



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik memanfaatkan energi cahaya matahari sebagai energi utama untuk menghasilkan listrik, sehingga ramah lingkungan. Komponen utama PLTS yaitu panel surya (*fotovoltaik*) yang mengubah energi matahari menjadi listrik yang dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Panel surya menghasilkan arus searah (DC), sehingga diperlukan inverter untuk mengonversinya menjadi arus bolak-balik (AC). Secara umum, terdapat tiga tipe konfigurasi sistem PLTS: 1) PLTS *Off Grid* atau *stand alone*, yaitu sistem PLTS yang beroperasi secara sendiri tanpa terhubung ke grid atau jaringan sumber listrik lainnya, 2) PLTS *On Grid*, yaitu sistem PLTS yang terhubung ke grid atau sistem eksisting, dan 3) PLTS *Hybrid*, yaitu sistem PLTS yang terintegrasi dengan satu atau lebih pembangkit listrik lain yang menggunakan sumber energi primer berbeda dan dapat beroperasi secara bersama. (Husnayain & Luthfy, 2020).

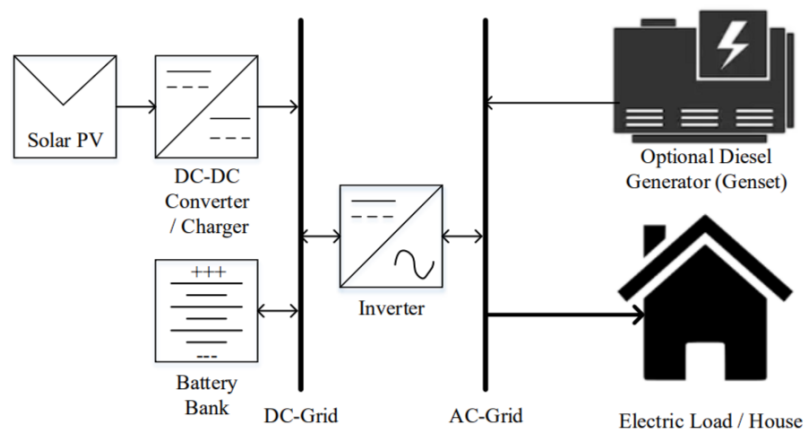
2.1.1 Sistem PLTS *Off Grid*

PLTS dengan konfigurasi *Off Grid* adalah sistem yang hanya disuplai oleh panel surya saja tanpa ada sumber energi listrik lain, misalnya ke jaringan PLN. Sistem tipe ini hanya tergantung pada sinar matahari sepenuhnya. Karena panel tidak mungkin mendapatkan sinar matahari terus menerus terutama pada malam hari, maka sistem ini membutuhkan media penyimpan energi listrik yaitu baterai. PLTS *Off Grid* umumnya digunakan di lokasi yang sangat terisolasi dengan jaringan listrik. Bentuk skema instalasi sistem PLTS dengan konfigurasi ini dapat dilihat pada Gambar 2. 1.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2. 1 Konfigurasi PLTS *Off Grid*
Sumber: Husnayain & Luthfy, 2020

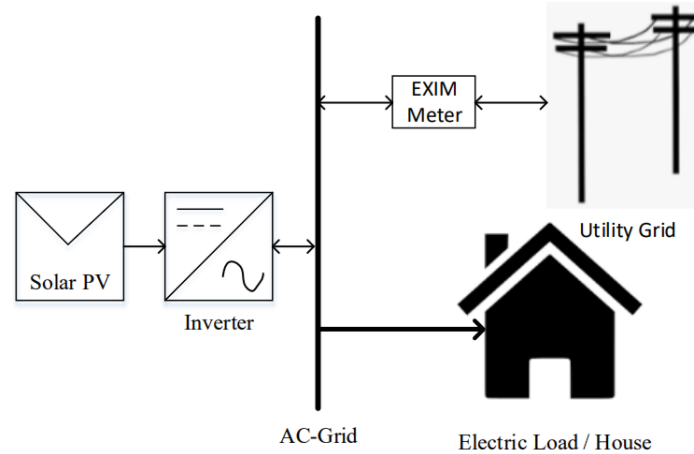
Menentukan kapasitas panel dan baterai yang sesuai dengan kebutuhan sangatlah penting. Pada sistem *Off Grid*, kapasitas baterai umumnya ditingkatkan untuk mengantisipasi hari tanpa sinar matahari atau berawan, yang disebut *Days of Autonomy* (DoA). Dengan mempertimbangkan biaya, kapasitas ini biasanya ditambahkan 1-2 kali periodenya. Dalam perencanaan, kapasitas PV harus mampu menyuplai beban minimal pada tingkat radiasi rata-rata 1 kW/m^2 dan secara bersamaan mengisi baterai dengan energi yang dibutuhkan selama periode pelepasan (Sianipar, 2014).

2.1.2 Sistem PLTS *On Grid*

PLTS dengan konfigurasi *On Grid* biasanya digunakan pada lokasi yang memang sudah memiliki jaringan listrik dan memiliki periode operasi siang hari. Sistem ini dihubungkan (*tied*) pada jaringan listrik seperti PLN. Tujuan dari penggunaan PLTS ini adalah untuk mengurangi konsumsi sumber listrik utama dengan memanfaatkan energi sinar matahari disiang hari. Bentuk skema instalasi sistem PLTS dengan konfigurasi ini dapat dilihat pada Gambar. 2. 2.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2. 2 Konfigurasi PLTS *On Grid*
Sumber: Husnayain & Luthfy, 2020

PLTS tipe *On Grid* tidak dilengkapi baterai. Agar PLTS tidak mempengaruhi stabilitas sistem induknya, maka kapasitasnya dibatasi maksimum sebesar 20% dari beban rata-rata siang hari. Inverter untuk PLTS *On Grid* disebut juga *On Grid Inverter*. Jenis ini memiliki kemampuan melepaskan hubungan (*islanding system*) saat *grid* kehilangan tegangan (Sianipar, 2014).

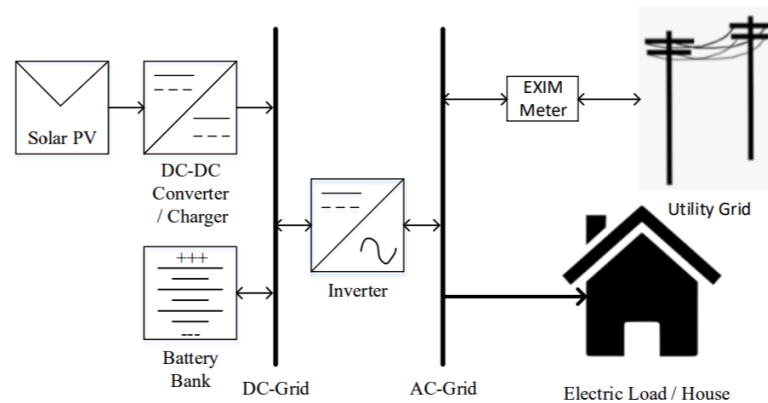
2.1.3 Sistem PLTS *Hybrid*

PLTS *Hybrid* adalah pengabungan dari konfigurasi sistem *On Grid* dan *Off Grid*. Pada sistem ini PLTS diharapkan dapat digunakan secara maksimal untuk menyuplai beban di siang hari. Agar bagian PLTS tidak mengganggu sistem yang ada, maka PLTS harus dilengkapi dengan baterai sebagai buffer atau stabiliser. Dengan adanya baterai, PV dapat memberikan daya dan energi ke beban selama periode siang (*hours of sun*) tanpa resiko eksisting sistem terganggu. Bentuk skema instalasi sistem PLTS dengan konfigurasi ini dapat dilihat pada Gambar 2. 3.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2. 3 Konfigurasi PLTS *Hybrid*
Sumber: Husnayain & Luthfy, 2020

Inverter pada sistem PLTS *Hybrid* haruslah mampu mengubah arus dari kedua arah yaitu dari DC ke AC untuk menyuplai beban dan dari AC ke DC untuk proses mengisi baterai. Oleh karenanya inverter ini disebut *Bidirectional inverter*. (Sianipar, 2014).

2.2 Karakteristik Panel Surya

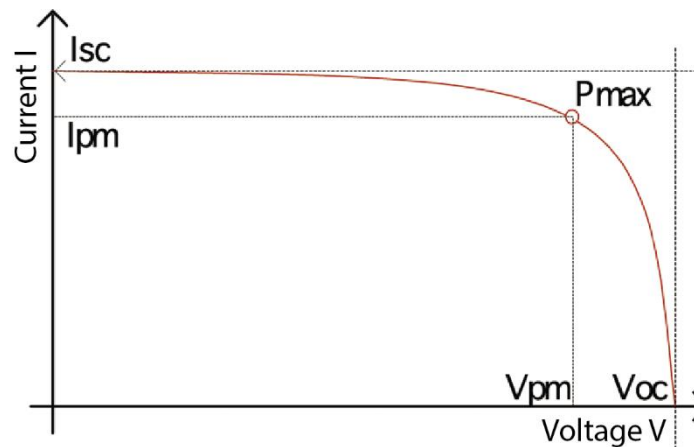
Pada sub-bab ini menjelaskan parameter panel surya apa saja yang dapat mempengaruhi kurva daya, seperti arus hubung singkat dan hubung terbuka, suhu dan irradiance. daya dan efisiensi merupakan parameter umum yang digunakan untuk membandingkan panel surya.

2.2.1 Arus hubung singkat (I_{sc}) pada panel surya

I_{sc} merupakan arus yang mengalir pada saat tegangan sel surya sama dengan nol. Pada kondisi ideal tanpa rugi daya. $I_{sc} = I_L$. I_{sc} bergantung linear terhadap *irradiance* dan dipengaruhi beberapa hal lain, yaitu luas area sel, spektrum cahaya dan parameter optic. Pada pengujian Standard Test Condition (STC), sel surya memiliki I_{sc} yang bervariasi antara $28\text{mA}/\text{cm}^2$ sampai dengan $35\text{mA}/\text{cm}^2$. Bentuk kurva karakteristik sel surya dapat dilihat pada Gambar 2. 4.


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2. 4 Kurva karakteristik sel surya
 Sumber: <https://www.hioki.com/id-id>

2.2.2 Tegangan hubung terbuka (V_{oc}) pada panel surya

Tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}) pada sel surya V_{oc} adalah tegangan maksimum dari sel surya dan terjadi pada saat arus sel sama dengan nol. Tegangan rangkaian terbuka sesuai dengan jumlah bias maju pada sel surya, karena bias *junction* sel surya sama dengan arus cahaya yang dihasilkan. (Farhan Jaelani, 2021)

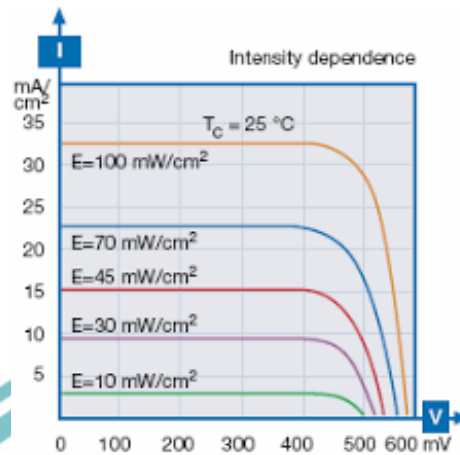
2.2.3 Pengaruh *Irradiance* terhadap panel surya

Radiasi matahari yang diterima bumi terdistribusi pada beberapa range Panjang gelombang, mulai dari 300nm sampai dengan 4 mikron. Sebagian radiasi mengalami refleksi di atmosfer (*diffuse radiation*) dan sisanya dapat sampai ke permukaan bumi (*direct radiation*). Kedua besaran tersebut yang biasanya digunakan untuk mengukur besaran radiasi yang diterima oleh sel surya.

- *Spectral irradiance* I_{λ} , daya yang diterima oleh satu unit area dalam bentuk differensial panjang gelombang $d\lambda$, satuan: $W/m^2 \mu m$.
- *Irradiance*, integral dari spectral irradiance untuk keseluruhan panjang gelombang, satuan: W/m^2 .
- Radiansi, integral waktu dari irradiance untuk jangka waktu tertentu. Oleh sebab itu, satuannya sama dengan satuan energi, yaitu $J/m^2 - \text{hari}$, $J/m^2 - \text{bulan}$ atau $J/m^2 - \text{tahun}$.(Wibeng Diputra, 2008) Bentuk kurva V-I terhadap perubahan *irradiance* dapat dilihat pada Gambar 2. 5.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2. 5 Karakteristik kurva V-I terhadap perubahan *irradiance*
Sumber: Wibeng Daputra, 2008

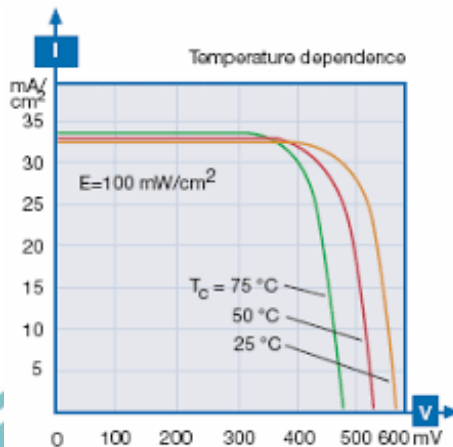
Keluaran daya panel surya berbanding lurus dengan irradiansi. Arus singkat (I_{sc}) lebih dipengaruhi oleh perubahan irradiansi dibandingkan dengan tegangan terbuka (V_{oc}). Penjelasan ini sesuai dengan konsep bahwa cahaya merupakan paket-paket foton. Ketika irradiansi tinggi, yang berarti jumlah foton yang jatuh pada panel banyak, arus yang dihasilkan juga meningkat. Sebaliknya, saat irradiansi rendah, arus yang dihasilkan berkurang. Dengan kata lain, arus yang dihasilkan sebanding dengan jumlah foton yang tersedia. (Wibeng Daputra, 2008).

2.2.4 Pengaruh suhu terhadap panel surya.

Irradiansi bukan satu-satunya faktor eksternal yang mempengaruhi kurva V-I; suhu juga memiliki dampak signifikan. Suhu berperan penting dalam memprediksi karakteristik V-I panel surya. Komponen semikonduktor, seperti dioda, serta sel surya, sangat sensitif terhadap perubahan suhu. Suhu memengaruhi tegangan terbuka (V_{oc}) lebih besar dibandingkan dengan arus singkat (I_{sc}), berbeda dengan pengaruh irradiansi. Peningkatan suhu cenderung menurunkan V_{oc} pada sel surya karena suhu yang lebih tinggi mengurangi band gap semikonduktor. Bentuk kurva V-I terhadap perubahan suhu dapat dilihat pada Gambar 2. 6.

Hak Cipta :

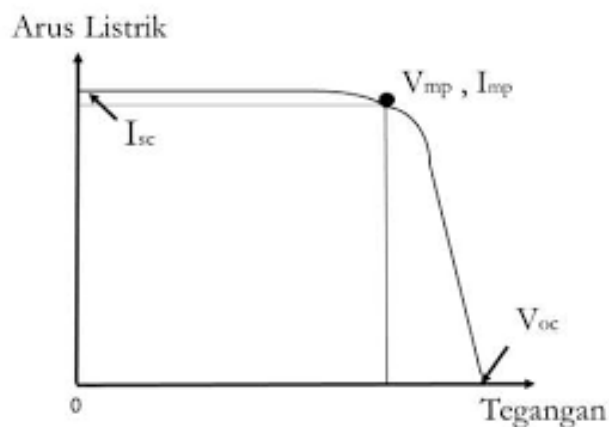
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2. 6 Karakteristik kurva V-I terhadap perubahan suhu
Sumber: Wibeng Daputra, 2008

2.2.5 Maximum Power Point (MPP)

Hasil perkalian arus dan tegangan pada setiap titik kurva V-I menyatakan besar dayanya. Kurva daya pada saat sel surya bekerja berbentuk segitiga. Secara grafis, daya maksimum pada sel adalah puncak dari segitiga yang memiliki luas terbesar. Titik ini disebut dengan *maximum power point* (MPP), hasil dari $V_{mp} \times I_{mp}$. Bentuk kurva V-I terhadap perubahan *suhu* dapat dilihat pada Gambar 2. 7.



Gambar 2. 7 Kurva V-I dan kurva daya sel surya
Sumber: Wibeng Daputra, 2008

2.2.6 Efisiensi Sel Surya

Perbandingan performansi antara satu modul surya dengan modul surya lainnya umumnya dilihat dari efisiensinya. Banyaknya energi matahari dalam bentuk foton yang diserap sel surya menentukan efisiensinya. Efisiensi modul surya didefinisikan sebagai perbandingan daya keluaran dengan daya masukan. Daya masukan dihitung sebagai irradiance yang diterima oleh permukaan sel surya. Nilai efisiensi ini selalu dihitung pada kondisi standar (*irradiance* = 1000 W/m², AM 1,5 dan temperatur 250C°). (Wibeng Diputra, 2008).

2.3 Internet of Things (IoT)

Istilah “*Internet Of Things*” terdiri dari dua bagian kata utama yaitu Internet yang menghubungkan dan mengatur sebuah konektivitas dan *Things* yang memiliki arti objek atau sebuah perangkat. Sederhananya, kamu memiliki “*Things*” yang dapat saling terhubung untuk mengumpulkan data dan mengirimkannya ke Internet. Data ini juga dapat diakses oleh “*Things*” lainnya juga. dimana sebuah “*Things*” tertentu memiliki kemampuan untuk mengirimkan data lewat melalui jaringan dimanapun kamu berada dan tanpa adanya interaksi dari manusia ke manusia ataupun dari manusia ke perangkat komputer. (Selay dkk., 2022).

2.4 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan chip mikrokomputer berupa IC (*Integrated Circuit*). Mikrokontroler biasanya digunakan dalam sistem kecil, karena murah dan tidak membutuhkan perhitungan yang sangat kompleks seperti dalam PC mikrokontroler memiliki bagian-bagian utama seperti CPU (*Central Processing Unit*), RAM (*Random Acces Memory*), ROM (*Read Only Memory*) dan port I/O (*Input/Output*) dan terdapat perangkat keras untuk melakukan banyak kebutuhan seperti melakukan komunikasi serial, interupsi dll. Mikrokontroler tertentu bahkan menyertakan ADC (*Analog-To-Digital Converter*), USB controller, CAN (*Controller Area Network*) dll. (Dharmawan, 2017). Adapun dalam pembuatan sistem monitoring pada modul latih PLTS *On Grid* ini menggunakan beberapa komponen – komponen mikrokontroler sebagai berikut:

Hak Cipta :

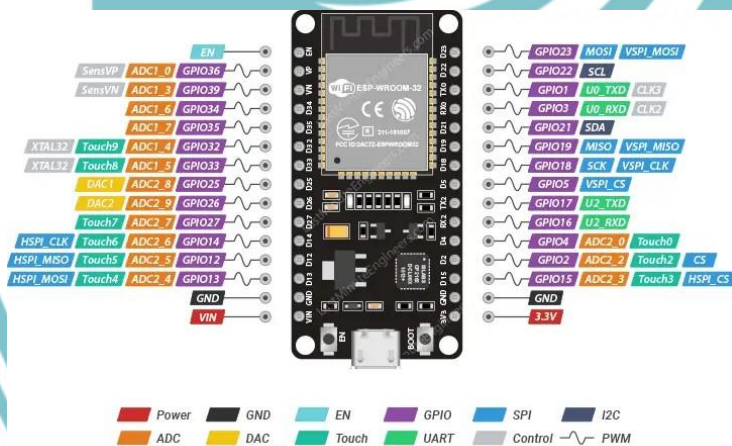
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.4.1 ESP32

ESP32 merupakan sebuah perangkat microcontroller yang dikemas dalam bentuk chip IC (*Integrated Circuit*) dan dirancang untuk melakukan sebuah tugas tertentu. ESP32 merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266 yang dikenalkan oleh sebuah perusahaan bernama Espressif System. Mikrokontroler ini menggunakan chip ESP32-WROOM-32D. Chip ini terdiri dari modul Wi-Fi, Bluetooth, dan Bluetooth LE MCU generik yang kuat yang menargetkan berbagai aplikasi, mulai dari jaringan sensor berdaya rendah hingga tugas yang paling menuntut, seperti suara encoding, streaming musik, dan decoding MP3. ESP32 mempunyai beberapa keunggulan, yaitu berdaya rendah, murah, dan handal dalam berbagai aplikasi dengan modul WiFi dan bluetooth yang sudah terintegrasi dengan chip mikrokontroler sehingga menjadikannya mikrokontroler yang sangat kompatibel dengan pengaplikasian IoT (*Internet of Things*). (Nizam dkk., 2022). Dalam penelitian ini penulis menggunakan ESP32 Dev Kit C V4 dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 ESP32

Sumber: <https://lastminuteengineers.com>

Berikut ini untuk spesifikasi mikrokontroler ESP32 pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Spesifikasi ESP32

<i>Microprosesor</i>	Xtensa Dual-Core 32 Bit LX6, operating at 160 or 240 MHz and performing at up to 600 DMIPS
----------------------	--

<i>Dimension</i>	54,4 mm x 27,9 mm
SRAM	520 kB
<i>Flash memory</i>	4 MB
<i>Antenna</i>	Onboard Antenna
<i>Operating Voltage of Power Module</i>	5V
<i>USB Voltage</i>	5V ± 0,3V
<i>Operating Temperature</i>	(-40) – 85 °C
<i>Number of Pins</i>	32 Pin
<i>Wi-Fi</i>	802.11 b/g/n (802.11n up to 150 Mbps)
<i>Bluetooth</i>	Bluetooth v4.2 BR/EDR and Bluetooth LE specification

Sumber: <https://www.electronicshub.org>

Terdapat banyak bagian dari mikrokontroler, namun bagian utama pada mikrokontroler adalah sebagai berikut:

1. CPU, memiliki fungsi untuk melakukan segala jenis komputasi dan perhitungan dari semua sensor dan aktuator dengan firmware tertentu. CPU juga bertanggung jawab untuk mengambil instruksi (*fetch*), menerjemahkannya (*decode*), lalu akhirnya dieksekusi (*execute*).
2. Memori, berfungsi untuk menyimpan data dan program. Mikrokontroler biasanya memiliki sejumlah RAM dan ROM atau memori flash untuk menyimpan kode sumber program.
3. *Port*, berfungsi bertugas sebagai penghubung berbagai perangkat seperti LCD, sensor, memori dan perangkat lainnya ke mikrokontroler. Port terbagi menjadidua jenis yaitu port sebagai input atau output, dan port sebagai serial.
4. *Coverter Signal*, kegunaannya untuk mengubah sinyal analog menjadi digital maupunn sebaliknya. Bagian ini biasanya digunakan untuk aplikasi seperti sensor dan LCD. (Yunanto, 2022).

2.4.2 Modul Modbus RTU RS485

komunikasi Modbus RTU yang digunakan adalah komunikasi serial RS485 (TTL to RS485). Modul RS485 (TTL to RS485) adalah modul yang memungkinkan

Hak Cipta :

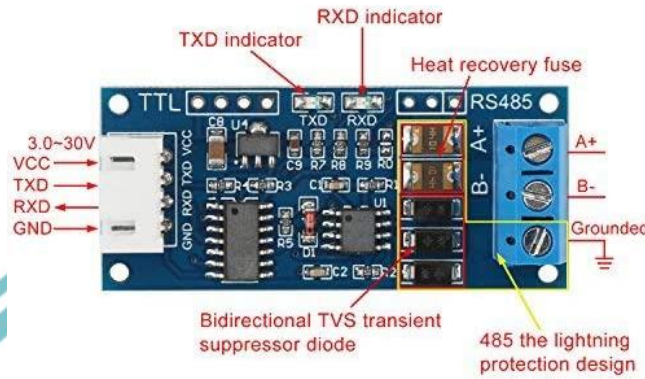
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

TTL *interface* dari mikrokontroler ditransfer ke modul RS485. Mendukung komunikasi antara beberapa mikrokontroler, memungkinkan hingga 128 device di bus. Bagian-bagian komponen modul RS485 dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Module Modbus RTU RS485
Sumber: <https://arduino.stackexchange.com>

Berikut ini untuk spesifikasi Modul Modbus RTU RS485 pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Spesifikasi modul RS485

Tegangan Kerja	5VDC
Tegangan Data	3.3V dan 5V
Pitsch	2,54 mm
Jarak Transmisi Data	800 m
Suhu Operasi	-40°C ~ +85°C
Dimensi	42.8 x 15.22 x 0.8 mm

Sumber: <https://digiwarestore.com/id>

Struktur format pengiriman data dari master berupa alamat perangkat adalah alamat dari slave yang akan menerima data, dan function code adalah kode yang menentukan fungsi atau tindakan yang akan dilakukan. Berikut adalah beberapa contoh fungsi: *Read DO (Digital Output)*, *Read DI (Digital Input)*, *Read AO (Analog Output)*, *Read AI (Analog Input)*, *Write single DO (Digital Output)*, *Write single AO (Analog Input)*, *Write multiple DO (Digital Output)*, *Write multiple AO (Analog Input)*. Modbus memiliki frame data yang berbeda disetiap jenisnya. Komunikasi serial pada modbus RTU menggunakan representasi nilai data biner yang dikompresi menjadi protocol komunikasi. Bingkai data Modbus RTU

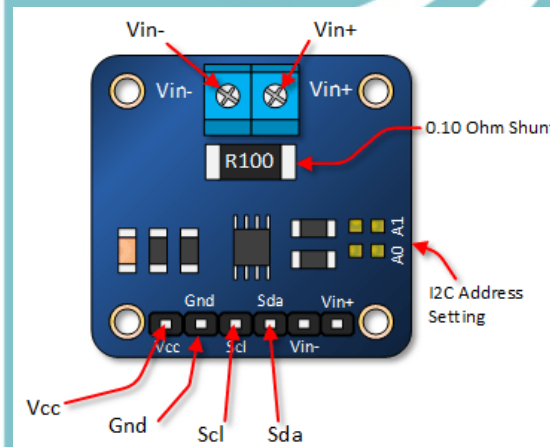
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

mengikuti perintah atau permintaan transfer data menggunakan mekanisme pengecekan kesalahan untuk memastikan bahwa data yang dikirimkan sudah benar. (Syafri Hidayat dkk., 2022).

2.4.3 INA219 (Sensor tegangan DC)

INA219 merupakan modul sensor yang dapat memonitoring tegangan dan arus pada suatu rangkaian listrik. INA 219 didukung dengan interface I2C atau SMBUS-COMPATIBLE dimana peralatan ini mampu memonitoring tegangan shunt dan suplai tegangan bus, dengan konversi program times dan filtering. INA 219 memiliki sebuah amplifier input maksimum adalah $\pm 320\text{mV}$ ini berarti dapat mengukur arus hingga $\pm 3,2\text{A}$. Dengan internal data 12bit ADC, resolusi pada kisaran 3.2A adalah 0,8 mA. Dengan gain internal yang ditetapkan pada minimum div8, maks saat ini adalah $\pm 400\text{mA}$ dan resolusi 0,1 mA. INA 219 mengidentifikasi tegangan shunt pada bus 0-26 V. (Monda dkk., 2018). Bagian-bagian komponen INA219 dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2. 10 Komponen INA219
Sumber: <https://www.nn-digital.com>

Berikut ini untuk spesifikasi INA219 pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Spesifikasi Komponen INA219

Supply voltage (max) (V)	5.5
Supply voltage (min) (V)	3
Iq (max) (mA)	1
Digital interface	I2C, SMBus

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gain error (%)	0.3, 0.5
Gain error drift (\pm) (max) (ppm/ $^{\circ}$ C)	83, 167
Features	Bidirectional, Intergrated Power Monitor, Programmable Gain

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

2.4.4 BH1750 (Sensor intensitas cahaya)

BH1750 adalah sensor intensitas cahaya yang mengukur intensitas berdasarkan jumlah cahaya yang mengenainya. Sensor ini menggunakan protokol komunikasi I2C melalui pin SCL dan SDA, sehingga lebih mudah digunakan dengan mikrokontroler. Sensor ini mengukur intensitas cahaya dari sumber apa pun tanpa sensitivitas terhadap radiasi IR. Pengukuran intensitas cahaya menghasilkan nilai Lux yang diperoleh melalui bus I2C. Konverter analog-ke-digital pada IC mengubah iluminasi analog menjadi nilai Lux digital yang dapat dengan mudah dihubungkan dengan perangkat apa pun. (Wulantika dkk., 2023). Bagian-bagian komponen BH1750 dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2. 11 Komponen BH1750
Sumber: <https://digiwarestore.com/id>

Berikut ini untuk spesifikasi BH1750 pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Spesifikasi Komponen BH1750

Tegangan Kerja	4.5V
Resolusi Pembacaan	0-65535 Lux
Antarmuka	I2C
Jenis Output	Digital

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Chip Sensor	BH1750FVI
Dimensi	13.9 x 18.5 mm

Sumber: <https://digiwarestore.com/id>

2.4.5 DS18b20 (Sensor suhu)

Sensor suhu DS18b20 adalah sensor suhu yang memiliki keluaran digital. DS18b20 memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi, yaitu $0,5^{\circ}\text{C}$ pada rentang suhu -10°C sampai $+85^{\circ}\text{C}$. Sensor suhu pada umumnya membutuhkan ADC dan beberapa pin port pada mikrokontroler, namun DS18b20 ini tidak membutuhkan ADC agar dapat berkomunikasi dengan mikrokontroler dan hanya membutuhkan 1 wire saja. (Nurazizah dkk., 2017). Bentuk komponen DS18b20 dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2. 12 Komponen DS18b20
Sumber; <https://www.indiamart.com>

Berikut ini untuk spesifikasi DS18b20 pada Tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Spesifikasi Komponen DS18b20

Input Voltage (VCC)	3 ~ 5.5VDC
Sensor	Dallas DS18b20
Output	Digital
Wire	Merah (VCC), Hitam (GND), Kuning (Data/sinyal)
Range suhu	$-55^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$

Sumber: <https://digiwarestore.com/id>

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.4.6 DDS238-4W (KwH meter EXIM)

Merupakan KwH meter EXIM (Ekspor-impor) yang ada pada sebuah sistem PLTS *On Grid*. Disebut ekspor-impor karena berfungsi untuk energi listrik yang dihasilkan dari panel surya akan diimpor untuk dapat digunakan pada beban sehari-hari dan kelebihan energi listrik dapat di ekspor kembali ke PLN, sehingga dapat mengurangi biaya penggunaan listrik. DDS238-4W memiliki kelebihan yaitu terdapat komunikasi serial (RS485) didalam perangkatnya dapat memudahkan dalam pembacaan parameter AC (Tegangan, arus, daya, dll) yang dihubungkan ke pin mikrokontroler untuk sistem monitoring berbasis IoT. (Farhan Jaelani, 2021). Bentuk kWh meter EXIM yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2. 13.



Gambar 2. 13 Komponen kWh meter EXIM
Sumber: <https://www.aliexpress.com>

Berikut ini untuk spesifikasi kWh meter EXIM pada Tabel 2.6.

Tabel 2. 6 Spesifikasi kWh meter EXIM

Meter Type	DDS238-4W
Rate Frequency	50 or 60 Hz
Rated Current	5(60)A, 10 (100) A
Rate Voltage	120V / 220 V / 230V / 240V
Normal Voltage Range	90%Un ~ 110%Un
Limits voltage range	70%Un ~ 120%Un
kWh Accuracy	Class 1
R.M.S Accuracy	Class 0.5



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pulse constant	See meter
RS485 port	MODBUS-RTU protocol, 1200~9600bps, None parity, default 9600bps
WIFI	802.11b/g/n,only support 2.4GHz network, not support 5GHz network

Sumber: www.sdaelectric-bg.com

2.5 Blynk

Blynk merupakan platform yang memungkinkan anda untuk dengan cepat membangun interface yang dapat digunakan untuk mengendalikan dan memantau proyek hardware dari IOS dan perangkat Android. Blynk adalah Internet Layanan *Things* yang dirancang untuk membuat *remote control* dan data sensor membaca dari perangkat ESP32 ataupun Arduino dengan sangat cepat dan mudah. (Halim dkk., 2019).



Gambar 2. 14 Blynk

Sumber: <https://solarduino.com>

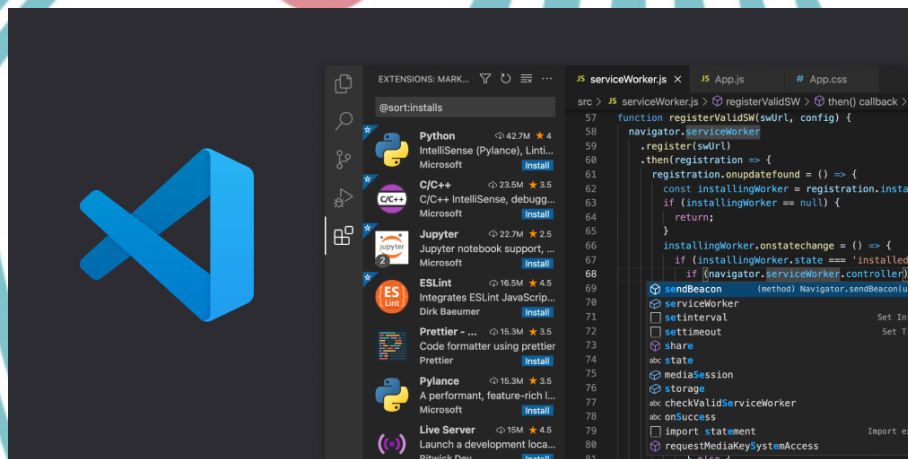
2.6 Google Sheets

Google sheets adalah sebuah perangkat lunak berbasis website yang berfungsi untuk pengolahan data tabel, grafik, data, dan berbagai fungsi lainnya. Google sheets atau spreadsheet merupakan salah satu tools yang disediakan oleh Google secara gratis, dapat diakses dimana saja dan kapan saja, melalui handphone, tablet atau komputer bahkan ketika tidak ada koneksi internet sekalipun. Google sheets

harus terhubung dengan internet agar data dapat terbaca dan tersimpan pada database google secara otomatis. Perangkat lunak ini memiliki kemudahan dalam melakukan kolaborasi antar pengguna karena berbasis website dan cloud computing yang mengandalkan koneksi internet. (Ubaidilah, 2022).

2.7 Visual Studio Code

Visual Studio Code adalah editor kode sumber yang ringan namun kuat yang berjalan di desktop dan tersedia untuk Windows, macOS, dan Linux. Muncul dengan dukungan built-in untuk JavaScript, TypeScript dan Node.js dan memiliki ekosistem ekstensi yang kaya untuk bahasa lain (seperti C ++, C #, Java, Python, PHP, Go) dan runtime (seperti NET dan Unity). (Kurniawan & Romzi, 2022).



Gambar 2. 15 Visual Studio Code
Sumber: <https://code.visualstudio.com>

2.8 Modbus RTU

Modbus adalah protokol komunikasi serial yang dikembangkan oleh Modicon pada tahun 1979, awalnya untuk digunakan pada programmable logic controller (PLC). Protokol ini telah menjadi standar de facto di industri dan kini menjadi protokol komunikasi dua arah yang paling umum digunakan untuk menghubungkan perangkat industri atau peralatan elektronik lainnya dengan komputer.

Modbus sering digunakan untuk menghubungkan komputer pengawasan dengan unit terminal jarak jauh (RTU) dalam sistem kontrol pengawasan dan akuisisi data (SCADA). Terdapat beberapa versi Modbus, seperti Modbus RTU dan

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Modbus ASCII yang beroperasi melalui jalur serial, serta Modbus TCP yang beroperasi melalui *Ethernet*.

Protokol Modbus memungkinkan komunikasi dua arah antar perangkat yang terhubung dalam satu jaringan, misalnya pada sistem yang mengukur suhu dan kelembaban dan mengirimkan data tersebut ke komputer (HMI). Modbus sering digunakan untuk menghubungkan komputer pengawasan dengan unit terminal jarak jauh (RTU) dalam sistem SCADA. (Chandra, 2016).



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB III

PERENCANAAN DAN REALISASI

3.1 Rancangan Alat

Pada tugas akhir ini, penulis membuat rancang bangun sistem monitoring pada modul latih PLTS *On Grid* berbasis IoT. Menggunakan mikrokontroler ESP32, INA219 untuk membaca parameter DC, DDS238-4W untuk membaca parameter AC dengan RS485 sebagai serial komunikasi, DS18B20 untuk sensor suhu, BH1750 untuk sensor intensitas cahaya yang dapat dimonitor melalui Blynk dan Google Sheets. Sebelum memulai pembuatan alat, hal yang perlu dilakukan yaitu melakukan perancangan dari pemilihan spesifikasi komponen, instalasi sistem monitoring, penempatan bagian sensor-sensor dan lainnya untuk mendapatkan kesesuaian dari hasil pengerjaan yang diharapkan.

3.1.1 Deskripsi Alat

Alat monitoring pada modul latih PLTS *On Grid* berbasis IoT merupakan alat yang digunakan untuk mengukur Parameter AC/DC (Tegangan, arus, daya), suhu, intensitas cahaya dengan Blynk dan Google Sheets untuk mempermudah proses monitoring dan pengambilan data kinerja modul latih PLTS *On Grid*. memiliki dua bagian yaitu sensor suhu (DS18B20) dan sensor intensitas cahaya (BH1750) pada box 18 x 12 x 4 cm yang diletakan di sisi panel Surya dan box 18 x 11 x 4 cm yang diletakan pada papan akrilik sebagai tempat penyimpanan komponen lain seperti ESP32, INA219 dan RS485.

3.1.2 Cara Kerja Alat

Cara kerja modul latih PLTS *On Grid* dan sistem monitoring yaitu sebagai berikut:

1. Panel Surya 50WP memanfaatkan sinar matahari dengan mengubah energi matahari menjadi energi listrik searah (DC).
2. Tegangan AC didapatkan dari sumber listrik jaringan PLN, sebelumnya dihubungkan terlebih dahulu pada komponen pengaman MCB AC, selanjutnya melalui kWh meter EXIM.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Keluaran tegangan DC panel surya menuju MCB DC yang dipararelkan dengan SPD sebagai pengaman dalam rangkaian sebelum masuk ke *Grid Tie Inverter*.
4. *Grid Tie Inverter* di gunakan untuk mengkonversi tegangan DC yang dihasilkan oleh panel surya menjadi tegangan AC, agar dapat di hubungkan secara *On Grid* dengan jaringan PLN. dengan Keluaran listrik AC dari *Grid Tie Inverter* di hubungkan ke listrik AC yang berasal dari sumber PLN dengan kabel dari *Grid Tie Inverter* dan kWh Meter EXIM dipertemukan pada terminal Line dan Netral.
5. Pasang beban sebagai simulasi dan lihat pada kWh EXIM. jika terdapat tanda panah ke arah kiri menunjukkan status export (daya yang dihasilkan panel surya melebihi beban yang sedang terhubung) dan Jika tidak ada tanda panah maka statusnya import (daya yang dihasilkan panel lebih kecil dari beban yang terhubung).
6. Sistem monitoring akan otomatis membaca parameter-parameter yang diperlukann dari sensor-sensor.
7. ESP32 memproses dan mengakusisi pembacaan sensor untuk selanjutnya data dikirimkan melalui jaringan internet ke platform Blynk dan Google Sheets.
8. Data yang diterima digunakan untuk mengetahui kinerja pada modul latih PLTS *On Grid*.

3.1.3 Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat monitoring kinerja Modul latih PLT *On Grid* berbasis IoT sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Spesifikasi komponen

No	Nama Komponen	Spesifikasi	Jumlah	Unit
1	ESP32	Microprosesor: Xtensa Dual-Core 32 Bit LX6, operating at 160 or 240 MHz and performing at up to 600 DMIPS Dimension: 54,4 mm x 27,9 mm SRAM: 520 kB Flash memory: 4 MB Antenna: Onboard Antenna Operating Voltage: 5V USB Voltage: 5V ± 0,3V Operating Temperature: (-40) – 85 °C Number of Pins: 32 Pin Wi-Fi: 802.11 b/g/n (802.11n up to 150 Mbps) Bluetooth: Bluetooth v4.2 BR/EDR and Bluetooth LE specification	1	Pcs
2	UART TTL to RS485	Catu Daya: 5VDC (Direkomendasikan Pakai 5.5VDC) Tegangan Data: Sinyal 3.3V dan 5V Pitch: 2.54mm Jarak Transmisi Data: 800 m Suhu Operasi: -40°C ~ +85°C Dimensi: 42.8 x 15.22 x 0.8 mm	1	Pcs
3	INA219	Tegangan Terbaca: +26V DC Arus Terbaca: 3.2A Tegangan kerja: 3 atau 5A	1	Pcs

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

No	Nama Komponen	Spesifikasi	Jumlah	Unit
1	ESP32	<p>Microprosesor: Xtensa Dual-Core 32 Bit LX6, operating at 160 or 240 MHz and performing at up to 600 DMIPS</p> <p>Dimension: 54,4 mm x 27,9 mm</p> <p>SRAM: 520 kB</p> <p>Flash memory: 4 MB</p> <p>Antenna: Onboard Antenna</p> <p>Operating Voltage: 5V</p> <p>USB Voltage: 5V ± 0,3V</p> <p>Operating Temperature: (-40) – 85 °C</p> <p>Number of Pins: 32 Pin</p> <p>Wi-Fi: 802.11 b/g/n (802.11n up to 150 Mbps)</p> <p>Bluetooth: Bluetooth v4.2 BR/EDR and Bluetooth LE specification</p> <p>Error: ± 0.2%</p> <p>Dimensi: 25.5 x 22.3 mm</p>	1	Pcs
4	BH1750	<p>Catu Daya: 4.5 V</p> <p>Resolusi : 0 - 65535 lux</p> <p>Antarmuka: I²C</p> <p>Jenis Output: Digital</p> <p>Chip Sensor: BH1750FVI</p> <p>Dimensi: 13.9 x 18.5 mm</p>	1	Pcs
5	DS18B20	<p>Catu Daya: 3 ~ 5.5VDC</p> <p>Sensor: Dallas DS18B20</p> <p>Output: Digital</p>	1	Pcs

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

No	Nama Komponen	Spesifikasi	Jumlah	Unit
1	ESP32	<p>Microprosesor: Xtensa Dual-Core 32 Bit LX6, operating at 160 or 240 MHz and performing at up to 600 DMIPS</p> <p>Dimension: 54,4 mm x 27,9 mm</p> <p>SRAM: 520 kB</p> <p>Flash memory: 4 MB</p> <p>Antenna: Onboard Antenna</p> <p>Operating Voltage: 5V</p> <p>USB Voltage: 5V ± 0,3V</p> <p>Operating Temperature: (-40) – 85 °C</p> <p>Number of Pins: 32 Pin</p> <p>Wi-Fi: 802.11 b/g/n (802.11n up to 150 Mbps)</p> <p>Bluetooth: Bluetooth v4.2 BR/EDR and Bluetooth LE specification</p> <p>Kabel: Merah (Vcc), Hitam (GND), dan Kuning (Data/Sinyal)</p> <p>Range Suhu: -55°C ~ +125°C</p> <p>Resolusi Pengukuran: 9 ~ 12bit</p>	1	Pcs
6	kWh meter EXIM	<p>DDS238-4 W</p> <p>Rate Frequency: 50 or 60 HZ</p> <p>Rate Current: 5(60)A</p> <p>Rate Voltage: 120V/220V/230V/240V L+N</p> <p>Normal Voltage Range: 90%Un ~ 110%Un</p>	1	Pcs

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

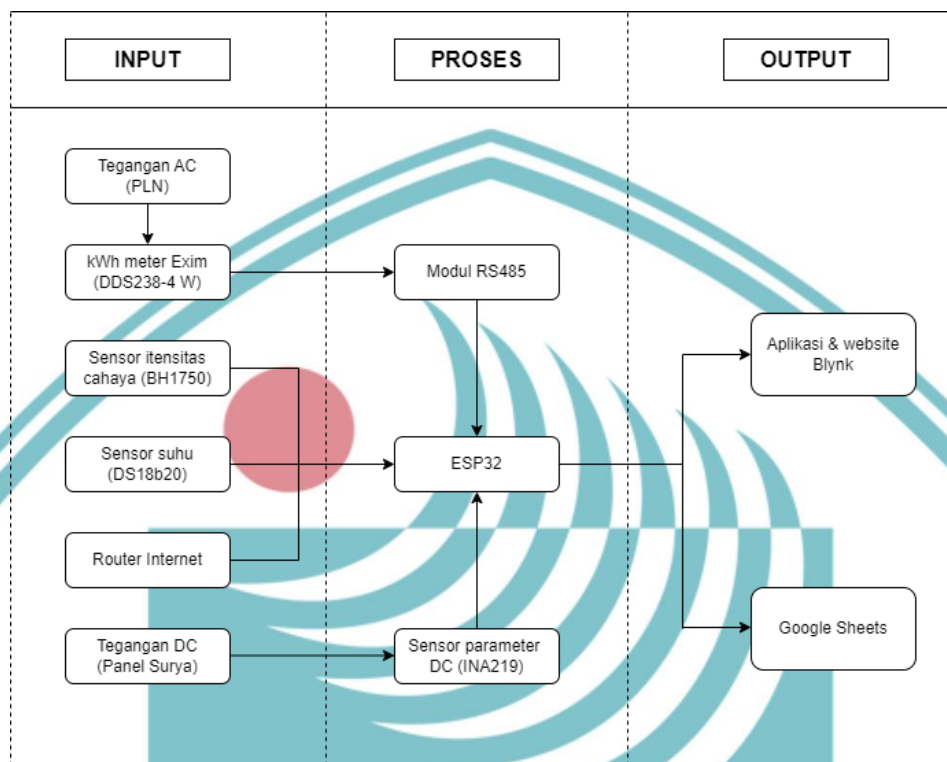
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

No	Nama Komponen	Spesifikasi	Jumlah	Unit
1	ESP32	Microprosesor: Xtensa Dual-Core 32 Bit LX6, operating at 160 or 240 MHz and performing at up to 600 DMIPS Dimension: 54,4 mm x 27,9 mm SRAM: 520 kB Flash memory: 4 MB Antenna: Onboard Antenna Operating Voltage: 5V USB Voltage: 5V ± 0,3V Operating Temperature: (-40) – 85 °C Number of Pins: 32 Pin Wi-Fi: 802.11 b/g/n (802.11n up to 150 Mbps) Bluetooth: Bluetooth v4.2 BR/EDR and Bluetooth LE specification Limits Voltage Range: 70%Un ~ 120%Un	1	Pcs
7	Papan PCB	Dimensi: 17 x 8 cm	1	Pcs
8	Termnal PCB Block	Biru, 2pin	10	Pcs
7	Box X2	Hitam, Dimensi: 18 x 11 x 4 cm	1	Pcs
8	Box X6	Hitam, Dimensi: 18 x 12 x 4 cm	1	Pcs

3.1.4 Diagram Blok

Sistem ini merupakan rancangan sebuah Modul latih PLTS *On Grid* dengan monitoring kelistrikan berbasis IoT, dimana datanya dapat dimonitor melalui aplikasi dan web monitoring secara online. Data yang tersimpan dapat diakses di

mana saja selama perangkat yang digunakan terhubung dengan internet. Diagram blok dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Blok diagram sistem monitoring

3.1.5 Flowchart

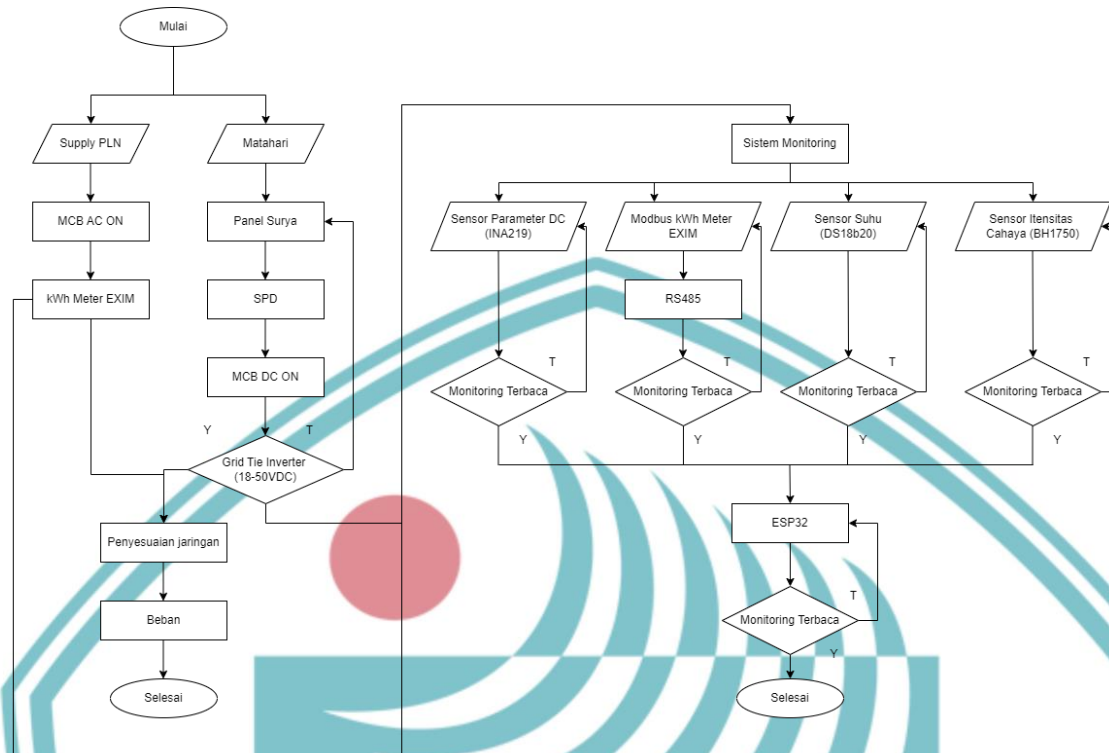
Flowchart sistem monitoring modul latih PLTS *On Grid* yang meliputi monitoring pada parameter AC, DC, Suhu dan itensitas cahaya. Flowchart dapat dilihat pada Gambar 3. 2.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 3. 2 Flowchart sistem monitoring

Sistem kerja modul latihan PLTS On Grid dimulai dari panel surya yang mengubah sinar matahari menjadi energi listrik DC. Tegangan DC selanjutnya dikonversi oleh *Grid Tie Inverter* menjadi tegangan AC. Keluaran tegangan AC kemudian dihubungkan dengan jaringan listrik PLN melalui terminal Fasa dan Netral yang terhubung dengan kWh meter EXIM juga. Sensor INA219 mengukur tegangan, arus, daya DC yang diperoleh dari panel surya, kWh meter EXIM tegangan, arus, daya AC dengan memanfaatkan komunikasi modbus yang dihubungkan dengan modul RS485, sensor BH1750 mengukur intensitas cahaya, sensor DS18B20 mengukur suhu. Data dari sensor-sensor ini dikumpulkan dan dikirimkan ESP32 ke Blynk dan Google sheets untuk dapat dilihat data hasil monitoring.

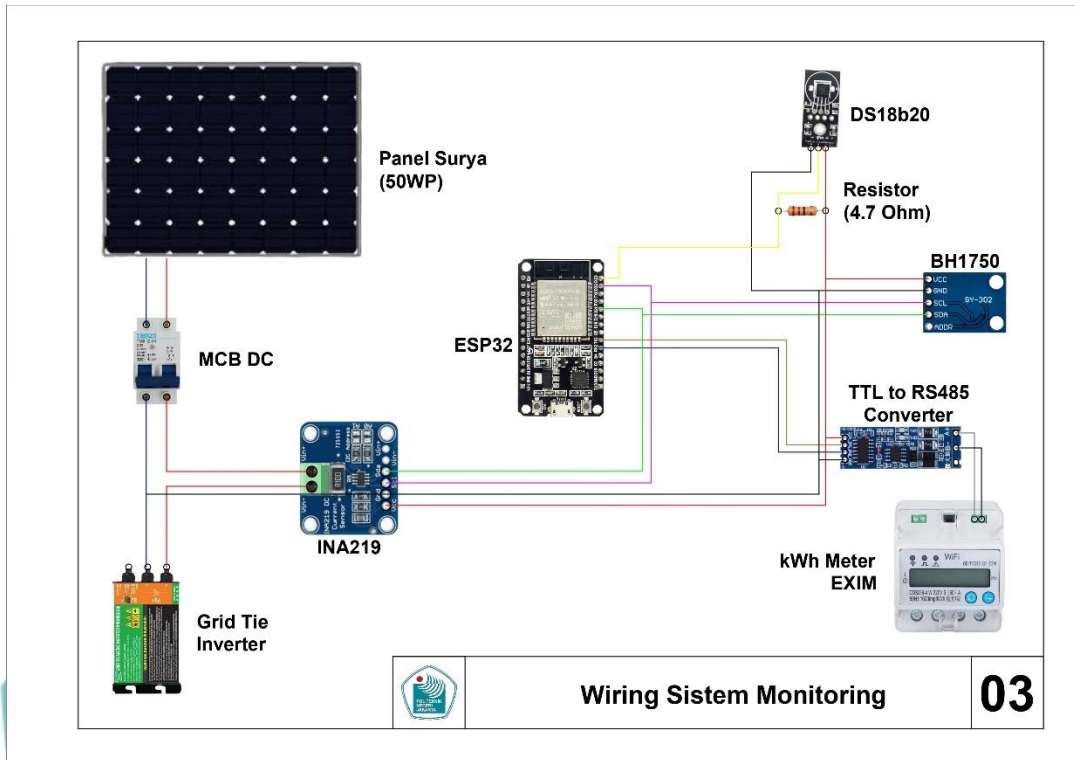
3.1.6 Wiring diagram sistem monitoring

Wiring diagram adalah representasi bergambar konvensional yang disederhanakan dari rangkaian listrik. Wiring diagram sistem monitoring pada modul latihan PLTS *On Grid* dapat dilihat pada Gambar 3. 3.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 3. 3 Wiring sistem monitoring

Berdasarkan gambar tersebut berikut alokasi pin yang dapat dilihat pada Tabel 3. 1 sampai dengan Tabel 3. 5.

Tabel 3 1 *Wiring* pin pada kWh Meter EXIM dan RS485

kWh Meter EXIM	RS485
(1) A	A
(2) B	B

Tabel 3 2 *Wiring* pin pada RS485 dan ESP32

RS485	ESP32
VCC	VCC
GND	GND
TXD	17
RXD	16

Tabel 3 3 *Wiring* pin pada INA219 dan ESP32

INA219	ESP32
VCC	VCC
GND	GND
SCL	22
SDA	21

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 3 4 *Wiring* pin pada BH1750 dan ESP32

BH1750	ESP32
VCC	VCC
GND	GND
SCL	22
SDA	21

Tabel 3 5 *Wiring* pin pada DS18b20 dan ESP32

DS18B20	ESP32
VCC	VCC
GND	GND
DATA	23

3.2 Realisasi alat

Perancangan sistem monitoring pada Modul latih PLTS *On Grid* ini terdiri atas perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Perancangan perangkat keras (*hardware*) mencakup perangkat, sedangkan perancangan perangkat lunak (*software*) mencakup pembuatan program pada ESP32 untuk dihubungkan dengan Blynk dan Google sheets sebagai aplikasi untuk memamantau berbagai parameter.



Gambar 3. 4 Penempatan sensor suhu dan itensitas cahaya

Pada Gambar 3.4 sensor suhu (DS18b20) dan sensor itensitas cahaya (BH1750) diletakkan pada box X3 dengan ukuran 18 x 11 x 4 cm yang diposisikan di sisi samping panel surya. Dengan tujuan agar sensor dapat secara langsung mengukur nilai suhu yang terdapat pada panel surya dan nilai itensitas cahaya yang mengenai bagian panel surya.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 3. 5 Penempatan ESP32 dan komponen lain

Pada Gambar 3.5 ESP32, RS485, INA219 diletakkan pada box X6 dengan ukuran 18 x 12 x 4 cm yang dipasangkan pada papan akrilik modul latih PLTS *On Grid*.

3.2.6 Pembuatan Program

Pembuatan program untuk sistem monitoring pada alat modul latih PLTS *On Grid* ini berisi algoritma serta prosedur pemrograman dalam sistem monitoring ini. Pada mikrokontroler, Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa C++ dengan program compiler VS Code.

1. Mengunduh library pada VS Code untuk memudahkan dalam penulisan sketch atau program. dalam pemrograman, library adalah kumpulan kode yang telah ditulis sebelumnya (berisi function, class, modul) dan dapat digunakan kembali untuk menyelesaikan tugas-tugas tertentu.

```
#include <Arduino.h>
#include <SPI.h>
#include <ModbusClientRTU.h>
#include <HardwareSerial.h>
#include <ESP_Google_Sheet_Client.h>
#include <NTPClient.h>
```


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
#include <WiFiUdp.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_INA219.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>
#include <WiFi.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <Wire.h>
#include <BH1750.h>
```

Arduino.h berisi definisi dasar untuk penggunaan fungsi-fungsi Arduino, SPI.h digunakan untuk komunikasi SPI (Serial Peripheral Interface), yang merupakan protokol komunikasi serial yang digunakan untuk berkomunikasi dengan berbagai perangkat, seperti sensor, modul komunikasi, dan memori eksternal, ModbusClientRTU.h digunakan untuk membuat klien Modbus RTU, HardwareSerial.h digunakan untuk mengelola komunikasi serial pada perangkat keras, terutama untuk microcontroller yang memiliki lebih dari satu port serial hardware, ESP_Google_Sheet_Client.h memungkinkan ESP32 untuk berkomunikasi dengan Google Sheets, NTPClient.h digunakan untuk mendapatkan waktu dari server NTP (*Network Time Protocol*) melalui internet, memastikan bahwa perangkat selalu sinkron dengan waktu yang akurat, WiFiUdp.h Digunakan untuk komunikasi UDP (User Datagram Protocol) melalui jaringan Wi-Fi, Wire.h untuk komunikasi I2C (Inter-Integrated Circuit), Adafruit_INA219.h, Library ini digunakan untuk mengontrol sensor arus INA219, BlynkSimpleEsp32.h menghubungkan ESP32 dengan aplikasi Blynk untuk memantau dan mengontrol perangkat IoT dari jarak jauh melalui internet, WiFi.h untuk menghubungkan ESP32 ke jaringan Wi-Fi, OneWire.h digunakan untuk berkomunikasi dengan perangkat yang mendukung OneWire, seperti sensor suhu DS18B20, DallasTemperature.h untuk sensor suhu Dallas (seperti DS18B20) yang menggunakan protokol OneWire, BH1750.h untuk sensor cahaya BH1750 yang digunakan untuk mengukur intensitas cahaya.

2. Program yang digunakan untuk deklarasi variabel, definisi alamat Modbus, dan token yang digunakan dalam komunikasi atau penyimpanan data terkait dengan pemantauan energi listrik.

```

float values[2];
#define UPS_MODBUS_ADDRESS 0x01
#define _DATA_LENGTH 1
// Definisi global variable UPS
float _Total_KWH, _Volt_KWH, _Current_KWH, _pf_KWH,
_frq_KWH, _daya_KWH, _import_KWH, _export_KWH = 0;
Error err;

// Definisi Address
#define TOTALKWH_KWH_ADDR 0x0001
#define VOLTAGE_KWH_ADDR 0x000C
#define CURRENT_KWH_ADDR 0x000D
#define PF_KWH_ADDR 0x0010
#define FRQ_KWH_ADDR 0x0011
#define DAYA_KWH_ADDR 0x000E
#define EXPORT_KWH_ADDR 0x0009
#define IMPORT_KWH_ADDR 0x000B

// Definisi TOKEN
uint32_t _total_kwh = 1111;
uint32_t _volt_kwh = 1112;
uint32_t _current_kwh = 1113;
uint32_t _pf_kwh = 1114;
uint32_t _frq_kwh = 1115;
uint32_t _daya_kwh = 1116;
uint32_t _import_kwh = 1117;
uint32_t _export_kwh = 1118;

```

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
2. Dilarang mengutip hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
3. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
#define MSG_BUFFER_SIZE (50)
char msg[MSG_BUFFER_SIZE];
int value = 0;

void handleData(ModbusMessage response, uint32_t token);
void handleError(Error error, uint32_t token);
void decodeData(ModbusMessage msg, uint32_t tokenID);
void sendGoogleSheet();
void readINA();
void readTemp();
void readLight();
void sendBlynk();
void sendRequestTokWh();
```

4. Program yang digunakan untuk menghubungkan ESP32 dengan Google sheets, sehingga memungkinkan dalam penyimpanan laporan pembacaan sistem monitoring pada Modul Latih PLTS *On Grid*.

```
// Google Sheets
#include <ESP_Google_Sheet_Client.h>
#include <NTPClient.h>
#include <WiFiUdp.h>
WiFiUDP ntpUDP;
NTPClient timeClient(ntpUDP, "pool.ntp.org", 7 * 3600);
#define PROJECT_ID "plts-datalogging"
#define CLIENT_EMAIL "plts-ongrid@plts-
datalogging.iam.gserviceaccount.com"
const char PRIVATE_KEY[] PROGMEM = "-----BEGIN PRIVATE
KEY-----
\nMIIEvQIBADANBgkqhkiG9w0BAQEFAASCBAcwggSjAgEAAoIB
```


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

AQDV3xbx/yS4cUKq\nTRJo32miheq6qMjqQyfg37jl9ftMolNCjZHxU
 aUHqPmuuy+b/hJ//QEYDiPzifpw\nejLQ4Bw1ZyxOtCtkxDR79eCNR
 5qtWusdq7uXVfw74C0g3QpSTdqeHKogrEBKtUNf\nXpdB/693xsnWj
 XGEW+U2vJ3lw9/SZCkh+mqDgGbSt5yP5WwS3yjtMj//QrQ71JIS\nI3
 M/TaNbLuAr97EghbP5syXmrr/fTgR+bDt7u3ja7qfJSLKWtzSqH2UPy
 dUKRvRU\nnHmKvFj9wCgrXjTz/TtT3wJ5TVa9QGXA7dOOIfuWem
 LtRXWWQp8QRihVTNTWdssw\nf/oME0tdAgMBAAECggEAXZptB
 W8AmEThw31F4GZfakUoLZevj2/i5TWIS+gzmX+0\nnRv2E8VQIYUo
 nCbVdKe2yFRgbQXb23yD1XgLteKONVQYZyxpFymt2s8K/2pmVR
 bk\nnrjC6QorcgSwINCvp14nBc8/h2bjpzoio0uunAU59fIZH8Ro3TL/W0R
 ReaF7R5oi9s\nngDjNuzgE5xZ6QR6f/gZ2T08MQlQ2rtjVfZr6Gvgwex
 YbDSqTX7OOQ8YmiUCrvyH\nnuTgRb+zqmKWesOZLpjC+u3rdqcP4
 aMS44yoMSGDz2zxzxw8kvPO5Cmnb1WbxagXm\nnw0hfoAIO8IUMtt
 xelQs6Ogs+4gBdwkOf0cEbHTRWdQKBgQD9z7yTSW11XndnpBCg\n\n
 uy2fuR8DrX5c7k9Ljj316Do6d2v4wtAqKSRRfL4fXgOJ7kc4brzVBQv
 9rIr/1R4k\nvEdf/3ne+nW4Xe7idH6MiiA45lnTRFSEwhzu/0YujAqUm7
 4UMxq6khC/ss9zR+fL\nnbkPbfgfkmjmtHRMLYZtZc5LnxwKBgQDXtz
 B8nI9aMf7hAPHVBbg2rba+Mz9SVMG5\nnkPAxKA9fu/jcv8yH4loPR
 7mGS5IYzQnX2odiCWuwpZCeMatmzSlgVY7Mjz/VH2Wc\n\nwjjy0Kf
 JHQELCLaA641vSGUac6YdnUqeIA0jftqhA1+kvYjT7kC8kF2L6Wj
 B0Re\nnIModSB4buwKBgQDM7tLgSciW1lmrATm7zeaEtMBqA8en2
 XOFghDFYQDC/HHdpc7W\nne+mrMgGA6jQJRq+SzTcC+NQ5uvtwn
 e980dj/lhQdCjXK621aw5z6dPyXdMbKYr2r\nng+BAyTUtmD1iyG2tea
 X3RsDnR8Vg24o5I4r+ysAuV5riQDuEUQdSLpNLOQKBgGrd\n\nnivZA
 xtffGuK3CBcjTT5xT3WRB9auvIZEwmln0i34PnKF5jqPLVSSkNtyBr
 +YnD6+\nnoQGdbydE7l8gdixoiQ37dNHsSZA4jKtbIpnzd6fPYZvoxhka
 GKg/si6nimzzZmrt\nnr/ScpSkQoGrLPXsC3MIT59A4DJO2Xu1Ox/ncJ2
 ZPAoGAPvzt1wBUtYLGtpXT8zT+\n\nqj1ISnAHaVOehxbhzT08P53VSh
 HklaBoXqZ2fibUDWtRq2xUO7BVjnHTrytUBF2q\n\nHMKuAXz7v50U
 6IrWjohhgEcXAoc96jyo+HRzPvF2+ve7XTbWu+/lWhnkpK13hkX8\n\n
 xoDGwum7GrqAR2vL3JiRv1E=\n\n-----END PRIVATE KEY-----\n";



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
const char spreadsheetId[] = "1k-
CUqH7uK2KvGtdeLCz5OyPNEUQU9mgWGXn6BPPW-D4";
const char sheetName[] = "Datalogging";
```

5. Program pada beberapa komponen penting untuk menghubungkan dan mengelola perangkat sensor serta komunikasi dengan Blynk dan Google Sheets.

```
// INA219
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_INA219.h>
Adafruit_INA219 ina219;

float BusVoltage = 0, ShuntVoltage = 0, Current = 0, Power = 0;

// Blynk
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL6tXsxjkyo"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "SISTEM MONITORING
MODUL LATIH PLTS ON GRID"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN
"Ab3Wf2Cxp2FQ0d1DfbDgsN_mtPBYgl3J"

#include <BlynkSimpleEsp32.h>

#include <WiFi.h>
// #include <ESP32WiFi.h>
char ssid[] = "osamabl";
char pass[] = "osama235";

#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <Wire.h>
#include <BH1750.h>
```

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
// DS18B20 Config
#define ONE_WIRE_BUS 23
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
float temperature = 0;

// BH1750 Config
BH1750 lightMeter;
float lightIntensity = 0;

const unsigned long sensorInterval = 1000; // 1 seconds
const unsigned long modbusInterval = 5000; // 10 seconds
const unsigned long gsheetInterval = 10000; // 60 seconds

unsigned long previousMillisensor = 0;
unsigned long previousMillisgsheet = 0;
unsigned long previousMillismodbus = 0;
```

Pada program tersebut digunakan untuk mengatur sistem komunikasi ESP32 dengan sensor-sensor seperti INA219, DS18b20, BH1750 dan transfer data pengukuran pada Blynk dan Google Sheets, termasuk juga mengatur waktu pembacaan sensor dan pengiriman data, serta mengatur koneksi WiFi dan otentikasi untuk Blynk. Fungsi utama dari kode ini adalah untuk memastikan data yang diukur dari sensor disimpan, diproses, dan dapat dikirim dengan tepat pada interval yang ditentukan.

6. Perancangan program pengiriman data ke aplikasi Blynk. Untuk program pengiriman data ke aplikasi Blynk menggunakan virtual PIN yang merupakan konsep dari aplikasi Blynk tersebut. Virtual PIN dapat menghubungkan sensor pada microcontroller dan widget pada aplikasi Blynk. Berikut adalah program pada VS Code.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

void sendBlynk()
{
  Blynk.virtualWrite(V0, _Volt_KWH);
  Blynk.virtualWrite(V1, _Current_KWH);
  Blynk.virtualWrite(V2, _daya_KWH);
  Blynk.virtualWrite(V3, _Total_KWH);
  Blynk.virtualWrite(V4, _pf_KWH);
  Blynk.virtualWrite(V5, _frq_KWH);
  Blynk.virtualWrite(V6, BusVoltage);
  Blynk.virtualWrite(V7, Current);
  Blynk.virtualWrite(V8, Power);
  Blynk.virtualWrite(V9, temperature);
  Blynk.virtualWrite(V10, lightIntensity);
  Serial.println("Blynk Success Updated");
}

```

7. Perancangan program pengiriman data ke Google Spreadsheet

```

void sendGoogleSheet()
{
  bool ready = GSheet.ready();
  FirebaseJson response;

  if (timeClient.update())
  {
    String formattedDate = timeClient.getFormattedDate();
    String dayStamp = formattedDate.substring(0,
formattedDate.indexOf("T"));
    String timeStamp =
formattedDate.substring(formattedDate.indexOf("T") + 1,
formattedDate.lastIndexOf("Z"));

    FirebaseJson valueRange;

```



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

valueRange.add("majorDimension", "COLUMNS");
valueRange.set("values/[0]/[0]", dayStamp);
valueRange.set("values/[1]/[0]", timeStamp);
valueRange.set("values/[2]/[0]", _Volt_KWH);
valueRange.set("values/[3]/[0]", _Current_KWH);
valueRange.set("values/[4]/[0]", _daya_KWH);
valueRange.set("values/[5]/[0]", _Total_KWH);
valueRange.set("values/[6]/[0]", _pf_KWH);
valueRange.set("values/[7]/[0]", _frq_KWH);
valueRange.set("values/[8]/[0]", _import_KWH);
valueRange.set("values/[9]/[0]", _export_KWH);
valueRange.set("values/[10]/[0]", BusVoltage);
valueRange.set("values/[11]/[0]", Current);
valueRange.set("values/[12]/[0]", Power);
valueRange.set("values/[13]/[0]", temperature);
valueRange.set("values/[14]/[0]", lightIntensity);

bool success = GSheet.values.append(&response, spreadsheetId,
sheetName, &valueRange);

if (success)
{
  response.toString(Serial, true);
  valueRange.clear();
  Serial.println();
  Serial.println("Gsheet Success Updated");
}
else
{
  Serial.println(GSheet.errorReason());
}
}
}

```



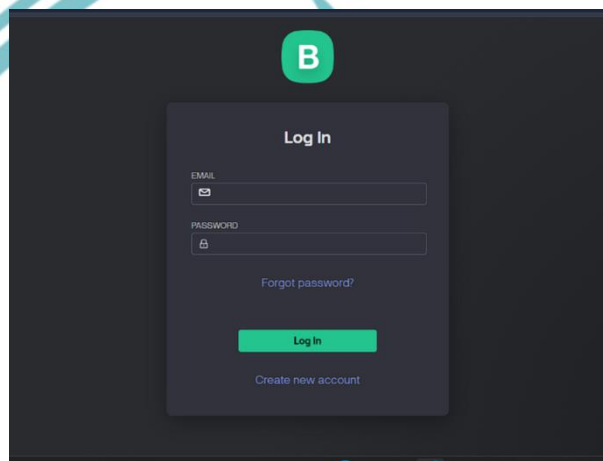
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.2.2 Pembuatan *dashboard* Blynk

Setelah semua sistem selesai dirancang dan program telah di-upload ke ESP32, maka tahap selanjutnya membuat tampilan monitoring pada Blynk untuk menguji alat yang telah dirancang dan diprogram berjalan dengan baik dan benar. Berikut ini adalah tahapan-tahapan untuk membuat tampilan pada Blynk.

1. Pergi menuju laman website Blynk: <https://blynk.cloud/dashboard/login> dan lakukan *Log in* apabila sudah memiliki akun. Tampilan laman *Log-in* dapat dilihat pada Gambar 3. 6.

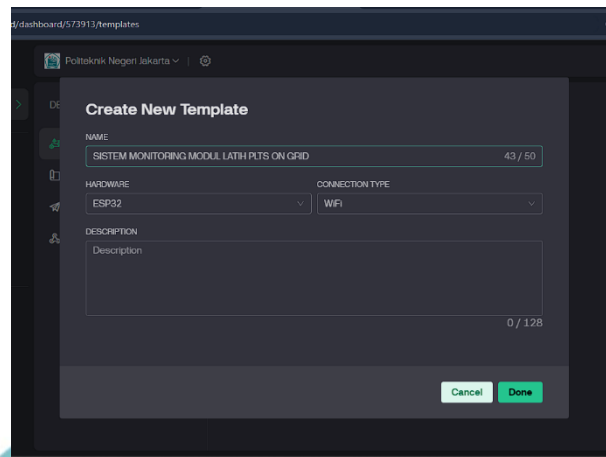


Gambar 3. 6 Tampilan menu log in Blynk

2. Langkah selanjutnya klik menu Templates > New Templates untuk membuat template baru pada Blynk. Setelah memilih “New Templates”, akan muncul tampilan seperti dibawah ini, lalu ketik nama project “SISTEM MONITORING MODUL LATIH PLTS ON GRID” pada project name yang tersedia, lalu pilih “ESP32” untuk mengirim data ke aplikasi Blynk dan pilih “Wifi” untuk pilihan koneksinya, lalu tekan Done, seperti Gambar 3. 7.

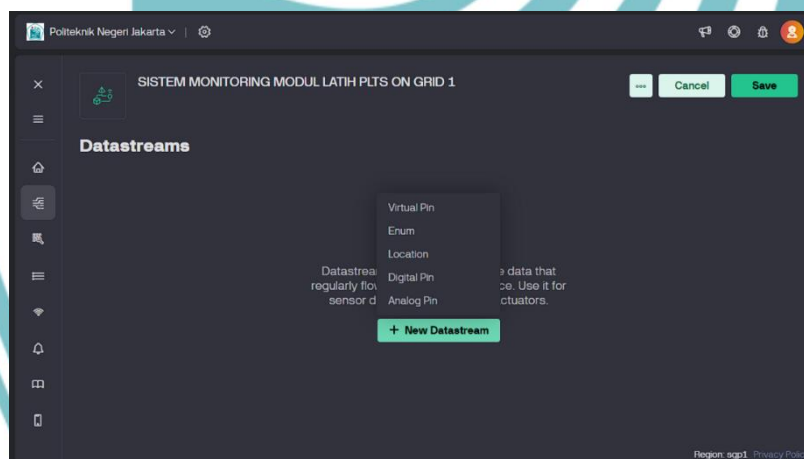
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 3. 7 Tampilan menu new template Blynk

3. Langkah selanjutnya klik menu Datastreams > New Datastreams untuk membuat datastream baru pada Blynk. Dan pilih "Virtual Pin" untuk memasukan data variabel yang akan dimonitoring. Tampilan menu Datastreams dapat dilihat pada Gambar 3. 8.

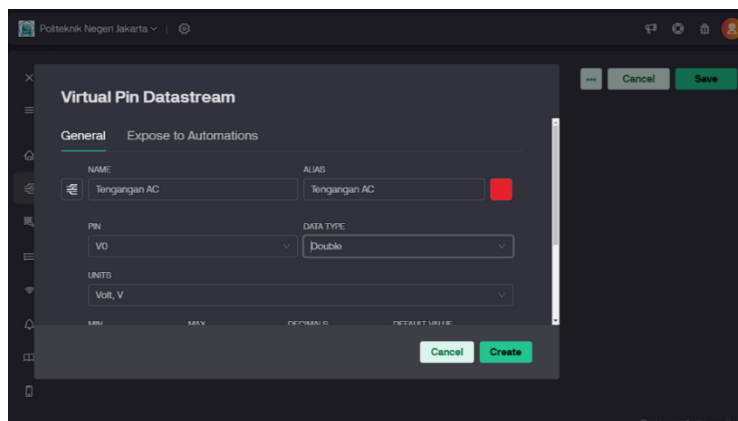


Gambar 3. 8 Tampilan menu datastream Blynk

4. Langkah selanjutnya atur Virtual Pin Datastream sesuai dengan pemrograman untuk pengukuran tegangan, arus, daya, suhu, dan intensitas cahaya. Tampilan untuk mengatur Virtual Pin Datastream dapat dilihat pada Gambar 3. 9.

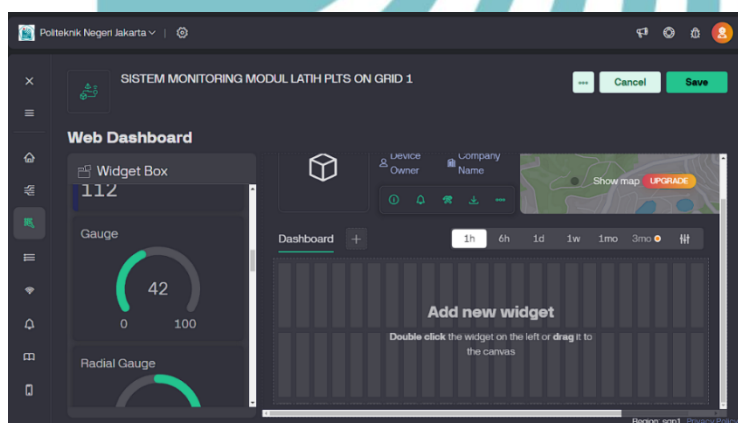
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



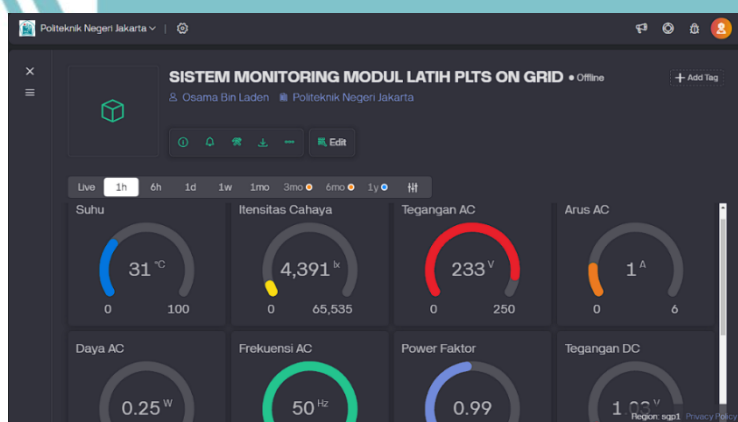
Gambar 3. 9 Tampilan menu pengaturan virtual pin Blynk

5. Lalu pilih menu Web Dashboard dan pilih fitur- fitur widget sesuai dengan kebutuhan pada Widget Box. Tampilan menu pemilihan widget box dapat dilihat pada gambar 3. 10.



Gambar 3. 10 Tampilan menu web dashboard Blynk

6. Masukkan semua variabel sesuai dengan parameter yang ingin dimonitoring

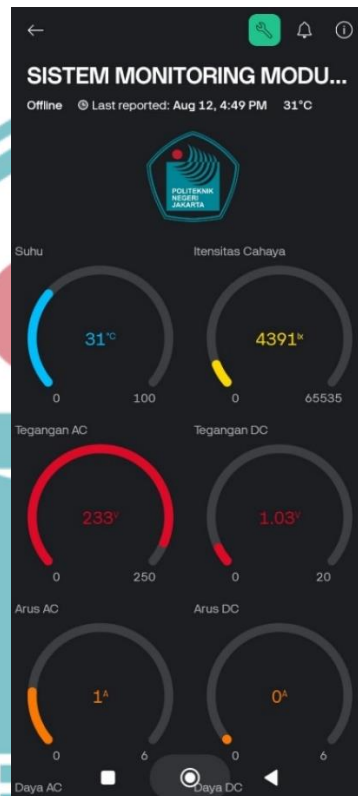


Gambar 3. 11 Tampilan menu dashboard parameter Blynk

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

7. Untuk pengaturan dashboard pada aplikasi Blynk mengikuti pengaturan yang ada pada website Blynk, hanya memasukan virtual pin yang sudah dibuat sebelumnya. Tampilan menu dashboard pada aplikasi Blynk dapat dilihat pada Gambar 3. 12.



Gambar 3. 12 Tampilan menu dashboard pada aplikasi Blynk

BAB IV PEMBAHASAN

Pengujian dan analisis sistem monitoring pada alat modul latih PLTS *On Grid* berbasis IoT dilakukan dengan melakukan pengujian akuisisi data dari setiap sensor dan parameter. Pengiriman data terbaca oleh mikrokontroler ESP32 ke web monitoring atau aplikasi Blynk dan dilakukan pengambilan database pada setiap parameter melalui Google sheets. Tujuan pembuatan alat ini adalah untuk memudahkan monitoring kinerja sistem pada modul latih PLTS *On Grid*. Analisis sistem monitoring kelistrikan pada PLTS *On Grid* dilakukan dengan melakukan beberapa pengujian seperti aksesibilitas, kehandalan sistem, dan perbandingan pengukuran.

4.1 Pengujian Aksesibilitas

Pengujian aksesibilitas dilakukan untuk membuktikan bahwa sistem monitoring pada modul latih PLTS *On Grid* telah memenuhi kriteria yakni kemudahan dalam akses dimanapun dan kapanpun

4.1.1 Deskripsi Pengujian

Pengujian aksesibilitas dilakukan untuk membuktikan sekaligus menguji bahwa Alat Monitoring pada modul latih PLTS *On Grid* dapat diakses baik menggunakan Google Spreadsheet maupun Blynk menggunakan jaringan internet dimanapun dan kapanpun. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kemampuan Alat Monitoring dalam pengambilan data pada sistem monitoring oleh jaringan internet.

4.1.2 Prosedur Pengujian

1. Menjalankan sistem dan pastikan bahwa terdapat jaringan internet yang terkoneksi dengan ESP32.
2. Membuka link Google sheets melalui link yang tersedia seperti berikut ini:
<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1kCUqH7uK2KvGtdeLCz5OyPNEUQU9mgWGXn6BPPW-D4/edit?gid=0#gid=0>

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

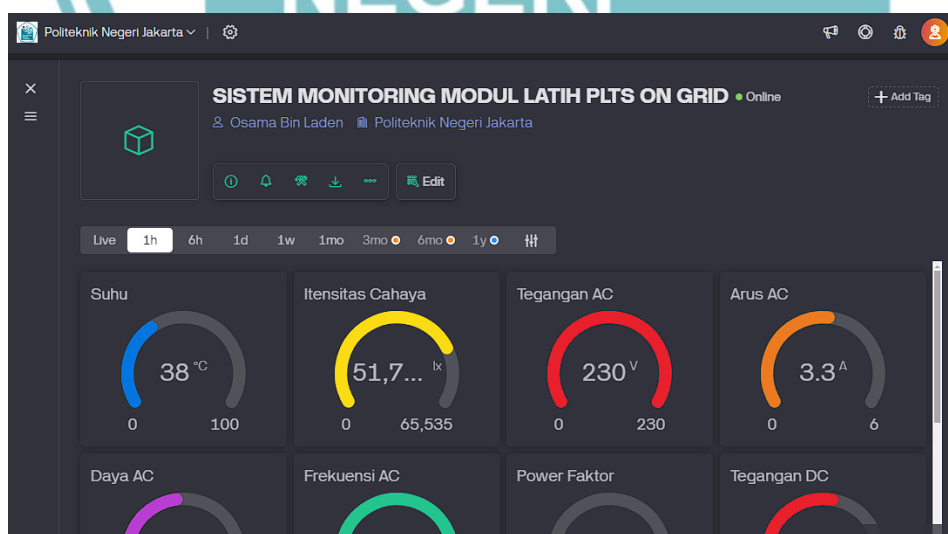
3. Membuka platform Blynk melalui aplikasi atau website dan login dengan memasukkan email dan password yang sudah dibuat sebelumnya.
4. Melakukan pengujian dengan beberapa partisipan.
5. Pengujian dilakukan di tempat yang berbeda dan coba beberapa kali untuk pembuktian.

4.1.3 Data Hasil Pengujian

Setelah melaksanakan percobaan sesuai dengan tahapan pengujian, berikut ini adalah data hasil pengujian yang telah penulis dan tim laksanakan:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Date	Time	Voltage AC	Current AC	Power AC	Energy AC	Power Factor	Frequency	Import	Export	Voltage DC	Current DC	Power DC
3706	2024-08-12	9:18:37	232.50	3.3	655.22998	3.4	0.169	50	1.54	1.46	11.62	656.59998	5642
3707	2024-08-12	9:18:15	232.70	3.4	655.22998	3.4	0.174	50	1.54	1.46	9.532	1141	10076
3708	2024-08-12	9:18:47	232.40	3.3	655.22998	3.4	0.171	50	1.54	1.46	10.732	757.29999	7190
3709	2024-08-12	9:18:57	233.00	3.3	655.22998	3.4	0.172	49.99	1.54	1.46	11.408	710.40002	3802
3710	2024-08-12	9:19:07	233.20	3.3	655.22998	3.4	0.171	49.99	1.54	1.46	11.332	1187.09998	17108
3711	2024-08-12	9:19:17	232.90	3.3	655.22998	3.4	0.171	49.98	1.54	1.46	11.072	1092.40002	13370
3712	2024-08-12	9:19:27	232.50	3.3	655.22998	3.4	0.171	49.98	1.54	1.46	7.156	608.29999	4092
3713	2024-08-12	9:19:38	233.00	3	655.26001	3.4	0.146	49.98	1.54	1.46	12.052	988.09998	9172
3714	2024-08-12	9:19:48	232.90	3	655.26001	3.4	0.148	49.99	1.54	1.46	12.256	934.40002	7936
3715	2024-08-12	9:19:58	232.90	3	655.26001	3.4	0.147	49.99	1.54	1.46	12.648	486.60001	3486
3716	2024-08-12	9:20:08	232.30	2.9	655.26001	3.4	0.152	49.97	1.54	1.46	12.648	552.5	4436
3717	2024-08-12	9:20:19	232.70	3	655.26001	3.4	0.15	49.98	1.54	1.46	8.496	657.70001	7556
3718	2024-08-12	9:20:29	232.70	3	655.26001	3.4	0.149	49.98	1.54	1.46	13.044	697.40002	6574
3719	2024-08-12	9:20:39	232.30	3	655.26001	3.4	0.147	49.96	1.54	1.46	10.936	1084.59998	4644
3720	2024-08-12	9:20:49	232.60	3	655.26001	3.4	0.149	49.95	1.54	1.46	0	249.39999	36
3721	2024-08-12	9:21:00	232.50	3	655.26001	3.4	0.15	49.95	1.54	1.46	11.2	680.29999	5560

Gambar 4. 1 Pengujian Aksesibilitas melalui Google sheets



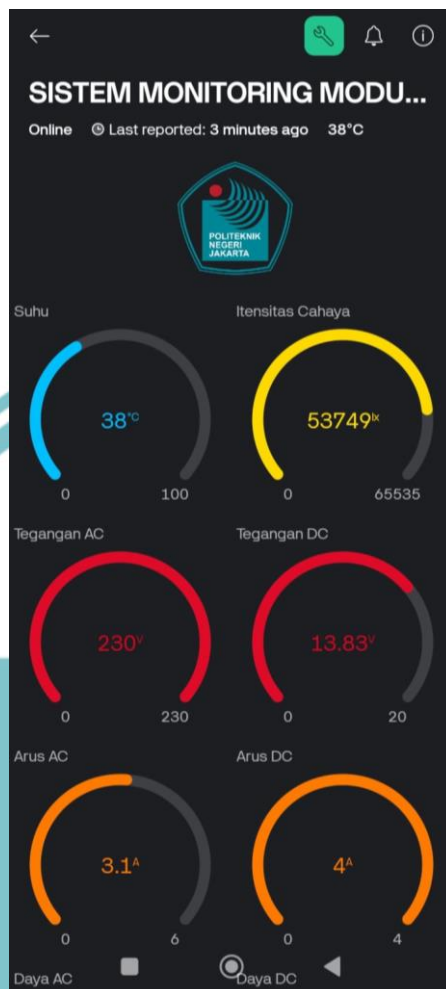
Gambar 4. 2 Pengujian Aksesibilitas melalui website Blynk

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4. 3 Pengujian Aksesibilitas melalui aplikasi Blynk

Adapun hasil pengujian aksesibilitas yang dilakukan pada partisipan penguji di tempat berbeda terdapat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Hasil pengujian aksesibilitas menggunakan partisipan

No	Nama Partisipan	Lokasi	Keterangan
1	Osama bin Laden	Pancoran Mas	Berhasil diakses
2	Adelia Nadira Ramahdani	Sawangan	Berhasil diakses
3	Imron Rizki Maulana	Beji	Berhasil diakses

4.1.4 Analisis dan Evaluasi

Pengujian aksesibilitas yang sudah dilakukan oleh tim penulis ini, didapatkan hasil bahwa sistem monitoring yang terdapat pada alat modul latih PLTS *On Grid*

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

dapat diakses dimanapun dan kapanpun. Data yang tersimpan dalam tabel Google Spreadsheet dan aplikasi Blynk terbukti sangat berguna, memungkinkan pengguna untuk memantau dan memahami parameter-parameter yang terbaca dari modul latih PLTS On-Grid dengan efisien. Keberadaan data yang tersimpan dengan baik dalam Google Spreadsheet memberikan kemudahan dalam analisis dan pelaporan, sementara tampilan dashboard parameter pada Blynk mempermudah dalam mengetahui proses pemantauan yang cepat dan responsive. Pengujian ini menunjukkan bahwa sistem monitoring yang dirancang efektif dalam memberikan informasi secara real-time.

Meskipun pengujian aksesibilitas pada sistem monitoring modul latih PLTS *On-Grid* menunjukkan hasil baik dengan dapat diakses dari berbagai lokasi dan diwaktu kapanpun, terdapat beberapa masalah yang perlu diperhatikan, seperti kendala yang mungkin saja terjadi yaitu ketergantungan pada koneksi internet. Sistem monitoring ini menggunakan platform Google Spreadsheet dan Blynk yang sangat bergantung pada koneksi internet yang stabil. Di area dengan koneksi internet yang buruk, proses pemantauan dapat mengalami keterlambatan atau kesulitan dalam mengakses data secara *real-time*, yang dapat mempengaruhi efektivitas sistem monitoring pada pemantauan kinerja modul latih PLTS *On-Grid*.

4.2 Pengujian Kehandalan Sistem

Pengujian kehandalan sistem dilakukan untuk menguji sekaligus mengetahui bahwa sistem monitoring pada alat modul latih PLTS *On Grid* dapat bekerja dengan baik atau tidak.

4.2.1 Deskripsi Pengujian

Pengujian kehandalan dilakukan untuk membuktikan sekaligus menguji bahwa Alat Monitoring pada modul latih PLTS *On Grid* dapat bekerja dengan baik atau tidak. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kemampuan pembacaan parameter yang dilakukan sensor dalam pengambilan datalog pada Google sheets.

4.2.2 Prosedur Pengujian

Prosedur pelaksanaan pengujian kehandalan Monitoring Alat modul latih PLTS *On Grid* ini adalah sebagai berikut:

1. Pastikan semua perangkat keras seperti ESP32 dengan sensor dan perangkat lunak (Blynk, datalogger Google Sheets) telah terpasang dan terkonfigurasi dengan benar.
2. Pastikan semua sensor dan perangkat monitoring berfungsi dan dapat mengirimkan data hasil monitoring.
3. Pastikan bahwa data ditampilkan secara real-time pada dashboard Blynk dan Google Sheets.
4. Verifikasi data historis yang disimpan di datalogger Google Sheets.

4.2.3 Data Hasil Pengujian

Setelah melaksanakan percobaan sesuai dengan tahapan pengujian, berikut ini adalah hasil pengujian yang telah tim laksanakan pada tanggal 12 Agustus 2024 yang dimulai dari jam 12:25 hingga jam 13:15.

Tabel 4. 1 Hasil analisis monitoring pada datalogger Google sheets

No	Parameter	Waktu Pengujian		Total	Σ Data	Σ Data
		Mulai	Selesai	Σ Data	Terekam	Tidak Terekam
1	Voltage AC	12:25	13:15	278	278	0
2	Current AC	12:25	13:15	278	278	0
3	Power AC	12:25	13:13	278	278	0
4	Voltage DC	12:25	13:15	278	278	0
5	Current DC	12:25	13:15	278	278	0
6	Power DC	12:25	13:13	278	278	0
7	Frequency	12:25	13:15	278	278	0
8	Power Factor	12:25	13:15	278	278	0
9	Temperature	12:25	13:13	278	278	0
10	Light Intensity	12:25	13:15	278	278	0

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.2.4 Analisis dan Evaluasi

Pengujian kehandalan yang telah dilakukan oleh tim penulis ini, didapatkan kesimpulan bahwa data monitoring Modul latih *PLTS On Grid* teruji handal dalam penyimpanan datalog, hal itu disebabkan web monitoring aplikasi Google sheest mengirim dengan interval waktu setiap satu menit dan langsung tersimpan.

Permasalahan kehandalan pada sistem monitoring bisa saja terjadi, seperti kegagalan pembacaan sistem (*error*) dan keterlambatan (*delay*) dalam pengiriman hasil monitoring yang diakusisi oleh ESP32 ke platform Blynk dan Google sheets, karena sistem monitoring berbasis IoT memiliki kelemahan yaitu memerlukan koneksi jaringan internet yang stabil untuk dapat mengakses hasil pemantauan sistem.

4.3 Pengujian Parameter Suhu & Intensitas Cahaya

Pengujian ini dilakukan pada komponen sensor suhu (DS18B20) dan Sensor intensitas cahaya (BH1750) untuk mengetahui komponen sensor yang terpasang sudah berjalan dengan baik atau belum. Hasil pengujian komponen ini akan membantu saat proses pengambilan data monitoring.

4.3.1 Deskripsi Pengujian

Pengujian dilakukan dengan melakukan pengukuran secara bersamaan antara hasil dengna sensor dan monitoring dengan perbandingan hasil menggunakan alat ukur. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui keakuratan hasil data suhu dan intensitas cahaya dari pembacaan sensor dan pengukuran dengan alat ukur menggunakan lux meter.

4.3.2 Daftar Alat Pengujian

Berikut ini merupakan daftar alat yang digunakan dalam melakukan pengujian sensor suhu dan intensitas cahaya dapat dilihat pada Tabel 4. 2.

Tabel 4. 2 Daftar alat pengujian

No	Nama Alat	Merk	Jumlah
1	Thermogun	Fluke	1
2	Lux Meter	Fluke	1
3	Laptop	Hp	1
4	Smartphone	Xiaomi	1

4.3.3 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian yang dibutuhkan untuk mengakses alat monitoring untuk pembacaan sensor suhu dan intensitas cahaya terdapat dua tahap prosedur.

1. Pastikan semua perangkat keras seperti ESP32 dengan sensor dan perangkat lunak (Blynk dan Google Sheets) telah terpasang dan terkonfigurasi dengan benar.
2. Gunakan thermogun untuk melakukan pengukuran suhu aktual dengan mengarahkan thermo gun ke permukaan panel surya pada modul latih PLTS *On Grid*.
3. Gunakan lux meter untuk melakukan pengukuran intensitas cahaya letakkan bagian photo sensitive sensor lux meter diatas panel surya.
4. Lakukan pendataan pada hasil pembacaan lux meter dan thermogun serta dan amati pembacaan pada monitoring blynk dan Google sheets.

4.3.4 Data Hasil Pengujian

Pengujian pembacaan sensor suhu dan intensitas cahaya dilakukan pada kondisi cerah berawan pada tanggal 19 Agustus 2024 dimulai jam 13:15 sampai jam 15:00. Hasil data pengujian dapat dilihat pada Tabel 4. 3.

Hak Cipta :

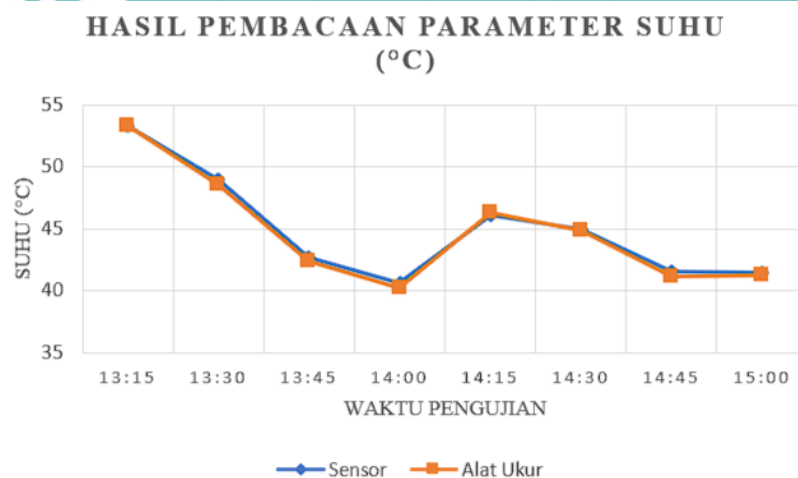
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4. 3 Data hasil pengujian sensor suhu dan cahaya

No	Waktu	Sensor Suhu (°C)	Alat Ukur (°C)	Selisih	Presentase Error (%)	Sensor Cahaya (Lux)	Alat Ukur (Lux)	Selisih	Presentase Error (%)
1	13:15	53,3	53,3	0	0	54612	54740	128	0,2
2	13:30	49	48,6	0,4	0,8	28727	27200	1527	5,6
3	13:45	42,7	42,4	0,3	0,7	41771	42800	1029	2,4
4	14:00	40,6	40,2	0,4	0,9	18054	18250	196	1
5	14:15	46,1	46,3	0,2	0,4	24333	24300	33	0,1
6	14:30	45	44,9	0,1	0,2	21948	21800	148	0,6
7	14:45	41,6	41,1	0,5	1,21	21370	21640	270	1,2
8	15:00	41,5	41,2	0,3	0,7	26141	26400	259	0,9
		<i>Rata</i>	<i>Rata</i>	<i>Error</i>	0,6	<i>Rata</i>	<i>Rata</i>	<i>Error</i>	1,5

4.3.5 Analisis dan Evaluasi

Berdasarkan data pengujian sensor suhu dan intensitas cahaya pada Tabel 4.3 dapat diketahui bahwa pengukuran suhu melalui sensor dan pengukuran secara actual menggunakan *thermogun* memiliki selisih 0 ~ 0,5 °C dengan rata-rata persentase error yang dihasilkan yaitu 0,6%. Sedangkan pada pengukuran intensitas cahaya perbandingan antara sensor dan lux meter memiliki selisih 33 ~ 1527 lux dengan rata-rata persentase error yang dihasilkan yaitu 1,5%. Bentuk grafik Perbandingan hasil pembacaan dapat dilihat pada Gambar 4. 4 dan 4. 5.



Gambar 4. 4 Perbandingan hasil pembacaan pada parameter Suhu

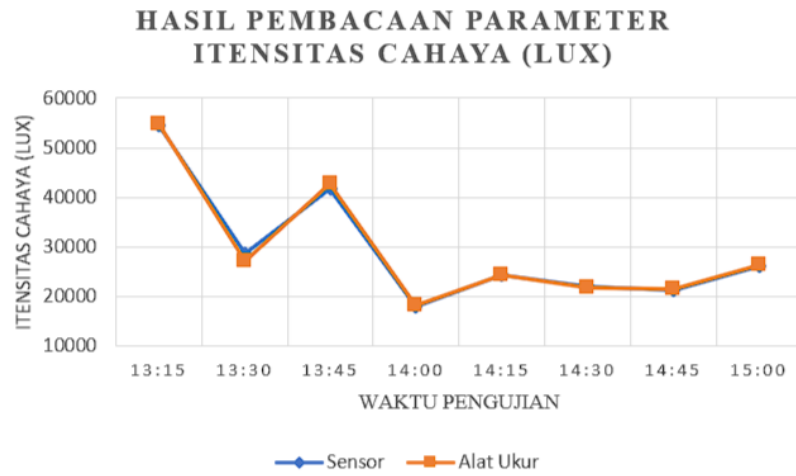
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4. 5 Perbandingan hasil pembacaan pada parameter itensitas cahaya

Perbedaan hasil pembacaan antara sensor dengan alat ukur dapat terjadi karena beberapa penyebab seperti, sensor dan alat ukur memiliki tingkat akurasi dan sensitivitas pembacaan yang berbeda, penempatan sensor yang kurang optimal, sensor memiliki latensi atau penundaan (*delay*) dalam proses pengambilan data, sedangkan alat ukur dapat memberikan hasil lebih cepat dan langsung.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**