

Sistem Monitoring Penggunaan Listrik Untuk Audit Energi Pada Bangunan Berbasis Iot

1st Ahmad Yulianto Bekti Sasmito

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

yulianbekti@student.telkomuniversity.a
c.id

2nd Muhammad Ary Murti

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

arymurti@telkomuniversity.ac.id

3rd Azam Zamhuri Fuadi

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

azamzamhurifuadi@telkomuniversity.a
c.id

Abstrak— Audit energi pada gedung atau bangunan sangatlah penting terutama penggunaan energi listrik, porsi pemakaian serta alokasi dan untuk penyediaan energi listrik merupakan salah satu yang dominan. Langkah untuk menghindari terjadinya pemborosan energi listrik, Direktorat pembangunan energi telah membuat petunjuk konservasi energi pada bangunan gedung yang mengkonsumsi energi cukup besar. Pada penelitian ini telah di bangun sistem Audit IKE berbasis IoT yang sesuai dengan peraturan pemerintah SNI 6196 tahun 2011. Merancang sebuah alat untuk mengirim data besaran listrik tiga fasa pada gedung, sistem monitoring audit energi untuk memantau nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) dengan menggunakan Wi-Fi sebagai sistem komunikasi. Data yang telah tersimpan pada Platform IoT dapat diakses pada aplikasi smartphone dan website dashboard monitoring. Perbandingan pembacaan dari tiga jenis kWh meter, kWh Schneider mempunyai rata-rata akurasi 96,83% dan ZIZM194-DAY mempunyai rata-rata akurasi 94,09%, kWh meter berhasil mengirimkan data besaran listrik tiga fasa menuju Antares 100%. Data VPS akan ditampilkan pada aplikasi smartphone dan website monitoring audit energi, data yang ditampilkan pada aplikasi smartphone dan website monitoring 100% berhasil. Perbandingan ukuran data HTTP dan MQTT yang didapatkan yaitu MQTT lebih kecil ukuran data kirim dan data terima.

Kata kunci— Internet of Things, ESP-32, Protokol MQTT, Power Meter, Audit Energif.

I. PENDAHULUAN

Sektor kelistrikan memegang peran penting dalam pembangunan suatu negara. Perannya tidak hanya sebatas sebagai sarana produksi untuk memfasilitasi pembangunan sektor- sektor ekonomi lainnya (seperti industri pengolahan, pertanian, pertambangan, pendidikan, dan kesehatan), tetapi juga sebagai faktor yang bisa memenuhi kebutuhan sosial masyarakat sehari-hari [1].

Pada era modern, teknologi semakin berkembang pesat, seiring berjalannya waktu mesin-mesin industri atau alat-alat rumah tangga juga berevolusi dari memanfaatkan tenaga uap hingga saat ini sudah sangat bergantung pada energi listrik. Di Indonesia segala kegiatan rumah tangga, industri dan pada fasilitas umum menggunakan energi listrik yang disupply oleh PT Perusahaan Listrik Negara (PT PLN). Listrik dari PT PLN yang disalurkan ke rumah-rumah, perkantoran, pabrik industri, dan fasilitas umum akan diberikan instrumen pengukur[2]. Permintaan listrik selalu

tumbuh lebih tinggi dibandingkan dengan jenis energi lainnya. Pertumbuhan permintaan listrik, diproyeksikan mencapai 2.214 TWh (BaU), 1.918 TWh (PB), 1.626 TWh (RK) pada tahun 2050 atau naik hampir 9 kali lipat dari permintaan listrik tahun 2018 sebesar 254,6 TWh. Laju pertumbuhan permintaan listrik rata-rata pada ketiga skenario sebesar 7% (BaU), 6,5% (PB) dan 6,0% (RK) per tahun selama periode 2018-2050[3].

Untuk mengatasi masalah tersebut dapat disimpulkan banyak pengguna energi listrik tidak memanfaatkan dengan baik. Selain itu, kurang mudahnya sistem monitoring pada pengguna energi listrik membuat pengguna tidak mengetahui konsumsi pemakaian energi listrik. Oleh karena itu diperlukan perancangan yang tepat, seperti membuat alat microcontroller yang dapat memonitoring perangkat elektronik secara real-time berbasis IOT (Internet of things) yang dapat memonitoring dengan web interface. Dengan adanya sistem monitoring energi listrik ini diharapkan dapat berguna untuk menghemat energi listrik dan bijak dalam menggunakan perangkat elektronik.

Dengan perkembangan IoT protocol MQTT merupakan protocol komunikasi yang dirancang khusus untuk mendukung komunikasi “machine to machine” adalah protokol yang dapat berkomunikasi dengan device/perangkat yang tidak memiliki alamat khusus. MQTT merupakan protocol komunikasi yang sangat sederhana dan ringan. Protokol MQTT juga memiliki fungsi publish dan subscribe yang mana dapat digunakan untuk komunikasi 2 arah.

Usulan pada perancangan ini menggunakan protocol MQTT untuk komunikasi 2 arah untuk menciptakan data yang hemat dan efisien. Memandingkan jenis-jenis kWh meter yang mempunyai nilai error yang kecil. Perancangan ini memiliki kemampuan untuk dapat memantau data konsumsi daya listrik dari setiap gedung secara realtime untuk audit energi listrik, riwayat data dalam kurun bulanan hingga tahunan, mengirimkan pemberitahuan ke pengelola serta memproses audit energi listrik untuk penghematan konsumsi energi listrik sesuai dengan nilai IKE (Intensitas Konsumsi Energi) dan kriterianya.

II. KAJIAN TEORI

A. Penelitian Terdahulu

Pada penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Nareswara [4]. Penelitian tersebut telah dirancang perangkat kWh Meter Wifi masih menggunakan Arduino Mega yang

tidak memiliki modul komunikasi Wi-Fi, hasil pengukuran disimpan pada Mikro SD yang memiliki keterbatasan penyimpanan dan fleksibilitas, Monitoring audit energi listrik masih menggunakan *Visual Basic*, tidak menggunakan *website monitoring*.

B. Energi Listrik

Pengertian energi listrik adalah kemampuan untuk melakukan atau menghasilkan usaha listrik (kemampuan yang diperlukan untuk memindahkan muatan dari satu titik ke titik yang lain), dilambangkan dengan W [5]. Dalam teori tersebut seperti beda potensial menimbulkan energi untuk menggerakkan muatan electron dari titik potensial rendah menuju titik potensial tinggi.

1. Konsumsi Listrik Gedung

Terdapat tiga sektor utama yang menjadi pengguna energi listrik, yakni sektor rumah tangga, industri, dan komersial meliputi: bisnis, sosial, dan gedung pemerintah, bangunan gedung merupakan subsector dari sektor komersial. Di antara ketiga sektor tersebut, sektor industri dan komersial adalah pengguna energi berskala besar. Menurut data Statistik Perusahaan Listrik Negara (PLN) 2013. Sementara itu sektor komersial dengan jumlah pelanggan berkisar 7% mengonsumsi sekitar 24,69% dari total konsumsi listrik. Efisiensi energi disektor industri dan komersial sangatlah penting karena manfaatnya yang besar [6].

2. Faktor Kebutuhan

Faktor kebutuhan adalah perbandingan beban puncak dengan beban terpasang pada sistem yang digunakan, pusat perbelanjaan, kantor-kantor dan industri memiliki faktor kebutuhan tinggi sedangkan gudang dan tempat rekreasi memiliki faktor kebutuhan rendah [7].

3. Daya Listrik

Daya listrik didefinisikan sebagai kecepatan berubahnya energi terhadap waktu dalam bentuk tegangan dan arus. Jika tegangan diukur dalam volt, dan arus dalam ampere maka daya dinyatakan dalam volt ampere. Dalam sistem tenaga listrik daya merupakan jumlah energi yang digunakan untuk melakukan kerja atau usaha. [8].

4. Daya Aktif/Nyata

Daya aktif biasanya disebut juga dengan daya nyata. Daya ini dapat secara langsung digunakan oleh beban untuk diubah ke energi lain seperti energi panas, energi cahaya dan sebagainya. [9].

$$P = V.I.\cos \varphi \quad (2.1)$$

5. Daya Reaktif

Daya reaktif disebut juga sebagai daya buta. Daya ini tidak dapat dipakai secara langsung oleh beban untuk diubah menjadi energi lain, tetapi berupa daya magnetisasi yang dapat membangkitkan fluksi magnet pada peralatan listrik induksi[9].

$$Q = V.I.\sin \varphi \quad (2.2)$$

6. Daya Semu/Tampak

Daya Semu (Apparent Power) adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan rms dan arus rms

dalam suatu jaringan atau daya yang merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan daya reaktif[9].

$$S = V_{pn} \times I_{pn} \quad (2.3)$$

C. Audit Energi

Audit energi merupakan aktivitas pemeriksaan berkala untuk mengetahui ada tidaknya penyimpangan dalam suatu kegiatan penggunaan energi, menentukan langkah perbaikannya serta mengevaluasi tingkat kelayakannya. Monitoring konsumsi energi secara teratur merupakan keharusan untuk mengetahui besarnya energi yang digunakan pada setiap bagian selama selang waktu tertentu sehingga usaha konservasi energi dapat dilakukan. Berdasarkan ruang lingkup audit energi dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu audit energi awal dan audit energi rinci [10].

$$IKE = x = \frac{\text{Energi yang digunakan (kWh/tahun)}}{\text{luas bangunan (m}^2\text{)}} \quad (2.4)$$

Perhitungan nilai IKE bulanan dengan rumus:

$$IKE = x = \frac{\text{Energi yang digunakan (kWh/bulanan)}}{\text{luas bangunan (m}^2\text{)}} \quad (2.5)$$

D. IoT (*Internet of Thing*)

Internet of Thing atau IoT adalah sebuah istilah yang dimaksudkan dalam penggunaan internet yang lebih besar, mengadopsi komputasi yang bersifat mobile dan konektivitas kemudian menggabungkannya kedalam kesehari-harian dalam kehidupan kita [11] Internet of Thing (IoT) adalah sebuah konsep dimana suatu objek yang memiliki kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer. Perkembangan IoT dapat dilihat mulai dari tingkat konvergensi teknologi nirkabel, microelectromechanical (MEMS), internet, dan QR (Quick Responses) Code. IoT juga sering diidentifikasi dengan RFID (Radio Frequency Identification) sebagai metode komunikasi [12].

E. Protokol MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*)

Protokol Message Queue Telemetry Transport (MQTT) adalah protokol pesan yang sangat sederhana dan ringan. Protokol MQTT menggunakan arsitektur publish/subscribe yang dirancang secara terbuka dan mudah untuk diimplementasikan, yang mampu menangani ribuan client jarak jauh dengan hanya satu server. MQTT meminimalkan bandwidth jaringan dan kebutuhan sumber daya perangkat ketika mencoba untuk menjamin kehandalan dan pengiriman. Pendekatan ini membuat protokol MQTT sangat cocok untuk menghubungkan mesin ke mesin (M2M), merupakan aspek penting dari konsep Internet of things [13].

F. Network Time Protokol (NTP)

NTP adalah singkatan dari Network Time Protocol, adalah sebuah protocol untuk meng-sinkronkan waktu sistem (clock) pada komputer terhadap sumber yang akurat, melalui jaringan intranet ataupun internet. NTP Server mentransmisikan paket informasi waktu kepada komputer client melalui NTP Client yang melakukan request. NTP menggunakan port komunikasi UDP dengan nomor 123. Protokol ini didesain untuk dapat bekerja dengan baik meskipun media komunikasinya bervariasi, mulai dari yang

waktu latensinya tinggi hingga yang rendah, mulai dari media kabel sampai dengan media udara [14].

G. KWh Meter

KWH meter merupakan alat ukur untuk menghitung dan mengetahui tegangan, arus, daya, power factor, frekuensi dan energi listrik yang terpakai pada beban/peralatan listrik yang terhubung selama waktu tertentu. KWh-meter terbagi menjadi dua jenis yaitu kWh-eter analog dan kWh-metr digital. KWh-meter yang dikenal umumnya oleh masyarakat adalah kWh-meter konvensional (analog). KWh-meter analog yaitu masih menggunakan kumparan dan piringan bundar yang berputar untuk menghitung energi yang digunakan suatu beban. KWh-meter digital menampilkan jumlah (nilai) kWh menggunakan LCD display sehingga memudahkan penggunaan untuk melakukan pembacaan [15].

H. Akurasi Pembacaan Data

Akurasi adalah sejauh mana konsekuensi dari estimasi, perhitungan, atau detail sesuai dengan nilai atau standar yang tepat. Pada akhirnya, ketepatan memutuskan seberapa dekat perkiraan dengan nilai yang diakui atau benar. Akurasi adalah mendapatkan nilai yang mendekati nilai aslinya. Memperkirakan seberapa tepat suatu estimasi dijintraskan dengan referensi yang berbeda disebut dengan akurasi [16].

Pengukuran lain yang sering digunakan untuk mengukur akurasi adalah error relatif. Rumus 2.6 berbeda dengan error absolut, error relatif membagi selisih antara nilai sebenarnya x dan nilai observasi x' dengan nilai sebenarnya. Hasil yang diperoleh merupakan nilai tanpa satuan [17]. Persamaan error relatif disajikan pada Persamaan berikut :

$$eR = | (x - x') / x | \quad (2.9)$$

I. Wi-Fi

Komunikasi tanpa kabel/nirkabel (wireless) telah menjadi kebutuhan dasar atau gaya hidup baru masyarakat informasi. LAN nirkabel yang lebih dikenal dengan jaringan Wi-Fi menjadi teknologi alternatif dan relatif lebih mudah untuk diimplementasikan di lingkungan kerja (SOHO/ Small Office Home Office), seperti di perkantoran, laboratorium komputer, dan sebagainya. Instalasi perangkat jaringan Wi-Fi lebih fleksibel karena tidak membutuhkan penghubung kabel antar komputer[18].

J. Over The Air (OTA)

Over The Air Update adalah proses memuat firmware pada modul ESP pada perangkat IoT menggunakan koneksi jaringan Wi-Fi dari pada menggunakan kabel port serial. Secara umum istilah OTA adalah mekanisme penggunaan wireless untuk mengirim data, memperbarui paket untuk pembaruan firmware atau perangkat lunak ke mobile, sehingga pengguna tidak perlu lagi pergi mengakses fisik perangkat untuk mengubah aplikasi, parameter, firmware, atau memperbarui software [19].

K. Antares

Antares merupakan platform dari internet of things (IoT) yang dapat digunakan secara gratis maupun berbayar untuk menunjang pengkerjaan dalam bidang IoT. Dalam sistem monitoring yang dirancang penulis memanfaatkan Antares sebagai cloud untuk database dari sistem yang dibuat. Antares menerima data dari sensor yang dikirim melalui

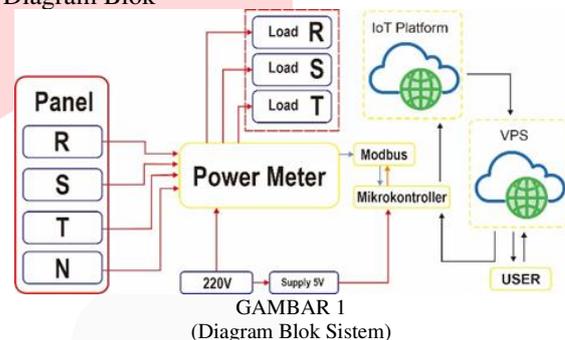
ESP32 dan kemudian disimpan pada penyimpanan yang disediakan dari Antares.

L. Virtual Private Server

VPS (Virtual Private Server) adalah teknologi virtualisasi server. Sebuah physical server dibagi menjadi beberapa virtual private sever sehingga setiap VPS terlihat dan bekerja seperti sebuah server mandiri yang sebenarnya. Setiap VPS memiliki Full Root Acces, Sistem Operasi, dan pengaturan sendiri untuk init script, users, pemrosesan, filesystem, dan sebagainya termasuk resources server seperti CPU dan RAM yang berdiri sendiri. Berbeda dengan shared hosting yang menggunakan resource server bersama sama dan saling mempengaruhi, proses yang berjalan pada suatu VPS tidak akan mempengaruhi VPS yang lain dalam satu server [20].

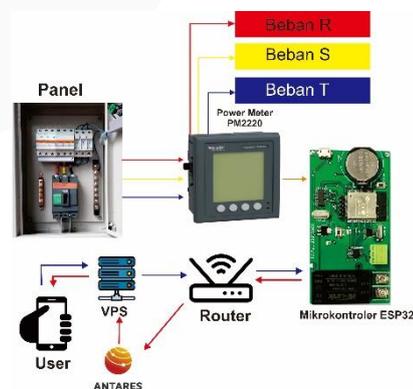
III. DESAIN SISTEM

A. Diagram Blok



Pada perancangan sistem yang dibuat, sensor yang digunakan yaitu Power Meter 3 fasa tipe Schneider PM2220 yang bisa membaca nilai tegangan, arus, energi, frekuensi serta daya listrik. Untuk mengolah data dan sebagai sistem kontroler, digunakan sebuah mikrokontroler berupa ESP32. ESP32 yaitu berfungsi untuk mengolah data hasil pembacaan Power Meter dan mengirim data hasil pengolahan menuju platform Antares. Selanjutnya data dari Antares yang berupa nilai berupa tegangan (V), arus (I), daya listrik (P), daya reaktif (Q), power factor(Pf) frekuensi (HZ) diambil untuk simpan didatabase dan ditampilkan pada aplikasi/dashboard.

B. Desain Perangkat Keras

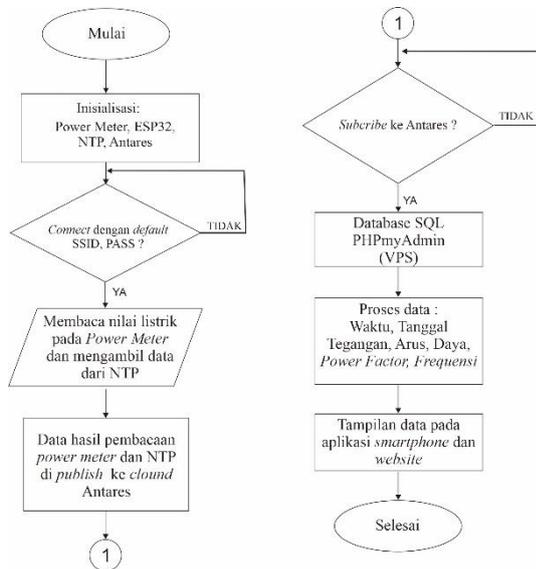


GAMBAR 2
(Desain Perangkat Keras)

Perangkat keras yang digunakan pada sistem monitoring penggunaan daya listrik tiga fasa pada gedung rektorat Telkom

University yaitu dari panel tiga fasa, Power Meter 3 fasa jenis Scheinder PM2220, Modbus RS-485, serta mikrokontroler jenis ESP32. Panel tiga fasa merupakan komponen utama sebagai pemasok listrik sebelum ditransmisikan menuju ruangan-ruangan pada gedung kampus.

C. Diagram Alir

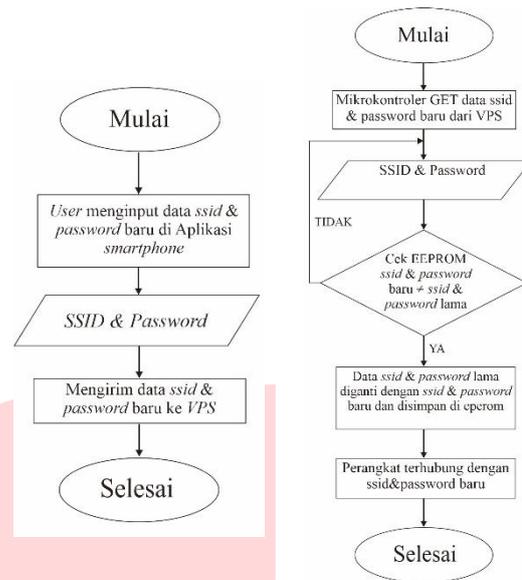


GAMBAR 3 (DIAGRAM ALIR SISTEM)

Alur diagram alir sistem untuk proses perancangan sistem perangkat lunak pada Gambar 3 adalah sebagai berikut :

1. Inisialisasi akan dilakukan oleh ESP32, ESP32 disetting dengan default ssid dan default password yang akan membuat perangkat tersebut terhubung pada access point.
2. ESP32 kemudian akan melakukan input eeprom pada default ssid dan password. Ketika telah terhubung pada default access point maka perangkat akan melakukan pembacaan data besaran listrik. Jika kondisi tidak terpenuhi atau perangkat kWh meter 3 Fasa tidak terhubung ke default ssid dan password ke access point maka ESP32 akan mencoba menghubungkan kembali pada default ssid dan password.
3. KWh meter digital 3 fasa melakukan pembacaan hasil pengukuran data besaran listrik.
4. Data besaran listrik yang telah dibaca dikirim pada cloud Platform Antares.
5. Data besaran listrik di ambil dari cloud Antares dan simpan pada Virtual Private Server (VPS).
6. Data besaran listrik akan ambil dari VPS dan ditampilkan di aplikasi smartphone/web dashboard agar dapat dipantau oleh user.

D. Over The Air



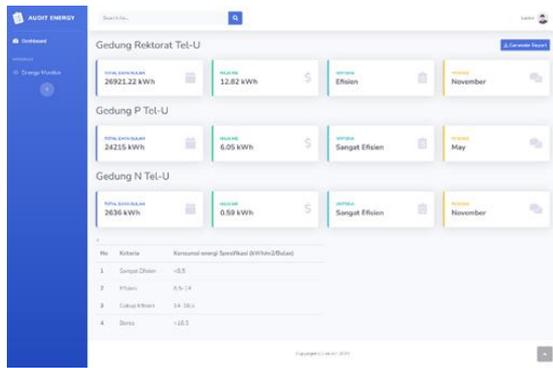
GAMBAR 4 (Diagram Alir Ota)

Alur diagram alir sistem untuk proses OTA pembaruan ssid dan password pada Gambar 4 adalah sebagai berikut :

1. Ketika dibutuhkan pembaruan koneksi wifi, user memasukkan ssid dan password baru pada aplikasi smartphone.
2. SSID dan password baru akan dikirim ke Virtual Private Server (VPS).
3. Mikrokontroler ESP32 akan melakukan pengambilan data ssid dan password baru dari VPS.
4. Eeprom akan melakukan cek apakah kondisi ssid dan password lama berbeda dengan ssid dan password baru, jika kondisi tersebut terpenuhi maka akan lanjut ke proses selanjutnya. Namun jika kondisi tidak terpenuhi yaitu ssid dan password lama sama dengan ssid dan password baru maka ESP32 akan mengambil data terus menerus ke VPS untuk melakukan pengecekan.
5. Jika kondisi terpenuhi maka ssid dan password lama akan terganti dengan ssid dan password baru dan akan disimpan pada eeprom.
6. Perangkat kWh meter 3 fasa IoT akan terhubung dengan access point dengan ssid dan password terbaru.

E. Desain Dashboard Monitoring Audit Energi

Website yang dirancang pada penelitian ini yaitu dengan memadukan antara tampilan tampilan depan atau front end dan back end. Website yang dirancang akan menampilkan data berupa hasil perhitungan nilai IKE dari arus, tegangan, daya, power factor, dan frekuensi serta energi listrik terhadap waktu yang didapatkan dari Antares. Website digunakan sebagai dashboard monitoring audit energi penggunaan listrik tiga fasa dapat dimodifikasi sesuai dengan keinginan agar lebih mempermudah dalam menangkap informasi yang diberikan. Berikut tampilan website yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 5.



GAMBAR 5
(Website Monitoring Audit Energi)

F. Security Database

Basis Data/database pada perancangan system monitoring audit energi listrik ini menggunakan platform IoT Antares dan Virtual Private Server. Antares pada perancangan ini berfungsi sebagai database utama/primer dan Virtual Private Server yaitu sebagai database sekunder atau sebagai database cadangan.

Fungsi utama menggunakan platform Antares selain sebagai database utama yaitu sebagai security data. Dikarenakan Antares sudah mempunyai security yang handal dibandingkan dengan Virtual Private Server yang masih rentan terhadap perentasan data.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Akhir Alat



GAMBAR 6
(Hasil Akhir Alat)

Pada Gambar 6 merupakan hasil rancangan kWh meter 3 fasa Wi-Fi yang terpasang di panel listrik gedung Rektorat Telkom University, alat tersebut merupakan implementasi dari desain perangkat keras. Penulis menggunakan software Autodesk Fusion 360 untuk pembuatan desain cover device kWh meter 3 fasa. Pengujian Fuzzy.

B. Pengujian Tingkat Akurasi Pembacaan kWh Meter 3 Fasa

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui akurasi dan persen error dari 3 jenis kWh meter yang berbeda merek dan tipe. Dengan rumus sebagai berikut :

$$Percent Error (\%) = \left(\frac{Nilai fuzzy - Nilai acuan}{Nilai acuan} \right) \times 100 \quad [4.1]$$

$$Akurasi = 100\% - Percent Error \quad [4.2]$$

Acuan pengujian kWh meter 3 fasa menggunakan kWh PMC-340 yang sudah ditera oleh Badan Metrologi hasil tera Menteri Perdagangan kWh PMC-340. Pengujian dilakukan mengambil sebanyak 30 kali data dengan interval waktu 2 menit selama 1 jam.

1. Pengujian akurasi Tegangan (V)

TABEL 1
(Tabel Pembacaan Sampel Tegangan Va)

No	Jenis Power Meter	Rata-Rata Akurasi	Rata -Rata Error
1	Schneider PM2220	99,79%	0,207%
2	ZIZM194-DAY	99,80%	0,202%

TABEL 2
(Tabel Pembacaan Sampel Tegangan Vb)

No	Jenis Power Meter	Rata-Rata Akurasi	Rata -Rata Error
1	Schneider PM2220	99,84%	0,164%
2	ZIZM194-DAY	99,88%	0,117%

TABEL 3
(Tabel Pembacaan Sampel Tegangan Vc)

No	Jenis Power Meter	Rata-Rata Akurasi	Rata -Rata Error
1	Schneider PM2220	99,77%	0,227%
2	ZIZM194-DAY	99,93%	0,071%

2. Pengujian akurasi Energi (kWh)

TABEL 4
(Tabel Pembacaan Sampel Energi)

No	Jenis Power Meter	Rata-Rata Akurasi	Rata -Rata Error
1	Schneider PM2220	100%	0%
2	ZIZM194-DAY	97,5%	2,51%

C. Pengujian Pengiriman Data ke Antares Menggunakan Protokol MQTT

Tujuan pengujian ini untuk mengetahui tingkat keberhasilan pengiriman dan penyimpanan data dari ESP32 ke Antares. Dari 30 kali pengiriman nilai data kWh meter 3 fasa 100% data berhasil dikirim ke Antares menggunakan protocol MQTT . Dengan interval satu kali pengiriman paket data setiap 4 menit sekali, data yang berhasil terkirim akan otomatis ter update dan tersimpan di Antares. Dalam satu kali pengiriman akan dikirim satu paket data yang memuat 27 variabel nilai kWh 3 fasa.

1. Pengujian Ukuran Data MQTT dan HTTP

Pada bagian ini dilakukan pengujian untuk mengetahui konsumsi ukuran data protokol MQTT dan HTTP. Pengujian dilakukan dengan interval waktu pengiriman 1 menit sekali ke Antares dengan mengirim 10 kali data kWh meter. Hasil pengujian menunjukkan protocol MQTT tergolong lebih hemat karena ukuran data upload dan download lebih kecil dibandingkan dengan protocol HTTP.

D. Pengujian Network Time Protocol (NTP)

Pengujian ini dilakukan untuk menguji tingkat keberhasilan fungsi pengambilan sumber waktu pada pool time server. Pengujian dilakukan selama 1 jam dengan pembacaan waktu NTP selama 2 menit sekali dengan menghubungkan mikrokontroler ke jaringan Wi-Fi kemudian dimonitoring melalui serial monitor. Hasil pengujian pensinkronan waktu melalui NTP (Network Time Protocol) dengan mikrokontroler, dari sampel 30 data waktu yang di ambil terdapat delay selama 1 detik.

E. Pengujian Pada Aplikasi



GAMBAR 7
(Dashboard Monitoring Audit Energi)

Pengujian pada perangkat power meter 3 fasa ini memiliki tujuan untuk mendapatkan tingkat keberhasilan dalam melakukan monitoring sistem audit Intensitas Konsumsi Energi (IKE). Informasi penggunaan Intensitas Konsumsi Energi pada pengujian ini termasuk dalam prosedur audit energi awal.

Dilihat dari Gambar 7 dapat menampilkan hasil dari Audit Energi sesuai dengan perhitungan yang sudah ditentukan. Percobaan dilakukan selama 3 bulan dengan memasang kWh meter di gedung Rektorat Telkom University dengan mengirimkan data besaran kWh ke Antares kemudian di ambil oleh VPS.

TABEL 5
(Tabel Pembacaan *End to End* Nilai kWh)

Data ke-	kWh Pada LCD	kWh Pada Web Monitoring
1	58517.28	58517.28
2	59137.99	59137.99
3	59537.11	59537.11
4	59798.3	59798.3
5	60810.08	60810.08
6	61112.38	61112.38
7	65161.29	65161.29
8	65449.27	65449.27
9	65918.84	65918.84
10	72953.18	72953.18

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

Hasil akurasi data perbandingan *power meter* besaran listrik 3 fasa tipe PM2220 lebih akurat dibandingkan dengan ZIZM194. Protokol MQTT lebih hemat data *upload* dan *download* dibandingkan protocol HTTP. Pengambilan data waktu NTP server terdapat *delay* 1 detik. Aplikasi *smartphone* dan *website monitoring* audit energi dapat menampilkan data sesuai dengan data yang tersimpan pada VPS berhasil 100%.

REFERENSI

- [1] L. Adam, "Dinamika Sektor Kelistrikan di Indonesia, Kebutuhan dan Performa Penyediaan," *Ekonomi dan Pembangunan*, vol. 24, no. 1, 9 September 2016.
- [2] F. A. D. Pratama, "Real Time Data Longger Untuk KWH Meter Digital Tiga Fasa Berbasis Internet Of Things (IOT) dan Cloud Storge," *Telkatika*, vol. 1, no. 1, 2021.
- [3] D. D. Siswanto, *Indonesia Outlook 2019*, vol. 4, Secretariat General Nation Energy Council, 2019, pp. 187-197.
- [4] R. D. d. A. A. I. Nareswara, "Rancangan Bangun Sistem Pengendalian Beban Listrik Berbasis Internet Of Things (IOT)," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 08, no. 03, pp. 499-506, 18 Juli 2019.
- [5] D. H. Dini Mulyani, "Pengaruh Efisiensi Energi Listrik pada Sektor Industri dan Komersial terhadap Permintaan Listrik di Indonesia," *Jurnal Ekonomi Kuantitatif Terapan*, vol. 11, no. 4, 2018.
- [6] S. Nor, "Penerapan Internet Of Things (Iot) Sebagai Pengendali Peralatan Listrik Dan Pemantau Daya Listrik Berbasis Web," *Jurnal EEICT*, 2019.
- [7] J. B. S. H. Hamdani, "Sistem Kendali Peralatan Elektronik Rumah Tangga Berbasis Internet Of Things Menggunakan Protokol MQTT," *Jurnal BITE*, vol. 2, 2020.
- [8] K. B. A. S. S. Fadlih Adbdi Pratama, "REAL TIME DATA LONGGER UNTUK KWH METER DIGITAL TIGA FASA BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) DAN CLOUD STORAGE," *TELKATIKA*, vol. 1, 2021.
- [9] D. P. I. W. S. I Wayan Sukadana¹, "Sistem Monitoring dan Audit Energi Listrik Berbasis Internet Of Things," *JTEV (Jurnal Teknik Elektro)*, vol. 7, pp. 139-149, 2021.
- [10] B. G. Melipurbowo, "PENGUKURAN DAYA LISTRIK REAL TIME DENGAN," *ORBITH*, vol. 12, no. 20, pp. 17-23, 20