

Sistem Monitoring Energi Listrik 3 Fasa Berbasis IoT Dengan Protokol Modbus RS-485 Menggunakan ESP32

Meicen Tiara Tandean¹, M. Zaky Zaim Muhtadi¹, Pujianto^{1*}

¹ Program Studi Teknik Instrumentasi Kilang, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas
Jl. Sorogo No.38 Cepu – Blora – Jawa Tengah, 58311, INDONESIA

*Corresponding Author: pujianto@esdm.go.id

DOI: <https://doi.org/10.53026/inhardware.v3i2.72>

Article Info

Received: 11st June 2025

Accepted: 15th Dec. 2025

Available online: 22th Dec. 2025

Keywords

Electrical Energy Monitoring System, IoT, ESP32, Modbus RTU, Power Meter, Blynk.cloud

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang serta mengimplementasikan sistem monitoring energi listrik tiga fasa berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai inti sistemnya. Sistem ini dirancang untuk membaca parameter kelistrikan secara *real-time*, seperti frekuensi, power factor, tegangan antar fasa, arus per fasa, serta daya aktif dan energi total, dan kemudian mengirimkan data tersebut ke platform Blynk.cloud untuk ditampilkan dalam bentuk aplikasi mobile dan web dashboard. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi penghubungan perangkat ESP32 dengan power meter Schneider METSEPM2120 menggunakan protokol Modbus RTU melalui jaringan RS485. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa frekuensi sistem berada pada kisaran 49,96 hingga 50,03 Hz dengan power factor rata-rata di atas 0,93. Tegangan dan arus pada setiap fasa terpantau stabil tanpa adanya ketidakseimbangan yang signifikan, sementara Energi tercatat berkisar antara 7,9 – 8,2 kWh.

Abstract

This study aims to design and implement a three-phase electrical energy monitoring system based on the Internet of Things (IoT) using the ESP32 microcontroller as the core of the system. The system is designed to read electrical parameters in real-time, including frequency, power factor, phase-to-neutral voltage, phase currents, active power, and total energy. These parameters are then transmitted to the Blynk.cloud platform for visualization through both mobile applications and a web dashboard. The method used in this research involves connecting the ESP32 device to a Schneider METSEPM2120 power meter using the Modbus RTU protocol over an RS485 network. The collected data shows that the system frequency remains within the range of 49.96 to 50.03 Hz, with an average power factor above 0.93. Voltage and current measurements for each phase are stable, with no significant imbalance detected, while active power readings ranged between 7.9 – 8.2 kWh.

This is an open access article under the CC BY-SA license.



1. Pendahuluan

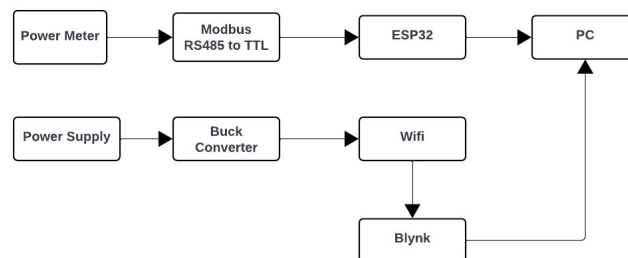
Energi listrik merupakan elemen penting dalam menjalankan berbagai aktivitas di lingkungan kampus, mulai dari kegiatan belajar mengajar, operasional laboratorium, hingga sistem pendukung seperti penerangan dan pendingin ruangan. Untuk mencukupi kebutuhan daya yang besar, sistem distribusi listrik tiga fasa sering digunakan karena lebih efisien dalam penyaluran daya dibandingkan sistem satu fasa. Namun, penggunaan energi listrik yang besar perlu diimbangi dengan sistem pemantauan yang tepat agar konsumsi dapat dikontrol dan dianalisis secara akurat. Tanpa adanya monitoring yang baik, potensi terjadinya pemborosan energi lebih sulit dikenali. Oleh karena itu, pemantauan energi secara real-time menjadi kebutuhan penting dalam mendukung efisiensi dan pengelolaan daya listrik yang lebih optimal.

Teknologi Internet of Things (IoT) memberikan solusi praktis untuk melakukan pemantauan energi secara otomatis dan jarak jauh. Dengan bantuan mikrokontroler seperti ESP32 yang mendukung koneksi WiFi, data dari alat ukur (power meter) dapat dikumpulkan melalui komunikasi protokol Modbus RS-485 dan dikirimkan ke platform cloud. Salah satu platform yang umum digunakan adalah Blynk Cloud, yang memudahkan pengguna untuk melihat data kelistrikan melalui perangkat seluler mendukung pengambilan keputusan dalam pengelolaan listrik, serta meningkatkan kesadaran akan pentingnya Penelitian ini difokuskan pada perancangan dan penerapan sistem monitoring energi listrik tiga fasa berbasis Internet of Things (IoT) dengan menggunakan ESP32 dan protokol komunikasi Modbus RS-485. Sistem ini berfungsi untuk memperoleh data kelistrikan secara langsung dari power meter dan mengirimkannya ke platform Blynk Cloud, sehingga pengguna dapat melakukan pemantauan secara real-time terhadap parameter seperti tegangan, arus, frekuensi, faktor daya, dan konsumsi energi (Pratama et al., 2023).

Penerapan sistem ini di lingkungan Kampus PEM Akamigas diharapkan mampu meningkatkan transparansi pemakaian energi listrik serta memberikan dukungan terhadap manajemen energi yang lebih efisien. Selain itu, sistem ini juga dapat membantu mengidentifikasi potensi pemborosan energi dan memberikan landasan dalam pengambilan keputusan penghematan (Siregar & Hartono, 2022).

2. Metode

Penelitian ini mengadopsi pendekatan eksperimental untuk mengembangkan sistem monitoring energi listrik tiga fase berbasis Internet of Things (IoT). Desain penelitian melibatkan integrasi komponen hardware dan software untuk akuisisi data, transmisi, dan analisis konsumsi energi secara real-time. Blok diagram seperti pada gambar 1



Gambar 1 Block Diagram

Arsitektur sistem monitoring energi listrik tiga fasa berbasis IoT ini dirancang untuk memantau parameter listrik secara real-time menggunakan power meter Logic 1200. Power meter ini membaca tegangan, arus, daya, hingga energi listrik, lalu mengirimkan data ke mikrokontroler ESP32. ESP32 berperan sebagai pusat pemrosesan dan pengirim data ke platform Blynk Cloud melalui koneksi WiFi.

Untuk komunikasi antara power meter dan ESP32, digunakan konverter TTL agar sinyal data bisa terbaca dengan baik. Protokol Modbus RS-485 digunakan karena cocok untuk komunikasi jarak jauh dan tahan gangguan. Buck converter juga ditambahkan untuk menyesuaikan tegangan input ke level yang aman bagi ESP32 dan perangkat lainnya.

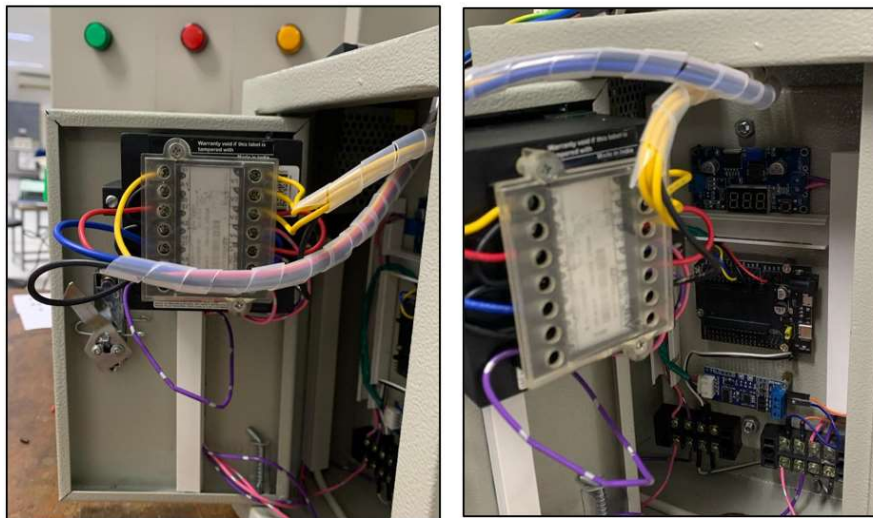
Semua komponen ditenagai oleh catu daya utama yang stabil. Data yang dikirim ke Blynk Cloud bisa diakses lewat smartphone atau laptop, sehingga pengguna dapat memantau kondisi listrik dari jarak jauh dengan mudah dan praktis.

3. Hasil dan Pembahasan

Sistem monitoring yang dirancang dalam penelitian ini mengintegrasikan berbagai komponen hardware dan software untuk mencapai tujuan pengawasan penggunaan daya secara efektif berbasis platform Blynk. Berikut ini dijabarkan hasil perancangan dari sisi perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software).

3.1 Hasil Perancangan Hardware

Komponen utama yang menjadi pusat sistem adalah power meter, sebuah instrumen pengukuran yang mampu mendeteksi parameter listrik seperti tegangan (V), arus (A), dan daya (W) pada jaringan tiga fase. Power meter ini berkomunikasi dengan sistem menggunakan protokol Modbus, memungkinkan mikrokontroler ESP32 untuk mengakses data secara real-time. ESP32, yang berfungsi sebagai otak dari sistem ini, mengontrol semua komponen yang ada. ESP32 ini terhubung dengan perangkat lainnya untuk mengelola komunikasi dan pengaturan. Di bawahnya, terdapat buck converter yang menurunkan tegangan dari power supply menjadi level yang sesuai dengan kebutuhan ESP32 dan perangkat lainnya. Semua kabel diatur dengan rapi menggunakan pelindung spiral agar tidak ada kabel yang berantakan atau mudah rusak. Dengan pengaturan yang rapi dan efisien ini, sistem dapat berjalan dengan aman dan mudah dirawat tanpa masalah overheating atau kerusakan pada komponen. Wiring diagram Power Meter seperti pada gambar 2

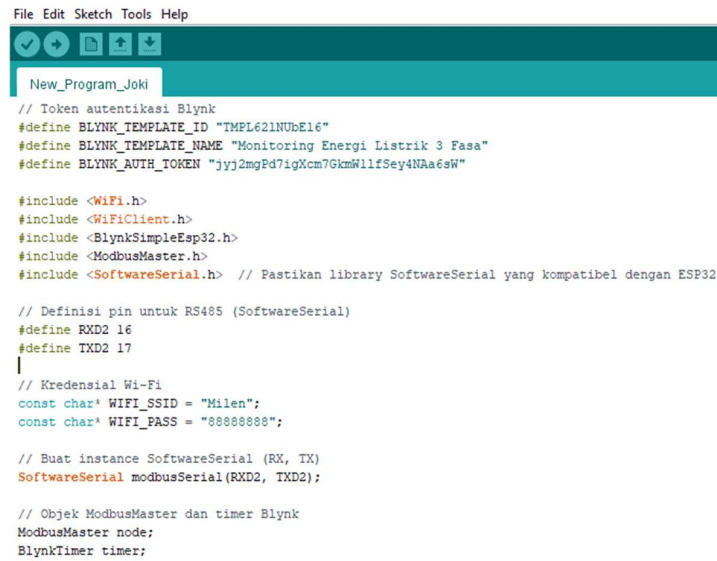


Gambar 2. Wiring Power Meter dan Wiring Panel Box

3.2 Hasil Perancangan Software

Perancangan perangkat lunak pada sistem ini dilakukan menggunakan bahasa pemrograman C++ dengan platform Arduino IDE. Program dirancang untuk menghubungkan ESP32 ke jaringan Wi-Fi, membaca data listrik dari Power Meter Schneider METSEPM1200 menggunakan protokol komunikasi Modbus RTU, lalu mengirimkan data tersebut ke platform Blynk untuk ditampilkan secara real-time. Seperti ditunjukkan pada gambar 3 dan gambar 4.

Pada tahap awal, sistem melakukan inisialisasi koneksi ke jaringan Wi-Fi menggunakan fungsi `WiFi.begin()` dengan parameter SSID dan password. Proses ini memastikan bahwa perangkat ESP32 terhubung dengan jaringan sebelum mulai mengirim data. Setelah terhubung, koneksi ke platform Blynk diinisialisasi menggunakan `Blynk.begin()`, dengan menggunakan token autentikasi yang diperoleh dari dashboard Blynk. Seperti pada gambar 5.



```

File Edit Sketch Tools Help
New_Program_Joki
// Token autentikasi Blynk
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL621NubE16"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "Monitoring Energi Listrik 3 Fasa"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "jy32mgPd7igXcm7GkmWl1fSey4NAa6sW"

#include <WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>
#include <ModbusMaster.h>
#include <SoftwareSerial.h> // Pastikan library SoftwareSerial yang kompatibel dengan ESP32

// Definisi pin untuk RS485 (SoftwareSerial)
#define RXD2 16
#define TXD2 17

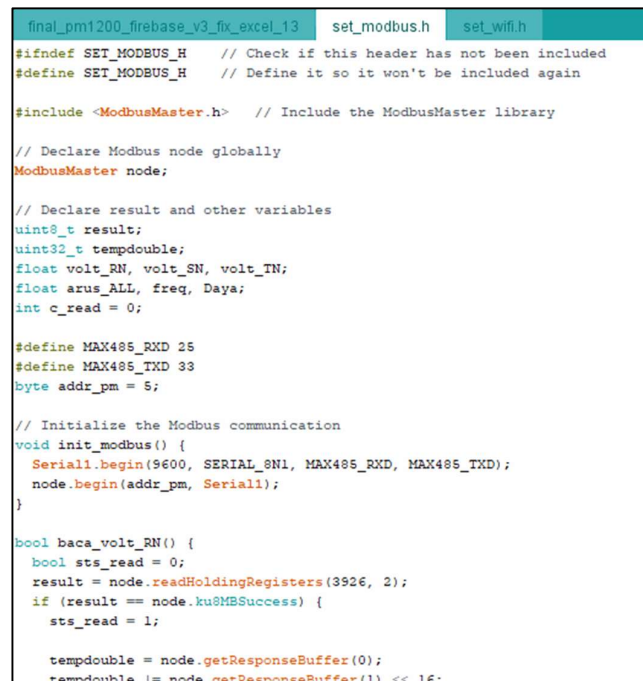
// Kredensial Wi-Fi
const char* WIFI_SSID = "Milen";
const char* WIFI_PASS = "88888888";

// Buat instance SoftwareSerial (RX, TX)
SoftwareSerial modbusSerial(RXD2, TXD2);

// Objek ModbusMaster dan timer Blynk
ModbusMaster node;
BlynkTimer timer;

```

Gambar 3. Program Set Wifi



```

final_pmi200_firebase_v3_fix_excel_13 set_modbus.h set_wifi.h
#ifndef SET_MODBUS_H // Check if this header has not been included
#define SET_MODBUS_H // Define it so it won't be included again

#include <ModbusMaster.h> // Include the ModbusMaster library

// Declare Modbus node globally
ModbusMaster node;

// Declare result and other variables
uint8_t result;
uint32_t tempdouble;
float volt_RN, volt_SN, volt_IN;
float arus_ALL, freq, Daya;
int c_read = 0;

#define MAX485_RXD 25
#define MAX485_TXD 33
byte addr_pm = 5;

// Initialize the Modbus communication
void init_modbus() {
  Serial1.begin(9600, SERIAL_8N1, MAX485_RXD, MAX485_TXD);
  node.begin(addr_pm, Serial1);
}

bool baca_volt_RN() {
  bool sts_read = 0;
  result = node.readHoldingRegisters(3926, 2);
  if (result == node.ku8MBSuccess) {
    sts_read = 1;

    tempdouble = node.getResponseBuffer(0);
    tempdouble |= node.getResponseBuffer(1) << 16;

```

Gambar 4. Program Set Modbus

```

void readModbusData() {
  // === PEMBACAAN PARAMETER AWAL (V0-V5) ===

  // --- Pembacaan Tegangan R_N (V0) ---
  uint8_t resultVoltage_RN = node.readHoldingRegisters(3924, 2);
  if (resultVoltage_RN == node.ku8MBSuccess) {
    Voltage_RN = combineToFloat(node.getResponseBuffer(0), node.getResponseBuffer(1));
    Serial.print("Voltage_R_N (3925-3926): ");
    Serial.println(Voltage_RN, 2);
    Blynk.virtualWrite(V0, Voltage_RN);
  } else {
    Serial.print("Modbus Error pada pembacaan Voltage_R_N: ");
    Serial.println(resultVoltage_RN, HEX);
  }
  Serial.println("-----");

  // --- Pembacaan Tegangan S_N (V1) ---
  uint8_t resultVoltage_SN = node.readHoldingRegisters(3938, 2);
  if (resultVoltage_SN == node.ku8MBSuccess) {
    Voltage_SN = combineToFloat(node.getResponseBuffer(0), node.getResponseBuffer(1));
    Serial.print("Voltage_S_N (3939-3940): ");
    Serial.println(Voltage_SN, 2);
    Blynk.virtualWrite(V1, Voltage_SN);
  } else {
    Serial.print("Modbus Error pada pembacaan Voltage_S_N: ");
    Serial.println(resultVoltage_SN, HEX);
  }
  Serial.println("-----");

  // --- Pembacaan Tegangan T_N (V2) ---
  uint8_t resultVoltage_TN = node.readHoldingRegisters(3952, 2);
  if (resultVoltage_TN == node.ku8MBSuccess) {
    Voltage_TN = combineToFloat(node.getResponseBuffer(0), node.getResponseBuffer(1));
    Serial.print("Voltage_T_N (3953-3954): ");
    Serial.println(Voltage_TN, 2);
    Blynk.virtualWrite(V2, Voltage_TN);
  } else {
    Serial.print("Modbus Error pada pembacaan Voltage_T_N: ");
    Serial.println(resultVoltage_TN, HEX);
  }
  Serial.println("-----");
}

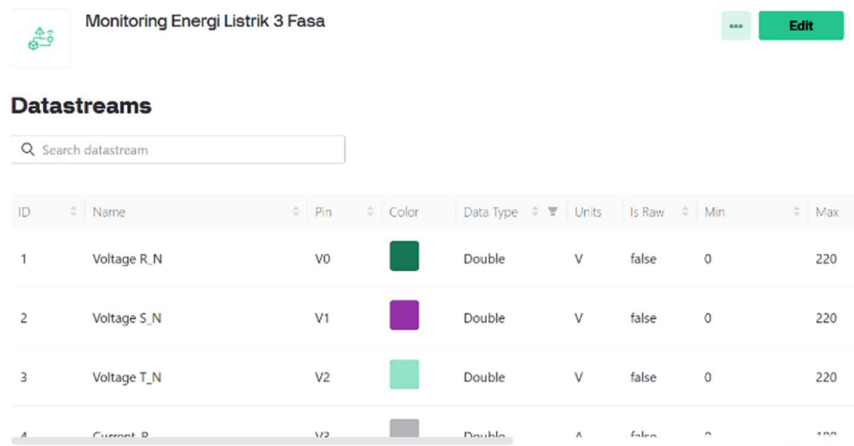
```

Gambar 5. Program Set BLYNK

3.3 Hasil Pembuatan Sistem Monitoring

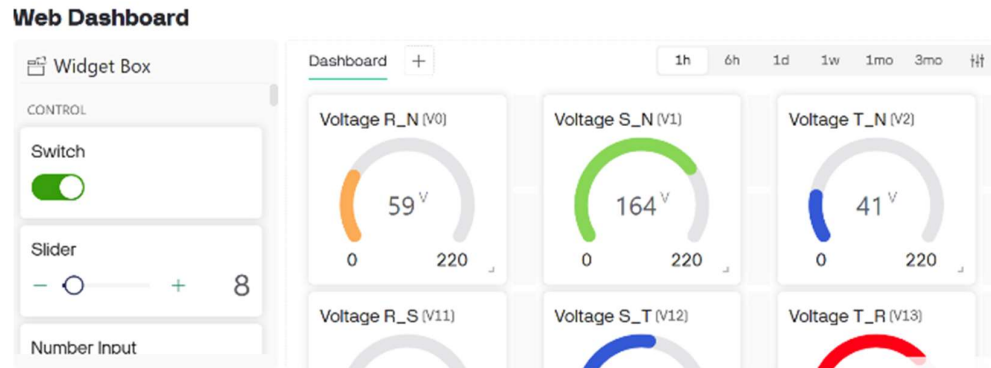
Jadi pada tampilan data stream ini, pengguna mengintegrasikan pin virtual untuk pembacaan parameter dalam bentuk waktu nyata (*real-time*) serta dapat melakukan logging data secara berkala. Setiap virtual pin merepresentasikan satu parameter listrik, sehingga memudahkan pengguna dalam membedakan serta memantau parameter seperti tegangan, arus, dan faktor daya dengan berdasarkan jenis Virtual yang dipergunakan. Tampilan Virtual Pin Data stream seperti pada gambar 6.

Selain tampilan data stream, terdapat juga web dashboard yang dapat diakses melalui Blynk Web Console. Dashboard ini menampilkan parameter monitoring secara visual dalam bentuk gauge, value display, dan chart, yang mempermudah proses analisis serta pengambilan keputusan terhadap kondisi sistem listrik yang dimonitor. Tampilan dashboard Blynk seperti terlihat pada gambar 7.



ID	Name	Pin	Color	Data Type	Units	Is Raw	Min	Max
1	Voltage_R_N	V0	Green	Double	V	false	0	220
2	Voltage_S_N	V1	Purple	Double	V	false	0	220
3	Voltage_T_N	V2	Teal	Double	V	false	0	220
4	Current_R	V3	Grey	Double	A	false	0	100

Gambar 6. Tampilan Virtual Pin Data stream



Gambar 7. Contoh Tampilan Dashboard BLYNK

3.4 Hasil Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan 4 kali pengambilan data dari jam 10:00 hingga 13:55, dengan interval pencatatan setiap 5 menit. Parameter yang dicatat meliputi frekuensi, power factor, tegangan phasa-netral, arus pada masing-masing fasa (R, S, T), serta total daya aktif dan energi total.

Pada pengambilan data 1 mulai jam 10.00 – 10.55 WIB.

Hasil dari pengambilan data 1 seperti ditunjukkan pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Pengambilan Data 1

Waktu	Frekuensi (Hz)	Power Factor	Parameter Tegangan			Parameter Arus			Energi (kWh)
			V _{R-N} (Volt)	V _{S-N} (Volt)	V _{T-N} (Volt)	I _R	I _S	I _T	
10:00	50.01	0.99	229.4	230.0	229.7	12.0	12.0	12.0	8.18
10:05	50	0.94	229.3	231.2	230.4	12.0	12.0	11.8	7.75
10:10	50.01	0.98	230.3	229.1	230.2	11.9	12.0	12.1	8.10
10:15	50.03	0.97	230.1	230.3	229.7	11.8	11.9	11.7	7.85
10:20	50.00	0.97	230.1	229.2	230.4	12.2	11.9	12.2	8.09
10:25	50.00	0.97	230.2	229.8	230.2	11.8	12.0	12.1	7.87
10:30	50.03	0.95	229.7	230.5	230.4	12.0	11.9	12.1	7.87
10:35	50.02	0.97	230.1	230.0	230.3	11.9	11.1	12.2	8.09
10:40	49.99	0.97	230.1	229.5	229.6	12.1	12.0	12.3	8.17
10:45	50.01	0.98	229.6	229.6	229.7	12.1	11.9	12.2	8.14
10:50	49.99	0.95	230.9	230.3	230.4	12.2	12.3	11.6	7.98
10:55	49.99	0.66	230.2	229.6	230.3	11.9	11.5	11.7	7.75

Dari tabel di atas, terlihat bahwasanya nilai dari frekuensi selama pengamatan berada dalam rentang 49,99–50,03 Hz, menunjukkan kestabilan sistem kelistrikan dan tidak adanya gangguan besar pada sumber daya. Power factor rata-rata berada pada nilai tinggi yakni di atas 0,95 yang menunjukkan efisiensi penggunaan daya listrik cukup baik. Namun pada pukul 10:55 terjadi penurunan signifikan ke 0,66 yang dapat mengindikasikan bahwasanya adanya beban induktif besar atau gangguan sesaat.

Tegangan R-N, S-N, dan T-N terjaga stabil dengan kisaran 229–231 V, tidak menunjukkan fluktuasi yang signifikan, menandakan pasokan listrik dalam kondisi normal.

Arus listrik pada masing-masing fasa juga menunjukkan nilai yang relatif stabil di sekitar 11,5–12,3 A dengan sedikit variasi di beberapa waktu tertentu. Variasi ini bisa disebabkan oleh perubahan beban yang tidak terlalu drastis.

Energi tercatat antara 7,75–8,18 kWh, dan menunjukkan bahwa konsumsi daya selama pengamatan berlangsung cukup stabil dengan fluktuasi kecil. Nilai tertinggi tercatat pada pukul 10:00 sebesar 8,18 kWh, sedangkan nilai terendah terjadi pada pukul 10:05 dan 10:55 sebesar 7,75 kWh.

Pengambilan data 2 mulai jam 11.00 – 11.55 WIB.

Hasil dari pengambilan data 2 seperti ditunjukkan pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Pengambilan Data 2

Waktu	Frekuensi (Hz)	Power Factor	Parameter Tegangan			Parameter Arus			Energi (kWh)
			V _{R-N} (Volt)	V _{S-N} (Volt)	V _{T-N} (Volt)	I _R	I _S	I _T	
11:00	50.00	0.96	229.4	230.1	230.0	11.9	12.2	11.9	7.94
11:05	49.96	0.98	230.3	230.0	230.1	11.8	12.2	12.0	8.12
11:10	49.97	0.97	229.5	229.7	230.6	11.9	11.6	12.1	7.94
11:15	49.99	0.96	230.4	231.1	229.7	12.1	11.9	11.9	7.94
11:20	49.98	0.98	230.6	230.3	230.3	12.2	11.9	12.0	8.15
11:25	50.01	0.97	229.6	229.0	229.9	11.8	11.7	11.8	7.86
11:30	49.98	0.98	230.5	230.1	229.9	12.2	11.8	11.9	8.10
11:35	49.97	0.96	230.2	229.7	230.5	12.3	11.8	11.7	7.91
11:40	50.03	0.97	230.4	230.4	230.4	12.1	12.4	11.8	8.11
11:45	50.00	0.97	230.9	229.6	230.4	12.4	12.2	11.7	8.11
11:50	50.00	0.96	229.9	229.9	230.7	11.8	12.3	11.8	7.93
11:55	49.97	0.67	229.6	230.3	230.0	11.8	12.1	12.2	8.05

Dari tabel di atas, dapat dilihat bahwasanya selama periode pukul 11:00 – 11:55, frekuensi listrik berada dalam kisaran 49,96 – 50,03 Hz yang masih dalam batas toleransi standar sistem listrik di Indonesia (sekitar 50 Hz). Ini menunjukkan bahwa sistem distribusi tetap stabil selama proses pengamatan.

Power factor atau faktor daya berkisar antara 0,96 hingga 0,98, yang mengindikasikan efisiensi penggunaan daya cukup tinggi dan stabil, tanpa adanya penurunan signifikan seperti yang tercatat pada sesi sebelumnya pukul 10:55.

Tegangan antar fasa ke netral (R-N, S-N, T-N) terpantau dalam kisaran 229 – 231 V, memperlihatkan kondisi suplai tegangan yang merata dan tidak mengalami fluktuasi besar. Nilai arus listrik pada masing-masing fasa (R, S, T) juga menunjukkan kestabilan dengan nilai berkisar antara 11,6 – 12,4 A. Variasi kecil ini mencerminkan fluktuasi beban yang wajar dan tidak bersifat drastis.

Energi (kWh) selama pengamatan menunjukkan rentang nilai antara 7,86 hingga 8,15 kWh, di mana nilai tertinggi tercatat pada pukul 11:20 dan nilai terendah pada pukul 11:25. Pola ini mencerminkan konsumsi energi yang konsisten dan efisien.

Pengambilan data 3 mulai jam 12.00 – 12.55 WIB.

Hasil dari pengambilan data 3 seperti ditunjukkan pada tabel 3 dibawah ini

Tabel 3. Pengambilan Data 3

Waktu	Frekuensi (Hz)	Power Factor	Parameter Tegangan			Parameter Arus			Energi (kWh)
			V _{R-N} (Volt)	V _{S-N} (Volt)	V _{T-N} (Volt)	I _R	I _S	I _T	
12:00	49.99	0.97	229.6	230.4	230.3	11.6	11.8	11.8	7.86
12:05	50.00	0.97	229.6	229.4	229.8	12.3	11.9	12.5	8.17
12:10	49.98	0.97	230.0	229.8	230.2	12.1	12.1	12.1	8.10
12:15	50.01	0.96	230.2	229.8	229.9	12.0	11.8	12.0	7.90
12:20	49.99	0.97	230.1	229.7	230.0	12.1	12.1	11.8	8.03
12:25	49.99	0.97	230.4	230.9	230.3	11.8	12.0	12.1	8.03
12:30	49.99	0.96	230.0	230.2	229.6	12.5	11.9	11.9	8.01
12:35	50.04	0.97	230.7	229.4	231.0	12.0	2.1	12.0	8.07

12:40	50.00	0.97	229.9	230.5	229.5	12.0	12.1	12.5	8.16
12:45	49.98	0.99	231.4	231.1	229.4	12.1	11.9	12.0	8.22
12:50	50.02	0.97	230.3	230.5	230.6	12.1	12.2	12.2	8.16
12:55	49.98	0.97	229.6	229.2	230.4	12.0	11.8	11.9	7.96

Berdasarkan tabel di atas, terlihat pada periode pukul 12:00 – 12:55, nilai frekuensi tetap stabil di kisaran 49,98 – 50,04 Hz, yang artinya ini tergambarkan bahwa sistem listrik bekerja dalam kondisi normal tanpa gangguan dari sisi suplai utama. Power factor juga relatif tinggi dan stabil, berada pada rentang 0,96 hingga 0,99. Hal ini menunjukkan efisiensi sistem yang baik dalam penggunaan daya aktif terhadap daya semu.

Tegangan fase ke netral tercatat cukup merata antara 229,2 V hingga 231,4 V, tanpa fluktuasi ekstrem. Ini menunjukkan distribusi tegangan yang seimbang di tiap fasa.

Arus pada ketiga fasa (R, S, T) berkisar antara 11,6 A hingga 12,5 A yang menunjukkan beban terdistribusi cukup merata. Nilai arus juga menunjukkan adanya kestabilan sistem dan tidak adanya beban yang bekerja secara berlebihan pada salah satu fasa. Nilai Energi menunjukkan peningkatan bertahap dari 7,86 kWh pada awal sesi menjadi 8,22 kWh di akhir sesi. Konsumsi energi cukup konsisten, dengan nilai tertinggi tercatat pada pukul 12:45. Pengambilan data 4 mulai jam 13.00 – 13.55 WIB.

Hasil dari pengambilan data 4 seperti ditunjukan pada tabel 4 dibawah ini

Tabel 3 Pengambilan Data 4

Waktu	Frekuensi (Hz)	Power Factor	Parameter Tegangan			Parameter Arus			Energi (kWh)
			V _{R-N} (Volt)	V _{S-N} (Volt)	V _{T-N} (Volt)	I _R	I _S	I _T	
13:00	50.00	0.97	229.5	229.8	230.3	11.8	12.1	12.0	8.00
13:05	49.96	0.95	230.2	230.6	230.3	12.1	12.1	12.4	8.01
13:10	49.97	0.97	229.9	229.6	230.0	12.4	11.9	11.9	8.07
13:15	50.00	0.97	230.4	230.2	229.6	12.3	12.1	12.4	8.21
13:20	50.01	0.99	230.2	230.4	230.0	12.3	11.7	12.1	8.12
13:25	50.00	0.97	230.0	229.5	229.7	11.9	12.2	11.9	8.02
13:30	50.00	0.97	229.6	230.0	230.5	11.8	12.0	12.1	8.01
13:35	49.99	0.97	229.2	228.4	229.9	12.0	11.9	12.2	8.02
13:40	49.97	0.96	229.8	229.5	229.8	12.2	11.9	11.7	8.07
13:45	49.99	0.98	230.4	229.9	229.8	12.2	11.9	11.7	8.07
13:50	49.99	0.98	230.1	229.4	230.2	11.7	11.7	11.9	7.95
13:55	50.02	0.98	229.4	230.8	229.7	12.3	11.7	12.0	8.11

Dari tabel terlihat frekuensi sistem listrik tetap stabil pada kisaran 49,96 – 50,02 Hz yang ini artinya dimana masih dalam batas normal untuk sistem distribusi daya. Power factor berkisar antara 0,95 hingga 0,99 yang menunjukkan tingkat efisiensi penggunaan energi aktif yang cukup tinggi dan stabil.

Tegangan antar fasa ke netral berada di kisaran 228,4 V hingga 230,8 V dengan sedikit fluktuasi namun tetap dalam rentang yang aman. Tidak ada indikasi ketidakseimbangan fasa yang signifikan. Sedangkan untuk Arus listrik pada ketiga fasa relatif stabil, yaitu antara 11,7 A hingga 12,4 A. Hal ini menunjukkan beban terdistribusi dengan baik dan tidak menunjukkan ketimpangan antar fasa yang dapat menyebabkan gangguan.

Nilai energi juga tercatat konsisten, dimulai dari 8,00 kWh pada pukul 13:00 dan mencapai 8,11 kWh di pukul 13:55. Peningkatan yang bertahap dan stabil ini sendiri sejatinya menggambarkan bahwasanya konsumsi energi yang seimbang tanpa lonjakan beban yang mencolok. Selama periode pengamatan dari pukul 13:00 hingga 13:55, Besarnya energi tercatat berada dalam rentang terendah sebesar 7,95 kWh pada pukul 13:50 dan tertinggi mencapai 8,23 kWh pada pukul 13:20. Rentang variasi energi ini tergolong kecil dan menunjukkan bahwa konsumsi energi berlangsung secara stabil tanpa adanya lonjakan atau penurunan beban yang signifikan.

Hari hasil pengambilan data 1 sampai 4 dapat dibuat nilai rata-rata seperti pada tabel 5

Tabel 4. Rata - Rata Pengambilan Data 1 - 4

Waktu	Rata-rata Frekuensi (Hz)	Rata-rata Power Factor	Parameter Tegangan (Rata-Rata)			Parameter Arus (Rata-rata)			Energi (kWh) (Rata-Rata)
			V _{R-N} (Volt)	V _{S-N} (Volt)	V _{T-N} (Volt)	I _R	I _S	I _T	
10:00-10:55	50.00	0.9417	230.00	229.98	230.08	12.00	11.93	12.00	8.02
11:00-11:55	49.98	0.9392	230.14	230.02	230.17	12.03	12.02	11.97	7.98
12:00-12:55	50.00	0.9692	230.19	230.01	230.07	12.05	11.98	12.03	8.06
13:00-13:55	49.99	0.9717	229.94	229.81	230.04	12.06	11.95	12.02	8.45

Berdasarkan hasil pengambilan data 1- 4 ,dapat disimpulkan bahwa kondisi sistem kelistrikan berada dalam keadaan stabil dan efisien. Rata-rata frekuensi dari seluruh sesi berada di kisaran 49,98 hingga 50,01 Hz, yang menunjukkan suplai daya tetap berada dalam batas normal tanpa adanya anomali signifikan. Demikian pula dengan faktor daya (power factor) yang konsisten berada di atas 0,93, bahkan mencapai rata-rata tertinggi 0,9717 pada rentang pukul 13:00–13:55. Ini mengindikasikan efisiensi sistem cukup tinggi, dengan penggunaan daya aktif yang optimal terhadap daya semu.

Parameter tegangan phasa-netral (R-N, S-N, T-N) berkisar antara 229,8 V hingga 230,2. Hal ini menandakan kualitas tegangan yang stabil dan distribusi daya yang seimbang antar fasa. Arus listrik pada masing-masing fasa pun relatif merata, berada di kisaran 11,9 A hingga 12,06 A. Meskipun terjadi sedikit variasi antar waktu dan fasa, hal ini masih tergolong wajar dan tidak menunjukkan adanya ketimpangan distribusi beban.

Rata-rata Energi Listrik yang tercatat selama empat periode pengambilan data juga menunjukkan data yang baik, yaitu berkisar antara 7,98 kWh hingga 8,06 kWh. Variasi value atau nilai- nilai ini sangat kecil yang menggambarkan bahwasanya beban sistem yang relatif konstan dan penggunaan energi yang stabil.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan juga perancangan yang dilakukan selama beberapa waktu, dan sudah dijelaskan pada pembahasan dan hasil di atas, maka peneliti menyimpulkan bahwasanya:

Penelitian ini berhasil merancang dan membangun sistem monitoring energi listrik 3 fasa yang terintegrasi dengan teknologi Internet of Things (IoT) menggunakan ESP32 sebagai inti mikrokontroler. Sistem ini mampu membaca parameter kelistrikan secara real-time dan mengirimkannya ke platform Blynk.cloud baik dalam bentuk tampilan aplikasi mobile maupun web dashboard. Hal ini menunjukkan bahwa tujuan pertama penelitian telah tercapai.

Sistem telah berhasil mengimplementasikan komunikasi antar perangkat menggunakan protokol Modbus RTU melalui jaringan RS485, yang menghubungkan power meter Schneider METSEPM1200 dengan ESP32. Parameter yang terbaca meliputi frekuensi, power factor, tegangan tiap fasa ke netral (R-N, S-N, T-N), arus per fasa, daya aktif, dan energi total. Data terbaca dengan baik dan ditampilkan melalui pin virtual pada Blynk. engan hasil pengukuran yang diperoleh, frekuensi berada dalam kisaran normal 49,96 – 50,03 Hz, power factor cenderung tinggi (rata-rata di atas 0,93), serta tegangan dan arus pada tiap fasa tidak menunjukkan ketidakseimbangan yang signifikan. Daya aktif juga konsisten berkisar antara 7,9 – 8,2 kWh, yang menandakan beban listrik dalam kondisi normal. Namun, terdapat penurunan nilai power factor yang cukup signifikan pada pukul 10:55 dengan nilai 0,66, yang dapat mengindikasikan adanya beban induktif yang tiba-tiba tinggi, seperti penggunaan motor listrik besar atau perangkat dengan karakteristik reaktif lainnya yang mempengaruhi efisiensi daya sistem.

Daftar Pustaka

- [1] Bhat, O., Gokhale, P., & Bhat, S. (2021). *Introduction to IOT*. International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology ISO, 3297(1). <https://doi.org/10.17148/IARJSET.2018.517>
- [2] Hamzan, M. A., Made, I., Nrartha, A., & Wiryajati, K. (2022). *Rancang Bangun Sistem Pemantauan Daya Listrik Berbasis Android Menggunakan Teknologi React Native*. Dielektrika, 9(1), 42–50. <https://dielektrika.unram.ac.id>

- [3] Pratama, A. T., Liyantono, & Widodo, S. (2025). *Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Air dan Stasiun Cuaca Berbasis Sensor Industrial dengan Protokol Modbus RS485*. Jurnal Keteknikan Pertanian, 13(1), 98–114. <https://doi.org/10.19028/jtep.013.1.98-114>
- [4] Siregar, N., & Hartono, D. (2022). *Sistem Monitoring Pemakaian Energi Listrik pada Gedung Perkuliahan Menggunakan IoT Berbasis ESP32 dan Modbus RTU*. Prosiding SEMNASTIK.
- [5] Ratnasari, D. A., Suprianto, B., Baskoro, F., & Elektro, J. T. (2022). *Monitoring Daya Listrik pada Panel Surya Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Aplikasi Telegram*. Indonesian Journal of Engineering and Technology (INAJET), 5(1). <https://journal.unesa.ac.id/index.php/inajet>
- [6] Dwi Alfian, R. (2022). *Rancang Bangun Alat Monitoring Pemakaian Tarif Listrik dan Kontrol Daya Listrik pada Rumah Kos Berbasis Internet of Things*. Skripsi, Universitas Negeri Semarang.
- [7] Hidayat, A. (2024). *Rancang Bangun Sistem Monitoring Arus dan Tegangan pada Panel ATS-AMF Hybrid Berbasis Internet of Things*. Jurnal Cendekia Ilmiah, 4(1).
- [8] Ari, A., Ahmad, F., & Amrullah, M. F. (2023). *Implementasi Perancangan Sistem Kontrol dan Monitoring Instalasi Otomasi Panel Listrik Industri Menggunakan IoT Berbasis Mobile*, Vol. 3. <https://ejournal.catuspata.com/index.php/jkdn/index>
- [9] Lestari, M., Riezky Pratiwi, I., & Manufaktur Negeri Bangka Belitung, P. (2024). *Sistem Pemantauan Daya Listrik Berbasis Website*, 02(1).
- [10] As'ad, H. H., Hendradi, P., & Hanafi, M. (2023). *Analisa Performa Jaringan WiFi Berbasis Smartphone Sebagai Tethering dan Modem dengan Metode Perbandingan*. Journal of Information System Research (JOSH), 4(4), 1102–1108. <https://doi.org/10.47065/josh.v4i4.3729>
- [11] Harun, N., Andriani, T., Darmawan, I., & Aulia, M. (2023). *Analisis Kinerja Generator Alternating Current (AC) Tiga Fasa terhadap Beban Non-Linear*. Jurnal Teknologi Elektro, 2(2).
- [12] Dargusch, M., Liu, W. Di, & Chen, Z. G. (2020). *Thermoelectric Generators: Alternative Power Supply for Wearable Electrocardiographic Systems*. Advanced Science, 7(18). <https://doi.org/10.1002/advs.202001362>
- [13] Bagajewicz, M., Fuxman, A., & Uribe, A. (2004). *Instrumentation Network Design and Upgrade for Process Monitoring and Fault Detection*. AIChE Journal, 50(8), 1870–1880. <https://doi.org/10.1002/aic.10279>
- [14] Pérez-Aguirre, R., Artetxe, B., Beobide, G., Castillo, O., de Pedro, I., Luque, A., Pérez-Yáñez, S., & Wuttke, S. (2021). *Ferromagnetic Supramolecular Metal-Organic Frameworks for Active Capture and Magnetic Sensing of Emerging Drug Pollutants*. Cell Reports Physical Science, 2(5). <https://doi.org/10.1016/j.xcrp.2021.100421>
- [15] HP Development Company. (2020). *Data Sheet HP Laptop 14s*.