

Integrasi Perangkat Energy Meter iEM3255 Pada Sistem Pemantau Konsumsi Energi Listrik Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Komunikasi ModBus

Integration of iEM3255 Energy Meter in Internet of Things (IoT) Based Electrical Energy Consumption Monitoring System Using ModBus Communication

Gde KM Atmajaya¹, Muhammad Husein Abdullah², Aditio Wahyudi³, Harry Yuliansyah⁴
^{1,2,3,4}Teknik Elektro, Institut Teknologi Sumatera
E-mail: ¹gde.atmajaya@itera.ac.id, ²muhammad.121130069@student.itera.ac.id,
³aditio.121130079@student.itera.ac.id, ⁴harry@el.itera.ac.id

Abstrak

Energi listrik merupakan salah satu energi yang banyak dimanfaatkan dalam menjalankan segala aktivitas manusia. Konsumsi energi listrik yang tidak terkendali dapat menjadi potensi pemborosan yang dapat merugikan dari segi ekonomi dan lingkungan. Berdasarkan permasalahan tersebut, dirancang suatu sistem pemantau konsumsi energi listrik berbasis Internet of Things (IoT) untuk memantau konsumsi energi listrik. Sistem ini tersusun dari sensor arus, *energy meter* iEM3255, Mikrokontroler ESP32, perangkat LoRa, dan suplai daya. Komponen – komponen tersebut diintegrasikan menggunakan komunikasi ModBus dan hasil pengukuran dapat dilihat melalui aplikasi *smartphone* yang dibuat menggunakan *platform* Kodular. Berdasarkan hasil implementasi dan pengukuran arus, tegangan, dan daya diperoleh nilai error sebesar 3,84%. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan perangkat Energy Meter iEM3255 dapat diintegrasikan dengan sistem pemantau konsumsi energi listrik berbasis IoT dengan menyesuaikan kapasitas beban yang terpasang.

Kata kunci: Sistem Pemantau Energi Listrik, *Energy Meter*, Komunikasi ModBus, IoT.

Abstract

Electrical energy is one of the most widely used energies in carrying out all human activities. Uncontrolled electrical energy consumption can be a potential waste that can harm the economy and the environment. Based on these problems, an Internet of Things (IoT)-based electrical energy consumption monitoring system was designed to integrate electrical energy consumption. This system consists of a current sensor, iEM3255 energy meter, ESP32 Microcontroller, LoRa device, and power supply. These components interact using ModBus communication and the measurement results can be viewed through a smartphone application created using the Kodular platform. Based on the results of the implementation and measurement of current, voltage, and power, an error value of 3.84% was obtained. Based on these results, it can be concluded that the iEM3255 Energy Meter device can be integrated with an IoT-based electrical energy consumption monitoring system by adjusting the installed load capacity.

Keywords: Electrical Energy Monitoring System, Energy Meter, ModBus Communication, IoT

1. PENDAHULUAN

Di era modern ini, energi listrik merupakan salah satu energi utama yang paling banyak digunakan dalam menjalankan segala aktivitas manusia [1]. Proyeksi rata-rata pertumbuhan kebutuhan energi listrik berdasarkan RUPTL PT. PLN (Persero) pada tahun 2021 s.d. 2030 meningkat sebesar 4,9% setiap tahunnya [2]. Perkembangan teknologi di bidang industri dan transportasi menjadi pendorong pertumbuhan konsumsi energi listrik dari tahun ke tahun. Peningkatan konsumsi energi listrik juga diikuti dengan perkembangan teknologi di bidang energi, mulai dari pembangkit, saluran distribusi sampai ke beban peralatan listrik yang semakin

efisien. Pada prinsipnya, energi listrik dikonsumsi secara berkelanjutan, sehingga diperlukan sistem pemantauan untuk mencegah pemborosan dalam penggunaannya[3].

Standar pemborosan konsumsi energi listrik pada suatu tempat dapat dinyatakan dengan Indeks Konsumsi Energi (IKE). Berdasarkan SNI No. 03-0196:2010, nilai IKE Gedung Perkantoran harus di bawah 12.08-14.58 kWh/m²/bulan agar dapat diklasifikasikan efisien. Nilai IKE yang tinggi dapat diturunkan dengan program-program penghematan energi yang dilakukan menggunakan kebijakan penghematan energi atau teknologi yang dapat membantu upaya-upaya penghematan konsumsi energi listrik[4].

Teknologi di bidang energi yang sedang berkembang saat ini adalah sistem pemantau konsumsi energi listrik (*energy meter system*) dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Thing* (IoT). Sistem ini terdiri dari perangkat *energy meter* dan sensor pengukuran besaran listrik yang terintegrasi pada teknologi IoT. IoT merupakan konsep teknologi yang menghubungkan perangkat fisik (*hardware*) melalui perantara internet agar dapat saling berkomunikasi. Salah satu jenis *protocol* yang dapat digunakan dalam aplikasi IoT adalah ModBus[5].

Terdapat penelitian terdahulu yang telah dilakukan yang dijadikan referensi pada penelitian ini. Penelitian oleh Zaiyan [6] membuat sistem *monitoring* penggunaan energi listrik dengan menggunakan protokol MQTT untuk sistem kWh meter pasca bayar. Sistem yang dibangun menggunakan ESP8266 yang diintegrasikan dengan webserver pada listrik satu fasa. Penelitian berikutnya dilakukan oleh [7] dengan menggunakan *microcontroller* ESP8266 dengan sensor arus YHDC SCT013-000 yang diolah menggunakan ESPHome. Hasil penelitian menunjukkan perangkat IoT ESPHome energy monitor telah berhasil dibuat dan diterapkan untuk memantau penggunaan daya listrik di gedung laboratorium Teknik Informatika. Pada artikel [8], penelitian menggunakan sensor PZEM-004T untuk listrik dengan skala listrik rumah. Pada referensi [9], aplikasi dibuat dengan menggunakan *platform* BLYNK untuk menampilkan data hasil pengukuran.

Berdasarkan permasalahan dan kajian yang telah dijelaskan di atas, penelitian ini dibuat untuk merancang dan mengintegrasikan perangkat *energy meter* iEM3255 pada sistem *energy meter* berbasis IoT menggunakan komunikasi ModBus pada sistem listrik tiga fasa. Sistem yang dikembangkan ini diharapkan dapat dipasang pada sistem kelistrikan gedung atau bangunan perkantoran untuk mempermudah proses pengawasan konsumsi energi listrik. Data yang diperoleh juga dapat digunakan untuk mengevaluasi performa sistem melalui pengujian dalam berbagai skenario penggunaan energi.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *research and development* (R&D) yang dibagi menjadi beberapa tahap yaitu indentifikasi masalah, studi literatur, penentuan spesifikasi alat, desain skematik, desain aplikasi, implementasi alat dan pengujian alat.

2.1 Identifikasi Masalah

Perancangan alat pemantau konsumsi energi listrik berbasis IoT menyesuaikan dengan permasalahan potensi pemborosan konsumsi energi listrik di gedung perkuliahan di Institut Teknologi Sumatera. Berdasarkan spesifikasi panel listrik gedung, kapasitas daya maksimum yang akan dipasang sebesar 35kVA, dengan nilai tegangan antar fasa 400V. Selain pemborosan, sistem pemantau energi listrik mampu mengukur ketidakseimbangan antar fasa pada sistem listrik tiga fasa.

2.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memahami konsep-konsep yang berhubungan dengan perancangan sistem pemantau konsumsi energi listrik berbasis IoT. Sumber-sumber yang digunakan berupa jurnal, buku, artikel, dan sumber referensi lain yang bersangkutan. Berikut ini studi literatur yang berkaitan dengan pembuatan sistem pemantau konsumsi energi listrik:

Pembuatan Sistem Monitoring Akusisi Data Manajemen Energi Listrik, Suhu dan Kelembaban Laboratorium Berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan ESP8266 dan sensor PZEM-004T[8]. Pembuatan Aplikasi Alat Monitoring Daya Listrik Berbasis Internet Of Things dapat menggunakan platform[9]. Pembuatan Smart Energy Meter menggunakan protokol *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT)[6],[5].

Dalam mendesain perangkat pemantau konsumsi energi listrik diperlukan beberapa formula yang digunakan sebagai berikut:

1. Arus maksimum

Arus maksimum merupakan nilai arus tertinggi yang dapat digunakan oleh beban-beban listrik. Arus maksimum I_p dapat dihitung menggunakan rumus berikut[10], [11]:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \phi} \dots \dots \dots (1)$$

P : Daya total dalam watt (W) atau kilowatt (kW).

V : Tegangan fase-ke-fase dalam volt (V).

cos ϕ : Faktor daya sistem.

2. Rasio *Current Transformer* (CT)

CT merupakan perangkat sensor arus yang digunakan untuk mengukur besar arus yang mengalir pada suatu penghantar. Pada perangkat pemantau konsumsi energi listrik, CT terpasang paralel terhadap kabel dan dihubungkan pada perangkat energy meter [10].

Rasio CT dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Rasio CT} = \frac{I_p}{I_s} \dots \dots \dots (2)$$

I_p : Arus primer (arus maksimum pada sisi primer).

I_s : Arus sekunder (biasanya 5A atau 1A, sesuai perangkat pengukuran).

3. Persentase error

Persentase eror digunakan untuk membandingkan hasil yang ditampilkan di aplikasi dengan pengukuran menggunakan alat ukur sejenis.

$$\text{Persentase Error (\%)} = \left(\frac{|M - T|}{T} \right) \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

M : Nilai pengukuran oleh sensor.

T : Nilai referensi atau nilai sebenarnya.

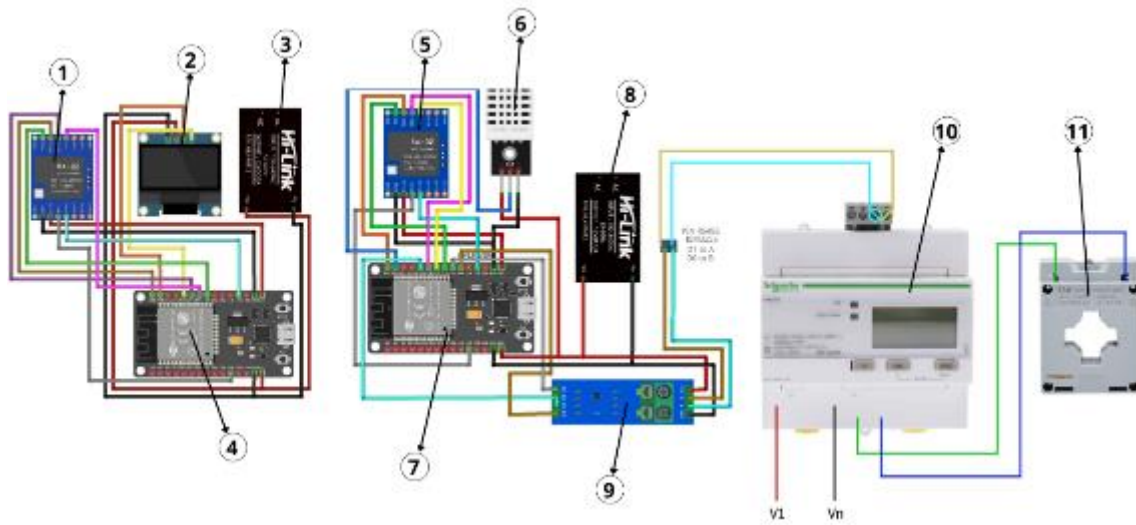
|M-T|: Error absolut, yaitu selisih antara nilai pengukuran dan nilai referensi.

2.3 *Spesifikasi Alat*

Sistem perangkat pemantau konsumsi energi berbasis IoT terdiri dari perangkat sensor arus *current transformer* sebagai perangkat yang mengukur besar arus yang mengalir menuju peralatan listrik, alat energi meter iEM3255[12] yang mengukur konsumsi energi secara terus-menerus, mikrokontroler ESP32 yang merupakan otak utama dari sistem, LCD Oled untuk menampilkan hasil pengukuran, dan Perangkat Long Range (LoRa) untuk mengirimkan data hasil pengukuran ke ESP32 [13], [14], [15]. Berdasarkan identifikasi masalah, maka sistem ini dirancang untuk bekerja pada daya maksimal sebesar 35kVA sistem tiga fasa. Dengan menggunakan rumus (1), diperoleh nilai kapasitas CT yang digunakan sebesar 50/5A.

2.4 *Desain Skematik dan Flowchart*

Desain skematik menggambarkan koneksi antar perangkat pada sistem pemantauan konsumsi energi berbasis IoT seperti pada Gambar 1. Pada gambar tersebut diberikan label penomoran yang dijelaskan pada bagian keterangan di bawahnya.

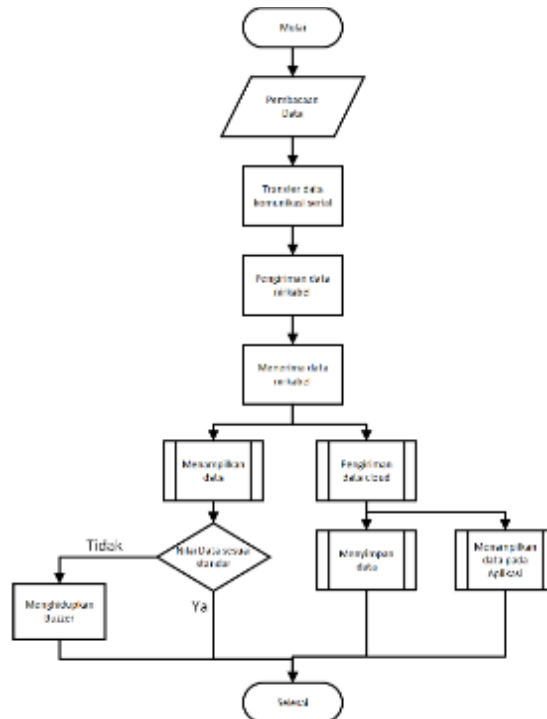


Gambar 1. Desain Skematik Perangkat Pemantau Energi Listrik Berbasis IoT

Keterangan:

1. LoRa Master
2. LCD Oled
3. Power Supply
4. NodeMCu ESP32 Master
5. LoRa Slave
6. DHT22
7. NodeMCU ESP32 Slave
8. Power Suppl
9. MAX485
10. Power Meter Schneider iEM3255
11. Trafo CT

Dalam mendesain program, sistem pemantau energi listrik berbasis IoT dibuat berdasarkan diagram alir berikut:



Gambar 2. Diagram alir sistem pemantau energi listrik berbasis IoT

2.5 Implementasi software

Implementasi alat pemantau energi listrik berbasis IoT dilakukan di sistem kelistrikan sederhana beban lampu satu fasa untuk melihat hasil pengukuran yang diterima energi meter secara terus menerus. Pemrograman utama mikrokontroler ESP32 menggunakan software Arduino IDE, dengan pengaturan database menggunakan platform Firebase Gambar 3[16][17].



Gambar 3. Software Arduino IDE (a) dan Platform Firebase (b)

2.6 Analisis Data Pengujian

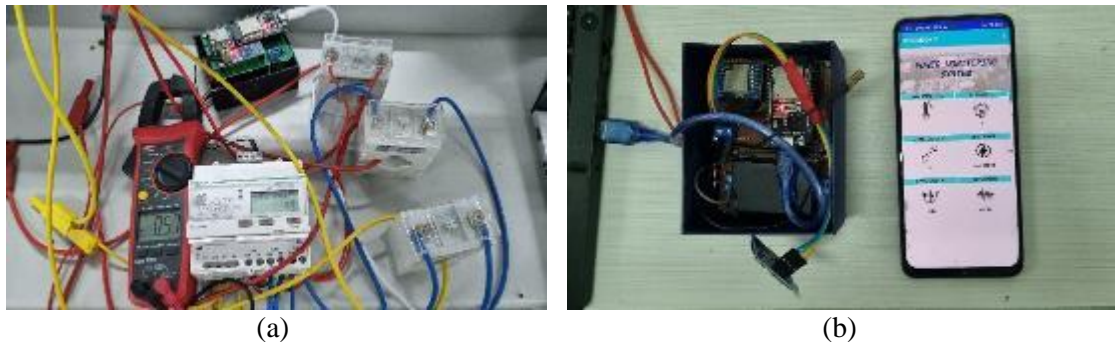
Data hasil pengujian diambil dari hasil tampilan serial monitor, penyimpanan data di database, dan tampilan di aplikasi. Pengambilan data dilakukan di laboratorium teknik 3, Institut Teknologi Sumatera. Beban pengujian berupa dua motor listrik AC tiga fasa dengan kapasitas masing - masing sebesar 370W. Berikut ini langkah-langkah pengujian dan pengambilan data:

1. Memasang sensor arus *Current Transformer* (CT) pada kabel penghubung antara sumber dengan beban motor tiga fasa;
2. Menghubungkan perangkat energi meter dan CT ke ESP32;
3. Hubungkan beban motor ke sumber listrik tiga fasa;
4. Hidupkan sumber listrik tiga fasa;
5. Hasil pengukuran tegangan dan arus akan tampil pada layar aplikasi dan tercatat di database;
6. Mengukur nilai arus dan tegangan menggunakan multimeter;
7. Membandingkan nilai yang diperoleh dari aplikasi dan hasil pengukuran menggunakan multimeter.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi Hardware

Proses implementasi hardware pada Gambar 4 dilakukan dengan menghubungkan komponen ESP32, Energi Meter iEM3255, modul LoRa, dan komponen lain sesuai dengan desain skematik. ESP32 bertindak sebagai mikrokontroler utama untuk mengolah data dari energi meter dan mengirimkannya ke database IoT. Energy meter iEM3255 digunakan untuk membaca parameter kelistrikan tegangan, arus, daya aktif, daya reaktif, dan faktor daya. Sensor arus (CT) dihubungkan ke kabel fase untuk mengukur arus listrik, sementara sensor tegangan dihubungkan ke terminal fase dan netral untuk membaca nilai tegangan.



Gambar 4. (a) Implementasi Energy Meter, ESP32, dan CT (b) Perangkat LoRa

Komunikasi antara ESP32 dan energy meter dilakukan melalui protokol Modbus RTU menggunakan kabel RS485. Modul konverter RS485 ke TTL digunakan untuk menghubungkan terminal komunikasi pada energy meter dengan pin TX dan RX pada ESP32. Power supply digunakan untuk menyediakan daya yang stabil bagi ESP32 dan energy meter. Energy meter dipasang pada panel listrik utama, dengan CT terhubung ke kabel fase untuk memantau arus listrik. ESP32 diprogram untuk membaca data dari energy meter, mengolahnya, dan mengirimkannya ke server melalui jaringan Wi-Fi, Ethernet, atau modul komunikasi jarak jauh seperti LoRa. Proses implementasi melibatkan pemasangan perangkat keras pada panel listrik, konfigurasi alamat slave dan baud rate pada *energy meter*, serta pemrograman ESP32 untuk membaca dan memproses data.

3.2 Implementasi Pemrograman Mikrokontroler

Pemrograman mikrokontroler dibagi menjadi 2 bagian, yaitu Slave dan Master. Dalam sistem perangkat pemantau energi listrik berbasis ESP32, LoRa, dan data dari energy meter, konsep master dan slave digunakan untuk mengatur komunikasi antara komponen. Master adalah unit utama yang mengontrol seluruh alur komunikasi dan pengolahan data. ESP32 yang berfungsi sebagai master bertugas membaca data dari energy meter melalui protokol tertentu, seperti Modbus RTU, dan mengirimkan data tersebut melalui jaringan LoRa ke server pusat atau aplikasi berbasis IoT. Selain itu, master juga bertanggung jawab untuk mengelola perintah pengguna, seperti konfigurasi ulang sistem atau permintaan data spesifik.

Sementara itu, slave adalah unit yang melayani permintaan dari master. Dalam sistem ini, slave terdiri dari energy meter yang mengukur parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, daya aktif, daya reaktif, dan faktor daya, serta ESP32 yang menghubungkan energy meter dengan jaringan LoRa. Saat master mengirimkan permintaan, slave membaca data dari energy meter dan mengirimkannya kembali ke master melalui jaringan LoRa.

Data pengukuran Energy meter perlu dibaca oleh ESP32 dengan memanfaatkan datasheet register melalui telekomunikasi Modbus. Berikut ini merupakan register yang dibutuhkan untuk memperoleh data hasil pengukuran yang dikumpulkan oleh energy meter iEM3255:

Tabel 1. Register iEM3255

Address	Register	Action (R/W/ WC)	Size	Type	Units	Description
0x0BB7	3000	R	2	Float32	A	I1: phase 1 current
0x0BB9	3000	R	2	Float32	A	I2: phase 2 current
0x0BBB	3000	R	2	Float32	A	I3: phase 3 current
0x0BD3	3028	R	2	Float32	V	Voltage L1-N
0x0BED	3054	R	2	Float32	kW	Active Power Phase 1
0x0C25	3110	R	2	Float32	Hz	Frequency

Pada perangkat yang diimplementasikan, nilai yang diukur adalah Arus 1 fasa dengan register 0x0BB7, Tegangan satu fasa ke netral (Voltage L1-N) dengan nomor register 0x0BD3, Active Power register 0x0BED, dan untuk frekuensi menggunakan register 0x0C25. Data yang tersimpan pada register tersebut dimasukkan ke dalam data array sebagai berikut:

```

result = node.readHoldingRegisters(0x0C25, 2);

if (result == node.ku805Success) {
  // Store values from two registers (16-bit each)
  data1[0] = node.getResponseBuffer(0); // Read first register
  data1[1] = node.getResponseBuffer(1); // Read second register

  // Combine two 16-bit values into one 32-bit value for float32
  uint32_t combined1 = ((uint32_t) data1[0] << 16) | data1[1];

  // Convert the combined value into a float
  memcpy(&value1, &combined1, sizeof(value1)); // Convert to float
}

// Read 2 registers starting from address 0x0BED -- Power
result = node.readHoldingRegisters(0x0BED, 2);

if (result == node.ku805Success) {
  // Store values from two registers (16-bit each)
  data2[0] = node.getResponseBuffer(0); // Read first register
  data2[1] = node.getResponseBuffer(1); // Read second register

  // Combine two 16-bit values into one 32-bit value for float32
  uint32_t combined4 = ((uint32_t) data2[0] << 16) | data2[1];

  // Convert the combined value into a float
  memcpy(&value4, &combined4, sizeof(value4)); // Convert to float
}
    
```

Gambar 5. Source code penyimpanan data frekuensi register 0x0C25 dan 0x0BED untuk daya ke data array

Data yang diperoleh dikirimkan ke perangkat Master melalui LoRA untuk dikirimkan ke database menggunakan source code berikut:

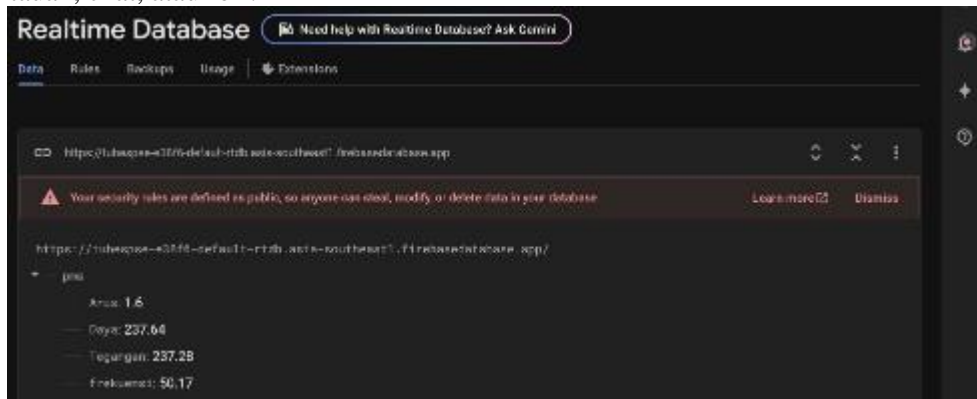
```

Serial.println(String(F("Humidity: ")) + h + F("% Temperature: ") + t + F("°C ") + f + F("°F Humid Index: ") + hic + F("°C ") + hif + F("°F"));
delay(1000);
// Send the data read from Modbus to the Master via LoRa
Message = String(value1, 2) + "," + String(value2, 2) + "," + String(value3, 2) + "," + String(value4, 2) + "," + String(h) + "," + String(t);
Serial.println("Sending data to Master via LoRa...");
sendMessage(Message, destination_Master);
delay(5000); // delay 1 second between reads
    
```

Gambar 6. Source code pengiriman data melalui LoRa

3.3 Implementasi Database

Database dibuat dengan menggunakan Platform Firebase seperti pada Gambar 7. Implementasi dimulai dengan mengintegrasikan Firebase ke dalam aplikasi melalui SDK (Software Development Kit) yang tersedia untuk berbagai platform seperti Android, iOS, dan web. Setelah mengonfigurasi proyek Firebase di konsol Firebase, pengembang dapat membuat struktur data sesuai kebutuhan. Firebase menyimpan data dalam format JSON, yang memudahkan manipulasi dan pengambilan data. Data dapat diakses secara real-time oleh banyak perangkat, sehingga sangat cocok untuk aplikasi yang memerlukan pembaruan data secara langsung, seperti aplikasi pemantauan, chat, atau IoT.



Gambar 7. Tampilan Firebase

Data yang diambil dari energi meter disimpan ke dalam beberapa variable Arus, Daya, Tegangan, frekuensi,

3.4 Implementasi Aplikasi

Aplikasi dibuat menggunakan platform Kodular sebuah situs web, yang menyediakan tools untuk membuat aplikasi android dengan konsep *drag-drop block programming*. Berikut ini merupakan tampilan lembar kerja desain aplikasi pemantau konsumsi energi listrik.



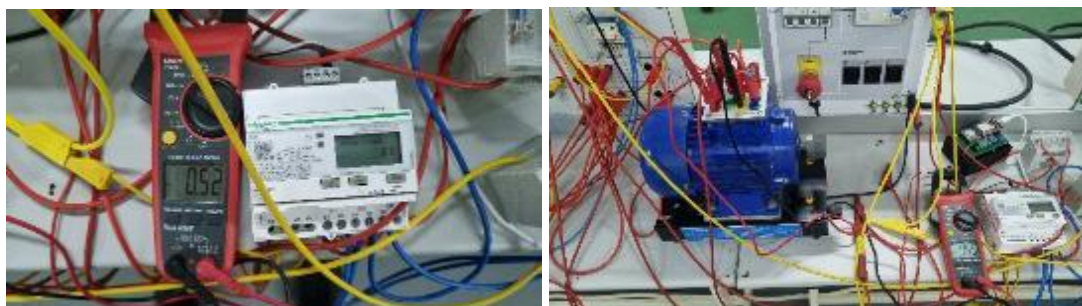
Gambar 8. Block Programming Kodular aplikasi pemantau energi berbasis IoT



Gambar 9. Hasil implementasi aplikasi pemantau energi listrik

3.5 Analisis Hasil Implementasi

Hasil implementasi berupa data hasil pengukuran tegangan, arus, daya, frekuensi pada energy meter dikirimkan ke database melalui perangkat LoRa, dan ESP32. Nilai Error merupakan perbandingan nilai dari energy meter dan dari pengukuran menggunakan multimeter. Berikut ini konfigurasi pengambilan data pada sistem pemantauan energi listrik menggunakan beban motor 3 fasa:



Gambar 10. Pengujian sistem pemantau energi listrik

Data hasil implementasi diambil dari data yang tersimpan pada database seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran dari Energi Meter

TIMESTAMP	Arus L1	Arus L2	Arus L3	Tegangan	frekuensi
07/01/2025 13:27:56	0,60	0,41	0,50	236,92	50,15
07/01/2025 13:28:57	0,60	0,41	0,50	236,69	50,21
07/01/2025 13:29:56	0,60	0,41	0,50	236,49	50,13
07/01/2025 13:30:56	0,60	0,41	0,50	236,58	50,18
07/01/2025 13:31:56	0,60	0,41	0,50	236,48	50,14
07/01/2025 13:32:56	0,60	0,41	0,50	236,41	50,15
07/01/2025 13:33:56	0,60	0,41	0,50	236,27	50,16
07/01/2025 13:34:58	0,60	0,41	0,50	236,02	50,19
07/01/2025 13:35:56	0,60	0,41	0,50	236,18	50,23
07/01/2025 13:36:57	0,60	0,41	0,50	236,10	50,20
07/01/2025 13:37:56	0,60	0,41	0,50	236,13	50,17
07/01/2025 13:38:56	0,60	0,41	0,50	236,16	50,25
07/01/2025 13:39:56	0,60	0,41	0,50	236,11	50,14
07/01/2025 13:40:56	0,60	0,41	0,50	236,03	50,09
07/01/2025 13:41:56	0,60	0,41	0,50	235,99	50,08
07/01/2025 13:42:57	0,60	0,41	0,50	235,99	50,08
07/01/2025 13:43:57	0,60	0,41	0,50	235,81	50,05
07/01/2025 13:44:58	0,60	0,41	0,50	235,90	50,04
07/01/2025 13:45:58	0,60	0,41	0,50	235,79	50,06
07/01/2025 13:46:55	0,60	0,41	0,50	235,73	50,09
07/01/2025 13:47:55	0,60	0,41	0,50	236,08	50,08
07/01/2025 13:48:56	0,60	0,41	0,50	236,22	50,08
07/01/2025 13:49:56	0,60	0,41	0,50	236,21	50,08
07/01/2025 13:50:56	0,60	0,41	0,50	236,14	50,08
07/01/2025 13:51:57	0,60	0,41	0,50	236,23	50,06

Berdasarkan data arus sistem pemantau energi listrik, rata-rata arus yang mengalir pada setiap fasa sebesar 0,503A, sedangkan berdasarkan pengukuran rata-rata arus tiga fasa menggunakan multimeter diperoleh nilai sebesar 0,553A. Nilai *error* dihitung menggunakan persamaan (3) sehingga diperoleh nilai *error* sebesar 3,84%.

Hasil *error* disebabkan nilai yang diambil dari register energi meter iEM3255 merupakan nilai pembulatan dua angka di belakang koma. Sehingga diperlukan penambahan nilai akurasi untuk memperkecil *error* pembacaan. Selain itu untuk sensor yang digunakan memiliki nilai range efektif 10-50A, hal ini memengaruhi tingkat keakuratan hasil pengukuran apabila membaca nilai

di bawah 1A. Pada percobaan ini, nilai arus yang terukur berada pada range maksimal 0,6A sehingga akurasi sensor semakin berkurang.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Perangkat energy meter iEM3255 dapat diintegrasikan pada sistem pemantau energi listrik berbasis IoT dengan menggunakan komunikasi ModBus. Sistem terdiri dari dua subsistem yang bertindak sebagai Master, dan sebagai Slave. Data yang diambil dari energi meter berupa nilai yang tersimpan pada register-register yang diperoleh dari dataasheet. Nilai tersebut dibaca oleh ESP32 dan dikirimkan ke database dan ditampilkan pada aplikasi *smartphone*. Berdasarkan hasil implementasi dan perbandingan dengan pengukuran menggunakan multimeter, diperoleh hasil eror pengukuran sebesar 3,84%. Nilai error yang tinggi dipengaruhi rating sensor arus yang digunakan yaitu 10-50A. Sebagai saran perbaikan, dapat memilih nilai rating sensor arus pada range 5-10A untuk meningkatkan akurasi pembacaan sensor.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. A. Android *et al.*, “Rancang Bangun Alat Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT Menggunakan Firebase.”
- [2] “PT PLN (PERSERO).” [Online]. Available: www.pln.co.id
- [3] F. Fadlu Rahman, R. Susanto, and F. Suryani, “JUPITER (Jurnal Pendidikan Teknik Elektro) Implementasi Smart Energy Meter dan Controlling Alat Listrik Pada Rumah Pintar Berbasis IoT”.
- [4] E. Wanimbo and M. Amiruddin, *PERHITUNGAN NILAI INTENSITAS KONSUMSI ENERGI (IKE) RUANGAN BPTIK UNIVERSITAS PGRI SEMARANG*, vol. 4. 2019.
- [5] A. E. Karuniawan, “SISTEM MONITORING KONSUMSI ENERGI LISTRIK KWH METER SECARA REAL TIME PADA RUMAH TANGGA BERBASIS IOT,” *Jurnal ELKON*, vol. 4, no. 1, pp. 2809–140, 2024.
- [6] Z. Ahyadi, E. Prasetyo, and I. Noor, “SISTEM IOT UNTUK MONITORING PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK DENGAN PROTOKOL MQTT,” *Print) Jurnal POROS TEKNIK*, vol. 13, no. 1, pp. 52–58, 2021.
- [7] F. Wibowo, S. Bibi, J. Elektro, and P. Negeri Pontianak, “ELIT JOURNAL Electrotechnics And Information Technology Desain dan Implementasi Smart Energy Monitoring Berbasis IoT Laboratorium Teknik Informatika POLNEP,” vol. 4, no. 2, 2023.
- [8] I. Surya *et al.*, “Sistem monitoring beban listrik dan perbaikan faktor daya menggunakan PZEM004T dan dashboard Adafruit berbasis IoT,” *JITEL (Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Elektronika, dan Listrik Tenaga)*, vol. 3, no. 3, pp. 235–246, Sep. 2023, doi: 10.35313/jitel.v3.i3.2023.235-246.
- [9] R. Hendra Prasetyo and S. Hidayatulloh, “Rancang Bangun Alat Monitoring Daya Listrik Berbasis Internet of Things Menggunakan Aplikasi BLYNK,” vol. 3, no. 2, 2022.
- [10] A. Adriansyah and R. Priatmadja, “RANCANG BANGUN PROTOCOL MODBUS PADA KWH METER ELEKTRONIK TIPE ION 8600 UNTUK MEMONITOR BESARAN ENERGI LISTRIK TRAF0 DENGAN MENGGUNAKAN APLIKASI CITECT SCADA”.
- [11] I. D. Christanto, R. Diharja, M. Mardiono, P. D. Widayaka, and A. H. Yuwono, “Mirroring Display KWH Meter untuk Memantau Penggunaan Daya Listrik Menggunakan Mikrokontroler ESP32-CAM,” *Jurnal Bumigora Information Technology (BITE)*, vol. 3, no. 2, pp. 161–174, Jan. 2022, doi: 10.30812/bite.v3i2.1613.
- [12] M. Khosyi’in, A. A. Nugroho, and A. Yulistiyanto, “Three-Phase Power Data Logger Using IEM 3255 Schneider Module Based On Internet Of Things (IOT),” *Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta*, vol. 5, Nov. 2019, doi: 10.28989/senatik.v5i0.359.
- [13] B. Wismoyo Aji and H. Nurwasito, “Implementasi Sistem Monitoring Sungai berbasis LoRa-MQTT Gateway,” 2023. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>

- [14] F. Rozie, P. Teknologi Listrik Politeknik Negeri Ketapang Ketapang, Y. Chandra Prodi Teknologi Listrik Politeknik Negeri Ketapang Ketapang, and I. Suwanda Prodi Teknologi Listrik Politeknik Negeri Ketapang Ketapang, “Monitoring Konsumsi Energi LPJU Panel Surya Berbasis LoRa dengan Fuzy Inference System Energy Consumption Monitoring of Solar-Powered Street Lighting Using LoRa and Fuzzy Inference System”.
- [15] Sujono Sujono, Moh. Anshori Aris Widya, and Zakiah Nur Cahya Putri, “Implementasi Teknologi LoRa untuk Monitoring Real-Time Lampu PJU Berbasis Solar Panel,” *Modem: Jurnal Informatika dan Sains Teknologi.*, vol. 2, no. 3, pp. 174–183, Jul. 2024, doi: 10.62951/modem.v2i3.166.
- [16] S. Anwar, “Jurnal Restikom : Riset Teknik Informatika dan Komputer Pemanfaatan Internet of Thing (IoT) Dalam Pengendalian Lampu Dan Kipas Berbasis Android,” vol. 2, no. 1, pp. 17–31, 2020, [Online]. Available: <https://restikom.nusaputra.ac.id>
- [17] I. Agustine Cahyaningtyas and A. Stefanie, “IMPLEMENTASI ESP32 CAM DAN KODULAR BERBASIS ANDROID UNTUK MONITORING SMART GARDEN,” 2023.