internet of Things Menggunakan Aplikasi Blynk</p>	<p>Jurnal</p>	<p>Penelitian ini membahas perancangan sistem monitoring listrik menggunakan NodeMCU dan sensor PZEM-004T dengan aplikasi Blynk sebagai antarmuka. Sistem ini mampu mengukur tegangan, arus, serta daya listrik, sekaligus menghitung estimasi biaya penggunaan listrik. Hasil pengujian menunjukkan tingkat kesalahan pengukuran tegangan sangat rendah sekitar 0,41% dan daya sekitar 1,57%, meskipun masih terdapat perbedaan kecil pada pembacaan arus. Secara keseluruhan, sistem terbukti efektif untuk memantau konsumsi listrik secara real-time dan dapat membantu pengguna dalam mengontrol serta</p>
---	--	--	---------------	---

				mengelola biaya listrik
9	Osama bin Laden, Program Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, 20 24.	Sistem Monitoring pada Modul Latih PLTS On Grid Berbasis IoT Blynk	Skripsi	Merancang sistem monitoring PLTS On Grid berbasis IoT dengan Blynk menggunakan ESP32 dan sensor INA219, DDS238-4W, DS18B20, serta BH1750 untuk memantau tegangan, arus, daya, suhu, dan intensitas cahaya. Data ditampilkan secara real-time melalui aplikasi Blynk dan tersimpan di Google Sheets, dengan hasil pengujian menunjukkan akurasi tinggi (error suhu 0,6% dan cahaya 1,5%). Sistem terbukti mudah diakses kapanpun dan dimanapun, sehingga efektif dalam mendukung pembelajaran dan

				pemantauan kinerja P LTS.
10	Dika Herdika & Endah Fitriani, 2021	Perancangan Sistem Monitoring dan Kontrol Beban Listrik pada PLTS Rumah Tangga Menggunakan ESP8266 & Blynk	Skripsi	Pada penelitian Perancangan Sistem Monitoring dan Kontrol Beban Listrik pada PLTS Rumah Tangga Menggunakan ESP8266 & Blynk, dilakukan serangkaian pengujian terhadap tegangan, arus, dan daya listrik yang dihasilkan serta digunakan oleh beban rumah tangga. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai tegangan keluaran PLTS berkisar antara 210– 223 V, sedangkan arus yang terukur pada beban uji (lampu 40 W, kipas angin, dan pompa air kecil) berada pada rentang 0,15–0,95 A sesuai dengan kapasitas beban yang

				<p>dihubungkan. Daya listrik yang ditampilkan melalui aplikasi Blynk relatif konsisten dengan nilai hasil perhitungan manual menggunakan rumus $P=V \times IP = V \times I$, dengan selisih kesalahan pengukuran rata-rata di bawah 5%. Data pengukuran real time di Blynk juga menunjukkan respon yang cepat tanpa jeda yang signifikan, sehingga pengguna dapat memantau kondisi listrik hampir seketika.</p>
--	--	--	--	--

2.2 Photovoltaic

Photovoltaic (PV) adalah teknologi yang memanfaatkan komponen semikonduktor untuk merubah energi matahari dalam bentuk radiasi cahaya menjadi listrik searah. Secara umum, sel surya adalah lapisan semikonduktor yang memiliki kemampuan menyerap foton dari sinar matahari dan mengonversinya menjadi energi listrik. Sel surya ini terbuat dari potongan silikon berukuran sangat kecil yang dilapisi dengan bahan kimia khusus sebagai dasar pembuatan solar cell.

Umumnya sel surya memiliki ketebalan minimal 0,3 mm dan tersusun dari potongan bahan semikonduktor yang memiliki kutub positif dan negatif. Dalam solar

cell terdapat sambungan atau *junction* yang terbentuk antara dua lapisan tipis dari material semikonduktor, yakni semikonduktor bertipe “P” yang bermuatan positif dan semikonduktor tipe “N” bermuatan negatif. (MAR Effendy, 2021)

Panel surya bekerja dengan memanfaatkan bahan semikonduktor, seperti silikon, yang terbagi menjadi dua jenis: tipe-N (doping fosfor) dan tipe-P (doping boron). Kedua bahan ini digabungkan menjadi P-N junction. Saat intensitas cahaya matahari mengenai permukaan panel, elektron dari tipe-N akan bergerak ke arah tipe-P, menciptakan arus listrik. Jumlah elektron yang dihasilkan tergantung pada kekuatan sinar matahari yang diserap oleh panel surya (Firdaus et al 2017).



Gambar 2.1 *Photovoltaic*

Lapisan silikon tipe P merupakan bagian permukaan yang dibuat sangat tipis agar sinar matahari dapat langsung menembus hingga mencapai junction. Pada lapisan P terdapat cincin yang berfungsi sebagai terminal keluaran positif. Sementara itu, dibawah lapisan P terdapat silikon tipe N yang juga dilapisi nikel berfungsi sebagai terminal keluaran negatif. Semakin tinggi intensitas cahaya matahari yang diterima, maka semakin besar pula arus listrik yang dihasilkan. Oleh karena itu, kondisi cuaca menjadi faktor berpengaruh, karena intensitas cahaya matahari berbeda antara cuaca cerah dan mendung. Berikut ini adalah beberapa faktor yang memengaruhi kinerja photovoltaic agar dapat bekerja pada tingkat optimal. :

1. Suhu pada lapisan *photovoltaic*.
2. Intensitas radiasi matahari (iradiasi)
3. Kecepatan udara yang melintas.
4. Keadan pada atmosfer bumi.

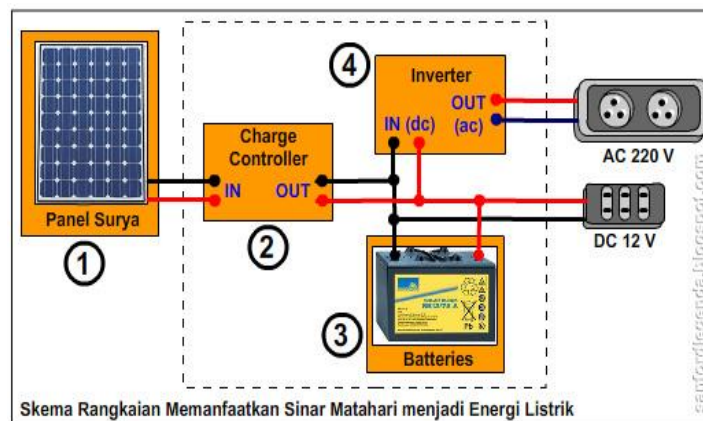
5. Arah pemasangan panel surya.
6. Kemiringan sudut posisi panel surya terhadap arah sinar matahari (*tilt angle*).

Prinsip kerja sel surya didasarkan pada lapisan yang dikenal sebagai p-n junction. Lapisan ini terbentuk melalui cara menambahkan doping, yaitu bahan semikonduktor silikon murni yang memiliki valensi 4, pada bagian kiri ditambah impuritas dengan valensi 3 sementara pada bagian kanan ditambah impuritas bervalensi 5. Hasilnya, di sisi kiri terbentuk silikon tipe n yang terkontaminasi. Dalam mekanisme ini, pembawa muatan listrik positif dikenal sebagai hole, sedangkan pembawa muatan negatif disebut dengan elektron (MAR Effendy, 2021).

Kelebihan utama dari panel surya ini terletak pada tingkat efisiensi konversi energinya yang tinggi. Saat mendapatkan pencahayaan matahari yang optimal, panel surya monocrystalline mampu menghasilkan daya lebih besar dibandingkan dengan jenis panel surya lain seperti polycrystalline atau thin-film. Dengan ini memungkinkan panel surya jenis ini dapat menghasilkan lebih banyak listrik meskipun berukuran lebih kecil, sehingga penggunaan ruang menjadi lebih efektif.

2.2.1 Rangkaian Panel Surya

Dalam rangkaian panel surya, terdapat beberapa komponen yang secara umum dipakai, ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.2 Rangkaian Panel Surya

(Sanlegend, 2023)

2.2.2 Panel Surya Monocrystalin

Panel surya monocrystalline merupakan jenis panel yang dibuat dari satu kristal silikon utuh atau monokristalin. Panel ini dikenal karena efisiensi yang tinggi dalam mengubah energi matahari menjadi listrik serta tampilan yang seragam. Proses produksinya diawali dengan memotong batang silikon tunggal menjadi lembaran tipis yang kemudian diolah menjadi sel surya individu. Karena berasal dari satu kristal silikon, struktur selnya lebih konsisten dan teratur dibandingkan dengan panel surya jenis lainnya.

Panel surya monocrystalline memiliki keunggulan utama dalam hal efisiensi energi yang tinggi. Saat terkena sinar matahari secara optimal, panel ini mampu menghasilkan daya yang lebih besar dibandingkan jenis polycrystalline maupun thin-film. Hal ini memungkinkan panel monocrystalline memproduksi lebih banyak listrik meskipun berukuran lebih kecil, sehingga lebih hemat ruang. Selain itu, panel ini juga dikenal memiliki usia pakai yang panjang serta daya tahan yang tinggi terhadap berbagai kondisi cuaca. Panel monocrystalline dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi suhu ekstrem, hujan lebat, hingga salju. Berkat material dan konstruksinya yang berkualitas, panel ini lebih tahan terhadap kerusakan dan mampu menjaga performa secara stabil dalam jangka panjang. (Sunterra, 2023).

2.2.3 Battery

Battery berfungsi sebagai tempat penyimpanan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Kehadiran baterai memungkinkan listrik yang telah disimpan dapat digunakan pada malam hari atau ketika sinar matahari tidak ada. Untuk keperluan daya yang lebih besar, biasanya digunakan beberapa baterai secara bersamaan agar kapasitas penyimpanan listrik menjadi lebih besar. Sekelompok baterai yang digabungkan seperti ini dikenal dengan istilah Battery Bank (Sanlegend).

Energi yang tersimpan ini bisa digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik rumah saat panel surya tidak mampu menghasilkan daya yang cukup, seperti di malam hari, saat cuaca mendung, atau ketika terjadi pemadaman listrik. Dengan adanya baterai surya, pengguna dapat memaksimalkan pemanfaatan energi matahari yang dihasilkan. Tanpa baterai penyimpanan, kelebihan listrik dari panel surya biasanya dialirkan ke jaringan listrik. Di beberapa wilayah, hal ini mungkin menjadi pilihan yang paling

hemat biaya. Namun, jika ingin menggunakan sebanyak mungkin energi surya sendiri, maka baterai surya bisa menjadi solusi yang tepat. (Andrew Giermak, 2025)

2.2.4 Inverter

Inverter panel surya, atau yang sering disebut power inverter merupakan komponen elektronik yang berkerja untuk mengubah arus listrik searah (DC) dari hasil panel surya menjadi arus listrik bolak-balik (AC). Panel surya menghasilkan listrik DC melalui sel fotovoltaik yang menangkap energi dari sinar matahari. Namun, kebanyakan peralatan listrik sehari-hari membutuhkan arus AC agar dapat berfungsi. Oleh karena itu, inverter menjadi komponen krusial dalam sistem tenaga surya karena memungkinkan energi matahari yang dihasilkan dapat digunakan secara langsung untuk berbagai perangkat elektronik. Berdasarkan skala dan kebutuhan alat Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), beberapa jenis inverter diantaranya yaitu:

1. String inverter, yang menghubungkan beberapa panel surya dalam satu rangkaian seri atau string. Jenis ini umum digunakan untuk sistem PLTS berskala kecil hingga menengah, seperti untuk rumah tinggal atau bangunan komersial.
2. Micro inverter, yang dipasang secara individual di setiap panel surya. Dengan sistem ini, proses konversi dari arus DC ke AC dilakukan langsung di masing-masing panel. Keuntungan dari micro inverter adalah kemampuannya untuk mengoptimalkan performa setiap panel secara terpisah, sehingga jika salah satu panel mengalami gangguan, panel lain tetap bisa bekerja secara maksimal. (M. Iqbal Iskandar, 2025)

2.3 Arus Listrik

Arus listrik merupakan perpindahan elektron yang mengalir melalui konduktor dalam suatu rangkaian listrik. Arus ini muncul akibat adanya perbedaan tegangan atau potensial antara dua titik dalam rangkaian tersebut. Elektron akan melewati dari titik dengan potensial lebih tinggi menuju titik dengan potensial yang rendah, sehingga membentuk aliran arus listrik (Muhamad Hilmanasyah S, 2024).

Pada kegiatan sehari-hari, arus listrik adalah suatu energi yang digunakan untuk mengoperasikan berbagai perangkat elektronik seperti lampu, komputer, dan mesin lainnya. Arus listrik diukur dalam satuan ampere (A), yang menunjukkan jumlah muatan listrik yang melewati suatu titik dalam waktu tertentu. Ada dua jenis arus listrik,

arus searah (DC) yang mengalir dengan arah tetap, dan arus bolak-balik (AC) yang aliran arahnya selalu berubah secara periodik.

Dalam sistem Satuan Internasional (SI), arus listrik diukur dalam satuan ampere, yang dilambangkan dengan simbol A. Satu ampere didefinisikan sebagai aliran muatan listrik sebesar satu coulomb setiap detik yang melintasi suatu area. Ampere termasuk satuan dasar dalam SI, dan untuk mengukur arus listrik digunakan alat yang dikenal dengan ammeter.

2.4 Tegangan Listrik

Tegangan listrik merupakan suatu konsep dasar dalam pengetahuan ilmu fisika dan teknik listrik. Untuk memahami berbagai perangkat elektronik dan sistem kelistrikan, penting bagi kita untuk memiliki pemahaman yang lebih komprehensif tentang listrik. Tegangan listrik, secara sederhana juga bisa dijelaskan sebagai potensial listrik yang berbeda antara dua titik dalam suatu sistem. Pada sistem kelistrikan, tegangan listrik menunjukkan kemampuan energi listrik untuk melakukan pekerjaan. Satuan pengukuran tegangan listrik adalah volt (V).

Tegangan listrik diciptakan melalui suatu proses transformasi energi, yang dimana proses tersebut melibatkan perubahan energi mekanik menjadi suatu energi listrik. Perkembangan teknologi memungkinkan pengaturan dan pengendalian tegangan listrik menjadi lebih efisien. Berbagai inovasi di bidang teknologi telah membantu meningkatkan efisiensi dan keamanan dalam penggunaan tegangan listrik.

2.5 Suhu

Panel surya terdiri dari sejumlah sel surya yang umumnya dibuat dari material silikon, yang memiliki efisiensi tinggi dalam menyerap energi dari radiasi matahari. Ketika terkena sinar matahari, panel ini mengubah energi radiasi tersebut menjadi energi listrik, dan proses ini juga menyebabkan suhu pada sel-sel surya meningkat.

Peningkatan suhu cuaca di sekitar panel surya dapat menyebabkan penurunan daya, Selain itu paparan suhu lingkungan, radiasi elektromagnetik yang diserap oleh panel surya juga turut berkontribusi terhadap naiknya temperatur pada sel-sel surya. (Khwee K H, 2013)

2.6 Internet of Things

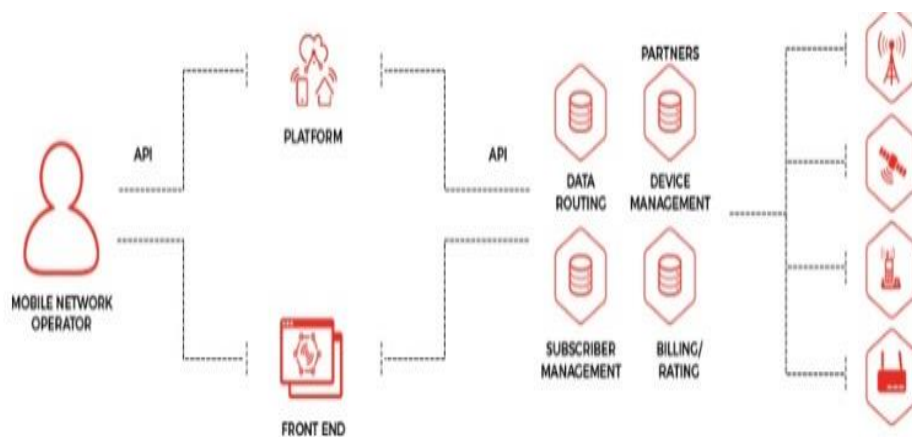
Berdasarkan definisi dari IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), Internet of Things (IoT) merupakan suatu jaringan yang terdiri dari

berbagai kondisi fisik yang dilengkapi dengan alat ukur dan terkoneksi ke jaringan internet (Setiadi et al., 2018).

IoT sendiri merupakan suatu konsep yang berfungsi memperluas kerja konektivitas internet secara menerus dengan terhubungnya berbagai perangkat, mesin, dan melalui benda fisik sensor, jaringan, dan aktuator. Hal ini memungkinkan perangkat tersebut untuk mengumpulkan data, memantau kinerjanya, serta melakukan tindakan atau bekerja sama secara otomatis berdasarkan informasi yang diperoleh secara mandiri (Efendi, 2018).

Sistem kerja IoT bergantung pada pemberian alamat Internet Protocol (IP) pada setiap perangkat. IP ini berfungsi sebagai identitas unik dalam jaringan, yang memungkinkan perangkat tersebut untuk dikendalikan atau diakses oleh perangkat lain dalam koneksi yang sama. Selanjutnya, perangkat tersebut kemudian dihubungkan ke koneksi internet melalui IP tersebut (Wilianto et al., 2018).

Keuntungan dalam menggunakan sistem IoT ini banyak dan bermacam – macam, diantaranya bisa melakukan pemantauan data secara real time dan bisa dimonitoring secara jarak jauh. Dengan pengumpulan data secara real time dapat memudahkan pengguna untuk meningkatkan produktivitas, misalnya pada industri manufaktur, pertanian, bisnis dll. Serta dengan kita menggunakan sistem IoT dapat memungkinkan perangkat untuk saling terhubung dan beroperasi secara otomatis yang berujung pada efisiensi energi.



Gambar 2.3 Sistem kerja IoT
(Tokozoom, 2020)

2.7 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan sebuah chip terpadu (*Integrated Circuit/IC*) yang di dalamnya terdapat berbagai komponen utama, seperti *Central Processing Unit* (CPU), memory *Read Only Memory* (ROM), *Random Access Memory* (RAM), serta port untuk Input dan Output. Mikrokontroler mampu melakukan pemrosesan data sesuai instruksi dalam program yang ditanamkan karena telah dilengkapi dengan CPU. Komponen ini umum digunakan dalam berbagai perangkat elektronik otomatis. Mikrokontroler sering disebut sebagai komputer mini dengan konsumsi daya rendah, sehingga dapat dioperasikan hanya dengan menggunakan baterai (Putra et al., 2017).

Agar mikrokontroler dapat bekerja, ia memerlukan program yang berisi sejumlah instruksi. Program ini akan dieksekusi secara bertahap dan terstruktur, di mana setiap instruksi dijalankan secara berurutan untuk mengendalikan sistem yang terhubung dengan mikrokontroler (Susanto et al., 2013).

Keunggulan mikrokontroler utamanya terletak pada ketersediaan RAM dan fitur Input dan Output yang mendukung pengoperasian perangkat secara ringkas dan efisien, sehingga ukuran papan rangkaiannya dapat dibuat sangat kecil (Khakim, 2015).

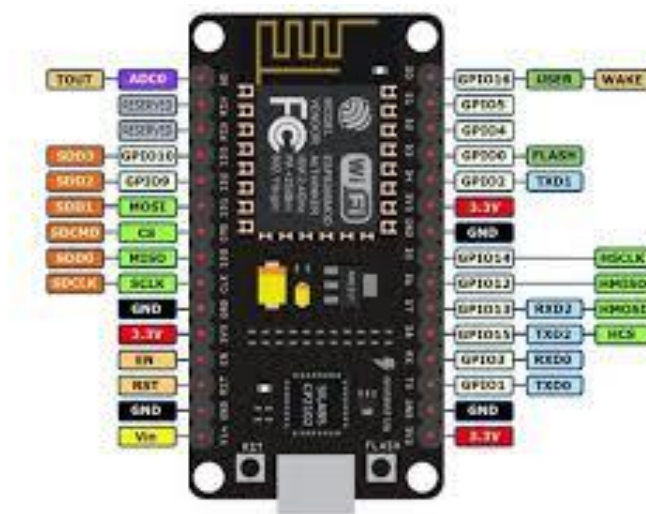
Sementara itu, modul Wi-Fi ESP-12F merupakan produk yang dikembangkan oleh Ai-Thinker. Modul ini menggunakan prosesor ESP8266 yang sudah terintegrasi dengan mikrokontroler 32-bit ultra-low-power Tensilica L106, yang mendukung mode 16-bit Lite dan berjalan dengan kecepatan 80–160 MHz. Modul ini juga mendukung dengan sistem operasi RTOS dan telah mengintegrasikan komponen-komponen seperti Wi-Fi MAC, baseband, RF, power amplifier (PA), serta low-noise amplifier (LNA). ESP-12F mendukung protokol jaringan nirkabel IEEE802.11 b/g/n dan beroperasi di frekuensi 2.4GHz (Shenzen Ai-Thinker Technology Co., 2018).

2.8 ESP8266

Modul nirkabel ESP8266 adalah modul Wi-Fi berbiaya rendah yang memiliki dukungan lengkap untuk protokol komunikasi TCP/IP. Modul ini dikembangkan dan diproduksi oleh perusahaan asal Tiongkok, yaitu Espressif. (Yuliansyah, 2016)

ESP8266 adalah solusi jaringan Wi-Fi mandiri dan lengkap yang dapat beroperasi secara independen atau sebagai host dari MCUs. (Shenzen Ai-Thinker Technology Co., 2018)

Modul Wi-Fi ESP-12F dikembangkan oleh tim Ai-Thinker dan menggunakan prosesor ESP8266 yang telah terintegrasi dengan mikroprosesor ultra-low-power Tensilica L106 berarsitektur 32-bit dan mode Lite 16-bit. Prosesor ini memiliki kecepatan clock antara 80 hingga 160 MHz, mendukung sistem operasi real-time (RTOS), serta telah dilengkapi dengan komponen Wi-Fi seperti MAC, baseband, RF, PA, dan LNA. Modul ESP-12F mendukung protokol jaringan nirkabel IEEE 802.11 b/g/n, yang berarti hanya dapat bekerja untuk frekuensi 2,4 GHz. (Shenzen Ai-Thinker Technology Co., 2018)



Gambar 2.4 Datasheet ESP8266

Fitur-fitur yang terdapat pada modul ESP8266 12-F antara lain :

- a. Modul Wi-Fi terkecil
- b. Input daya kecil 32-bit CPU, guna diaplikasikan untuk prosesor
- c. Kecepatan clock hingga 160MHz
- d. Sudah terdapat modul ADC dengan 10 bit
- e. Mendukung UART/GPIO/IIC/PWM/ADC
- f. Mudah untuk disolder
- g. Dapat integrasi Wi-Fi MAC/BB/RF/PA/LNA
- h. Mendukung berbagai *sleep patterns*. *Deep sleep current as low as 20uA*
- i. Rate baud hingga 4Mbps
- j. Tertanam LWIP
- k. Mendukung mode STA/AP/STA + AP
- l. Mendukung *Smart Config* atau *AirKiss technology*

- m. Mendukung upgrade *firmware* jarak jauh
- n. *AT commands* dapat digunakan secara cepat
- o. Terintegrasi dengan sistem operasi windows dan linux (Shenzen Ai-Thinker Technology Co., 2018)

2.9 PZEM-004T

PZEM-004T merupakan sensor yang digunakan untuk pengukuran tegangan listrik (Voltage) dengan jangkauan pengukuran antara 80 hingga 260V AC, dan dapat dikoneksikan dengan berbagai platform seperti Arduino UNO maupun sistem open source lainnya (Muhamad Bahtiar, 2021).

Modul ini memerlukan pasokan daya sebesar 5V serta membutuhkan komunikasi serial RX dan TX untuk proses pengiriman juga untuk penerimaan data ke mikrokontroler. Keunggulan lainnya adalah kemampuannya untuk menyimpan data pembacaan kWh. Artinya, apabila modul kehilangan daya, data kWh terakhir akan tetap tersimpan dan pembacaan akan dilanjutkan dari data terakhir ketika modul kembali aktif. Sensor ini dapat digunakan berbagai jenis mikrokontroler seperti Arduino, ESP8266, ESP32, Raspberry Pi, serta platform open-source lainnya.

Sementara itu, relay 5V merupakan jenis saklar elektromagnetik yang berfungsi sebagai penyambung dan pemutus arus listrik dalam suatu rangkaian. Modul ini memungkinkan pengguna untuk menghidupkan atau mematikan rangkaian listrik secara otomatis (Marina Artiyasa, 2020).

Berikut merupakan tata cara komunikasi dan kegunaan modul PZEM-004T:

1. Antarmuka komunikasi - PZEM-004 berfungsi menggunakan antarmuka komunikasi serial (UART) untuk mengirim data ke mikrokontroler atau komputer. – Format transmisinya meliputi 8 bit data, 1 bit stop, dan tanpa menggunakan parity bit.
2. Intruksi dan data Modul PZEM-004T menyediakan sejumlah perintah yang digunakan untuk pengambilan data melalui protokol komunikasi sederhana.
3. Penerapan pada Mikrokontroler Modul PZEM-004T mendukung serangkaian intruksi yang memungkinkan dapat mengambil data yang dikirim melalui protokol komunikasi yang mudah. (Muhamad Faisal Majid et al, 2024)



Gambar 2.4 PZEM-004T

Tabel 2.2 *Datasheet* PZEM-004T

No	Pin	Deskripsi
1	+V5	Untuk input sensor
2	GND	Menyediakan jalur kembali untuk listrik
3	TX (Transmit)	Mengirimkan data hasil pengukuran (seperti tegangan, arus, daya, energi, dll) ke mikrokontroler.
4	RX (Receive)	Menerima perintah dari mikrokontroler, untuk meminta data pengukuran.
5	L	Pin kabel Phase untuk terhubung ke kabel phase input
6	N	Pin kabel Netral untuk terhubung ke kabel netral
7	CT+	CT Positive untuk terminal kabel CT+ untuk membaca arus
8	CT-	CT Negative untuk terminal kabel CT-

2.10 DHT22

DHT22 merupakan sensor digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban, sensor ini juga menjadi salah satu yang andal dan pilihan lain dalam melakukan pengukuran ataupun pemantauan yang akurat. Tingkat akurasi dari sensor DHT22 lebih tinggi dibanding DHT11, dengan tingkat kesalahan dalam pengukuran suhu sekitar 4% dan kelembaban mencapai 18%. Sebaliknya, DHT11 mempunyai rentang kesalahan yang besar, yaitu antara 1 hingga 7% untuk suhu dan 11 hingga 35% untuk kelembaban. (Arief Hendra Saptadi, 2014).

DHT22 adalah suhu dan kelembaban sensor digital senyawa yang output dikalibrasi sinyal digital. Berkat teknologi akuisisi modul khusus digital dan suhu dan

Teknologi penginderaan kelembaban yang diterapkan pada modul DHT22 memberikan keandalan yang sangat tinggi serta kestabilan performa jangka panjang yang sangat baik.



Gambar 2.6 DHT22

Tabel 2.3 *Datasheet* DHT22

No	Pin	Deskripsi
1	VCC	Untuk input sensor
2	GND	Menyediakan jalur kembali untuk listrik
3	Out	Sebagai jalur data dan mengirim data ke mikrokontroler

2.11 LCD I2C

LCD I2C dikenal sebagai perangkat tampilan yang efisien dan mudah dibaca karena mampu menampilkan sejumlah karakter dengan jelas. Pada tipe LCD 16×2 misalnya, dapat ditampilkan hingga 32 karakter, masing-masing 16 karakter pada baris atas dan bawah. Umumnya, LCD 16×2 memerlukan 16 pin untuk kendalinya, namun penggunaan semua pin ini akan sangat memakan banyak jalur pada mikrokontroler. Untuk mengatasi hal tersebut, digunakan modul driver khusus yang memungkinkan kontrol LCD melalui antarmuka I2C. Dengan bantuan antarmuka I2C, LCD hanya membutuhkan dua pin utama, yaitu SDA dan SCL, sehingga penggunaan pin menjadi jauh lebih efisien.

Karena kemudahan penggunaan dan efisiensi pin tersebut, LCD I2C sangat ideal digunakan dalam berbagai proyek sederhana yang membutuhkan tampilan karakter, seperti sistem monitoring suhu dan kelembapan, maupun perangkat ukur yang menampilkan pesan atau informasi singkat.



Gambar 2.7 LCD I2C

Tabel 2.4 *Datasheet* LCD I2C

No	Pin	Deskripsi
1	VCC	Inputan untuk sensor
2	GND	Menyediakan jalur Kembali untuk listrik
3	SDA	Serial data, untuk menerima data
4	SCL	Serial clock, untuk sinkronisasi kapan data dikirim

2.12 Software Arduino IDE

Arduino IDE (Integrated Development Environment) merupakan dari lingkungan pemrograman terintegrasi yang banyak dipakai untuk menulis serta mengunggah program ke papan mikrokontroler Arduino. Platform ini menyediakan antarmuka grafis yang sederhana serta mudah digunakan, sehingga memudahkan pengguna dalam menulis, mengedit, menguji, dan mengirimkan program ke mikrokontroler secara praktis dan efisien.

Arduino IDE menggunakan bahasa pemrograman yang mudah dipahami, terutama oleh pemula, yang mirip dengan bahasa C/C++. Arduino IDE memiliki fitur pemantau serial yang memungkinkan pengguna melihat output dari program Arduino dan berkomunikasi dengan papan melalui antarmuka serial. Arduino IDE dapat diintegrasikan dengan berbagai model papan Arduino, termasuk Arduino Uno, Arduino Mega, dan lainnya.

Bahasa pemrograman Arduino merupakan bahasa utama yang digunakan dalam penyusunan program untuk papan Arduino. Bahasa ini dibangun berdasarkan bahasa pemrograman C sebagai dasar utamanya. (Saragih et al., 2016)

1. Struktur Program

Pada struktur program Arduino (*Sketch*) memiliki dua fungsi utama, yaitu:

a. `void setup() { }`

Kode yang ada dalam kurung kurawal pada fungsinya hanya dieksekusi satu kali saja saat program mulai dijalankan.

b. `void loop() { }`

Fungsi ini dimulai setelah fungsi *setup* *done* kemudian akan terus berulang secara terus-menerus selama perangkat masih dapat catu daya.

2. Sintaks

Berikut adalah dasar program C yang digunakan pada penulisan kode Arduino:

a. `//` (satu baris komentar)

Digunakan untuk menulis catatan singkat di dalam kode.

b. `/* ... */` (beberapa baris komentar)

Difungsikan untuk menulis komentar yang mencakup baris dari beberapa kode.

c. `{ }` (kurung kurawal)

Simbol awal dan akhir batas kode, seperti fungsi atau perulangan.

d. `;` (titik koma)

Menandai akhir dari baris setiap kode.

3. Struktur Pengendalian

Program dapat dikembangkan sesuai kebutuhan dengan berbagai elemen pengendalian, seperti:

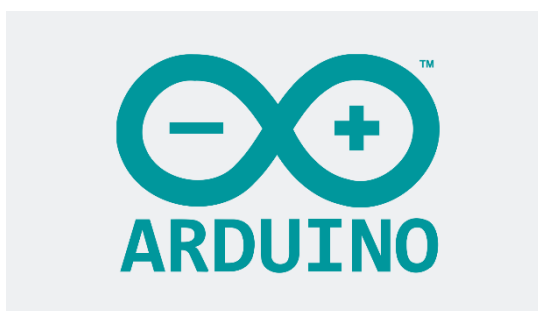
a. `if...else` dengan format:

```
if (keadaan) { } else if (keadaan) { } else { }
```

b. `for` dengan format:

```
for (int i = 0; i < #pengulangan; i++) { }
```

Digunakan untuk mengulangi blok kode sejumlah tertentu, di mana `#pengulangan` diganti dengan jumlah putaran yang diinginkan. Increment `i++` untuk perulangan naik dan `i--` untuk turun.



Gambar 2.8 Arduino IDE

2.13 Aplikasi *Blynk*

Aplikasi Blynk adalah platform pengembangan IoT yang memungkinkan pembuatan proyek *Internet of Things* dengan antarmuka yang mudah dioperasikan. Pengguna ponsel pintar sebagai komponen sistem sekaligus sebagai antarmuka membantu mempermudah proses pembelajaran dan mengurangi ketergantungan perangkat tambahan lainnya. Selain itu, Blynk tidak terbatas pada jenis perangkat keras tertentu, melainkan dapat bekerja dengan berbagai papan pengembangan selama papan tersebut mendukung modul Wi-Fi untuk komunikasi. (Eridani et al., 2017)

Blynk tidak bergantung pada modul atau papan tertentu, sehingga memungkinkan pengguna untuk mengontrol perangkat dari jarak jauh kapanpun selama terhubung ke koneksi. Konsep ini merupakan inti dari Internet of Things (IoT). (Marina Artiyasa et al., 2020)

Aplikasi Blynk terbagi menjadi tiga komponen utama, yaitu aplikasi, server, dan library. Server Blynk berfungsi untuk menangani seluruh komunikasi antara ponsel dan perangkat keras.



Gambar 2.9 Logo Blynk

Dengan adanya beberapa fitur widget, *Blynk* juga memudahkan seorang pengguna untuk membuat visualisasi data, dan mengirim perintah ke suatu perangkat, *blynk* juga bisa memantau status perangkat IoT dari jarak jauh serta tidak memerlukan pemrograman yang kompleks. Aplikasi *blynk* bisa diunduh secara gratis di perangkat IOS dan Android. Platform *blynk* juga memungkinkan pengguna untuk dengan mudah

mengembangkan serta mengontrol suatu proyek-proyek IoT langsung dari perangkat seluler mereka. Versi gratisnya menawarkan berbagai fitur dasar yang cukup untuk proyek kecil dan pengujian, sementara versi berbayarnya menyediakan lebih banyak fitur dan kapasitas untuk proyek yang lebih kompleks. (Puji et al, 2024).

BAB III

ANALISIS DAN PERENCANAAN SISTEM

3.1 Prosedur Penelitian

Prosedural penelitian merupakan rangkaian aktivitas yang disusun secara sistematis dan terstruktur guna mencapai target yang telah ditetapkan. Penyusunan yang teratur ini bertujuan untuk mempermudah proses pencarian data, analisis, dan pengawasan jalannya penelitian.

Prosedur ini mencakup identifikasi kebutuhan sistem, pemilihan komponen, perancangan perangkat keras dan lunak, integrasi data ke dalam platform Blynk, serta tahap pengujian dan evaluasi performa sistem di lapangan.

3.1.1 Tahapan Perencanaan

Tahap perencanaan dilakukan sebagai landasan untuk menetapkan langkah-langkah utama dalam prosedur penelitian yang akan dilaksanakan. Beberapa hal yang dilakukan meliputi:

a. **Perumusan Masalah**

Dalam menetapkan landasan utama penelitian, perlu dilakukan identifikasi dan perumusan masalah agar arah penelitian yang dilakukan memiliki fokus yang jelas dan terarah. Tujuannya agar objek yang diteliti dapat dianalisis secara sistematis dan hasil yang diperoleh bisa terstruktur.

b. **Penentuan Tujuan Penelitian**

Penentuan tujuan penelitian dilakukan agar objek kajian dapat dianalisis sesuai dengan arah yang ditetapkan, sehingga mampu memberikan jawaban atas permasalahan yang telah dirumuskan sebelumnya.

3.1.2 Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian bertujuan untuk mengenali kategori dan spesifikasi objek yang akan diteliti, sehingga sesuai dengan rancangan dan pemasangan pada objek utama penelitian. Persiapan penelitian meliputi beberapa hal berikut:

a. Studi Literatur

Studi literatur diawali dengan menghimpun berbagai informasi mengenai konsep dan kerja *Internet of Things* serta pemanfaatan Blynk dalam proses kinerja pemantauan objek. Setelah itu, dilakukan identifikasi dari alat dan bahan yang akan dipakai dalam pengembangan sistem monitoring kinerja panel surya, disesuaikan dengan fungsi serta prinsip kerja yang diharapkan. Data tersebut diperoleh dari berbagai sumber ilmiah, seperti jurnal, dan artikel yang relevan dengan topik penelitian.

b. Analisis Keperluan Alat dan Sistem

Analisis kebutuhan alat dan sistem merupakan proses indentifikasi terhadap komponen, dan media yang dibutuhkan dalam merancang dan mengembangkan sistem. Kebutuhan tersebut mencakup berbagai aspek termasuk perangkat lunak yang digunakan, di mana perangkat lunak yang digunakan adalah Arduino IDE. Sedangkan kebutuhan perangkat keras meliputi ESP8266, sensor pengukur tegangan panel surya, serta modul untuk mengirim data melalui internet. Selain itu, dibutuhkan pula aplikasi penerima data seperti Blynk, yang berfungsi sebagai platform untuk menampilkan data melalui jaringan koneksi.

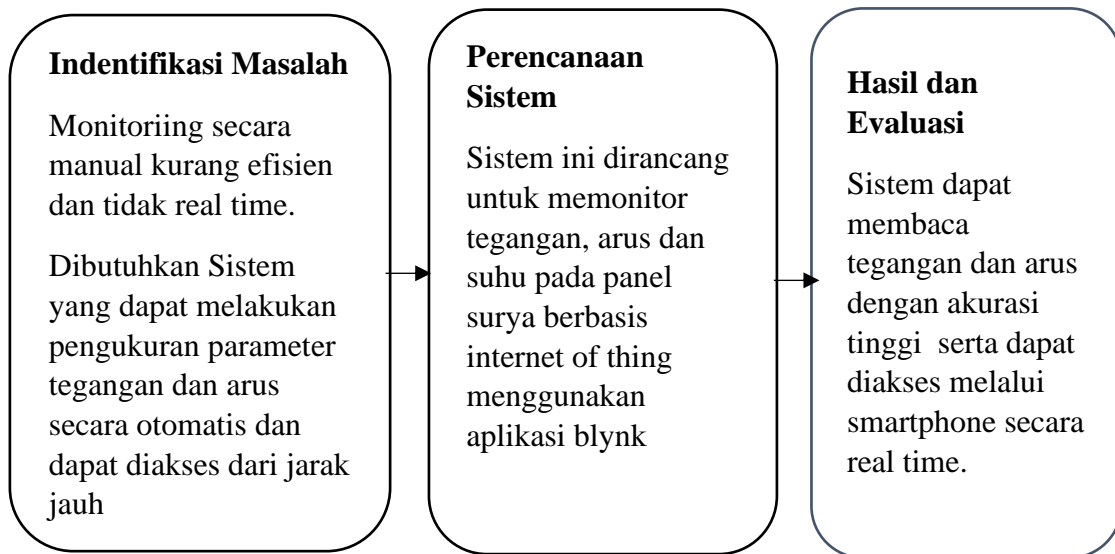
3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental atau yang juga dikenal sebagai R&D (*Research and Development*). Penelitian ini juga berfungsi untuk menguji efektivitas pengembangan alat monitoring tegangan, arus, dan suhu yang telah dirancang dan diterapkan pada rangkaian panel surya di Universitas Islam Nusantara. Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu menghadirkan alat yang berfungsi secara optimal serta dapat melakukan pemantauan secara real-time dan jarak jauh.

Hasil penelitian ini diharapkan bisa membuat sebuah alat yang tidak hanya berjalan dengan baik, tetapi juga mampu memonitor parameter penting dari jarak jauh menggunakan koneksi internet serta menampilkan data secara real-time melalui aplikasi Blynk. Dengan begitu, sistem ini dapat menjadi solusi inovatif untuk meningkatkan efektivitas pengawasan dan pemeliharaan panel surya secara praktis dan berkelanjutan.

3.3 Kerangka Berpikir

Gambar 3.1 Kerangka Berpikir



3.4 Perencanaan Sistem Hardware

Sistem ini dirancang untuk melakukan pemantauan terhadap tegangan, arus, dan suhu pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) dengan dukungan aplikasi Blynk. Sistem ini bertujuan untuk mempermudah pengguna dalam memantau kondisi PLTS secara real-time melalui perangkat seluler, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan keandalan pemanfaatan energi surya.

Untuk melaksanakan perancangan, sistem ini terbagi ke dalam beberapa bagian, di antaranya:

1. Melakukan perancangan sistem hardware termasuk sensor tegangan, sensor arus, sensor suhu.
2. Mikrokontroler sebagai unit pemroses data.
3. Pemrograman perangkat lunak (software) untuk mengolah dan mengirimkan data ke aplikasi Blynk, serta tahap pengujian dan analisis kinerja sistem guna memastikan bahwa seluruh komponen dapat bekerja secara optimal dan data yang ditampilkan akurat.

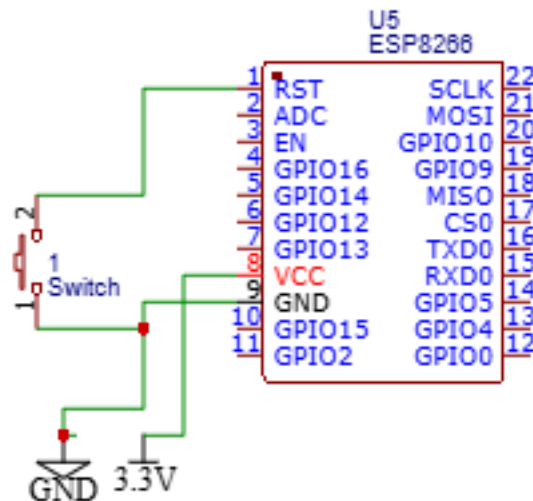
3.4.1 Komponen Hardware

Tabel 3.1 Komponen Hardware

No	Komponen	Keterangan
1	ESP8266	Mikrokontroller utama untuk terintegrasi pada sistem IoT
2	PZEM004T	Sensor untuk mengukur tegang, arus, daya, dan energi listrik
3	DHT22	Untuk mengukur suhu dan kelembaban
4	Kabel Jumper	Untuk koneksi antar komponen
5	LCD I2C	Tampilan data manual tanpa koneksi internet
6	Push Button	Untuk tombol reset
7	Box	Digunakan untuk

3.4.2 Rangkaian ESP8266

Rangkaian ESP8266 ini merupakan otak atau mikrokontroller dari sistem yang dibuat, dan untuk pin yang digunakan sebagai berikut :

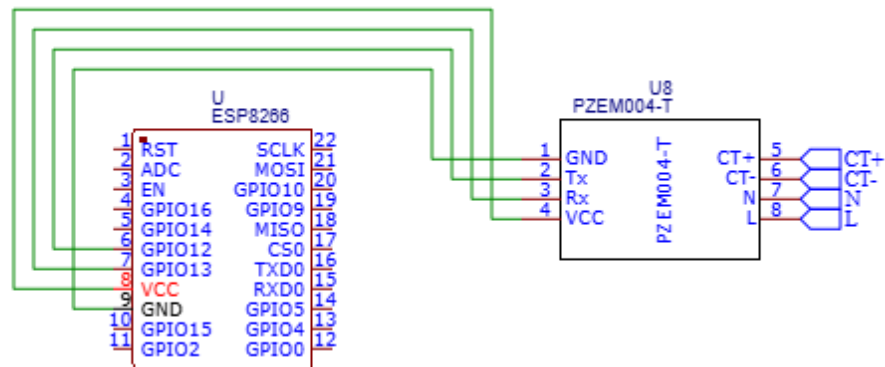


Gambar 3.2 Rangkaian ESP8266

3.4.3 Rangkaian PZEM-004T

Sensor PZEM-004T digunakan untuk melakukan pengujian pengukuran tagangan dan arus pada panel surya, untuk nilai yang diukur merupakan keluaran AC

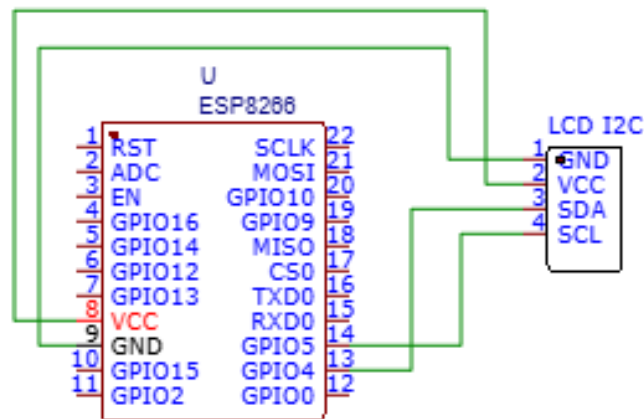
dari inverter. Kemudian untuk pin yang terhubung ke mikrokontroler adalah sebagai berikut :



Gambar 3.3 Rangkaian PZEM-004T

3.4.4 Rangkaian LCD I2C

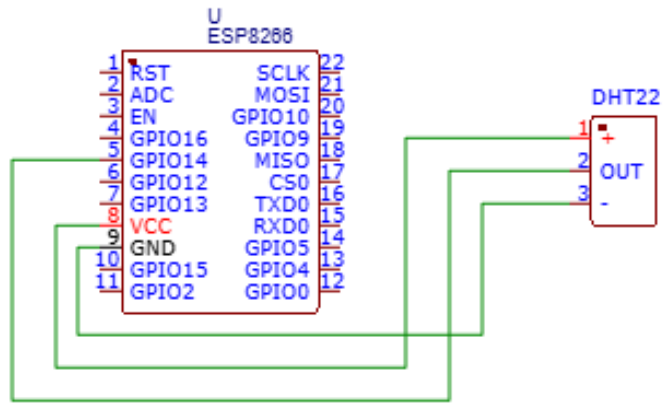
LCD I2C 16x2 merupakan komponen untuk menampilkan data output dari system secara manual, dan berikut pin yang digunakan serta rangkaiannya :



Gambar 3.4 Rangkaian LCD I2C

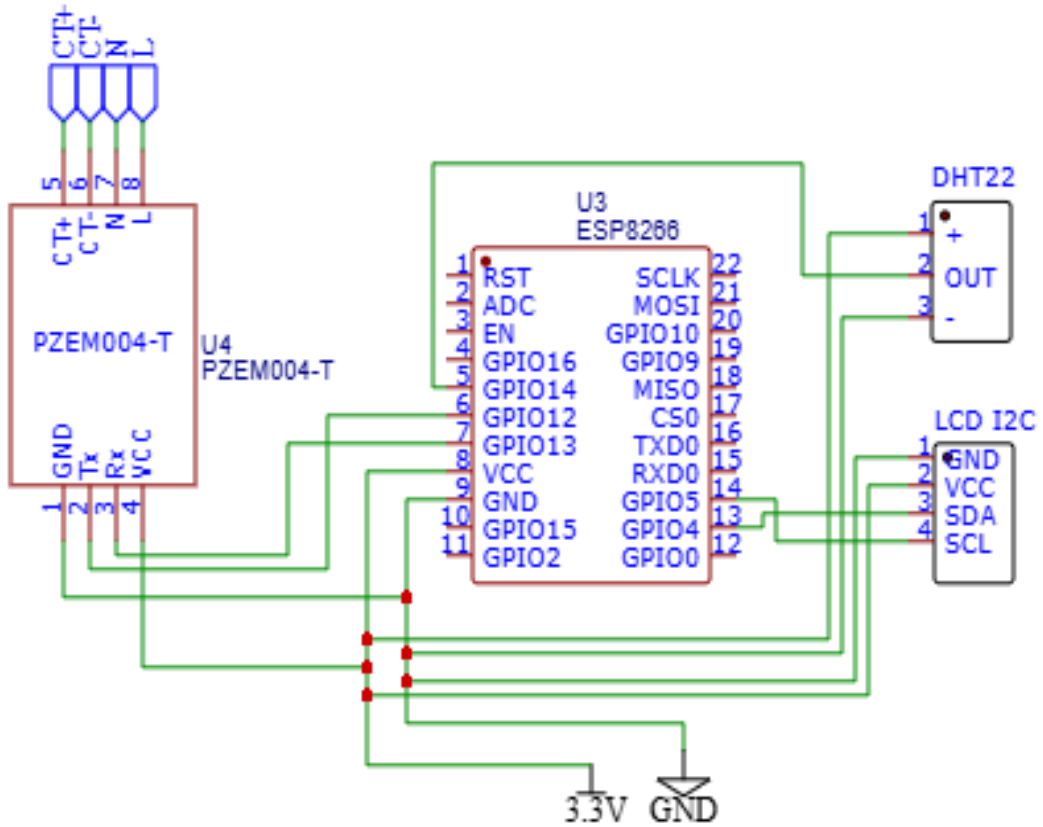
3.4.5 Rangkaian DHT22

DHT22 merupakan sensor untuk mengukur temperature dan kelembaban, yang dimana sensor ini memiliki tiga pin yaitu vcc, gnd, dan out. Sebagaimana pada rangkaian dibawah



Gambar 3.5 Rangkaian DHT22

3.4.6 Assembly Rangkaian



Gambar 3.6 Assembly Rangkaian

Tabel 3.2 PIN

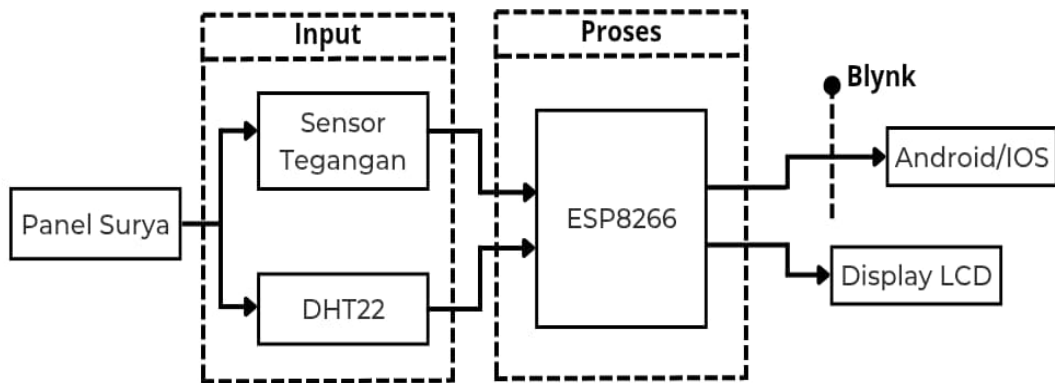
No	Sensor	Mikrokontroller
	PZEM-004T	ESP8266
1	GND	GND
2	VCC	VU
3	TX	GPIO12
4	RX	GPIO13
DHT22		ESP8266
1	GND	GND
2	VCC	VCC
3	OUT	GPIO14
LCD I2C		ESP8266
1	GND	GND
2	VCC	VCC
3	SDA	GPIO4
4	SCL	GPIO5

3.5 Perencanaan Software

Tabel 3.3 Software

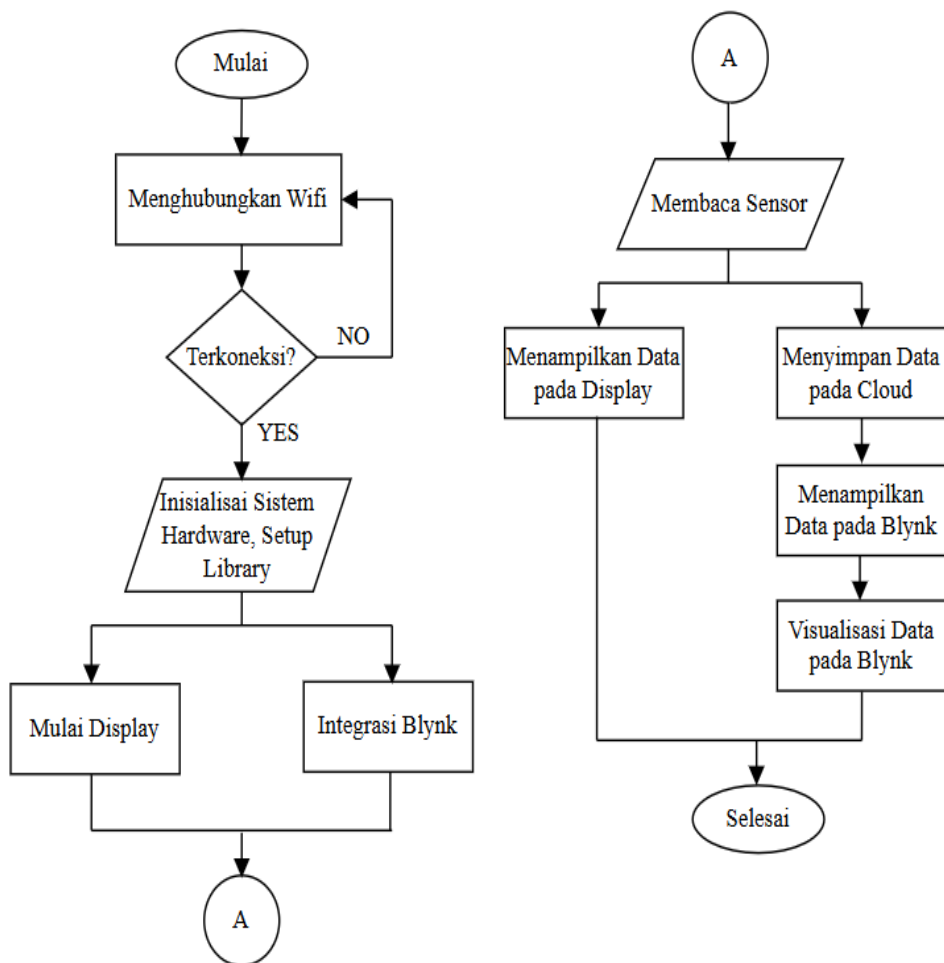
No	Software	Keterangan
1	Arduino IDE	untuk pemrograman ESP8266
2	Blynk	suatu platform iot untuk memonitoring jarak jauh
3	Library PZEM004T, DHT, Blynk	untuk membantu komunikasi antar sensor dan aplikasi blynk
3	EasyEDA	Platform untuk membuat rangkaian

3.6 Diagram Blok Sistem



Gambar 3.7 Blok Diagram

3.7 Flowchart Sistem

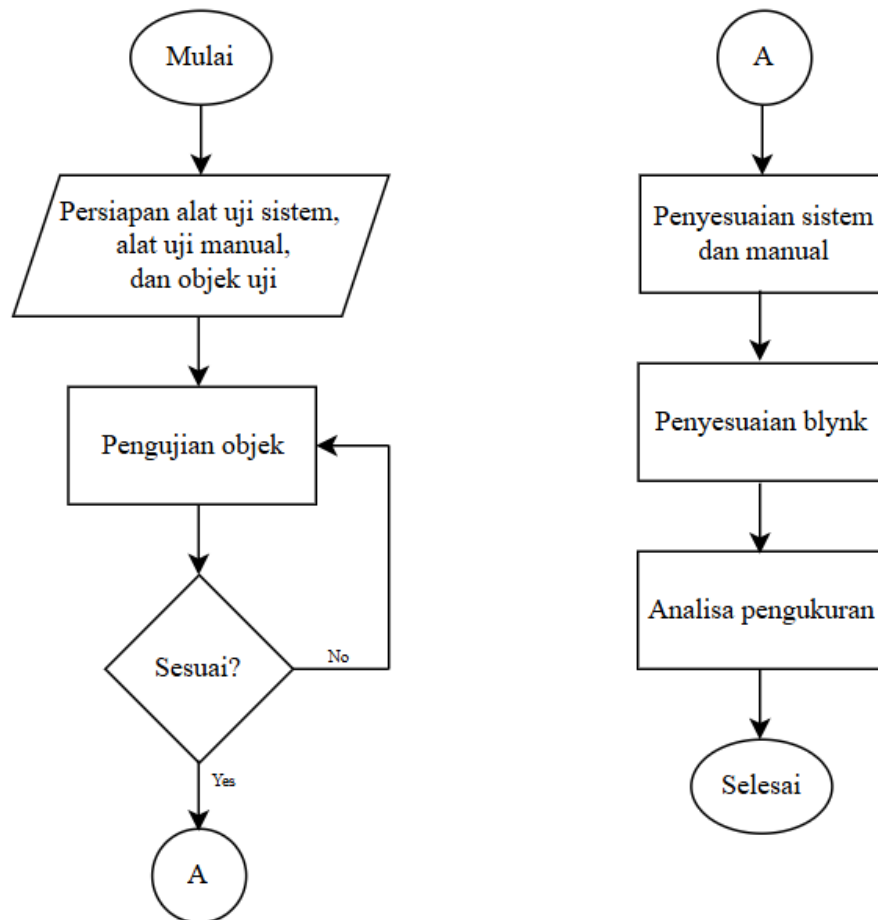


Gambar 3.8 Flowchart Sistem

Pada flowchart diatas proses dimulai dengan sistem dinyalakan, kemudian mencoba menghubungkan diri ke jaringan WiFi. Jika koneksi berhasil, maka sistem akan melakukan inisialisasi hardware serta setup library sensor yang dibutuhkan. Setelah itu, sistem menginisialisasi display dan mengintegrasikan koneksi dengan platform pada Blynk. Tahap selanjutnya adalah pembacaan data oleh sistem melalui sensor yang telah terpasang. Data yang diperoleh kemudian akan ditampilkan pada layar LCD, disimpan di cloud, dan dikirim ke aplikasi Blynk untuk divisualisasikan. Proses ini dilakukan secara berulang agar informasi yang ditampilkan selalu diperbarui secara real-time.

3.8 Perencanaan Pengukuran dan Pengujian

Pada tahapan ini, pengujian pengukuran dilakukan selama satu hari, dalam kurun waktu pada jam 08.00 pagi – 16.00 WIB sore. Dengan rencana pengukuran ditunjukkan pada flowchart berikut :



Gambar 3.9 Flowchart Pengujian

Flowchart tersebut menggambarkan alur proses pengujian dan kalibrasi suatu sistem atau alat uji. Proses dimulai dengan tahap persiapan yang meliputi persiapan alat uji, sistem, alat uji standar, dan objek uji. Setelah persiapan selesai, dilakukan pengujian terhadap objek. Hasil dari pengujian tersebut kemudian dievaluasi untuk menentukan apakah sudah sesuai memenuhi standar atau belum. Jika hasilnya belum sesuai, maka proses kembali ke tahap pengujian objek hingga hasilnya sesuai. Setelah hasil pengujian dinyatakan sesuai, proses dilanjutkan ke tahap pengujian dan kalibrasi, kemudian dilakukan pengujian menggunakan platform Blynk, yang kemungkinan digunakan untuk sistem berbasis *Internet of Things* (IoT). Selanjutnya, hasil pengujian dianalisis pada tahap analisa pengukuran, dan proses berakhir setelah seluruh tahapan selesai dilaksanakan.

Metode pengujian dibagi menjadi tiga tahapan, dengan pertama pengujian pada sensor PZEM-004T untuk pengukuran tegangan dan arus, kemudian pengujian pada sensor DHT22 untuk pengukuran temperature, dan pengujian pada platform blynk.

Untuk mengetahui selisih nilai error pengukuran tegangan dan arus dengan metode pengukuran sistem dan alat konvensional menunjukkan efektif kinerja sensor atau tidaknya, dihitung dengan rumus selisih *error relatif*, sehingga dapat mengetahui selisih nilai errornya. Dengan rumus sebagai berikut :

$$Error\ Relatif = \left| \frac{|Monitoring - Manual|}{Manual} \times 100\% \right|$$

Kemudian untuk pengujian *temperature* dengan metode monitoring dan manual, juga menggunakan rumus perhitungan *error relatif*, Selanjutnya untuk pengujian pada blynk, hanya disesuaikan dengan tampilan yang ada pada LCD display, yang disediakan pada box sistem.

BAB IV PEMBAHASAN DAN ANALISIS

4.1 Pengujian Tegangan dan Arus

Pengukuran tahap ini ialah untuk menentukan selisih nilai *error relatif* tegangan dan arus dari pengukuran sistem yang dibuat dengan alat pengukuran manual, yang dimana pengujiannya dilakukan dalam kurun waktu pada 08.00 sampai 16.00 WIB setiap interval pengukuran selama satu jam.

Tabel 4.1 Pengujian Tegangan dan Arus

No	Waktu	Monitoring		Manual		<i>Error Relatif</i>	
		V	A	V	A	V	A
1	08.00	171,3	0,09	167,5	0,08	2,2%	12,5%
2	09.00	175,6	0,08	172,6	0,07	1,7%	14,2%
3	10.00	176,3	0,09	184,4	0,08	4,3%	12,5%
4	11.00	192,3	0,07	191,4	0,07	0,4%	0,0%
5	12.00	196,3	0,07	195,5	0,08	0,4%	12,5%
6	13.00	197,6	0,09	201,1	0,08	1,7%	12,5%
7	14.00	195,3	0,08	191,4	0,07	2%	14,2%
8	15.00	167,3	0,09	168,3	0,08	0,5%	12,5%
9	16.00	166,5	0,09	167,5	0,08	0,6%	12,5%

Dari data tabel diatas menunjukkan bahwa hasil pengukuran tegangan dan arus ketika menggunakan monitoring dalam interval waktu satu jam nilainya berbeda beda, pagi menuju siang cenderung naik, dan ketika siang menuju sore cenderung turun, begitu juga dengan hasil pengukuran menggunakan multimeter secara manual. Untuk

mengetahui selisih dari hasil pengukuran tegangan monitoring serta manual menggunakan rumus *error relatif*, dengan contoh perhitungan sebagai berikut :

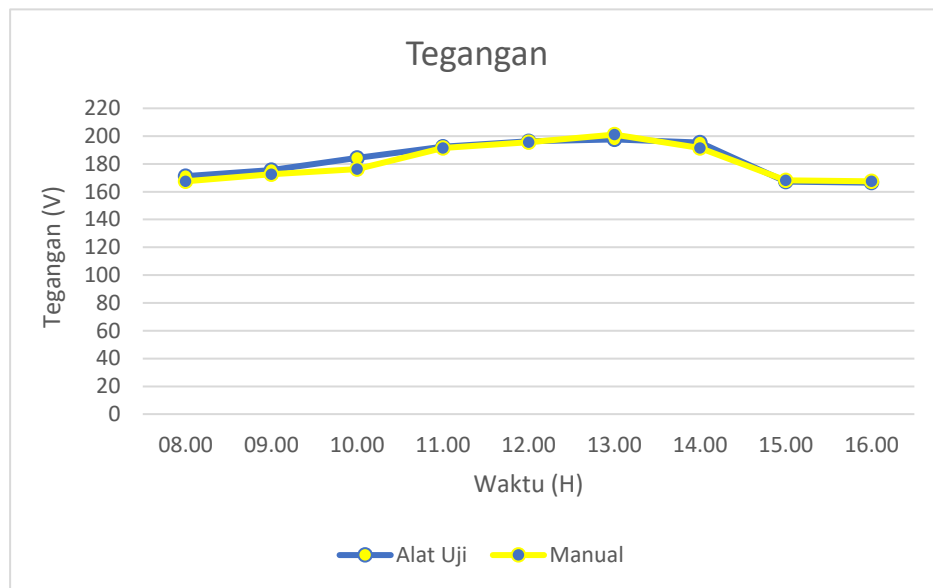
$$\begin{aligned} \text{Error Relatif} &= \left| \frac{|171,3-167,5|}{167,5} \times 100 \right| \\ &= 2,2\% \end{aligned}$$

Begitu juga dengan hasil perhitungan arus dari monitoring serta manual, dengan perhitungan sebagai berikut :

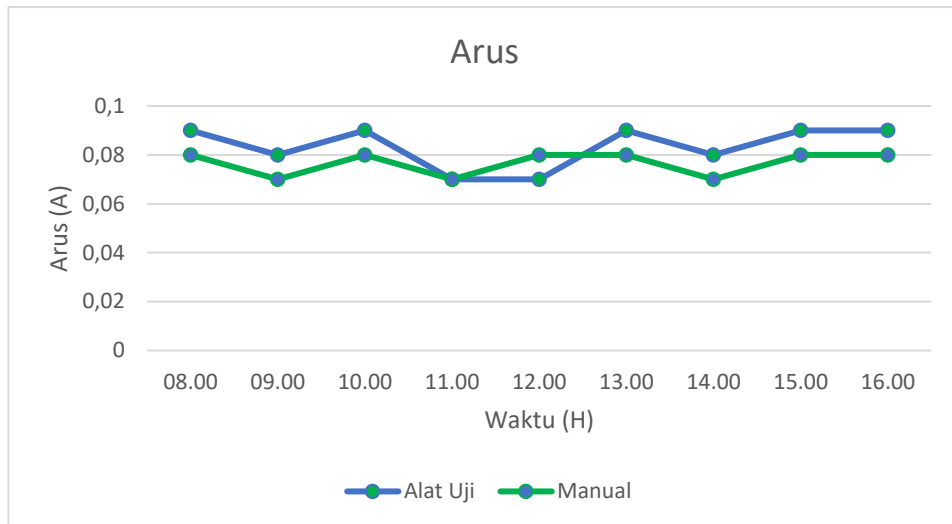
$$\begin{aligned} \text{Error Relatif} &= \left| \frac{|0,09-0,08|}{0,08} \times 100 \right| \\ &= 12,5\% \end{aligned}$$

Kesimpulan dari tabel data diatas dengan perhitungan selisih *error relatife* untuk tegangan berkisar antara 0,4% - 4,3%, dengan nilai *error relatife* tertinggi dipukul 10.00 (4,3%) kemudian nilai terendah yaitu pukul 11.00 (0,4%), serta untuk nilai *error relatife* arus berkisar 0,0% - 14,2%..

Dari data tabel tersebut dibuatlah visual grafik sebagai berikut :



Gambar 4.1 Grafik Tegangan



Gambar 4.2 Grafik Arus

4.2 Pengujian *Temperature* Lingkungan

Untuk pengujian tahap ini ialah untuk menentukan selisih nilai *error relatif* suhu dari pengukuran sistem yang dibuat dengan alat pengukuran manual, yang dimana pengujiannya sama dilakukan dalam kurun waktu 08.00 sampai 16.00 WIB setiap interval pengukuran selama satu jam.

Tabel 4.2 Pengujian *Temperature* Lingkungan

No	Waktu	Monitoring	Manual	<i>Error Relatif</i>
		°C	°C	%
1	08.00	31,7	30,2	4,9
2	09.00	33,4	32,5	2,7
3	10.00	34,4	33	4,2
4	11.00	35	33,3	5,1
5	12.00	35,2	33,7	4,4
6	13.00	35	33,1	5,7
7	14.00	34,6	33,2	4,2
8	15.00	34,7	33,1	4,8
9	16.00	34,3	33,1	3,6

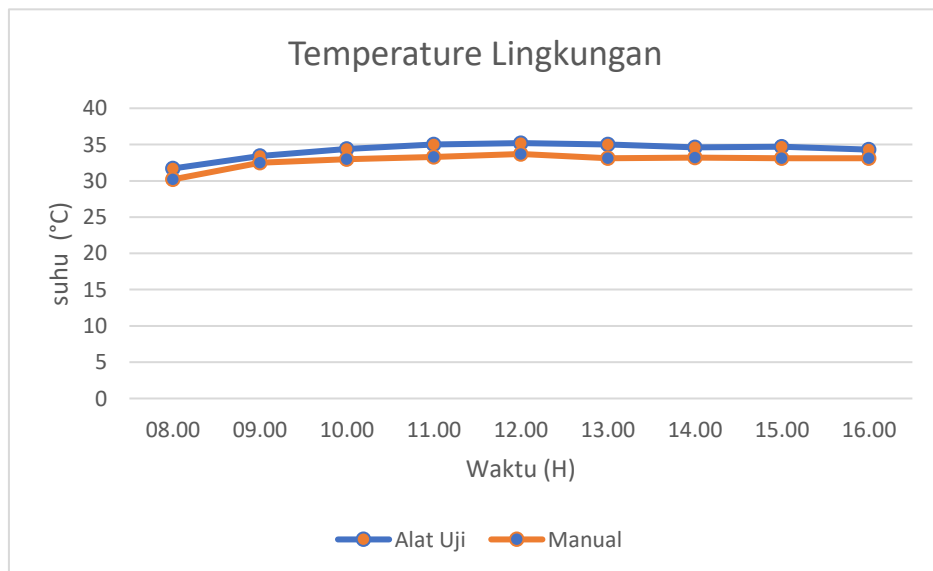
Dari hasil pengujian *temperature* lingkungan menggunakan alat uji yang dilakukan dengan kurun waktu dari jam 08.00 hingga 16.00, menunjukkan pengukuran cenderung naik dan turun, dengan suhu puncaknya berada di jam 12.00 dengan suhu 35,2°C, dan suhu terendahnya pada pukul 08.00 dengan suhu 31,7°C. Pengukuran ini dilakukan pada tanggal 28 april 2025 dengan kondisi cuaca yang cerah.

Data menunjukkan bahwa hasil pengukuran suhu antara metode monitoring dan metode pengukuran manual relatif konsisten, dengan *error relatif* yang paling kecil ditunjukkan pada pukul 09.00 dengan 2,7% dan nilai *error relative* tinggi ditunjukkan pada pukul 13.00 dengan 5,7%.

Untuk mengetahui nilai selisih *error relatif* antara metode pengukuran monitoring dan manual, menggunakan rumus *error relatif*, sebagai contoh :

$$\begin{aligned} \text{Error Relatif} &= \left| \frac{|31,7-30,2|}{30,2} \times 100\% \right| \\ &= 4,9\% \end{aligned}$$

Dengan demikian penggunaan sensor DHT22 untuk pengukuran suhu terbukti cukup efektif, dikarenakan selisih antara hasil pengukuran monitoring dengan alat ukur manual relatif kecil, dengan selisih 2 – 5% yang masih dalam batas wajar, dan sensor DHT22 sendiri memiliki spesifikasi akurasi dengan $\pm 0,5^\circ\text{C}$.



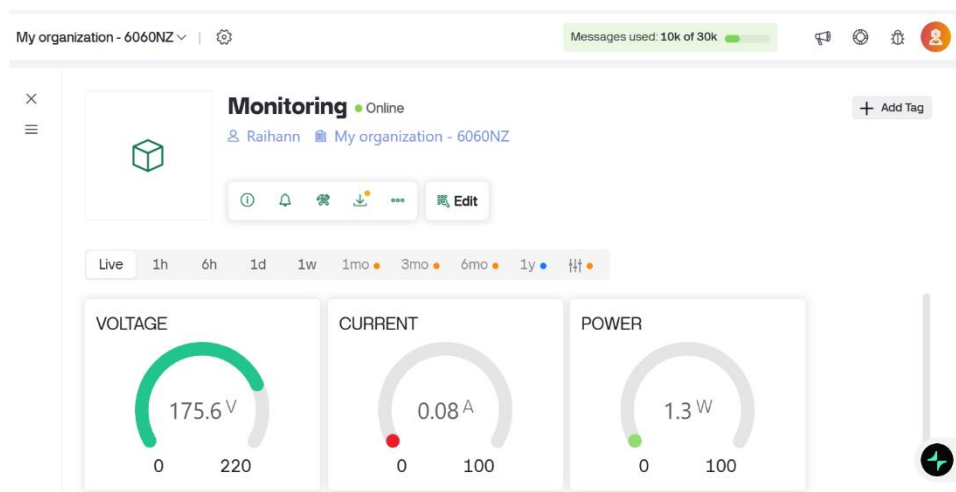
Gambar 4.3 Grafik *Temperatur* Lingkungan

4.3 Pengujian *Blynk*

Dalam pengujian ini, dilakukan pencocokan antara data yang ditampilkan oleh perangkat uji dengan data yang divisualisasikan pada platform *Blynk*. Proses ini bertujuan untuk memastikan bahwa data yang dikirimkan oleh sensor melalui mikrokontroler dapat diterjemahkan secara akurat oleh aplikasi, baik dalam bentuk angka maupun grafik. Penyesuaian ini juga berfungsi sebagai validasi bahwa sistem monitoring bekerja secara sinkron antara perangkat keras dan perangkat lunak, sehingga pengguna dapat memperoleh informasi yang real time dan sesuai dengan kondisi sebenarnya di lapangan.

Tabel 4.3 Penyesuaian *Blynk*

No	Tegangan (V)		Arus (A)		Suhu (°C)	
	Alat Uji	Blynk	Alat Uji	Blynk	Alat Uji	Blynk
1	171,3	171,3	0,09	0,09	31,7	31,7
2	175,6	175,6	0,08	0,08	33,4	33,4
3	176,3	176,3	0,09	0,09	34,4	34,4
4	192,3	192,3	0,07	0,07	35	35
5	196,3	196,3	0,07	0,07	35,2	35,2
6	197,6	197,6	0,09	0,09	35	35
7	195,3	195,3	0,08	0,08	34,6	34,6
8	167,3	167,3	0,09	0,09	34,7	34,7
9	166,5	166,5	0,09	0,09	34,3	34,3



Gambar 4.4 Tampilan *Blynk*

4.4 Perbandingan dengan Alat Sebelumnya

Tabel 4.4 Perbandingan Alat

No	Aspek	Alat Uji	Terdahulu	Keterangan
1	Mikrokontroler	Esp8266	Arduino atmega328 + esp8266	ESP8266 sebagai mikrokontroler yang menyederhanakan sistem karena hanya memakai satu perangkat terintegrasi, berbeda dengan sistem sebelumnya yang memerlukan dua perangkat (Arduino dan ESP8266).
2	Sensor tegangan dan arus	PZEM-004T	ACS712 + modul voltage divider	PZEM-004T menawarkan pengukuran tegangan dan arus yang lebih akurat dan praktis dalam satu modul, dibandingkan kombinasi ACS712 dan pembagi tegangan yang lebih kompleks.
3	Sensor suhu	DHT22	DHT22	Tidak ada perubahan, sensor DHT22 masih dianggap cocok dan efektif untuk pengukuran suhu.
4	Sensor Cahaya	-	LDR	Pada alat uji saat ini, sensor cahaya tidak disertakan, berbeda dengan penelitian

				terdahulu yang menyertakan sensor LDR untuk memantau intensitas cahaya
5	Display	LCD 16x2	LCD 20x2	Terjadi penyesuaian ukuran layar menjadi lebih kecil, dari 20x2 karakter per baris menjadi 16x2, untuk menghemat daya atau ukuran perangkat.
6	Platform monitoring	Blynk	Blynk	Tidak ada perubahan platform monitoring, Blynk masih dipakai karena dinilai efektif untuk keperluan pengawasan data secara real-time melalui perangkat mobile.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pada hasil perancangan serta pengujian pada tugas akhir kali ini dapat diambil kesimpulan, sebagai berikut yaitu :

1. Sistem pemantauan tegangan, arus, dan suhu pada panel surya berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan platform IoT dengan antarmuka platform blynk. Selain itu, rancangan sistem menunjukkan bahwa integrasi sensor dengan blynk berjalan dengan baik.
2. Pada pengujian sistem monitoring panel surya, menghasilkan data pengujian yang tercantum pada tabel diatas. Dari data hasil pengujian tegangan dan arus, selisih *error* dihitung menggunakan perhitungan selisih *error relative*, untuk tegangan berkisar antara 0,4% - 4,3% , dengan nilai yang tinggi terjadi pada jam 10.00 (4,3%) dan nilai terendah pada jam 11.00 (0,4%), kemudian untuk arus dengan nilai 0,0% - 14,2%. Untuk pengujian *Temperature* lingkungan data menunjukkan bahwa hasil pengukuran *temperature* antara metode monitoring dan metode pengukuran manual relatif konsisten, dengan *error relatif* yang paling kecil ditunjukkan pada pukul 09.00 dengan 2,7% dan nilai *error relatif* tinggi ditunjukkan pada pukul 13.00 dengan 5,7%.
3. Berdasarkan pengujian sistem monitoring serta hasil data pada tabel pengujian, kenaikan tegangan, arus, dan suhu pada rangkaian panel surya disebabkan dengan cuaca di lingkungan sekitar dan penggunaan beban.

5.2 Saran

Adapun saran dari penulis untuk suatu pengembangan pada penelitian tugas akhir, yaitu :

1. Pada hasil pengujian sistem monitoring, data yang diperoleh seharusnya dapat di back-up, sehingga dapat mempermudah dalam pengawasannya.
2. Penambahan komponen seharusnya bisa dilakukan agar sistem tidak mudah panas, terkhusus pada ESP8266 dan PZEM-004T, penulis menyarankan dapat menambahkan komponen seperti *heatsink*, serta modul LM7805 untuk memberikan

nilai output yang stabil yaitu 5V pada sensor PZEM-004T, karena pada dasarnya sensor PZEM-004T membutuhkan sumber 5V agar sensor dapat optimal.

REFRENSI

- Arief Hendra Saptadi, (2014) “Perbandingan Akurasi Pengukuran Suhu dan Kelembaban Antara Sensor DHT11 dan DHT22 Studi Komparatif pada Platform ATMEL AVR dan Arduino”.
- <https://media.neliti.com/media/publications/104803-ID-perbandingan-akurasi-pengukuran-suhu-dan.pdf?>
- Eridani, D., & Windarto, Y. E. (2017). Desain Monitor dan Kontrol Jarak Jauh Prototipe Ruang Cerdas Menggunakan Papan Intel Galileo Sebagai Implementasi Internet of Things. *Jurnal Sistem Komputer*, 7(2), 65-68.
- Efendi, Y. (2018). Internet of Things (IoT) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry PI Berbasis Mobile. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*. Diambil kembali dari <https://media.neliti.com/media/publications/283803-internet-of-things-iotsistem-pengendali-c98bddd.pdf>
- ESDM (2012). ”Matahari Untuk PLTS di Indonesia”
<http://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/matahari-untuk-plts-di-indonesia>
- M. Firdaus, Mursalin, M. Ridwan, dan M. Rizki. (2017). “Modul Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Aplikasi Beban Rendan (600W)”
<https://ejurnal.poliban.ac.id/index.php/intekna/article/download/490/440/1015>
- Fitriandi, A, E Komalasari, H Gusmedi - Jurnal Rekayasa dan, and undefined 2 6. 2 6. “Rancang Bangun Alat Monitoring Arus Dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler Dengan SMS Gateway.” *Academia.Edu* 10 (2).
<https://www.academia.edu/download/52674667/215-260-1-PB.pdf>.
- Khakim, A Lukman. 2015. *Timbangan Digital Berbasis AVR Tipe ATmega32. Skripsi*.
<http://lib.unnes.ac.id/23438/1/5301411071.pdf>.
- Khwee, K. H. (2013). Pengaruh temperatur terhadap kapasitas daya panel surya (Studi Kasus: Pontianak). *Jurnal Elkha*, 5(2).
- M. Faisal Majid, Isdawimah, Nuha Nadhiroh. (2024) “Pengujian Kinerja Sensor PZEM-004 & PZEM-017 Pada Sistem PLTS”
<https://prosiding.pnj.ac.id/SNTE/article/download/2407/1537/11725>
- Muhammad Aslam Ridho Effendy. (2021). Sistem Monitoring Kinerja Panel Surya Berbasis IoT Menggunakan Arduino UNO Pada PLTS Pematang Johar.

- http://repository.umsu.ac.id/bitstream/123456789/16946/1/Muhammad%20Aslam%20Ridho%20Effendy_Skripsi_Teknik%20Elektro_2016-2021.pdf
- Muhamad Hilmansyah Susanto. (2024). Pengukuran Tegangan dan Arus Listrik Menggunakan Sensor INA 219 Berbasis Arduino Uno.
<https://jurnal.kolibi.org/index.php/scientica/article/view/3673>
- Marina Artiyas et al, (2020). “Aplikasi Smart Home Node MCU IOT untuk Blynk”
<https://rekayasa.nusaputra.ac.id/article/view/59>
- M. Bahtiar, (2021) “Pembuatan Prototype Penstabil Tegangan Untuk Mengatasi Gangguan Over – Under Voltage Berbasis Arduino Uno”
https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/JTE/article/download/36874/32818?utm_source=chatgpt.com
- Putriani, M. Basyir, & Muhaimin, (2019). “Sistem Monitoring Alat Uji Karakteristik Panel Surya Berbasis Mikrokontroler,” *J. Tektro*, vol. 3, no. 2, pp. 102–112,
- Puji Utami Rakhmawati, Rizdania, & Sumantri (2024) “Analisis Komunikasi Platform Internet of Things Aplikasi Blynk”
<https://journal.uhamka.ac.id/index.php/teknoka/article/view/17558>
- Saragih, Richy Rotuahta. (2016). "Pemrograman dan bahasa Pemrograman." *STMIK-STIE Mikroskil* (2016): 1-91.
- Setiadi, D., & Muhaemin, M. N. (2018). Penerapan Internet of Things (IoT) Pada Sistem Monitoring Irigasi (Smart Irigasi). *Jurnal Infotronik*. Diambil kembali dari <http://jurnal.usbypkp.ac.id/index.php/infotronik/article/view/108>
- Susanto, H., Pramana, R., & Mujahidin, M. (2013). Perancangan Sistem Telemetry Wireless untuk Mengukur Suhu dan Kelembaban Berbasis Arduino Uno R3 ATmega328p dan XBee Pro. *Universitas Maritim Raja Ali Tanjung Pinang*, 4(1)..
- Shenzen Ai-Thinker Technology Co. (2018). ESP-12F Datasheet. *Shenzen AiThinker Technology Co*. Diambil kembali dari https://docs.aithinker.com/_media/esp8266/docs/esp-12f_product_specification_en.pdf
- Wilianto, & Kurniawan, A. (2018). Sejarah, Cara Kerja dan Manfaat Internet of Things. *MATRIX - Jurnal Manajemen Teknologi dan Informatika*.
doi:10.31940/matrix.v8i2.818

- Y. A. Kurnia Utama (2016), “Perbandingan Kualitas Antar Sensor Suhu dengan Menggunakan Arduino Pro Mini,” e-NARODROID, vol. 2, no. 2, 2016, doi: 10.31090/narodroid.v2i2.210
- Yuliansyah, H. (2016). Uji Kinerja Pengiriman Data Secara Wireless Menggunakan Modul ESP8266 Berbasis Rest Architecture. *Electrician - Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*. doi:10.23960/elc.v10n2.217

LAMPIRAN

Program pada Arduino IDE, Perancangan Hardware, Visual pada Blynk, Pengujian sistem, Pengumpulan data.

```
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL6pBHjrLp9"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "PZEM004T"

#include <Blynk.h>
#include <DHT.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <PZEM004Tv30.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Wire.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>

// Blynk Auth Token
char auth[] = "Li_u2wR4tYjiIFEYiH7HIQKDwvSuxdov"; // <-- GANTI DENGAN
TOKEN BLYNK

// WiFi credentials
char ssid[] = "Galaxy A02c452";
char pass[] = "11111112";

// DHT setup
#define DHTPIN D5
#define DHTTYPE DHT22 // atau DHT22, pastikan sesuai
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

// PZEM via SoftwareSerial (TX, RX)
```

```

SoftwareSerial pzemSerial(D7, D6); // TX=D7, RX=D6
PZEM004Tv30 pzem(pzemSerial);

// LCD I2C setup
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

BlynkTimer timer;

void sendData() {
  float voltage = pzem.voltage();
  float current = pzem.current();
  float temperature = dht.readTemperature();

  Blynk.virtualWrite(V0, voltage);
  Blynk.virtualWrite(V1, current);
  Blynk.virtualWrite(V2, Temperature);

  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("V:");
  lcd.print(voltage);
  lcd.print("V");

  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("T:");
  lcd.print(temperature);
  lcd.print((char)223);
  lcd.print("C");
}

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Blynk.begin(auth, ssid, pass);
}

```

```
dht.begin();  
Wire.begin(D2, D1);  
delay(100);  
lcd.begin(16, 2);  
lcd.backlight();  
lcd.setCursor(0, 0);  
lcd.print("Inisialisasi...");  
timer.setInterval(5000L, sendData);  
}  
  
void loop() {  
  Blynk.run();  
  timer.run();  
}
```

