

RANCANG BANGUN HARDWARE DAN SOFTWARE MONITORING FAKTOR DAYA BERBASIS IOT

Riki Febri Hansyah¹, Yanu Shalahuddin², Dian Efytra Yuliana³

Teknik Elektro, Universitas Islam Kediri, Kediri Indonesia

¹rikifebri198@gmail.com, ²yanu@uniska-kediri.ac.id, ³dianefytra@uniska-kediri.ac.id

Abstrak—Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi khusus yang dirancang untuk memantau peralatan listrik di rumah. Hal ini memungkinkan pengguna untuk mengetahui konsumsi listrik mereka dan mempermudah penggunaannya hanya melalui aplikasi Android. Sistem pemantauan peralatan listrik rumah tangga ini menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai sirkuit utama yang mengatur kinerja sistem dan sensor PZEM untuk membaca nilai tegangan, arus, daya, dan faktor daya. Teknologi IoT digunakan agar pengguna dapat memantau konsumsi listrik rumah dari jarak jauh. IoT juga dapat diterapkan untuk mengendalikan perangkat elektronik, peralatan rumah tangga, dan bahkan untuk memantau kondisi rumah, semua bisa diakses melalui aplikasi tersebut. Alat pemantauan berbasis IoT ini telah berhasil membantu pengguna dalam memantau dan memahami konsumsi listrik, terutama di sektor rumah tangga, secara real-time. Sensor PZEM-004T mampu mengukur konsumsi listrik dengan baik, terbukti dari kesalahan tegangan sebesar 1,96%, kesalahan arus 20,17%, dan kesalahan daya 9,34%. Alat ini memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Hal ini dibuktikan oleh data rata-rata yang menunjukkan konsistensi dalam pengukuran, dengan rata-rata tingkat kesalahan keseluruhan sebesar 10,49% dan akurasi instrumen sebesar 89,51%. Selain tingkat akurasi yang tinggi, alat ini juga memiliki ukuran yang sesuai, sehingga mudah untuk dibawa.

Kata Kunci: *NodeMCU ESP8266, Sensor PZEM, IoT, Sistem Monitoring*

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam era modern ini, kebutuhan akan energi listrik telah menjadi bagian penting dari kehidupan sehari-hari. Kegiatan di rumah, industri, dan komersial sangat tergantung pada ketersediaan listrik yang stabil dan berkualitas. Dalam beberapa dekade terakhir, permintaan energi listrik terus meningkat seiring dengan perkembangan teknologi dan pertumbuhan jumlah penduduk. Masalah faktor daya di rumah tangga memiliki pengaruh besar terhadap kenyamanan dan efisiensi penggunaan listrik. Fluktuasi tegangan dan harmonik dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik serta meningkatkan konsumsi listrik yang tidak perlu.

Secara global, masalah faktor daya telah menjadi perhatian utama. Tantangan seperti penurunan tegangan, overvoltage, dan harmonik dapat merusak peralatan listrik, mengurangi efisiensi sistem, serta meningkatkan biaya operasional. Di beberapa negara berkembang, masalah ini lebih terasa karena infrastruktur listrik belum sepenuhnya memadai dan sering menggunakan peralatan yang tua serta tidak efisien. Di Indonesia, isu faktor daya juga merupakan tantangan yang harus diselesaikan.

Sektor rumah tangga menjadi kontributor terbesar terhadap konsumsi listrik di Indonesia. Pada tahun 2019, sektor ini menyumbang persentase terbesar dari total konsumsi listrik negara. Namun, pengguna di sektor ini sering kali tidak mengetahui secara rinci perangkat rumah tangga mana yang paling banyak menyedot listrik. Dengan populasi yang terus meningkat dan urbanisasi yang masif, kebutuhan akan energi listrik kian bertambah.

Listrik yang baik adalah listrik yang memiliki tegangan dan frekuensi stabil yang sesuai dengan nilai yang dibutuhkan. Dalam batasan yang sudah ditentukan, frekuensi harus tetap konstan dan sangat mendekati nilai yang benar. Masalah kualitas listrik sering muncul ketika terjadi perubahan tegangan, arus, dan frekuensi, yang dapat menyebabkan perangkat tidak berfungsi dengan baik. Jika perubahan ini melebihi batas yang diizinkan, akan merusak kualitas listrik dan menyebabkan perangkat beroperasi secara tidak efisien.

Saat ini, penggunaan listrik hanya diukur menggunakan meteran kWh untuk memantau jumlah listrik yang disuplai oleh PLN. Namun, perangkat ini tidak memberikan rincian mengenai seberapa banyak listrik yang digunakan. Hal ini dapat mengakibatkan pemborosan listrik karena tidak ada pemantauan langsung terhadap penggunaan listrik. Oleh karena itu, diperlukan sebuah alat yang dapat memantau penggunaan listrik secara real-time dan dapat diakses dari jarak jauh melalui aplikasi Android menggunakan sistem IoT.

Penelitian yang dilakukan oleh Zaen pada tahun 2021 bertujuan untuk menciptakan suatu sistem yang dapat memantau penggunaan listrik di rumah secara langsung

melalui internet. Dalam penelitian ini, para peneliti merancang komponen fisik dari perangkat dan merakit kabel yang diperlukan untuk sistem pemantauan. Mereka menggunakan sensor bernama PZEM004T untuk mengawasi jumlah listrik yang dipakai oleh peralatan rumah tangga serta memanfaatkan modul NodeMCU ESP8266 untuk mengirimkan data ke sebuah situs web.

Hasil dari penelitian ini dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari untuk membantu individu memantau penggunaan listrik, sehingga lebih praktis dan efisien waktu. Dengan pemantauan yang berkelanjutan, pengguna dapat mengidentifikasi apakah konsumsi listrik dalam kondisi baik atau tidak dan dapat mengambil langkah-langkah untuk menggunakan listrik dengan lebih efisien.

Berdasarkan penjelasan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menjawab pertanyaan mengenai cara merancang perangkat pemantauan terkait tenaga listrik menggunakan Internet of Things. Selain itu, juga dibahas mengenai pengembangan sistem pemantauan listrik rumah secara real-time, serta pembuatan aplikasi di ponsel Android untuk sistem pemantauan listrik berbasis IoT.

Tujuan dari penelitian ini adalah memantau faktor daya listrik dalam sistem distribusi untuk memastikan kualitas listrik yang ada baik atau buruk. Dengan pendekatan yang menyeluruh dan data yang akurat, penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan berharga bagi para pembaca. Desain dan pengembangan perangkat keras untuk sistem pemantauan faktor daya listrik berbasis Internet of Things (IoT) dilakukan agar dapat berfungsi secara real-time. Pengembangan sistem pemantauan listrik rumah, khususnya terkait faktor daya, dilakukan secara langsung untuk memudahkan pengguna dalam memantau kondisi listrik dari jarak jauh. Selanjutnya, sebuah aplikasi Android yang terintegrasi dengan sistem IoT juga dikembangkan untuk menampilkan data dari sensor dan memberikan informasi yang mudah dipahami oleh pengguna.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Listrik

Listrik merupakan bentuk energi yang dihasilkan melalui gesekan mekanis atau reaksi kimia yang menciptakan aliran partikel bermuatan. Energi ini kemudian disalurkan melalui konduktor dan dapat diubah menjadi gerakan, panas, cahaya, atau bentuk energi lain untuk mendukung berbagai aktivitas manusia. Kecepatan aliran muatan listrik melalui suatu titik atau area tertentu disebut arus listrik. Partikel yang bermuatan membawa listrik, sehingga arus listrik merujuk pada pergerakan partikel bermuatan. Elektron yang mengalir melalui kabel berfungsi sebagai pembawa muatan dalam suatu rangkaian listrik. Dengan demikian, arus listrik menunjuk pada jumlah muatan listrik yang bergerak dari titik dengan potensial tinggi ke titik dengan potensial rendah dalam rentang waktu tertentu. Arus searah, yang biasanya dikenal dengan istilah DC, adalah aliran listrik yang tetap dalam satu arah saja saat baterai dihubungkan ke rangkaian. Sebaliknya, generator di pembangkit listrik menghasilkan arus bolak-balik (AC), dan ini sering disebut sebagai arus yang bergantian. Arus bolak-balik ini, yang mengubah arah beberapa kali

dalam satu detik dan disuplai ke rumah-rumah serta kantor oleh perusahaan listrik, adalah AC universal yang digunakan di seluruh dunia.

B. Tegangan

Tegangan adalah usaha yang diperlukan untuk memindahkan satu muatan listrik (satu coulomb) antara elemen atau komponen dari satu terminal ke terminal lain. Apabila satu coulomb muatan dipindahkan dari satu terminal ke yang lain, akan terdapat perbedaan potensial antara kedua terminal tersebut. Hubungan antara usaha yang dilakukan sebenarnya adalah energi yang dihasilkan; oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa tegangan merupakan energi per satuan muatan. Sumber tegangan dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Sumber Tegangan

Tegangan adalah perkalian antara arus listrik dengan hambatan listrik terdapat pada persamaan dibawah ini :

$$V=I \cdot R \quad (1.1)$$

Dimana :

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

R = Resistansi (Ohm)

C. Daya

Daya adalah total energi listrik yang digunakan dalam satuan waktu. Daya mencerminkan jumlah energi listrik yang diperlukan untuk melakukan pekerjaan dalam sistem tenaga listrik. Satuan yang biasa dipakai untuk daya listrik adalah watt. Dalam sistem yang menggunakan arus bolak-balik (AC), terdapat tiga tipe daya: daya aktif (nyata) yang dilambangkan dengan simbol (P) dan diukur dalam watt (W); daya reaktif, dilambangkan dengan simbol (Q) dan diukur dalam volt-ampere reaktif (VAR); dan daya tampak, dilambangkan dengan simbol (S) dan diukur dalam volt-ampere (VA).

1) Daya Aktif

Daya aktif adalah energi rata-rata yang sesuai dengan daya yang benar-benar ditransfer atau digunakan oleh suatu beban. Contoh dari daya aktif mencakup energi panas, energi mekanis, dan energi cahaya, yang diukur dalam watt (W). Berikut adalah rumus daya aktif menurut Von Meier-Alexander:

$$P=V \cdot I \cdot \cos \varphi \text{ (1 Phase)} \quad (1.2)$$

$$P=3 \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi \text{ (3 Phase)} \quad (1.3)$$

Dimana :

P = Daya aktif (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

$\cos \varphi$ = Faktor daya

VL = Tegangan jaringan (Volt)
 IL = arus jaringan (Ampere)

2) Daya Reaktif

Daya reaktif adalah total daya yang diperlukan untuk menghasilkan medan magnet. Pembentukan medan magnet ini menghasilkan fluks magnet. Contoh sumber daya yang menyebabkan daya reaktif termasuk transformator, motor, lampu pijar, dan lainnya. Daya reaktif diukur dalam volt-ampere reaktif (VAR). Berikut adalah rumus daya reaktif menurut Von Meier-Alexander:

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \phi \text{ (1 Phase)} \quad (1.4)$$

$$Q = 3 \cdot V_L \cdot I_L \cdot \sin \phi \text{ (3 Phase)} \quad (1.5)$$

Dimana :

Q = Daya Reaktif (VAR)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

VL = Tegangan jaringan (Volt)

IL = Arus jaringan (ampere)

3) Daya Semu

Daya semu adalah daya yang dihasilkan dari hasil kali antara tegangan dan arus dalam suatu rangkaian, atau daya yang merupakan penjumlahan dari daya aktif dan daya reaktif. Daya semu adalah daya yang dihasilkan oleh sumber arus bolak-balik (AC) atau diserap oleh beban. Satuan daya semu adalah volt-ampere (VA). Berikut adalah rumus daya semu:

$$S = V \cdot I \text{ (1 Phase)} \quad (1.6)$$

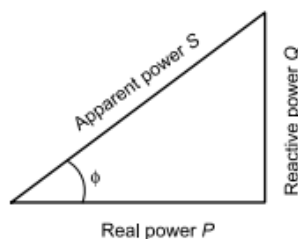
Dimana :

S = Daya Semu (VA)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Hubungan antara ketiga jenis daya yang disebutkan di atas dikenal dengan sistem segitiga daya dan dapat digambarkan seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. Segitiga Daya

Pada Gambar 2, segitiga daya dapat dijelaskan melalui persamaan yang ditampilkan di Tabel 1.

Tabel 1. Persamaan Segitiga Daya

No	Nama Daya	Rumus	Satuan
1	Daya aktif (P)	$P = V \cdot I \cdot \cos \phi$	Watt
2	Daya reaktif (Q)	$Q = V \cdot I \cdot \sin \phi$	VAR
3	Daya semu (S)	$S = V \cdot I$	VA

Tabel 1 merupakan rumus dari daya aktif, daya reaktif dan daya semu. Didapatkan dari gambar 2 segitiga daya.

D. Sistem Monitoring

Monitoring didefinisikan sebagai serangkaian kegiatan yang mencakup pengumpulan, pemeriksaan, pelaporan, dan bertindak berdasarkan informasi dari suatu proses yang sedang berlangsung. Secara umum, monitoring digunakan untuk memeriksa kesesuaian antara kinerja dan target yang sudah ditetapkan. Dalam konteks manajemen kinerja, monitoring adalah proses terintegrasi untuk memastikan bahwa suatu proses berjalan sesuai rencana. Monitoring dapat memberikan informasi tentang perkembangan proses untuk menentukan langkah-langkah menuju perbaikan berkelanjutan. Dalam praktiknya, monitoring dilakukan selama proses berlangsung. Tingkat analisis dari sistem monitoring mengacu pada kegiatan di setiap tahap dalam suatu departemen, misalnya, departemen pembelian yang memesan barang dari pemasok. Indikator yang digunakan sebagai acuan untuk monitoring adalah output dari setiap proses atau aktivitas.

E. Faktor Daya

Faktor daya adalah perbandingan antara daya aktif dan daya nyata. Faktor daya, yang juga dikenal sebagai faktor kerja, menunjukkan sudut fase antara daya aktif dan daya nyata. Daya aktif digunakan untuk menjalankan beban di pelanggan listrik. Sementara itu, daya nyata dihasilkan oleh generator dan didistribusikan kepada pelanggan listrik. Peningkatan daya reaktif akan mengakibatkan penurunan pada faktor daya. Salah satu cara yang mudah untuk mencegah penurunan faktor daya adalah dengan memilih beban yang memiliki faktor daya tinggi atau dengan memasang kapasitor.

Kapasitor adalah komponen listrik yang menghasilkan daya reaktif dalam jaringan tempat mereka terhubung. Pemasangan kapasitor dapat meningkatkan faktor daya; jika faktor daya meningkat, daya reaktif dapat menurun dan mendekati daya aktif. Sebuah beban dengan faktor daya 1.0 hanya memiliki resistansi murni dan merupakan jenis beban yang paling efisien. Beban dengan faktor daya rendah (0.5) mengandung induktansi, yang menyebabkan kerugian lebih besar dalam sistem penyediaan daya.

1) Faktor Daya Unity

Faktor daya unity terjadi saat nilai $\cos \phi$ mencapai angka satu, serta tegangan dan arus berada pada fase yang sama. Faktor daya unity terwujud pada saat beban yang terpasang bersifat resistif sepenuhnya.

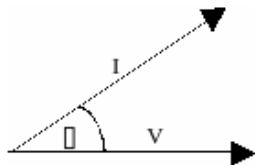


Gambar 3. Arus sephasa dengan tegangan

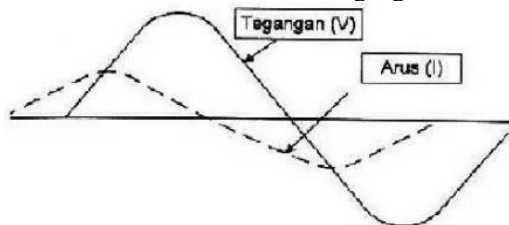
2) Faktor Daya Mendahului (Leading)

Faktor daya mendahului (leading) merupakan situasi di mana faktor daya terdapat pada keadaan beban atau perangkat listrik yang menghasilkan daya reaktif dari sistem atau beban

yang bersifat kapasitif. Jika arus berlangsung lebih awal daripada tegangan, maka kondisi faktor daya ini disebut "leading".



Gambar 4. Arus mendahului dari tegangan sebesar sudut ϕ

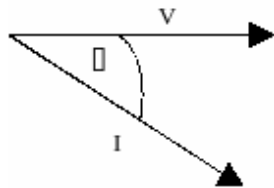


Gambar 5. Faktor daya "leading"

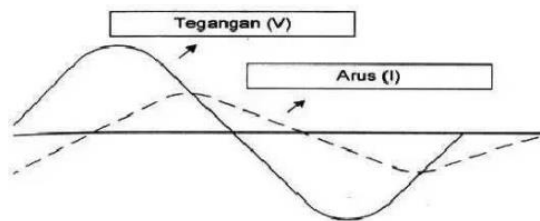
Berdasarkan gambar 4, di mana vektor arus (I) berada di depan vektor tegangan (V) dengan selisih sudut sebesar ϕ . Sementara itu, gambar 5 menunjukkan visualisasi fenomena ini dalam waktu. Gelombang Arus (I, garis putus-putus) mencapai nilai maksimum (puncak) dan melintasi nol lebih dulu dibandingkan dengan gelombang Tegangan (V, garis penuh). Kondisi faktor daya leading ini biasanya terjadi pada beban yang bersifat kapasitif, seperti pada kapasitor atau motor listrik yang memiliki kapasitor kompensasi.

3) Faktor Daya Terbelakang (Lagging)

Faktor daya terbelakang terjadi ketika suatu beban atau perangkat listrik memerlukan daya reaktif dari sistem, atau dapat dikatakan sebagai beban induktif. Jika tegangan terjadi lebih awal dibandingkan arus, keadaan faktor daya ini disebut sebagai "tertinggal".



Gambar 6. Arus tertinggal dari tegangan sebesar sudut ϕ



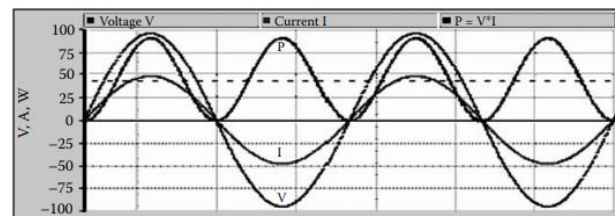
Gambar 7. Faktor daya "lagging"

Berdasarkan Gambar 6, vektor arus (I) berada di bawah atau "tertinggal" dari vektor tegangan (V) dengan sudut jarak ϕ yang memisahkan keduanya. Sementara itu, dalam Gambar 7, bentuk gelombang arus (I, garis putus-putus) mencapai nilai maksimum (puncak) dan melewati nol setelah bentuk

gelombang tegangan (V, garis padat). Kondisi tertinggal ini adalah ciri khas dari beban induktif, seperti motor listrik, transformator, dan kumparan.

F. Beban Linier

Beban linier adalah keadaan di mana arus yang dihasilkan dan keluaran tegangan sesuai dengan sumbernya. Beban linier mengikuti Hukum Ohm, yang menyatakan bahwa arus berbanding lurus dengan tegangan. Bentuk gelombang arus yang muncul dari beban linier akan memiliki bentuk yang sama dengan bentuk gelombang tegangan. Jika tegangan yang diterapkan adalah sinusoidal, maka arus yang mengalir melalui beban linier juga akan sinusoidal, sehingga menghindari distorsi dan harmonik.

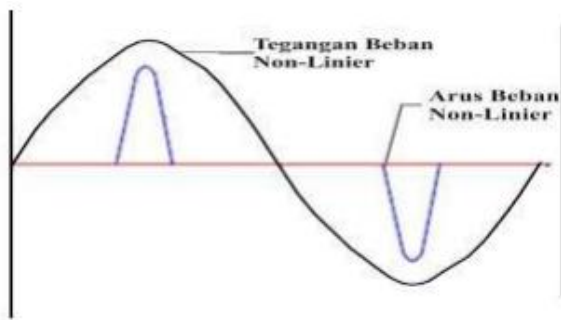


Gambar 8. Hubungan antara tegangan, arus, dan daya dalam rangkaian resistif murni

Gambar 8 menunjukkan bahwa gelombang tegangan (V) dan arus (I) berada dalam fase yang sama, artinya kedua gelombang tersebut mencapai puncak dan melewati nol secara bersamaan. Ini adalah ciri dari suatu rangkaian yang hanya terdiri dari resistor (murni resistif), yang menghasilkan faktor daya satu. Selain itu, bentuk gelombang daya (P) yang diperoleh dengan mengalikan ($P = V \times I$), selalu berada di atas sumbu nol, menandakan bahwa tidak ada daya yang kembali ke sumber. Daya berubah dari nol menjadi nilai puncak positif, dengan rata-rata yang ditunjukkan oleh garis putus-putus. Ini berarti bahwa semua energi yang disuplai oleh sumber sepenuhnya dipakai oleh beban.

G. Beban Non-Linier

Beban non-linier adalah jenis beban di mana bentuk gelombangnya tidak sebanding dengan tegangan dalam setiap setengah siklus, menyebabkan bentuk gelombang arus dan tegangan menjadi terdistorsi. Contoh beban non-linier meliputi komputer, pendingin udara, printer, proyektor, lampu fluoresen, dan perangkat lainnya.



Gambar 9. Bentuk Gelombang Tegangan dan Arus dengan Beban Non-Linier

Dalam Gambar 9, tegangan beban non-linear (garis hitam) tetap menunjukkan gelombang sinus yang relatif bersih. Namun, arus beban non-linear (garis biru) menunjukkan bentuk gelombang yang sangat terdistorsi dan jauh dari gelombang sinus yang murni. Arus hanya mengalir dalam pulsa-pulsa singkat dan tajam, terutama di sekitar puncak tegangan, dan tidak mengalir pada bagian lain dari siklus. Distorsi ekstrem dalam bentuk gelombang arus ini umum terjadi pada beban non-linear, seperti catu daya komputer atau lampu LED, yang menggunakan penyearah untuk mengubah AC menjadi DC. Distorsi ini menciptakan harmonik yang dapat menimbulkan berbagai masalah kualitas daya, seperti kepanasan dan kegagalan peralatan.

H. MIT App Inventor



Gambar 10. Logo MIT App Inventor

MIT App Inventor adalah platform pemrograman visual yang mudah digunakan, memungkinkan siapa saja, termasuk anak-anak, untuk membuat aplikasi fungsional untuk ponsel pintar dan tablet. Pemula yang belajar menggunakan MIT App Inventor dapat membuat aplikasi sederhana pertama mereka dalam waktu kurang dari 30 menit. Selain itu, alat berbasis blok kami juga mendukung pengembangan aplikasi yang kompleks dan berdampak dalam waktu yang jauh lebih singkat dibandingkan dengan pemrograman konvensional. Proyek MIT App Inventor bertujuan untuk membuka akses pengembangan perangkat lunak dengan memberdayakan semua orang, terutama generasi muda, untuk beralih dari konsumen teknologi menjadi pencipta.

I. Firebase



Gambar 11. Logo Firebase

Firebase adalah layanan Backend as a Service (BaaS) yang disediakan oleh Google untuk membantu pengembang aplikasi membangun aplikasi web dan mobile. Meskipun baru diperkenalkan beberapa tahun lalu, Firebase telah terbukti sangat bermanfaat dalam mempercepat proses pengembangan bagi tim pengembang. Sebagai Backend as a Service (BaaS), Firebase dapat mengelola semua aspek yang berkaitan dengan basis data, otentikasi, hosting, API, dan lainnya. Firebase didirikan oleh Andrew Lee dan James Tamplin pada tahun 2011 dan diakuisisi oleh Google pada tahun 2014. Layanan ini diluncurkan secara resmi oleh Google pada tahun 2016 dan terus dikembangkan hingga saat ini.

J. Software Arduino IDE

Untuk memindahkan program ke papan Arduino Uno dan Wemos D1 Mini, perangkat lunak Arduino IDE diperlukan agar program dapat berjalan sesuai harapan. Arduino IDE adalah singkatan dari Integrated Development Environment. Program yang ditulis menggunakan Arduino IDE dikenal sebagai sketsa. Sketsa ditulis menggunakan editor teks pada perangkat lunak ini dan disimpan dengan ekstensi tertentu.

Aplikasi Arduino IDE memungkinkan pengguna untuk membuat, membuka, dan mengedit program untuk digunakan pada papan Arduino. Aplikasi ini dirancang untuk menyederhanakan pembuatan berbagai aplikasi. Struktur bahasa pemrograman dalam Arduino IDE cukup sederhana dan dilengkapi berbagai fungsi. Perangkat lunak ini memiliki kotak pesan hitam yang menampilkan informasi status, seperti pesan kesalahan, proses kompilasi, dan unggahan program. Di bagian bawah aplikasi, informasi tentang papan yang sedang dikonfigurasi dan port COM yang sedang digunakan ditampilkan.

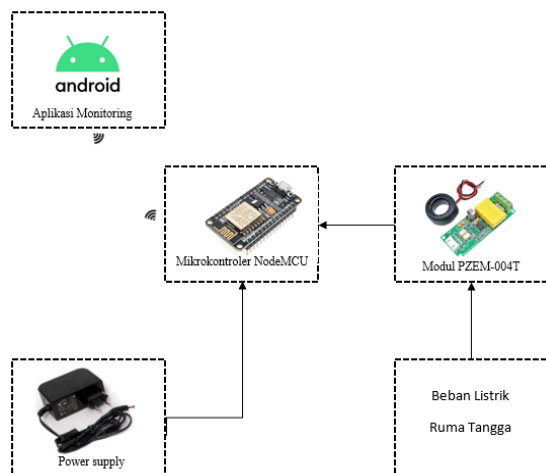
III. METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini menjelaskan alur penelitian yang digunakan. Ini juga mencakup informasi tentang data yang digunakan dan skenario yang diterapkan dalam studi ini. Jika berkaitan dengan perangkat lunak, gambarkan penampilan awal perangkat lunak di sini. Jika mendesain, jelaskan langkah-langkah yang diambil dalam proses desain.

Proses pengembangan untuk sistem pemantauan faktor daya listrik berbasis IoT dimulai dengan perancangan dan pembuatan alat ini menggunakan metode percobaan. Metode ini berfungsi sebagai cara validasi atau pengujian, yang mencakup pengujian satu atau lebih variabel terhadap variabel lainnya untuk mencapai hasil yang diinginkan. Tahap desain dan pengembangan mencakup perancangan sistem serta pemilihan komponen, seperti sensor dan modul. Selanjutnya, tahap implementasi melibatkan pengujian dan pemasangan sistem di lapangan untuk studi kasus. Data kemudian dikumpulkan melalui pengamatan dan pengukuran kinerja sistem. Analisis data dilakukan dengan cara deskriptif dan statistik untuk menilai efektivitas sistem, dilanjutkan dengan perbaikan berdasarkan evaluasi ini.

A. Diagram Blok Rangkaian

Diagram blok yang terdapat pada Gambar 10 menunjukkan bahwa NodeMCU mendapatkan suplai daya sebesar 12V dan sensor PZEM-004T mengukur faktor daya dari beban peralatan rumah tangga. Nilai-nilai ini kemudian diolah menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak (di dalam NodeMCU sebagai pusat pengendali), yang menghasilkan nilai tegangan, arus, daya, dan faktor daya yang ditampilkan di layar aplikasi Android. Komunikasi antara perangkat pemantau dan kontrol memerlukan koneksi internet yang stabil.

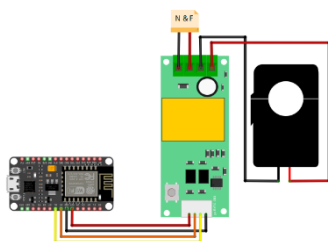


Gambar 12. Diagram Blok Rangkaian

Diagram blok pada Gambar 10 menunjukkan bahwa NodeMCU mendapatkan sumber daya dari catu daya 12V, sementara sensor PZEM-004T membaca faktor daya dari beban alat rumah tangga. Nilai-nilai ini selanjutnya diproses dengan perangkat keras dan perangkat lunak (di NodeMCU sebagai pusat pengendali), menghasilkan nilai tegangan, arus, daya, dan faktor daya yang dapat dilihat pada layar aplikasi Android. Koneksi yang stabil ke internet diperlukan untuk komunikasi antara perangkat pemantauan dan pengendalian.

B. Skematik Rangkaian Alat

Diagram blok rangkaian berfungsi untuk mempermudah memahami alur kerja dari komponen dan sistem yang dirancang.



Gambar 13. Skematik Ragkaian

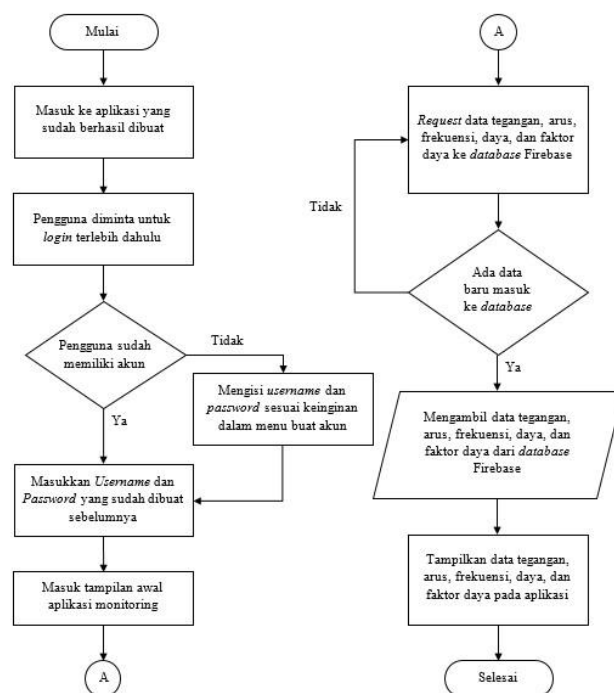
Dari gambar 11 skematik diatas, power supply sebagai catu daya sebesar 12v terhubung ke NodeMCU. Pada NodeMCU Pin D3 tersambung dengan TX sensor PZEM, Pin D4 tersambung dengan RX sensor PZEM, dan sensor PZEM

terhubung dengan CT(Current Transformer) dengan fungsi sebagai pengukur arus serta memantau sistem listrik.

Pada simulasi komponen ini NodeMCU ESP 8266 sebagai pengolah data sebagai penerima data yang dikirimkan sensor PZEM melalui kabel jumper. Selanjutnya, data yang dikirim sensor akan dikelola dan dikirimkan ke database Firebase. NodeMCU harus terhubung dengan internet sebelum mengirimkan data ke database.

C. Perancangan Perangkat Lunak

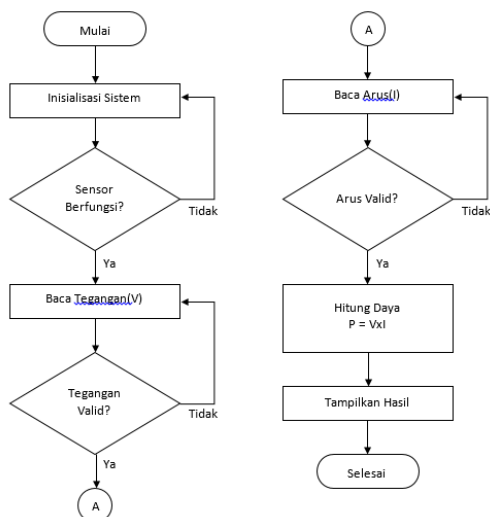
Desain perangkat lunak untuk aplikasi monitoring, dengan tujuan mengembangkan sistem pemantauan listrik, bertujuan untuk menampilkan data tegangan, arus, frekuensi, faktor daya, dan daya aktif yang tersimpan dalam basis data Firebase agar pengguna dapat dengan mudah mengakses informasi tentang jumlah listrik. Aplikasi pemantauan akan dirancang dalam format tabel, lengkap dengan penilaian faktor daya untuk setiap kategori, termasuk sangat baik, baik, buruk, dan sangat buruk. Perangkat lunak ini dibuat menggunakan platform web MIT App Inventor, yang dapat diakses melalui komputer atau laptop. Aplikasi yang telah berhasil dibuat juga terhubung dengan basis data Firebase.



Gambar 14. Diagram Alir Visualisasi Data pada Aplikasi

Aplikasi dimulai dengan proses otentikasi di mana pengguna harus masuk. Jika pengguna belum memiliki akun, mereka akan diminta untuk membuatnya sebelum memasukkan nama pengguna dan kata sandi untuk mengakses layar utama aplikasi pemantauan. Setelah berhasil masuk, aplikasi akan terus meminta data (tegangan, arus, frekuensi, daya, dan faktor daya) dari basis data Firebase. Jika data baru terdeteksi masuk ke dalam basis data, data tersebut akan diambil dan ditampilkan di aplikasi. Jika tidak ada data baru, aplikasi akan terus meminta data hingga data terbaru tersedia, dan proses pemantauan dianggap selesai.

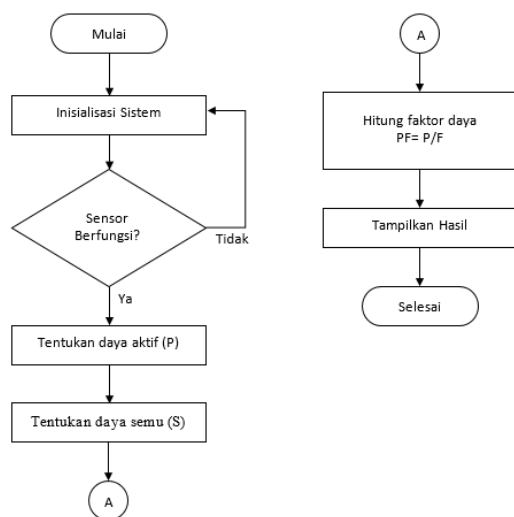
D. Perhitungan Daya



Gambar 15. Perhitungan Daya

Gambar 15 menunjukkan diagram perhitungan daya yang digunakan untuk memvisualisasikan tingkat konsumsi daya listrik dalam suatu sistem. Diagram ini membantu menunjukkan jumlah daya aktif, daya reaktif, dan daya semu yang digunakan, sehingga memudahkan analisis energi dan mendukung optimalisasi kinerja sistem kelistrikan secara keseluruhan. Diagram ini memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih akurat terkait penghematan energi dan perbaikan sistem.

E. Perhitungan Faktor Daya



Gambar 16. Perhitungan Faktor Daya

Diagram faktor daya digunakan untuk menggambarkan hubungan antara daya aktif dan daya semu dalam suatu sistem kelistrikan. Diagram ini membantu dalam mengidentifikasi tingkat penggunaan energi dengan menunjukkan faktor daya. Dengan informasi ini, perbaikan atau penyesuaian pada sistem

dapat dilakukan untuk mengoptimalkan penggunaan energi dan mengurangi kehilangan daya yang tidak perlu.

IV. ANALISIS DATA

Bagian ini akan membahas pengujian perangkat yang dirakit sesuai dengan desain yang telah dijelaskan sebelumnya. Selama fase pengujian ini, serangkaian percobaan akan dilaksanakan pada masing-masing fungsi dan fitur yang tersedia. Melalui pengujian ini, kita dapat menilai hasil desain dan menemukan kemungkinan kesalahan yang mungkin terjadi selama proses pengujian, yang pada akhirnya akan memberikan kesimpulan mengenai penelitian yang dilakukan.

A. Implementasi Hardware

Hasil Implementasi Hardware: Bagian ini akan menjelaskan hasil implementasi dari perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini. Implementasi yang berhasil menunjukkan bahwa penelitian ini siap untuk memasuki fase pengujian dan pengembangan.



Gambar 17. Rangkaian Alat Tampak Atas



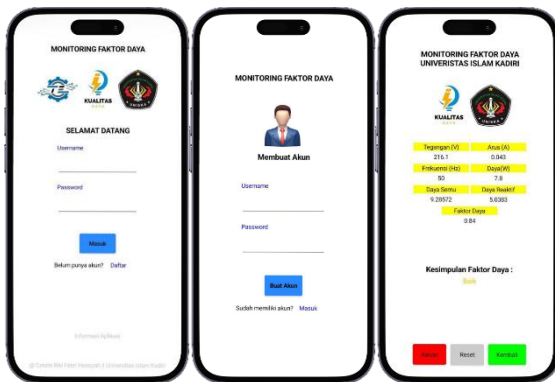
Gambar 18. Rangkaian Alat Tampak Dalam

Gambar 17 di atas memperlihatkan bentuk keseluruhan dari perangkat yang digunakan, dirakit sesuai dengan diagram blok sirkuit komponen. Semua komponen ditempatkan dalam kotak 6-pack yang memiliki tinggi 6,5 cm, lebar 11,5 cm, dan panjang 18,5 cm. Komponen-komponen tersebut terhubung melalui kabel jumper atau kabel daya berukuran 1,5 mm.

B. Implementasi Software

Bagian ini akan menjelaskan hasil dari penerapan perangkat lunak, termasuk antarmuka aplikasi faktor daya. Antarmuka ini mencakup layar login untuk aplikasi, layar untuk membuat akun aplikasi pemantauan, dan menu utama

untuk memantau faktor daya. Layar login aplikasi menunjukkan logo yang mewakili pihak-pihak yang terlibat dalam pengembangan aplikasi tersebut.



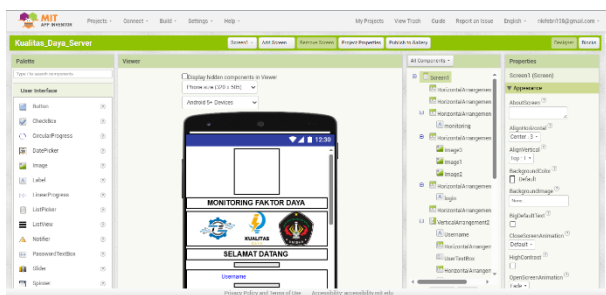
Gambar 19. Aplikasi Monitoring

Gambar 19 di atas memperlihatkan antarmuka pengguna untuk aplikasi yang telah dirancang dan diinstal pada smartphone Android. Antarmuka ini menampilkan pemantauan sensor dalam aplikasi IoT yang telah berhasil dibuat. Aplikasi ini juga memiliki fungsi reset untuk semua nilai listrik yang ditampilkan di dalam aplikasi pemantauan. Terdapat beberapa tombol, termasuk tombol keluar untuk menutup aplikasi pemantauan dan tombol kembali untuk menjangkau tampilan awal atau antarmuka pengguna.

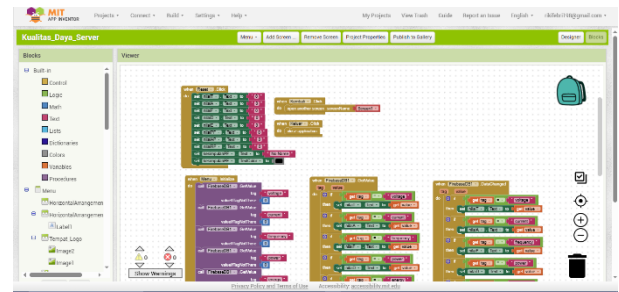
Tabel 2. Nilai Power Faktor

Nilai	Keterangan	Warna
$Pf \geq 0.9$	Sangat baik	Hijau
$0.7 < Pf < 0.9$	Baik	Kuning
$0.5 < Pf < 0.7$	Buruk	Jingga
$Pf < 0.5$	Sangat buruk	Merah

Tabel 2 menjelaskan hasil akhir dari aplikasi pemantauan. Jika faktor daya lebih dari 0,9, hasilnya sangat baik. Namun, jika faktor daya kurang dari 0,5, hasilnya sangat buruk.



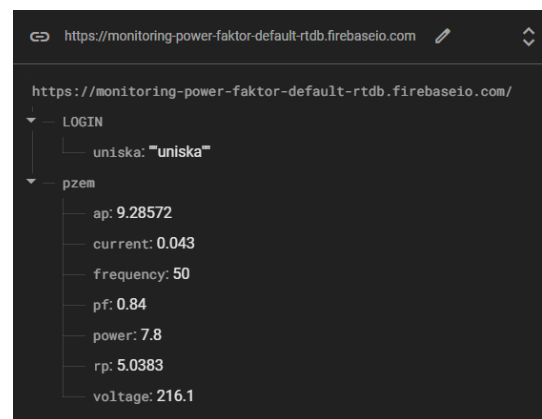
Gambar 20. Tampilan Edit User Interface MIT App Inventor



Gambar 21. Tampilan Edit Coding Blok MIT App Inventor

App Inventor merupakan sebuah platform yang memungkinkan pengguna pemula untuk memprogram dan membuat aplikasi perangkat lunak untuk sistem operasi Android. Ia menggunakan antarmuka grafis yang mirip dengan antarmuka pengguna di Scratch dan StarLogo TNG, yang memungkinkan pengguna untuk menyeret dan melepaskan objek visual untuk membuat aplikasi yang dapat berfungsi di perangkat Android. Dalam pengembangan App Inventor, Google melakukan penelitian yang berkaitan dengan pengkomputeran pendidikan dan menciptakan lingkungan pengembangan online mereka sendiri.

C. Implementasi Database



Gambar 22. Data dalam Firebase

Gambar di atas menggambarkan cara penyimpanan basis data di Firebase. Data login diperoleh dari pengguna yang mendaftarkan nama pengguna mereka pada aplikasi yang terpasang di smartphone Android mereka. Sementara itu, data PZEM diambil dari NodeMCU yang terhubung ke internet. Situs web Firebase menampilkan hasil pemantauan secara real-time, mencakup semua data yang dipantau atau diukur oleh sensor PZEM. Basis data ini bersifat open-source dan gratis, sehingga pengguna dapat mengaksesnya kapan saja mereka membutuhkannya. Untuk menyimpan data ke dalam basis data, diperlukan koneksi internet yang memadai serta penghubungan URL (Uniform Resource Locator) ke aplikasi dan NodeMCU. Setelah terhubung dengan sukses, hasil pemantauan dapat disimpan ke dalam basis data dan ditampilkan di aplikasi.

D. Pengumpulan Data

Di bawah ini adalah hasil uji beban menggunakan aplikasi untuk faktor daya yang melibatkan beberapa peralatan listrik rumah tangga. Uji ini dilakukan dengan membandingkan tegangan, arus, dan daya yang diukur oleh sensor PZEM-004T dengan multimeter clamp dan power meter. Pengujian dilakukan sepuluh kali untuk setiap beban, dengan tujuan untuk mendapatkan nilai kesalahan rata-rata yang baik.

Tujuan dari pengujian aplikasi ini adalah untuk memastikan bahwa nilai yang dibaca oleh setiap sensor berfungsi dengan baik, sehingga dapat menunjukkan perbedaan antara berbagai alat pengukur. Selama penggunaan aplikasi, juga diperlukan pemeriksaan terhadap masalah atau bug dan memastikan aplikasi dapat memantau konsumsi listrik secara real-time.

1) Pengujian Tegangan Listrik

Tabel 3. Pengujian Tegangan

No	Beban Listrik	PZEM-004t(V)	Multimeter(V)	Selisih	Error(%)
1	Lampu	216.3	218.9	2.6	1.18
2	Kipas Angin	216.5	218.7	2.2	1.05
3	Solder	208.8	220.4	11.6	5.26
4	Setrika	208.9	216.2	7.3	3.37
5	Rice Cooker	218.3	217.2	1.1	0.5
6	Pompa Air	220.6	221.5	0.9	0.4

Pada pengujian data diatas terdapat 6 beban yang berbeda,diantaranya lampu,kipas angin,solder,setrika, rice cooker, dan pompa air. Pada beban listrik lampu 10W nilai tegangan sebesar 216,3 V dan faktor daya sebesar 0.86. Hasil dari pengukuran beban kipas angin nilai tegangan sebesar 216.5 dan faktor daya sebesar 0.62. Selanjutnya, pengujian pada beban pompa air nilai tegangan yang di ukur 220.6 denga faktor daya sebesar 0.97. Serta dalam pengujian beban solder, setrika, dan rice cooker menghasilkan nilai faktor daya stabil sebesar 1 dikarenakan termasuk jenis beban linier dimana arus yang dikonsumsi sebanding dengan tegangan dan bentuk gelombang arus sinusoidal.



Gambar 23. Pengujian Tegangan pada aplikasi dan alat ukur

Pada gambar diatas adalah perbandingan antara aplikasi yang berhasil dibuat dengan alat multimeter untuk mengukur tegangan pada masing-masing beban yang berbeda.

2) Pengujian Arus Listrik

Tabel 4. Pengujian Arus

No	Beban Listrik	PZEM-004t(A)	Clamp Multimeter(A)	Selisih	Error(%)
1	Lampu	0.056	0.101	0.045	44.5
2	Kipas Angin	0.173	0.116	0.057	49.13
3	Solder	0.111	0.097	0.014	14.4
4	Setrika	1.456	1.395	0.061	4.37
5	Rice Cooker	1.78	1.713	0.067	3.91
6	Pompa Air	0.755	0.721	0.034	4.71

Dalam data uji di atas, terdapat enam beban berbeda: sebuah lampu, kipas angin, pemanas solder, setrika, Megicom, dan pompa air. Beban pompa air memiliki arus sebesar 0. 755 A dan faktor daya 0. 97. Beban rice cooker mengukur arus 1. 78 A dengan faktor daya yang stabil yaitu 1. Uji beban lampu juga menunjukkan arus 0. 113 A, beban setrika 1. 456 A, dan beban kipas angin 0. 142 A. Hasil pengujian arus menunjukkan nilai kesalahan yang bervariasi, mulai dari 3. 9% hingga maksimum 22. 4%. Pengukuran arus menggunakan sensor PZEM-004T menghasilkan rata-rata kesalahan sebesar 10. 36%.



Gambar 24. Pengujian Arus pada aplikasi dan alat ukur

Gambar 19 di atas memperlihatkan perbandingan antara aplikasi dan multimeter untuk menentukan nilai arus untuk masing-masing beban yang berbeda.

3) Pengujian Daya Listrik

Tabel 5. Pengujian Daya

No	Beban Listrik	PZEM-004t(W)	Power Meter(W)	Selisih	Error(%)
1	Lampu	10.8	9.2	1.6	17.3
2	Kipas Angin	22.4	17.6	4.8	27.27
3	Solder	23.6	23.4	0.2	0.85
4	Setrika	304.1	320.6	16.5	5.14
5	Rice Cooker	388.5	373.8	14.7	3.93
6	Pompa Air	160.8	158.3	2.5	1.57

Pengujian tegangan, arus, daya, dan faktor daya menggunakan sensor PZEM-004T dilakukan di rumah dengan daya 900 VA. Pada pengujian daya, lampu menghasilkan konsumsi daya terendah dari enam beban, yaitu 10. 8W. Sementara itu, rice cooker menghasilkan konsumsi daya tertinggi, yaitu 388. 5W. Dalam pengujian daya di atas, pompa air memiliki kesalahan terendah, sedangkan kipas angin memiliki kesalahan tertinggi. Nilai kesalahan bervariasi, dengan rata-rata kesalahan sebesar 8. 35%. Dengan perbedaan perhitungan antara power meter dan sensor PZEM yang berkisar dari 0. 2W hingga 16. 5W, kedua alat pengukur tersebut cukup akurat karena perbedaan yang tidak terlalu besar.



Gambar 25. Pengujian Daya pada aplikasi dan alat ukur

Pada gambar 20 adalah perbandingan antara aplikasi yang berhasil dibuat dengan alat power meter untuk mengetahui watt pada masing-masing beban yang berbeda.

4) Hasil Rata-rata Error

Tujuan dilakukan perhitungan nilai error adalah untuk mengetahui seberapa efektif sistem ini digunakan. Nilai error dapat diketahui dengan menggunakan rumus. Dalam Perhitungan ini hasil perhitungan mengabaikan nilai.

Berdasarkan data pengujian di atas, dapat ditentukan nilai rata-rata kesalahan untuk nilai tegangan pada sensor PZEM-004T.

Tabel 6. Hasil rerata nilai error tegangan, arus dan daya

No	Beban Listrik	Rerata error tegangan(%)	Rerata error arus(%)	Rerata error daya(%)
1	Lampu	1.18	44.5	17.3
2	Kipas Angin	1.05	49.13	27.27
3	Solder	5.26	14.4	0.85
4	Setrika	3.37	4.37	5.14
5	Rice Cooker	0.5	3.91	3.93
6	Pompa Air	0.4	4.71	1.57
Rerata nilai error(%)		1.96	20.17	9.34

Tabel 7. Hasil rata-rata error keseluruhan

Parameter yang dibandingkan	Nilai rata-rata error(%)
Tegangan	1.96
Arus	20.17
Daya	9.34
Nilai rata-rata error keseluruhan(%)	10.49
Akurai pengukuran alat (%)	89.51

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, penulis telah merangkum beberapa kesimpulan, antara lain:

1. Membuat sebuah rancang bangun sistem moitoring menggunakan mikrokontroler NodeMCU8266 yang

terintegrasi dengan aplikasi. Dengan fitur dapat memantau beberapa parameter serta terdapat menu login yang membuat aplikasi lebih aman.

2. Alat monitoring berbasis IoT berhasil meringankan pengguna dalam memantau dan mengetahui konsumsi listrik terutama sektor rumah tangga secara real-time. Sensor pzem-004t mampu mengukur besaran listrik dengan sangat baik dibuktikan dengan nilai error tegangan 1,96%, nilai error arus listrik 20,17% dan nilai error daya 9,34%.
3. Perangkat yang berhasil dikembangkan memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Hal ini terlihat dari data rata-rata yang menunjukkan konsistensi dalam pengukuran, dengan tingkat kesalahan rata-rata keseluruhan sebesar 10,49% dan akurasi perangkat sebesar 89,51%. Selain akurasi tinggi, perangkat ini juga memiliki ukuran yang sesuai sehingga mudah dibawa, menjadikannya kompetitif dengan perangkat siap pakai dan aplikasi pemantauan yang mudah digunakan kapan saja, asalkan smartphone terhubung ke internet.

Saran

Penulisan saran dapat ditambahkan pada bagian ini. Namun bukan merupakan suatu sub bab dari bagian kesimpulan, melainkan dalam suatu paragraph akhir setelah kesimpulan atau dapat diuraikan dalam beberapa poin angka.. Tuliskan sesuai bentuk template yang dituliskan di bagian ini.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. S. Hadi, A. S. Anas, and L. G. R. Putra, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik Berbasis Internet of Things," *CIRCUIT J. Ilm. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 1, pp. 54–66, 2022.
- [2]. B. Prayitno, A. Muhammad, R. I. Putra, E. Putra, and P. Palupiningsih, "Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Controlling Penggunaan Daya Peralatan Listrik Rumah Tangga Menggunakan IoT," *Petir*, vol. 15, no. 1, pp. 57–62, 2021, doi: 10.33322/petir.v15i1.1383.
- [3]. A. von Meier, *Electric Power Systems: A Conceptual Introduction*. 2006. doi: 10.1002/0470036427.
- [4]. J. Siswanto, S. Endang, and J. Budi, *Fisika Dasar* :

Listrik Arus Searah dan Kemagnetan, vol. 3. 2018.

- [5]. C. Sankaran, *Power Quality*. Boca Raton London New York Washington, D.C.: United States of America: CRC Press LLC, 2002.
- [6]. D. A. Putra, "Trainer Power Faktor (PF) menggunakan Regulator 6 Step," *Univ. Yogyakarta*, 2012.
- [7]. L. Budi, A. Belly, A. Dadan H, and C. Agusman, "DAYA AKTIF, REAKTIF & NYATA," 2010.
- [8]. F. C. D. La Rosa, *HARMONICS AND POWER SYSTEMS*, vol. 44, no. 8. 2006. [Online]. Available: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9781420004519/harmonics-power-systems-francisco-de-la-rosa>
- [9]. W. Yuniarto, I. I, S. S, R. Man, M. Diponegoro, and E. E, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Kontrol Energi Listrik Pada Beban 3 Fasa Menggunakan Esp32 Berbasis Internet of Think (Iot)," *J. Poli-Teknologi*, vol. 22, no. 1, pp. 30–38, 2023, doi: 10.32722/pt.v22i1.5102.
- [10]. M. S. Novelan, Z. Syahputra, and P. H. Putra, "Sistem Kendali Lampu Menggunakan Nodemcu dan MySQL Berbasis IoT (Internet of Things)," *InfoTekJar J. Nas. Inform. dan Teknol. Jar.*, vol. 5, no. 1, pp. 117–121, 2020.

VII. BIODATA PENULIS



Riki Febri Hansyah, lahir di Kediri, 5 Februari 2002. Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah menengah kejuruan di SMK Negeri 2 Kediri pada tahun 2021. Saat ini, ia melanjutkan studinya di universitas swasta, Universitas Islam Kadiri, yang terletak di Kediri, jurusan Teknik Elektro dengan konsentrasi Rekayasa Energi Listrik. Terakhir, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan atas selesainya penelitian ini, berjudul "Rancang Bangun Hardware Dan Software Monitoring Faktor Daya Berbasis IoT".