

PEMANTAU LISTRIK PADA INDUSTRI BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)

Yogi Saputra¹⁾, Moch. Yunus¹⁾, Evyta Wismiana¹⁾

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik – Universitas Pakuan¹⁾

E-Mail :Yogi7312@Gmail.Com

ABSTRAK

Tingginya konsumsi listrik di lingkungan industri mendorong kebutuhan akan sistem pemantauan yang akurat, efisien, dan mudah diakses untuk mendukung efisiensi energi serta pengendalian biaya operasional. Pemantauan daya secara terus-menerus menjadi bagian penting dalam strategi pengelolaan energi, terutama untuk peralatan dengan beban tinggi seperti mesin *chiller*. Penelitian ini bertujuan merancang sistem pemantauan konsumsi daya listrik berbasis *Internet of Things* (IoT), yang ditujukan khusus untuk memonitor beban listrik tiga fasa pada mesin chiller berdaya 20 kW. Sistem ini dikembangkan agar dapat menyajikan informasi secara *real-time*, bersifat fleksibel, dan dapat diakses dari lokasi manapun. Komponen utama dalam sistem ini adalah Digital Power Meter (DPM), yang berfungsi mengukur parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, dan daya aktif. DPM terhubung dengan *mikrokontroler* ESP32 melalui protokol komunikasi RS-485, yang dikenal stabil untuk penggunaan di lingkungan industri. Untuk mendeteksi arus pada masing-masing fasa, digunakan *Current Transformer* (CT), sedangkan modul *stepdown* XL-4015 digunakan untuk menyesuaikan tegangan ke tingkat yang sesuai dengan ESP32. Pemrograman sistem dilakukan melalui Arduino IDE, yang memungkinkan proses konfigurasi dan kalibrasi secara fleksibel. Sebagai antarmuka pengguna, digunakan aplikasi *Blynk* yang memungkinkan pemantauan konsumsi daya secara langsung melalui *smartphone*, sehingga memudahkan pengambilan keputusan terkait efisiensi operasional. Berdasarkan hasil pengujian secara langsung dengan alat yang dibuat di PT Surya Marga Luhur dengan beban *chiller* 20 kW. Hasil pengukuran menunjukkan nilai rata-rata daya aktif tercatat sebesar 22,3 kW untuk fasa (RS), 21,4 kW untuk fasa (ST), dan 20,0 kW untuk fasa (TR). Adapun hasil perhitungan menunjukkan daya aktif sebesar 24,2 kW (RS), 23,2 kW (ST), dan 21,7 kW (TR). Data tersebut mencerminkan besarnya daya nyata yang digunakan oleh sistem secara akurat dan konsisten. Selisih antara hasil pengukuran dan perhitungan menunjukkan tingkat kesalahan sekitar 3%, yang masih berada dalam batas toleransi standar.

Kata kunci : Pemantau listrik, ESP32, IOT, *Blynk*, Industri.

ABSTRACT

The high electricity consumption in industrial environments drives the need for accurate, efficient, and easily accessible monitoring systems to support energy efficiency and control operational costs. Continuous power monitoring has become an essential part of energy management strategies, especially for high-load equipment such as chiller machines. This research aims to design an Internet of Things (IoT)-based electrical power consumption monitoring system, specifically intended to monitor the three-phase electrical load on a 20 kW chiller machine. The system is developed to provide real-time, flexible information that can be accessed from anywhere. The main component of this system is the Digital Power Meter (DPM), which measures electrical parameters such as voltage, current, and active power. The DPM is connected to the ESP32 microcontroller via the RS-485 communication protocol, which is known for its stability in industrial environments. To measure the current in each phase, Current Transformers (CTs) are used, while an XL-4015 step-down module is utilized to adjust the voltage to a level suitable for the ESP32. The system is programmed using the Arduino IDE, enabling flexible configuration and calibration processes. For the user interface, the Blynk application is used, allowing real-time power consumption monitoring via smartphone, thereby facilitating decision-making related to operational efficiency. Based on direct testing of the device at PT Surya Marga Luhur with a 20 kW chiller load, the measurement results showed that the average active power was recorded at 22.3 kW for phase (RS), 21.4 kW for phase (ST), and 20.0 kW for phase (TR). Meanwhile, the calculated results showed active power of 24.2 kW (RS), 23.2 kW (ST), and 21.7 kW (TR). These data accurately and consistently represent the real power consumed by the system. The difference between the measured and calculated results indicates an error rate of approximately

3%, which is still within the standard tolerance range.

Keywords: Power Monitoring, ESP32, IoT, Blynk, Industry

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Listrik merupakan sumber energi yang sangat bermanfaat bagi kehidupan masyarakat modern, karena dapat dengan mudah dikonversi ke berbagai bentuk energi lainnya sesuai kebutuhan. Pengambilan data dilakukan melalui sistem *monitoring* konsumsi listrik berbasis power meter digital, yang memungkinkan pencatatan data penggunaan listrik secara *real-time*. Sistem ini memanfaatkan power meter digital untuk memantau dan merekam konsumsi listrik di lingkungan industri [9]. Dalam bidang ketenagalistrikan, dikenal adanya panel yang digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran parameter listrik, yang disebut Digital Panel Meter (DPM). Alat ini berfungsi untuk mengukur berbagai besaran kelistrikan seperti arus, tegangan, daya, frekuensi, dan lain-lain. Selain sebagai alat ukur, DPM juga berperan dalam sistem pemantauan *Automatic Meter Reading* (AMR), yang digunakan untuk pencatatan konsumsi energi listrik serta pemantauan kualitas pasokan daya. Pada sistem kelistrikan tegangan menengah, perangkat ini biasanya terintegrasi dengan sistem lainnya untuk mendukung pengelolaan energi secara menyeluruh [24]. Pada penggunaan listrik seperti gedung dan industri memerlukan sistem kelistrikan 3 fasa karena di industri memerlukan beban besar seperti motor listrik 3 fasa. Aktivitas manual dalam mencatat atau memantau data penggunaan listrik kurang praktis, sehingga penggunaan perangkat *Internet Of Things* (IoT) dapat menjadi solusi [23]. Dalam sistem kelistrikan, terdapat beberapa parameter utama yang perlu diperhatikan, yaitu tegangan, arus, dan daya listrik. Tegangan, yang diukur dalam satuan Volt, merupakan besarnya perbedaan potensial listrik yang menyebabkan arus mengalir dalam suatu rangkaian. Sementara itu, arus listrik, yang dinyatakan dalam satuan Ampere, menggambarkan kecepatan aliran muatan listrik yang melewati suatu konduktor [6]. Untuk mengumpulkan data, IoT tidak hanya sekedar mengumpulkan data yang dihasilkan dari sensor, namun juga menganalisisnya. Infrastruktur IoT harus bersifat *open source*, tanpa kepemilikan, artinya siapa pun dapat mengembangkan, menerapkan, dan menggunakan [11]. Pengukuran daya listrik dengan menggunakan power meter analog

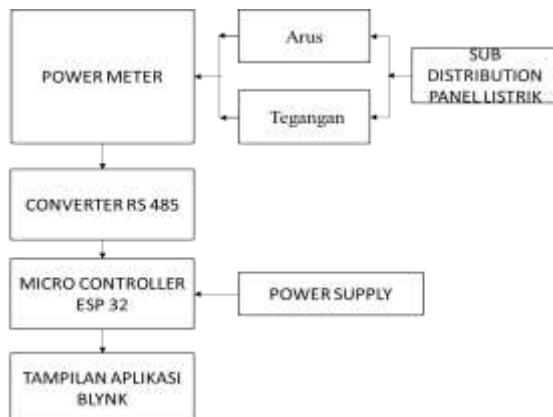
memang mampu memberikan hasil yang cukup akurat. Namun, sistem ini masih memiliki sejumlah keterbatasan. Salah satu kelemahannya adalah ketidakmampuannya dalam memantau penggunaan energi listrik secara harian, karena hanya menampilkan jumlah daya yang telah digunakan tanpa adanya fungsi pengawasan berkelanjutan. Oleh karena itu, dikembangkan sebuah perangkat pemantau listrik berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk kebutuhan industri, yang memanfaatkan power meter digital sebagai alat pemantau konsumsi listrik dan dikendalikan oleh *mikrokontroler* yang terhubung ke *server* melalui jaringan [29]. Beberapa penelitian sebelumnya yang memiliki keterkaitan dengan penelitian ini mengangkat topik mengenai perangkat pemantau konsumsi energi listrik berbasis *internet* dengan memanfaatkan platform web sebagai media pemantauannya [22]. Oleh karena itu, dirancang sebuah perangkat yang dirasa sangat tepat untuk menjawab permasalahan yang telah dijelaskan sebelumnya. Perangkat sistem Pemantauan Listrik Industri berbasis *Internet of Things* (IoT). Tujuan utama dari perancangan alat ini menghadirkan solusi inovatif untuk pemantauan listrik secara *real-time*, yang sekaligus dapat menghemat waktu dalam proses pencatatan data konsumsi daya listrik. Sistem ini memungkinkan pemantauan penggunaan listrik dari jarak jauh melalui perangkat pintar seperti *smartphone* atau komputer, sehingga pengguna tidak perlu berada langsung di lokasi panel listrik. Dengan adanya sistem ini, diharapkan permasalahan terkait pencatatan data kelistrikan dapat ditangani secara lebih efektif. Selain itu, penerapan teknologi ini juga diharapkan mampu memberikan nilai tambah bagi sektor industri secara keseluruhan.

II. METODE PENELITIAN

2.1. Blok Diagram Sistem Keseluruhan Alat

Pada gambar 1 blok diagram di bawah ini menggambarkan sistem perancangan sistem *monitoring* energi listrik berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu mengukur dan menampilkan data konsumsi energi secara real-time, termasuk parameter Real Power (W), Tegangan (V), dan Arus (A). Sistem ini dirancang untuk mengantikan metode pengukuran manual yang kurang efisien dan tidak memungkinkan pemantauan secara terus-

menerus. Pengukuran dilakukan menggunakan digital power meter untuk mendeteksi tegangan dan arus dari sumber listrik PLN, serta modul RS-485 yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32 untuk mengolah dan mengirim data ke server melalui jaringan Wi-Fi. Data hasil pengukuran ditampilkan pada aplikasi Blynk, yang memungkinkan pengguna memantau konsumsi energi listrik secara langsung melalui perangkat seluler. Pengujian sistem menunjukkan tingkat akurasi pengukuran di atas 90% dibandingkan dengan alat ukur konvensional. Sistem terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak yang saling terintegrasi dan dirancang untuk mempermudah proses pemantauan energi secara efisien dan fleksibel di lingkungan industri.



Gambar 1. Blok Diagram Perancangan Alat

Perangkat ini dirancang untuk menggantikan sistem pengukuran energi listrik secara manual dan konvensional. Berdasarkan hal di atas maka dibuatlah perancangan suatu alat untuk memonitoring daya listrik berbasis IoT. Data-data tersebut dikirimkan ke NodeMCU (Wi-Fi) dengan sistem komunikasi Software. Dari NodeMCU dikirimkan memakai jaringan Wi-Fi yang sama antara power meter IoT serta pc server. Komunikasi pada sistem ini digunakan buat mengirim serta menerima data tegangan dan arus listrik tiap variabel.

2.2. Diagram Alir Secara Keseluruhan

menampilkan langkah-langkah dan keputusan untuk melakukan sebuah proses dari suatu program. Setiap langkah digambarkan dalam bentuk diagram dan dihubungkan dengan garis atau arah panah. diagram alir cara kerja alat ditunjukkan pada gambar 2.2 berikut :



Gambar 2. Flowchart Diagram Alir Perancangan

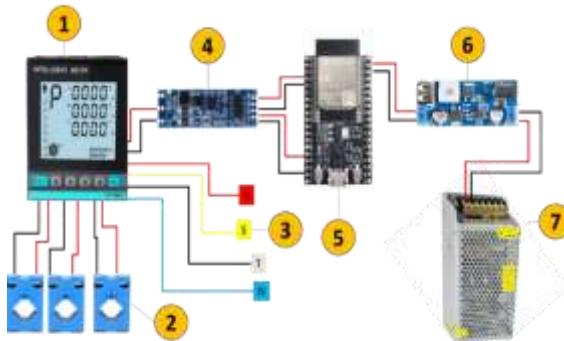
Sistem ini dirancang menggunakan suplai daya dari panel listrik 220VAC yang diturunkan menjadi 5VDC untuk mengoperasikan ESP32 dan modul RS-485. ESP32 berperan sebagai pengendali utama dan penghubung ke jaringan Wi-Fi, memungkinkan pengiriman data secara wireless ke aplikasi Blynk. Input sistem berasal dari sensor arus (CT) dan tegangan melalui power meter. Nilai arus dan tegangan diproses secara otomatis dan ditampilkan melalui display power meter serta aplikasi smartphone untuk pemantauan real-time.

2.3. Cara Kerja Alat Sistem Pemantau Listrik Pada Industri Berbasis *Internet Of Things* (IoT)

Alat ini bekerja dengan menggunakan sumber daya utama dari panel listrik 220VAC. Tegangan tersebut digunakan untuk mengaktifkan power meter dan diubah melalui power supply menjadi 12VDC, kemudian diturunkan lagi menjadi 5VDC melalui modul step-down untuk menyalaikan modul RS-485 dan mikrokontroler ESP32. ESP32 berfungsi sebagai pengendali utama sistem sekaligus penghubung ke jaringan Wi-Fi, memungkinkan pengiriman data secara nirkabel. ESP32 menerima input dari sensor arus (Current Transformer/CT) dan input tegangan dari power meter. Ketika beban listrik terdeteksi oleh CT, power meter akan memproses nilai tegangan dan arus sesuai dengan program yang telah ditanamkan. Data hasil pengukuran ditampilkan secara lokal melalui layar power meter, serta dikirimkan secara wireless ke aplikasi Blynk pada smartphone atau komputer, sehingga pengguna dapat memantau konsumsi daya listrik secara real-time dari mana saja.

2.4. Desain Perancangan Keseluruhan Alat

Pada perancangan desain alat pemantauan listrik pada industri, pada proses perancangan konstruksi ini dimulai dengan mengatur kerangka alat, menentukan lokasi komponen, memilih peralatan dan bahan yang akan digunakan sehingga alat yang direncanakan dapat beroperasi secara optimal. Gambar 3 menampilkan hasil desain perancangan alat yang dirancang.



Gambar 3 Perancangan Keseluruhan Alat

III. PENGUJIAN DAN ANALISA

3.1. Uji Fungsi Alat Pemantau Listrik Berbasis IoT Menggunakan Beban Kipas Angin

Pengujian alat monitoring listrik berbasis *Internet of Things* (IoT), dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem secara menyeluruh dalam membaca, memproses, dan menampilkan data parameter kelistrikan secara *real-time*. Pada sistem ini, pemasangan dimulai dengan menghubungkan tiga buah *Current Transformer* (CT) ke kabel fase R, S, dan T pada jaringan listrik, kemudian ujung-ujung CT disambungkan ke input arus pada power meter digital. Selanjutnya, kabel tegangan R, S, T, dan netral juga dihubungkan ke power meter untuk membaca parameter tegangan. Dari komunikasi RS485 pada power meter, disambungkan ke modul konverter RS485, yang kemudian dihubungkan ke *mikrokontroler* ESP32 untuk komunikasi data. Catu daya diperoleh dari *power supply* yang mengubah listrik AC menjadi tegangan DC, kemudian *step-down converter* digunakan untuk menurunkan tegangan sesuai kebutuhan ESP32 dan modul lainnya. Setelah semua komponen terhubung dengan benar, kemudian *selector switch* di-on-kan untuk mensuplay semua komponen pada alat tersebut, power meter akan membaca data arus, tegangan, dan daya, kemudian mengirimkan data melalui komunikasi RS485 yang diterima ESP32 untuk diproses dan ditampilkan pada sistem *blynk*. Alat pemantau listrik berbasis IOT dapat dilihat pada

gambar 4 berikut :



Gambar 4. Alat Pemantau Listrik

3.1.1. Hasil Keselarasan Tegangan Antara Multitester, Power Meter, Dan Blynk

Pengujian dilakukan dengan menggunakan tiga alat ukur berbeda, yaitu power meter digital, multimeter digital, dan aplikasi Blynk yang menampilkan data secara real-time dari sistem. Ketiganya digunakan secara bersamaan untuk mengukur tegangan listrik pada beban berupa kipas angin.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa:

1. Power meter digital: 186,4 V
2. Multimeter digital: 186 V
3. Aplikasi Blynk: 187 V

Perbedaan nilai yang sangat kecil di antara ketiga alat tersebut menunjukkan tingkat kesesuaian yang tinggi. Variasi ini masih dalam batas toleransi normal akibat perbedaan tingkat presisi antar alat ukur. Multimeter yang digunakan secara manual juga menunjukkan konsistensi yang baik terhadap data dari power meter digital. Hal ini mengonfirmasi bahwa sistem pemantau berbasis IoT mampu merepresentasikan parameter tegangan secara akurat. Data keselarasan ditampilkan pada gambar 5 dan tabel 1 berikut :



Gambar 5. Pengujian Keselarasan Mutimeter, Power Meter Digital Dan Blynk

Tabel 1. Hasil Keselarasan Pengukuran Tegangan

Keterangan	Tegangan
Power Meter Digital	186,4 V
Multitester	186 V
Blynk	187 V

Ketiga alat ukur menunjukkan nilai tegangan yang selaras dan saling mendukung, yang berarti bahwa power meter berfungsi sebagai alat

pemantau, sedangkan multimeter berfungsi sebagai validasi lapangan. Konsistensi ini menunjukkan bahwa tegangan suplai berada di angka sekitar 186 V, sedikit di bawah standar PLN (220 V), namun masih dalam batas toleransi yang dapat diterima oleh alat rumah tangga seperti kipas angin.

3.1.2. Hasil Keselarasan Arus Anatara Multitester, Power Meter, Dan Blnyk

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan menggunakan tiga alat ukur yang berbeda, yaitu tang amper, power meter digital, dan blnyk, dapat dianalisis tingkat kesesuaian data antar alat. Pertama tang amper menunjukkan nilai arus sebesar 0,16 A, yang diperoleh dengan menjepit salah satu kabel fasa. Pengukuran ini bersifat manual dan bersifat sesaat, tergantung pada posisi penjepitan serta kondisi aliran arus saat pengukuran dilakukan. Kemudian, power meter digital mencatat nilai arus sebesar 0,2 A, yang ditampilkan secara *real-time*. Kemudian, menggunakan blnyk juga menunjukkan nilai arus sebesar 0,2 A. Hasil ini selaras dengan data dari tang amper dan power meter digital. Kesamaan hasil antara tang amper, power meter digital dan blnyk menunjukkan bahwa sistem *monitoring* berbasis IoT telah mampu merekam dan menampilkan data arus secara akurat dan *real-time*, dengan tingkat ketelitian yang setara dengan alat ukur standar industri. Sementara itu, perbedaan kecil dengan tang ampere dapat disebabkan oleh sifat alat tersebut yang hanya memberikan snapshot sesaat dan sangat bergantung pada posisi penjepitan serta *interferensi eksternal*. Data keselarasan ditampilkan pada gambar 6 dan tabel 2 berikut :



Gambar 6. Pengujian Keselarasan Tang Ampere, Power Meter Digital Dan Blnyk

Tabel 2. Hasil Keselarasan Pengukuran Arus

Keterangan	Tegangan
Power Meter Digital	0,16 A
Tang Ampere	0,2 A
Blnyk	0,2 A

Secara keseluruhan, ketiga alat ukur menunjukkan hasil yang relatif konsisten, dengan selisih nilai arus yang kecil sekitar 0,04

A. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pengukuran bekerja dengan baik untuk memantau beban listrik pada fasa yang sedang aktif.

3.1.3. Hasil keselarasan daya antara power meter digital dan blnyk

Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan menggunakan metode berbeda, yaitu multimeter, tang amper, power meter digital, dan blnyk, diperoleh hasil yang menunjukkan tingkat akurasi dan keselarasan yang bervariasi. Pertama, pengukuran tegangan dengan multimeter menunjukkan nilai tegangan 186 V, selanjutnya pengukuran arus menggunakan tang ampere menunjukkan nilai sebesar 0,16 A. Nilai ini jika dikonversikan ke daya aktif menggunakan rumus. Dapat dihitung dengan persamaan 2.3 berikut ini :

$$P = V \cdot I$$

$$P = 186 \times 0,16 = 29,27 \text{ watt}$$

Selanjutnya, pada KWH meter digital yang ditampilkan melalui layar digital. Dimana arus yang ditampilkan sebesar 0,2 A, terlihat bahwa daya aktif tercatat sebesar 30,2 watt. Hal ini menunjukkan bahwa hasil pengukuran dari tang amper dan power meter digital saling mendukung dan konsisten, meskipun terdapat sedikit perbedaan angka yang masih dalam batas toleransi pengukuran antar perangkat. Selanjutnya hasil pengukuran yang ditampilkan oleh sistem blnyk, di mana arus ditampilkan sebesar 0,2 A, daya aktif tercatat sebesar 30,2 watt. Hal ini menunjukkan bahwa hasil pengukuran antara tang amper, power meter digital, dan blnyk saling mendukung dan konsisten, meskipun terdapat sedikit perbedaan angka yang masih dalam batas toleransi pengukuran antar perangkat. Data keselarasan ditampilkan pada gambar 7 berikut :



Gambar 7. Pengujian Keselarasan Power Meter Digital Dan Blnyk

3.2. Pengujian Di Pt Surya Marga Luhur (SML) Menggunakan Beban Chiller 20 Kw

Selanjutnya Pengujian dilakukan pada tanggal 25 Oktober 2024 di lokasi PT Surya Marga Luhur (SML), sebuah perusahaan yang bergerak

di bidang jasa kontraktor dan perakitan mesin pendingin industri (chiller). Beban pengujian yaitu chiller tiga fasa dengan kapasitas 20 kW, yang mengambil suplai daya dari panel utama *Sub Distribution Panel* (SDP). Pada panel tersebut, sistem *monitoring* dipasang dengan CT ditempatkan di masing-masing kabel fasa (R, S, dan T) untuk mendeteksi besarnya arus yang mengalir. CT ini kemudian dihubungkan ke power meter digital yang juga terkoneksi dengan *mikrokontroler* ESP32 melalui protokol komunikasi serial (RS-485), yang selanjutnya bertugas mengirimkan data ke *server* aplikasi *Blynk* melalui koneksi *Wi-Fi*. Selama pengujian berlangsung, pembacaan parameter kelistrikan dilakukan langsung dari layar digital power meter (DPM), seperti terlihat pada Gambar 4.5a bagian atas. Pada tampilan pertama (Gambar kiri atas), terbaca nilai tegangan antar fasa yaitu fasa R sebesar 405 Volt, fasa S sebesar 406 Volt, dan fasa T sebesar 404 Volt. Kemudian, pada tampilan Gambar 4.5b (Gambar kanan atas), diperoleh nilai arus listrik pada masing-masing fasa yaitu fasa R sebesar 69 Ampere, fasa S sebesar 62 Ampere, dan fasa T sebesar 62 Ampere, yang menandakan terdapat sedikit ketidakseimbangan beban antar fasa. Pada tampilan Gambar 4.1c (Gambar kiri bawah), power meter menunjukkan nilai daya aktif (*active power*) sebesar 20 kW. Seluruh data tersebut tidak hanya tampil pada layar power meter, tetapi juga berhasil ditransmisikan secara *real-time* ke aplikasi *Blynk* yang ditampilkan pada Gambar 4.5d (Gambar kanan bawah). Aplikasi ini menampilkan parameter tegangan, arus, dan daya dari masing-masing fasa dalam bentuk tampilan digital dan indikator warna yang mempermudah teknisi dalam memantau performa sistem. Pembaruan data berlangsung secara periodik dengan jeda waktu sekitar 1–2 detik, menunjukkan bahwa sistem memiliki kestabilan tinggi dalam pengiriman data. Data pengujian ditampilkan pada gambar 8 berikut :



Gambar 4.5a Pengujian DPM Mengukur Tegangan Listrik



Gambar 4.5b Pengujian DPM Mengukur Arus Listrik



Gambar 4.5c Pengujian DPM Mengukur Daya Listrik



Gambar 4.5d Keselarasan DPM Dan Blynk

Gambar 8. Data Hasil Pengujian Alat

3.2.1. Pengujian Dan Analisis Data Hasil Pengukuran Tegangan

Pengujian dilakukan pada 25 Oktober 2024 untuk memantau tegangan listrik pada tiga jalur distribusi fasa (RS, ST, dan TR) dalam satuan Volt (V). Pengukuran dilakukan setiap 10 menit mulai pukul 09.00 hingga 10.30, dengan total sepuluh titik pengamatan selama 90 menit. Tujuan utama pengujian adalah mengevaluasi kestabilan tegangan antar fasa, yang sangat penting dalam sistem kelistrikan tiga fasa karena ketidakseimbangan atau fluktuasi tegangan dapat menurunkan efisiensi, menyebabkan overheating, atau merusak peralatan industri. Pemantauan berkala ini membantu mendeteksi fluktuasi atau ketidakseimbangan akibat perubahan beban atau gangguan sistem. Data yang diperoleh digunakan untuk menilai apakah tegangan tiap fasa berada dalam batas standar atau perlu penyesuaian teknis.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa fasa RS stabil di 405 Volt, dengan satu kali kenaikan kecil menjadi 406 Volt pada pukul 09.20, yang masih dalam batas normal. Fasa ST tercatat paling stabil di angka 406 Volt tanpa fluktuasi selama pengamatan. Fasa TR rata-rata menunjukkan 404 Volt, dengan penurunan menjadi 403 Volt pada pukul 09.50, yang masih dalam batas toleransi sistem. Secara keseluruhan, fluktuasi tegangan pada ketiga fasa sangat kecil, hanya ± 1 Volt, menandakan sistem distribusi dalam kondisi stabil dan seimbang, tanpa indikasi beban tidak seimbang. Kestabilan ini penting untuk menjaga performa dan umur peralatan listrik. Data pengukuran ditampilkan pada gambar 9 dan tabel 3 berikut :



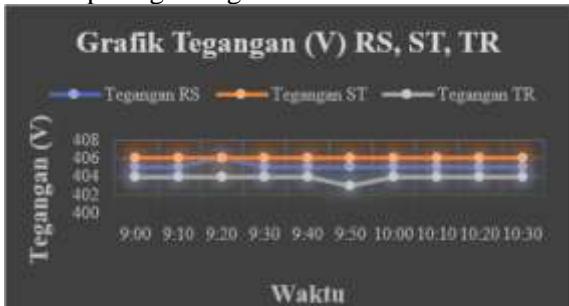
Gambar 9. Hasil Pengukuran Tegangan

Tabel 3. Hasil Pengukuran Tegangan

Waktu Pengukuran	Tegangan (V)		
	RS	ST	TR
09.00	405	406	404
09.10	405	406	404
09.20	406	406	404
09.30	405	406	404
09.40	405	406	404
09.50	405	406	403
10.00	405	406	404
10.10	405	406	404
10.20	405	406	404
10.30	405	406	404

Hasil perbandingan tegangan pada tabel 3 dapat

dilihat pada grafik gambar 10 berikut :



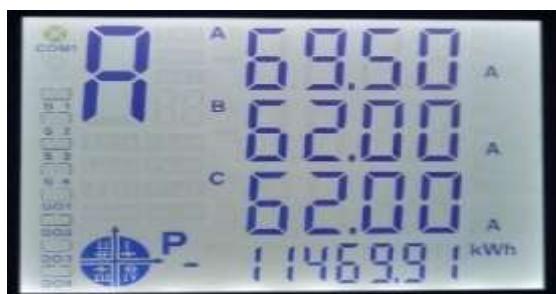
Gambar 10. Grafik Tegangan Rs,St,Tr

Secara keseluruhan, tegangan listrik di ketiga jalur tergolong stabil dan tidak mengalami perubahan besar yang membahayakan sistem.

3.2.2. Pengujian Dan Analisis Data Hasil Pengukuran Arus

Pengujian arus listrik dilakukan untuk mengetahui besarnya arus (dalam Ampere) yang mengalir pada tiga jalur distribusi fasa RS, ST, dan TR dalam sistem tiga fasa. Pengukuran dilakukan setiap 10 menit mulai pukul 09.00 hingga 10.30.

Fasa RS menunjukkan kestabilan penuh dengan arus konstan 69 A di semua titik waktu, menandakan beban tetap dan seimbang. Fasa ST mengalami sedikit variasi, yakni 62 A pada pukul 09.00 dan 09.30, lalu meningkat dan stabil di kisaran 66–67 A mulai pukul 09.40. Variasi ini tergolong wajar dan mencerminkan penyesuaian beban awal. Fasa TR tercatat stabil di 62 A, kecuali satu kali naik menjadi 63 A pada pukul 09.50, yang kemungkinan akibat fluktuasi beban sesaat. Secara umum, ketiga fasa menunjukkan arus stabil dan seimbang, dengan fluktuasi kecil yang tidak memengaruhi kualitas distribusi daya. RS menjadi fasa paling stabil di 69 A, diikuti TR di 62 A, dan ST yang mencapai kestabilan setelah pukul 09.40. Distribusi ini mencerminkan sistem kelistrikan yang sehat, dengan pembebanan merata dan minim ketidakseimbangan antar fasa. Data lengkap pengukuran ditampilkan pada gambar 11 dan tabel 4 berikut :

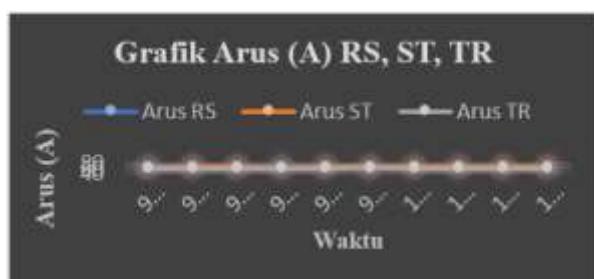


Gambar 11. Hasil Pengukuran Arus

Tabel 3. Hasil Pengukuran Arus

Waktu Pengukuran	Arus (A)		
	RS	ST	TR
09.00	69	62	62
09.10	69	66	62
09.20	69	66	62
09.30	69	62	62
09.40	69	67	62
09.50	69	67	63
10.00	69	67	62
10.10	69	67	62
10.20	69	67	62
10.30	69	67	62

Hasil perbandingan arus pada tabel 4 dapat dilihat pada grafik gambar 11 sebagai berikut :



Gambar 11. Grafik Arus Rs,St,Tr

Stabilitas arus yang ditunjukkan pada tabel 4 mengindikasikan bahwa sistem mampu menyediakan daya secara efisien dan aman, serta tidak terdapat tanda-tanda kelebihan beban atau ketidakseimbangan yang dapat membahayakan peralatan atau instalasi listrik. Secara keseluruhan, ketiga jalur distribusi listrik menunjukkan arus yang relatif stabil, dengan variasi kecil yang masih berada dalam batas toleransi sistem. Fluktuasi ringan yang terjadi kemungkinan besar disebabkan oleh perubahan beban dinamis dari peralatan yang terhubung dalam sistem, yang merupakan hal wajar dalam sistem kelistrikan industri.

3.2.3. Pengujian Dan Analisis Data Hasil Pengukuran Daya

Pengujian daya listrik dilakukan untuk mengetahui besarnya daya dalam satuan kilowatt (kW) pada sistem tiga fasa. Pemantauan dilakukan setiap 10 menit dari pukul 09.00 hingga 10.30.

Fasa RS menunjukkan kestabilan tinggi dengan daya aktif konstan sebesar 22,3 kW, hanya naik sedikit menjadi 22,4 kW pada pukul 09.20, menandakan beban yang stabil. Pada fasa ST, terjadi sedikit fluktuasi: dimulai dari 20,1 kW, naik ke 21,4 kW (pukul 09.10–09.20), turun ke

21,1 kW, lalu stabil di 21,7 kW mulai pukul 09.40. Ini menunjukkan penyesuaian beban awal sebelum mencapai kestabilan. Fasa TR juga stabil dengan daya berkisar antara 20 hingga 20,3 kW, dengan satu kali peningkatan kecil pada pukul 09.50, kemungkinan akibat penambahan beban sementara. Secara keseluruhan, daya aktif pada ketiga fasa cukup stabil dan mencerminkan distribusi beban yang baik. Data lengkap dapat dilihat pada gambar 12 dan tabel 5 berikut :

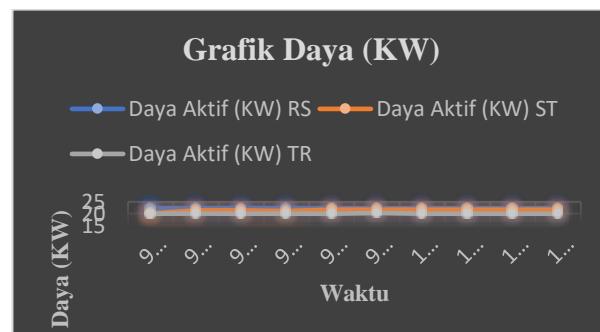


Gambar 12. Hasil Pengukuran Daya

Tabel 4 Hasil Pengukuran Daya

Waktu Pengukuran	Daya Aktif (KW)		
	RS	ST	TR
09.00	22,3	20,1	20
09.10	22,3	21,4	20,1
09.20	22,4	21,4	20
09.30	22,3	21,1	20
09.40	22,3	21,7	20
09.50	22,3	21,7	20,3
10.00	22,3	21,7	20
10.10	22,3	21,7	20
10.20	22,3	21,7	20
10.30	22,3	21,7	20

Hasil perbandingan daya listrik pada tabel 5 dapat dilihat pada grafik gambar 13 sebagai berikut :



Gambar 13. Grafik Daya Rs,St,Tr

Secara keseluruhan, ketiga jalur distribusi menunjukkan kestabilan daya aktif dengan fluktuasi yang tergolong ringan dan wajar, disebabkan oleh perubahan beban pemakaian

listrik yang bersifat dinamis. Tidak terdapat lonjakan daya yang ekstrem, sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem distribusi listrik bekerja dengan efisien, aman, dan tidak mengalami beban lebih (*overload*) selama periode pengamatan.

3.2.4. Pengujian Keselarasan Display Power Meter Digital Dan Blynk

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui keselarasan data pengujian pada power meter digital yang ditampilkan pada alat pemantauan Listrik dan pada aplikasi *blynk*. Data dari hasil pengujian keselarasan power meter digital dan *blynk* dapat dilihat pada gambar 14 di bawah ini:



Gambar 14. Keselarasan Data Pengujian Power Meter Digital Dan Blynk

Hasil pengujian pada gambar 14 bisa dibandingkan antara power meter digital dan *blynk*, berdasarkan hasil data tersebut alat ini dapat berfungsi dengan baik, sehingga bisa memberikan informasi mengenai pemantauan penggunaan listrik seperti nilai tegangan listrik (V), arus listrik (A) dan daya listrik (KW) secara *real-time*. Berdasarkan hasil perbandingan antara display power meter listrik dan tampilan *dashboard Blynk*, diperoleh hasil tegangan antar fasa yang sangat selaras. Nilai pada meteran menunjukkan tegangan (RS) sebesar 405,3 V, (ST) sebesar 406,1 V, dan (TR) sebesar 404,0 V. Sementara itu, nilai pada *dashboard Blynk* menunjukkan 407 V untuk RS, 407 V untuk ST, dan 405 V untuk TR. Selisih antar kedua sumber data hanya berkisar 1–2 Volt, masih dalam batas toleransi standar sistem tiga fasa, yang menandakan bahwa sistem monitoring melalui *Blynk* berfungsi dengan baik dan akurat secara *real-time*. Selain itu, data konsumsi energi pada meteran tercatat sebesar 11.469,12 kWh, yang menunjukkan total energi listrik yang telah digunakan selama pengukuran berlangsung. Nilai ini dapat digunakan sebagai dasar perhitungan biaya listrik dan analisis efisiensi beban secara menyeluruh.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa alat pemantau listrik pada industri berbasis Internet

Of Things (IOT), maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ketiga alat ukur power meter digital, multimeter, dan Blynk memberikan nilai tegangan yang sangat berdekatan, dengan perbedaan yang masih dalam batas wajar akibat perbedaan tingkat presisi masing-masing alat.
2. Pengujian menggunakan tang ampere, power meter digital, dan Blynk menunjukkan hasil pengukuran arus yang konsisten, dengan selisih kecil sekitar 0,04 A. Kesamaan antara power meter dan Blynk membuktikan bahwa sistem IoT mampu memantau arus secara real-time dengan akurasi tinggi. Perbedaan kecil pada tang ampere wajar terjadi karena pengukurannya sesaat dan dipengaruhi posisi penjepitan.
3. Pengukuran menggunakan multimeter, tang ampere, power meter digital, dan Blynk menunjukkan hasil yang konsisten dengan selisih kecil dalam batas toleransi. Perhitungan daya aktif secara manual (29,27 watt) sejalan dengan hasil power meter digital dan Blynk (30,2 watt), membuktikan bahwa sistem IoT mampu memantau daya aktif secara akurat dan real-time.
4. Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring listrik berbasis Internet of Things (IoT) yang terdiri dari CT, power meter digital, ESP32, dan aplikasi Blynk, telah berfungsi dengan baik dalam membaca, memproses, dan menampilkan parameter kelistrikan secara real-time. Sistem mampu mendeteksi tegangan antar fasa sebesar 404–406 Volt, arus fasa 62–69 Ampere, serta daya aktif sebesar 20 kW pada beban chiller tiga fasa yang diuji di PT Surya Marga Luhur. Data hasil pengukuran berhasil dikirim secara stabil melalui koneksi Wi-Fi dan ditampilkan di aplikasi Blynk dalam format digital yang mudah dibaca.
5. Ketiga jalur tegangan RS, ST, dan TR menunjukkan kondisi yang relatif stabil dengan fluktuasi kecil yang masih berada dalam batas normal. Jalur RS dan ST mempertahankan tegangan di kisaran 389–392 Volt, sementara jalur TR mengalami sedikit penurunan setelah pukul 09.40, kemungkinan akibat perubahan beban atau fluktuasi sistem, namun tidak menunjukkan indikasi gangguan signifikan.
6. Ketiga jalur arus RS, ST, dan TR menunjukkan kinerja yang stabil dengan fluktuasi ringan yang masih dalam batas normal. Jalur RS mengalami kenaikan arus bertahap dari 59 A hingga 62 A,
7. Mengindikasikan adanya peningkatan beban ringan. Jalur ST mengalami fluktuasi kecil dalam rentang 62–64 A tanpa indikasi gangguan. Sementara itu, jalur TR menunjukkan performa paling stabil dengan arus konsisten di kisaran 60–63 A, mencerminkan efisiensi dan kestabilan sistem distribusi daya.
8. Jalur ST mencatat daya aktif listrik tertinggi dibandingkan jalur lainnya, menunjukkan bahwa beban terbesar dialirkan melalui jalur ini, kemungkinan karena digunakan untuk peralatan berdaya tinggi. Sementara itu, jalur TR menunjukkan peningkatan daya yang stabil dan bertahap tanpa fluktuasi signifikan, menandakan kinerja yang efisien dan kondisi sistem yang normal.
9. Pengujian perangkat pada beban 3 fasa chiller 20 KW menunjukkan bahwa perangkat mampu memantau parameter kelistrikan dengan akurat dan stabil. Tegangan pada fasa RS, ST, dan TR cenderung stabil, sedangkan nilai rata-rata daya aktif hasil pengukuran tercatat sebesar 22,3 kW untuk fasa RS, 21,4 kW untuk fasa ST, dan 20,0 kW untuk fasa TR. Adapun hasil perhitungan menunjukkan daya aktif sebesar 24,2 kW untuk fasa RS, 23,2 kW untuk fasa ST, dan 21,7 kW untuk fasa TR. Selisih yang relatif kecil antara hasil pengukuran dan perhitungan menunjukkan bahwa perangkat memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dalam memantau daya aktif, meskipun perangkat ini hanya berfungsi sebagai alat pemantau dan tidak memiliki kemampuan untuk mengendalikan beban listrik.
10. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perangkat pemantauan listrik berbasis power meter digital dan aplikasi Blynk bekerja dengan akurat dan real-time. Perbedaan tegangan antar fasa antara kedua tampilan hanya 1–2 Volt, masih dalam batas toleransi, sehingga menunjukkan keselarasan data yang baik. Tegangan tercatat sebesar 405,3 V RS, 406,1 V (ST), dan 404,0 V (TR) pada meteran, serta 407 V (RS), 407 V (ST), dan 405 V (TR) pada Blynk. Selain itu, total konsumsi energi yang tercatat sebesar 11.469,12 kWh dapat digunakan untuk analisis biaya dan efisiensi beban, membuktikan bahwa sistem ini baik sebagai alat pemantauan listrik.

4.2. Saran

1. Peningkatan akurasi kalibrasi sensor disarankan untuk melakukan kalibrasi sensor PZEM-004T secara berkala agar hasil

- pengukuran tegangan dan arus tetap akurat, serta meminimalkan kesalahan (*error*) pengukuran.
2. Penambahan fitur notifikasi atau alarm sistem dapat ditingkatkan dengan menambahkan fitur notifikasi otomatis (melalui *Blynk* atau pesan *WhatsApp*) jika terjadi anomali tegangan, arus berlebih, atau pemakaian daya yang tidak wajar.
- ## DAFTAR PUSTAKA
- [1] A. SALAM dan MUKHIDIN, *Rancang Bangun Sistem Jaringan Multidrop Menggunakan RS485 Pada Aplikasi Pengontrolan Alat Penerangan Kamar Hotel*, vol. XI, no. 2, pp. 1-11, 2019.
 - [2] D. A. Siregar, *Alat Pembasmi Hama Tanaman Padi Otomatis Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Tegangan Kejut Listrik*, vol. I, no. 2, p. 58, 2020.
 - [3] D. O. D. R. B. Dr. S. Kocer, *Programmable Smart Microcontroller Cards*, 2021.
 - [4] DSFDH G. Alvianingsih, *Perancangan Sistem Monitoring Pada Pemilah Sampah Otomatis Berbasis Internet Of Things Menggunakan Aplikasi Blynk*, vol. XV, no. 1, p. 34, 2023.
 - [5] E. P. Sitohang, *Rancang Bangun Catu Daya DC Menggunakan Mikrokontroler ATmega 8535*, vol. VII, no. 2, pp. 135-136, 2018.
 - [6] F. A. Pratama, *REAL TIME DATA LOGGER UNTUK KWH METER DIGITAL TIGA FASA BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) DAN CLOUD STORAGE*, vol. I, no. 1, pp. 67-72, 2021.
 - [7] F. K. Umam, *Perancangan Tempat Sampah Pintar Berbasis Arduino Uno*, vol. II, no. 1, p. 230, 2024.
 - [8] F. Susanto, *IMPLEMENTASI INTERNET OF THINGS DALAM KEHIDUPAN SEHARI-HARI*, vol. II, no. 1, pp. 35-40, 2022.
 - [9] Garcés, H. O. et al., *Development of an IoT-Enabled Smart Electricity Meter for Real-Time Energy Monitoring and Efficiency*, *Electronics*, 14(6), 1173, 2025.
 - [10] H. Sugiarto, *Kajian Harmonisa Arus Dan Tegangan Listrik di Gedung Administrasi Politeknik Negeri Pontianak*, vol. VIII, no. 2, pp. 80-89, 2012.
 - [11] I. B. G. Purwania, *Application of IoT-Based System for Monitoring Energy Consumption*, vol. V, no. 2, pp. 81-93, 2020.
 - [12] ILYAS, *ANALISIS KEGAGALAN CURRENT TRANSFORMER (CT) TIPE DUA BELITAN SEKUNDER DENGAN INTI MAGNETIK TERPISAH PADA SISTEM PROTEKSI DAN PEMBATAS DAYA*, vol. XXIII, no. 1, 2021.
 - [13] Imran, M. et al., *Design and Development of a Power Quality Based Digital Energy Meter*, *Engineering Proceedings*, 2(1), 13, 2021.
 - [14] M. Ardiansyah, *Sistem Informasi Bencana Banjir (Akuisisi Data Multiple Sensor)*, pp. 1-14, 2011.
 - [15] R. H. M. Amin, *Rancang Bangun Sistem Kendali Dan Monitoring Pengolahan Air Limbah Berbasis PLC*, vol. VIII, no. 2, p. 45, 2023.
 - [16] R. M. Arpin, *Rancang Bangun Modul Laboratory Dual Voltage Power Supply*, vol. II, no. 1, pp. 48-51, 2021.
 - [17] SASMITO, *Sistem Monitoring Penggunaan Listrik Untuk Audit Energi Pada Bangunan Berbasis IoT*, vol. X, no. 5, 2023.
 - [18] S. D. K, *KARAKTERISTIK DIODA (E9)*, pp. 1-3, 2017.
 - [19] SITINJAK, *Rancang Bangun Konverter AC ke DC Untuk Catu Daya Pada Kontrol Load Break Switch*, 2019.
 - [20] S. KOCER, *Programmable Smart Microcontroller Cards*, 2021.
 - [21] S. Sudirham, *Analisis Rangkaian Listrik*, 2012.
 - [22] S. Suryaningsih, *Rancang Bangun Alat Pemantau Penggunaan Energi Listrik Rumah Tangga Berbasis Internet*, vol. V, 2016.
 - [23] S. Tri Ongko Priyono, *MONITORING DAN PENGENDALIAN BEBAN LISTRIK BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) MENGGUNAKAN ESP32*, vol. XI, no. 1, pp. 57-68, 2023.
 - [24] S. Yusuf Sofyan, *Rancang Bangun Konverter Modbus RTU RS485 ke Modbus TCP/IP Berbasis ATMEGA2560*, vol. IV, no. 3, pp. 470-477, 2023.
 - [25] T. K. Wijaya, *Perancangan Panel Automatic Transfer Switch dan Automatic Main Failure dengan Kontroler Berbasis Arduino*, vol. II, no. 2, p. 210, 2019.
 - [26] TUKADI, *Monitoring Pemakaian Daya Listrik Secara Realtime Berbasis Internet Of Things*, 2019.
 - [27] Tzelepis, D. et al., *Voltage and Current Measuring Technologies for HVDC*

- Supergrids*, IEEE Access, 8, 203398-203428, 2020.
- [28] U. K. Firman Daus, *Security Sepeda Motor Berbasis Android*, pp. 9-10, 20221.
 - [29] Varela-Aldás, J. et al., *IoT-based Alternating Current Electrical Parameters Monitoring System*, Energies, 15(18), 6637, 2022.
 - [30] Y. Adhimanata, *Capacitor Bank Panel Design to Improve Industrial Power System Efficiency and Safety*, vol. VII, pp. 227-228, 2024.
 - [31] YENDI, *Analisa Perbaikan Faktor Daya Sistem Kelistrikan*, vol. XI, no. 1, pp. 103-113, 2021.
 - [32] Y. N. I. Fathulrohman, *ALAT MONITORING SUHU DAN KELEMBABAN MENGGUNAKAN ARDUINO UNO*, vol. II, no. 1, p. 164, 2018.