

SISTEM PEMANTAUAN PENGGUNAAN LISTRIK RUMAH TANGGA DENGAN WEBSITE BERBASIS IOT

Ridwan¹, Sandy Bhawana Mulia^{2*}, Achmad Ibnu Rosid³

Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Politeknik Manufaktur Bandung^{1,2,3}

*korespondensi: sandy@ae.polman-bandung.ac.id

Abstract

Electricity, as a very important source of energy, was distributed to customers in the amount of 245518.17 GWh in 2019, and 42.25% of customers were households. The high consumption of electricity needs to be kept in mind. It is necessary to have a good and intelligent energy efficiency system. Nowadays, Internet of Things (IoT) technology is being widely used. The electricity monitoring system and prediction of the use of electrical energy in real time based on technology can be one solution to the problem of electrical energy efficiency. For this reason, the Monitoring System for household electricity use using an Internet of Things-based website is expected to increase user awareness and make electrical energy efficient in household groups. This study designs Internet of Things (IoT) technology for a smart monitoring system in everyday electricity use. The research method is experimental with a quantitative approach. This study tries Firebase as an IoT platform with NodeMCU ESP-32 as the microcontroller. The sensor used to detect all electrical parameters is PZEM 004T V3. Monitoring data in real time can be accessed via a web browser. The system as a whole system works well, in accordance with the desired work design. The average value of error reading energy is 2% or a difference of 0.01 kWh every day, as well as latency testing with an average delay of 21.5 ms, with 64 Byte data testing with a timeout of 1000 ms, 0.2% packet loss percentage of 548 data.

Keywords: Monitoring, Household electricity, PZEM 004T V3, IoT.

Abstrak

Listrik sebagai sumber energi yang sangat penting bagi masyarakat di Indonesia, pada tahun 2019 listrik yang didistribusikan kepada pelanggan sebesar 245518,17 GWh dengan 42,25% pelanggan berasal dari golongan rumah tangga. Tingginya penggunaan listrik perlu diwaspadai, diperlukan adanya sebuah sistem efisiensi energi listrik yang baik. Dewasa kini teknologi *Internet of Things* (IoT) sedang marak digunakan. Sistem pemantauan listrik dan prediksi penggunaan energi listrik secara *realtime* berbasis teknologi dapat menjadi salah satu solusi dari permasalahan efisiensi energi listrik. Untuk itu, sistem pemantauan penggunaan listrik rumah tangga menggunakan *website* berbasis *Internet of Things* diharapkan dapat meningkatkan kesadaran pengguna dan mengoptimalkan energi listrik pada golongan listrik rumah tangga. Penelitian ini mendesain teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk sistem pemantauan yang pintar dalam penggunaan listrik sehari-hari. Metode penelitian bersifat eksperimental dengan pendekatan kuantitatif. Penelitian ini mencoba Firebase sebagai *platform IoT* dengan NodeMCU ESP-32 sebagai mikrokontrolernya. Sensor yang digunakan untuk men-sensing seluruh parameter listrik ialah PZEM 004T V3. Data pemantauan secara realtime bisa diakses melalui *web browser*. Sistem secara keseluruhan sistem bekerja baik, sesuai dengan desain kerja yang diinginkan. Nilai rata-rata galat pembacaan energi 2% atau dengan selisih 0.01 kWh setiap harinya, serta pengujian latensi dengan rata-rata *delay* 21,5 ms, dengan pengujian 64 Byte data dengan *timeout* 1000 ms persentasi *packet lost* 0,2% dari 548 data.

Kata Kunci: Monitoring, Listrik Rumah Tangga, PZEM 004T V3, IoT.

I. PENDAHULUAN

Listrik sebagai salah satu sumber energi yang kini sangat berperan penting bagi seluruh masyarakat baik di kota maupun di desa. Listrik menjadi kebutuhan pokok masyarakat, dikarenakan hampir setiap kegiatannya membutuhkan energi listrik. Pada golongan rumah tangga tercatat dari setiap tahunnya selalu menjadi yang tertinggi dalam konsumsi penggunaan listrik di Indonesia. Tercatat pada tahun 2019 listrik yang didistribusikan kepada pelanggan yaitu 245518.17 GWh yang mana 42.25% dari golongan rumah tangga, 31.72% dari golongan industri, 19.1% dari golongan bisnis, 6.92 dari golongan lainnya [1].

Efisiensi energi listrik ini sangatlah diperlukan untuk terjaganya sumber energi dimasa yang akan datang. Dewasa kini pemanfaatan teknologi *Internet of Things* yang sedang berkembang pesat sangat marak digunakan [2], [3]. *Internet of Things* yaitu teknologi untuk menghubungkan semua perangkat ke internet dan menjadikan perangkat IoT dapat berkomunikasi satu sama lain melalui internet [4]. Dengan adanya sistem pemantauan secara realtime menggunakan *website* ini yang dapat digunakan kapanpun dan dimanapun menjadi suatu solusi untuk meningkatkan tingkat efektifitas penggunaan energi listrik terutama pada golongan listrik rumah tangga di Indonesia.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. NodeMCU

NodeMCU adalah sebuah perangkat microcontroller open source. NodeMCU terdiri dari perangkat keras berupa System On Chip ESP-32 buatan Espressif System [5], menggunakan bahasa program scripting. Istilah NodeMCU sebenarnya mengacu pada firmware yang digunakan dari development kit. NodeMCU telah me-package ESP32 ke dalam sebuah board yang compact dengan berbagai fitur layaknya mikrokontroler ditambah kapabilitas akses terhadap wifi juga chip komunikasi USB to serial. Pada penelitian ini NodeMCU ESP-32 sebagai controller dan pengirim data ke Firebase Realtime Database.

B. PZEM-004T

PZEM-004T sebuah sensor yang dapat digunakan untuk membaca arus, tegangan, daya dan energi pada suatu kabel yang dialiri listrik [3]. Sensor dapat dikendalikan oleh Mikrokontroler. Sensor ini memiliki dimensi 31 x 74 mm, dan memiliki modul trafo arus dengan dimensi 47 x 27 mm.

Dengan Current Transformer model split core maka memiliki keunggulan dalam kemudahannya karena bisa langsung dipasang pada kabel jaringan listrik yang sudah terpasang tanpa harus melepas kabel listrik tersebut. Sensor dapat membaca beberapa parameter dalam listrik diantaranya voltage, current, active power, frequency, power factor, and active energy, dan active power yang bisa

diatur untuk mengeluarkan informasi alarm. Setelah sensor membaca parameter-parameter tersebut, maka sensor mengirimkan datanya ke mikrokontroler untuk dilanjutkan ke tahap proses pengolahan data untuk dikirimkan ke Firebase Realtime Database.

C. Firebase

Firebase sendiri ialah sebuah server atau layanan BaaS (Back-end as a Service) yang dibuat oleh Google yang dalam penelitian ini digunakan sebagai platform IoT [6]. Firebase menyediakan pengembang aplikasi API (Application Programming Interface) yang gratis sehingga memungkinkan aplikasi data yang akan disinkronisasi dengan mudah dan cuma-cuma. Firebase diintegrasikan dengan Website yang disebut sebagai layanan DbaaS (Basis data as a Service) dengan konsep realtime database karena adanya library untuk berbagai pengguna platform menjadikan Firebase menjadi Powerful. Firebase Hosting dan Firebase Realtime Database ialah salah beberapa fitur yang digunakan dalam penelitian ini.

Sedangkan website memiliki arti keseluruhan halaman-halaman web yang didalamnya ada pada sebuah domain yang mengandung informasi-informasi [7]. Sebuah website dibangun atas sebuah Front-End dan Back-End, ReactJs merupakan sebuah library yang dikembangkan Facebook, dibuat untuk membuat User Interface pada website dan mobile. ReactJs peneliti pilih sebagai library dalam tampilan website yang dibangun, karena ReactJs ialah salah satu perpustakaan JavaScript paling populer dan memiliki fondasi yang kuat dan komunitas besar akhir-akhir ini. Selain itu untuk pemrosesan data atau Back-End menggunakan python yang disimpan pada sebuah hosting bernama pythonanywhere.

Beberapa penelitian terdahulu telah menggunakan teknologi Internet of Things sebagai sistem pemantauan. Pada penelitian [3], Komkrit Chooruang melakukan penelitian dengan memanfaatkan Mikrokontroler dan IoT dalam pemanfaatan pemantauan energi listrik. Dalam penelitiannya sistem pemantauan energi IoT yang dapat digunakan seperti sistem penagihan listrik, manajemen energi di smart grid dan otomatisasi rumah. Sensor yang digunakan ialah PZEM-004T dipilih sebagai sensor yang paling murah dan tepat dari sinilah peneliti memilih PZEM sebagai sensor pada penelitian, dan mikrokontroler mini ESP8266 Wemos D1 untuk mengambil data dari node sensor dan mengirim data ke server. Hasil percobaannya menunjukkan bahwa sistem pemantauan energi yang dikembangkan berhasil merekam tegangan, arus, daya aktif.

Selain itu pada penelitian [4], [5], para peneliti sebelumnya melakukan penelitian dengan tujuan untuk mengefisienkan penggunaan listrik, dengan pemantauan energi listrik, memungkinkan sebuah mikrokontroler juga dengan interface, namun sayangnya pengaplikasiannya hanya menggunakan interface dari MatLab yang sangat tidak umum digunakan maupun menggunakan ThinkSpeak yang tampilannya sangat terbatas dan tidak user friendly. Oleh karena itu peneliti melakukan pembangunan sistem pemantauan melalui website dengan parameter user friendly untuk membangun tampilan interface yang lebih baik untuk bisa digunakan oleh pengguna pada umumnya yang dapat digunakan diberbagai macam device yang umum digunakan pengguna.

Pada penelitian ini, peneliti telah membuat sistem yang lebih baik dari penelitian-penelitian sebelumnya. Sistem

berbasis website yang bersahabat (user friendly) dan telah diuji langsung penggunaan alat pada salah satu asrama mahasiswa di Jl. Kanayakan Dalam Bandung, serta telah terujinya tingkat penggunaan dan pemahaman masyarakat atau pengguna dalam menggunakan sistem. Sistem yang menggunakan sensor PZEM-004T dengan mikrokontroler NodeMCU ESP-32 berbasis IoT ini cukup efektif seperti yang diteliti pada penelitian sebelumnya. Dengan demikian pengguna listrik rumah tangga dapat lebih menghemat dan menyadari akan penggunaan energi listrik di rumahnya.

III. METODE

A. Tahapan penelitian.

Metode penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Ilustrasi tahapan penelitian dapat dilihat pada Gbr 1 Tahap pertama yaitu studi kasus ini peneliti melakukan pemahaman terhadap masalah-masalah yang dihadapi pada penggunaan energi listrik pada golongan listrik rumah tangga. Studi kasus meliputi hal-hal berikut:

1. Mencari dan memahami referensi literatur terkait judul penelitian karya tulis
2. Mencari metode yang tepat digunakan dalam proses efisiensi penggunaan energi listrik pada golongan rumah tangga.

Tahapan kedua yaitu pencarian solusi, permasalahan-permasalahan yang muncul dalam tahapan studi kasus, maka dibuatlah solusi yang memungkinkan dengan berlandaskan sebuah ilmu pengetahuan untuk menyelesaikan permasalahannya untuk menjawab tujuan penelitian yaitu dengan membangun suatu sistem pemantauan yang mudah dipahami dan digunakan pengguna. Selanjutnya yaitu tahap ketiga yaitu pengimplementasian solusi, dari solusi yang telah dituliskan, perencanaan dapat dilakukan untuk diwujudkan ke dalam bentuk solusi yang diharapkan, pada hasil akhir yang dijelaskan pada yaitu sebuah rancang bangun dan sistem pemantauan menggunakan website berbasis IoT. Berikutnya yaitu tahapan pengujian dilakukan beberapa pengujian diantaranya:

1. Pengujian akurasi sensor
2. Pengujian perangkat keras yang digunakan dalam sistem
3. Pengujian pengiriman data serta kecepatan perpindahan data
4. Pengujian antarmuka
5. Penilaian oleh pengguna, penilaian yang dilakukan untuk mendapatkan hasil apakah alat dan sistem yang dibuat dapat mudah dipahami dan digunakan oleh pengguna pada umumnya. Dilakukan dengan cara melakukan pembuatan kuesioner dan melampirkan video penggunaan alat dan pengenalan fitur-fitur.

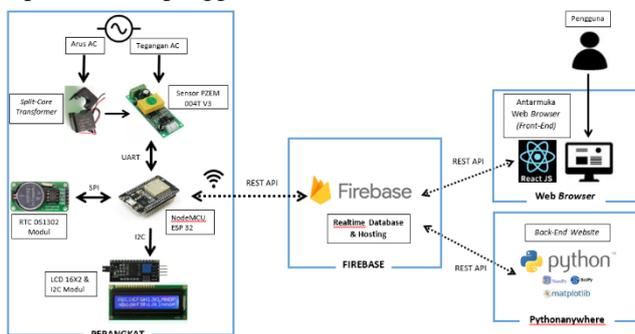
Pada tahapan terakhir yaitu tahapan finalisasi yaitu tahapan yang dilakukan sebagai bentuk penyempurnaan dokumen penelitian dalam bentuk karya tulis.



Gbr 1. Tahapan penelitian

B. Gbran sistem dan perancangan

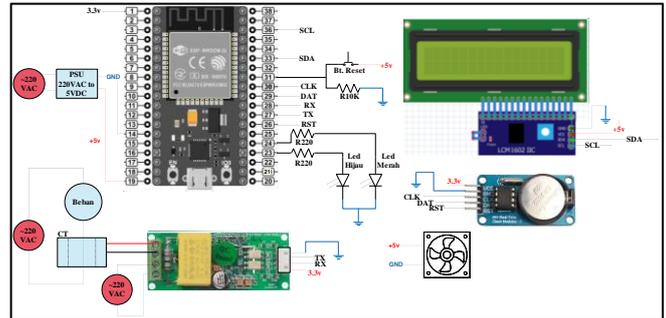
Penelitian ini berupa suatu alat dengan sistem pemantauan penggunaan energi listrik yang ditampilkan dalam antarmuka website untuk bisa digunakan oleh pengguna listrik golongan rumah tangga. Antarmuka ini menampilkan data sensor yang dikirim oleh microcontroller ke dalam cloud basis data secara realtime yang diolah dalam website serta ditampilkan data-data penggunaan listrik berupa tegangan, arus, daya, frekuensi, power factor, dan energi yang digunakan dengan tampilan yang mudah dipahami oleh pengguna.



Gbr 2. Diagram arsitektur sistem

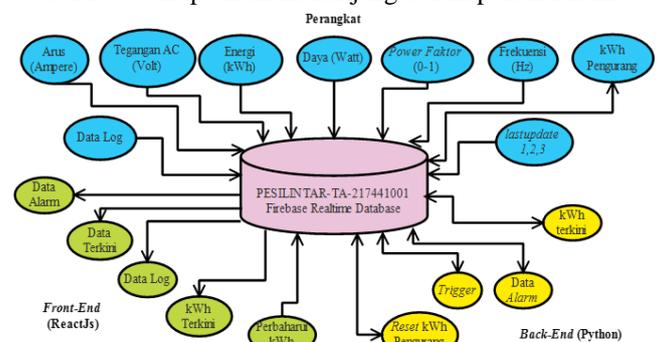
Dari diagram arsitektur sistem pada Gbr 2 dapat diketahui protokol yang digunakan pada sistem IoT ialah REST API / HTTPS, Untuk bisa menghasilkan sebuah alat dengan sistem pemantauan hingga ke tampilan pengguna menggunakan antarmuka website memiliki banyak tahapan proses. Petama berawal dari Split-core transformer sensor untuk membaca arus pada listrik yang mengalir hanya dengan melingkarkan pada salah satu kabel listrik 1 Fasa, lalu PZEM-004T V3 ini mengolah pembacaan data tegangan dan arus. Setelah itu sensor mengirimkan datanya ke NodeMCU ESP 32. NodeMCU ini melakukan proses data untuk bisa memetakan data tegangan, arus, daya, frekuensi, power factor, dan juga energi yang digunakan untuk dikirimkan ke cloud yaitu Firebase dengan cara melakukan program dengan menambahkan library PZEM004Tv30.h di aplikasi program yang digunakan yaitu Arduino IDE. Setelah data sensor diproses oleh NodeMCU maka NodeMCU yang terhubung dengan internet akan mengirim data tersebut ke cloud Realtime Database milik Firebase. Setelah tersimpan di dalam Firebase, maka sistem Back-End

website yang sudah terprogram pada python akan mengambil data ke Firebase dan mengolahnya menjadi sebuah data riwayat alarm yang akan ditampilkan dan digunakan oleh pengguna melalui website yang telah diprogram dengan React Js.



Gbr 3. Schematic Rangkaian

Seperti yang terlihat pada Gbr 3, di penelitian ini NodeMCU ESP 32 dipilih sebagai microcontroller dikarenakan sudah menjadi sebuah modul yang tepat untuk membuat sistem Internet of Things dengan fitur GPIO dan Wi-Fi yang sangat dibutuhkan dan mudah didapatkan. Selain itu juga untuk meringkas dalam perancangan elektrik ini karena dengan dibandingkan dengan microcontroller yang lain seperti Arduino Uno perlu modul tambahan untuk bisa terhubung ke jaringan internet. Sensor yang digunakan ialah sensor PZEM-004T Versi 3.0 yang juga sudah bisa berkomunikasi langsung dengan NodeMCU melalui komunikasi serial, begitu juga dengan LCD yang sudah dilengkapi dengan modul I2C agar bisa terhubung melalui komunikasi I2C yang dimiliki NodeMCU. Selain itu telah banyak penelitian terdahulu yang menunjukan bahwa NodeMCU cukup untuk menunjang dalam penelitian ini.

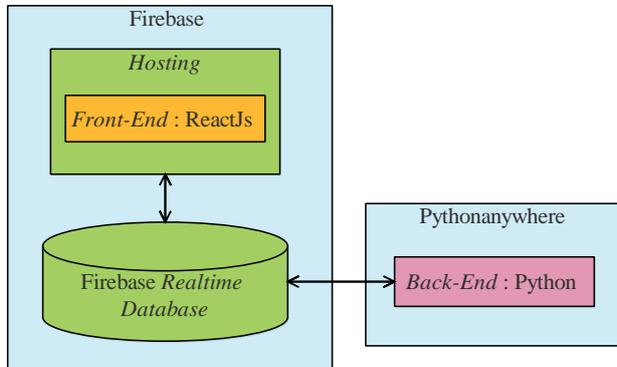


Gbr 4. Perancangan basis data

Dari Gbr 4 sebuah diagram alir perancangan data-data yang terlibat dalam sistem perpindahan data atau sistem IoT. Data akan disimpan ke dalam Firebase Realtime Database yang dapat sewaktu-waktu diambil, diperbaharui maupun dihapus. Data yang masuk maupun keluar berasal dari microcontroller, Front-End dan Back-End. Sistem Database sebagaimana telah dijelaskan bahwa Firebase ialah suatu sistem penyimpanan cloud yang banyak digunakan pada project IoT, peneliti memilih Firebase dikarenakan fiturnya yang mempermudah dalam proses ke dalam website pemantauan.

Antarmuka, difungsikan sebagai penghubung antara pengguna dengan sistem agar dapat berkomunikasi. Hal yang perlu diperhatikan dalam penelitian ini sistem informasi berupa pemantauan dan prediksi itu perlu mudah dimengerti dan dipahami oleh pengguna listrik pada

umumnya. Selain itu data pemantauan yang ingin dibangun ialah IoT yang artinya sistem yang dibangun haruslah bisa diakses di mana saja dan membutuhkan akses internet. Peneliti memilih menggunakan website di mana semua perangkat yang memiliki akses internet dapat mudah terhubung, dan pengguna tanpa perlu menyiapkan suatu aplikasi tambahan, hanya perlu membuka website di browser yang sudah ada di perangkat pengguna dan langsung bisa melihat dan menggunakan sistem pemantauan.



Gbr 5. Perancangan antarmuka Website

Seperti halnya Microcontroller, pada Gbr 5 antarmuka itu sendiri tentu tidak mungkin dapat berjalan sendiri tanpa di program. Antarmuka yang dibangun ini menggunakan React Js ialah library Javascript yang bersifat open source untuk membangun antarmuka yang menarik dan bersahabat, juga bisa disebut sebagai Front-End. Dalam proses berjalannya React Js membutuhkan platform untuk menjalankan kode javascript, Node Js ialah platform yang dipilih untuk menjalankan situs aplikasi website serta melakukan pembangunan aplikasi website sebelum dikirim ke Firebase yang akhirnya website disimpan dalam sebuah hosting Firebase untuk menjalankannya secara online. Proses yang dilakukan oleh Front-End antara lain:

1. Membuat tampilan laman-laman antarmuka pada website.
2. Penghubung website dengan Firebase.
3. Memproses login dan logout akun.
4. Memproses perpindahan laman website.
5. Memproses data-data berupa tulisan, grafik, dan Tblagar bisa ditampilkan oleh website.

Sedangkan untuk melakukan program di dalam website pemantauan dan prediksi dengan mengambil atau mengirim data ke Firebase yaitu menggunakan Python. Python merupakan bahasa tingkat tinggi untuk mengembangkan aplikasi dengan algoritma program dalam memproses data atau bisa disebut sebagai Back-End pada website ini. Python membutuhkan library berupa SciPy, NumPy, dan Matplotlib dalam menyelesaikan pekerjaan dalam kasus pemantauan dan prediksi energi listrik, diantara proses yang dilakukan oleh Back-End antara lain:

1. Mengolah data kWh terkini yang ditampilkan pada Front-End.
2. Mengolah data log atau data penggunaan listrik harian.
3. Memproses setiap kejadian yang menjadi sebuah peringatan untuk disimpan di Tblriwayat alarm.

Python juga memerlukan sebuah perangkat untuk menjalankan program dapat menggunakan mini PC seperti raspberry Pi ataupun Laptop menggunakan Python IDE (Integrated Development Environment). Peneliti memilih

menjalankan python menggunakan hosting yaitu Pythonanywhere sebuah IDE dan hosting untuk aplikasi dengan bahasa Python.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini, bagian untuk peneliti paparkan hasil dari pengujian-pengujian pada alat serta website serta penilaian pengguna.

A. Pengujian Akurasi

Pengujian pertama dilakukan akurasi pembacaan sensor terhadap parameter energi listrik (kWh). Penelitian telah dilakukan di Asrama Mahasiswa Politeknik Manufaktur Bandung.

Tbl 1. Tblpengujian akurasi sensor

PENGUJIAN AKURASI ENERGY SENSOR					
No	Tanggal	Waktu (WIB)	PZEM-004T V3.0 (kWh)	PLN Meter (kWh)	Galat (%)
1	23/05/2021	11:00	0,18	0,18	0,00
2		11:30	0,29	0,29	0,00
3		12:00	0,35	0,35	0,00
4		12:30	0,42	0,42	2,00
5	20/06/2021	11:37	0,18	0,19	6,00
6		12:07	0,31	0,32	3,00
7		12:37	0,47	0,48	2,00
8		13:07	0,61	0,62	2,00
9	27/06/2021	13:40	0,77	0,78	1,00
10		10:36	0,19	0,20	5,00
11		11:06	0,35	0,36	3,00
12		11:36	0,55	0,57	4,00
13		12:06	0,76	0,78	3,00
Rata-Rata Galat (%)					2,00

Dari Tbl1, peneliti melakukan pengambilan sample data sebanyak 13 kali pada hari dan waktu yang berbeda-beda, pengujian dilakukan dengan membandingkan data energi pada alat penelitian dengan PLN Energy Meter (Hexing HXE 116-KP Versi 2.0). Dari 13 data yang didapat dapat dianalisa bahwa secara rata-rata galat keseluruhan ialah 2% dengan selisih energi terbesar ialah 0.02 kWh, Hasil keseluruhan rata-rata selisih energi hanya 0.01 kWh yang artinya sensor PZEM 004T V3 sudah siap digunakan dengan baik untuk tahap pengujian selanjutnya.

B. Pengujian Perangkat Keras

Pada tahapan penelitian ini yaitu pengujian perangkat keras yang didapatkan hasil pengujian pada Tbl2.

Tbl 2. Pengujian perangkat keras

No	Pengujian	Keterangan	Remark
1	Tombol power	Mengaktifkan alat dan sistem	Terpenuhi
2	Tombol reset (tekan 3x)	Me-reset data-data sensor	Terpenuhi
3	Indikator led hijau	Mengindikasikan alat sedang aktif dan berfungsi	Terpenuhi
4	Indikator led merah	Mengindikasikan alat sedang bermasalah	Terpenuhi
5	Indikator LCD 16X2	Menampilkan data-data paramater alat	Terpenuhi
6	Exhaust Fan	Sebagai saluran udara dalam body cover alat.	Terpenuhi

7	Sensor PZEM-004T V3 membaca Tegangan (V)	Sensor berhasil membaca tegangan AC	Terpenuhi
8	Sensor PZEM-004T V3 membaca Arus (A)	Sensor berhasil membaca arus listrik AC	Terpenuhi
9	Sensor PZEM-004T V3 membaca Power Factor (0-1)	Sensor berhasil membaca PF 0-1	Terpenuhi
10	Sensor PZEM-004T V3 membaca Daya (Watt)	Sensor berhasil membaca daya	Terpenuhi
11	Sensor PZEM-004T V3 membaca Frekuensi (Hz)	Sensor berhasil membaca frekuensi	Terpenuhi
12	Sensor PZEM-004T V3 membaca Energi (kWh)	Sensor berhasil membaca energi kWh	Terpenuhi
13	Microcontroller NodeMCU ESP32 bisa di program dan serial monitor	Microcontroller berhasil di program dan serial monitor	Terpenuhi
14	Microcontroller NodeMCU ESP32 membaca data sensor	Microcontroller berhasil membaca data sensor	Terpenuhi
15	Microcontroller NodeMCU ESP32 Koneksi Internet	Microcontroller berhasil terhubung ke Rooter	Terpenuhi

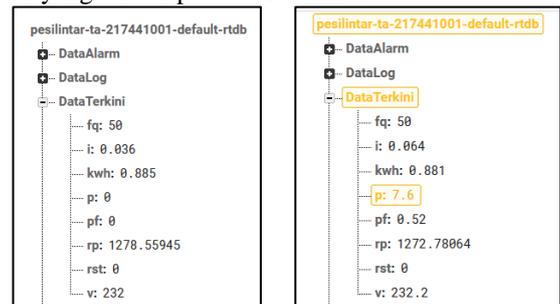
Dari hasil pengujian pada Tbl2 dapat disimpulkan bahwa seluruh perangkat keras berfungsi dan dapat digunakan pada penelitian ini sebagaimana yang telah direncanakan.

C. Pengujian Perpindahan data

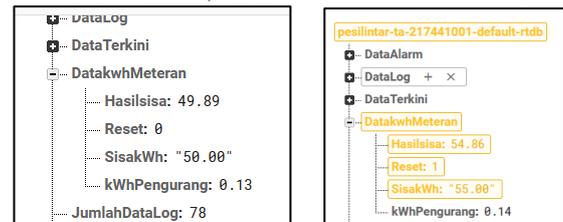
Pengujian pengiriman data ini terbagi menjadi 2 bagian besar yaitu pengujian kecepatan dalam pemantauan serta kecepatan dalam pengendalian. Pada pengujian ini menggunakan jaringan internet yaitu by.U dengan kecepatan pada saat pengujian 16,8 Mbps (download), 22,6 Mbps (unggah). Pengujian dilakukan dengan menggunakan stopwatch untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk pindahnya suatu data. Dilakukan 4 macam pengujian yaitu:

1. Perpindahan data dari alat ke Firebase, dalam hal ini dikategorikan sebagai pengujian dalam kecepatan perpindahan data untuk pemantauan.
2. Perpindahan data dari Firebase ke Website, dalam hal ini juga termasuk sebagai pengujian kecepatan perpindahan data untuk pemantauan.
3. Perpindahan data dari Firebase ke alat, pengujian ini dilakukan dengan melakukan sebuah aksi yang diperintahkan pengguna sehingga dikategorikan sebagai pengujian kecepatan data untuk pengendalian.
4. Perpindahan data dari Website ke Firebase (Pengendalian) seperti halnya poin 3, ini juga termasuk kategori sebagai pengujian kecepatan data untuk pengendalian dikarenakan data berasal dari perintah pengguna.

Data yang diuji dan dianalisis perpindahan datanya seperti yang terGbr pada Gbr 6 dan 7.



Gbr 6. Perpindahan data alat ke firebase, kiri sebelum menerima data, kanan setelah menerima data



Gbr 7. Perpindahan data firebase ke alat dan website ke firebase, kiri sebelum menerima data, kanan setelah mengirim data

Hasil dari pengujian kecepatan perpindahan data seperti pada Tbl3.

Tbl 3. Rekap pengujian perpindahan data

Rekapan Keseluruhan	
Rekapan	Detik
Rata-rata Alat ke Firebase	0,84
Rata-rata Firebase ke Alat	3,66
Rata-rata Website ke Firebase	0,50
Rata-rata Firebase ke Website	0,61
Rata-Rata Total	1,41
Kecepatan Pemantauan	
Rekapan	Detik
Rata-rata Alat ke Firebase	0,84
Rata-rata Firebase ke Website	0,61
Rata-Rata Pemantauan	0,73
Kecepatan Pengendalian	
Rekapan	Detik
Rata-rata Firebase ke Alat	3,66
Rata-rata Website ke Firebase	0,50
Rata-Rata Pengendalian	2,08

Dari hasil 4 Pengujian dapat dibuat kesimpulan, dari pengujian kecepatan ini didapatkan hasil yang baik dengan kecepatan rata-rata total sebesar 1,41 detik, dengan kecepatan pemantauan yaitu 0,73 detik serta kecepatan kendali 2,08 detik.

Pengujian delay menggunakan aplikasi Axence NetTools menggunakan jaringan internet pada alat menggunakan ByU dengan kecepatan internet pada saat pengujian yaitu download 7,57 Mbps dan unggahan 2,17 Mbps. Untuk mendapatkan nilai delay, dengan mengakses basis data yang beralamatkan pesilintar-ta-217441001-default-rtddb.firebaseio.com menggunakan software, yang hasilnya didapatkan seperti yang ada pada Tbl4 dan Gbr 8.

Tbl 4. Pengujian delay

No	Sent Time	Response Time (ms)	Last (ms)	Min (ms)	Max (ms)
1	16:08:50	21			
2	16:09:00	21	23	18	42
3	16:09:20	22			

4	16:09:30	20
5	16:09:40	20
6	16:09:50	22
7	16:10:00	21
8	16:10:07	23
9	16:10:10	22
10	16:10:26	23
Rata-Rata		21,5



Gbr 8. Pengujian delay

Pengujian packet loss juga dilakukan dengan size packet yang dikirim sebesar 64 Byte dengan timeout 1000 ms atau 1 detik, Pengujian dengan packet size dibawah 69 Byte tidak terjadi packet loss, sehingga pengujian dengan size packet 64 Byte didapatkan data seperti yang ditunjukkan pada Tbl5.

Tbl 1. Pengujian Packet Loss

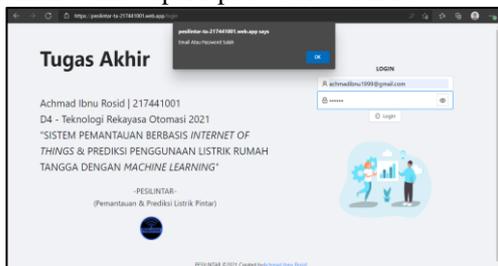
No	Waktu (WIB)	Packet Sent	Packet Loss	% Loss
1	4:43	8	0	0
2	4:44	63	0	0
3	4:45	122	0	0
4	4:46	184	0	0
5	4:47	243	0	0
6	4:48	306	0	0
7	4:49	364	0	0
8	4:50	420	0	0
9	4:51	480	0	0
10	5:52	548	0	0
Rata-Rata		273,7	0	0

D. Pengujian Antarmuka

Pengujian antarmuka dilakukan dalam beberapa pengujian, yang diantaranya:

1. Pengujian fitur login

Pengujian dilakukan untuk menguji fitur keamanan untuk masuk ke halaman utama pengguna yang hasilnya akun yang tidak terdaftar tidak akan bisa masuk ke website sedangkan yang terdaftar maka bisa masuk ke halaman utama seperti pada Gbr 9 dan 10.



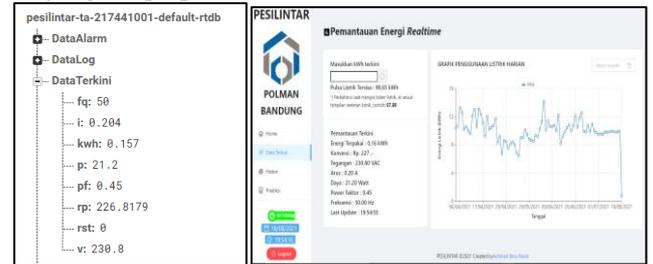
Gbr 9. Pengujian fitur login



Gbr 10. Pengujian login dengan akun terdaftar

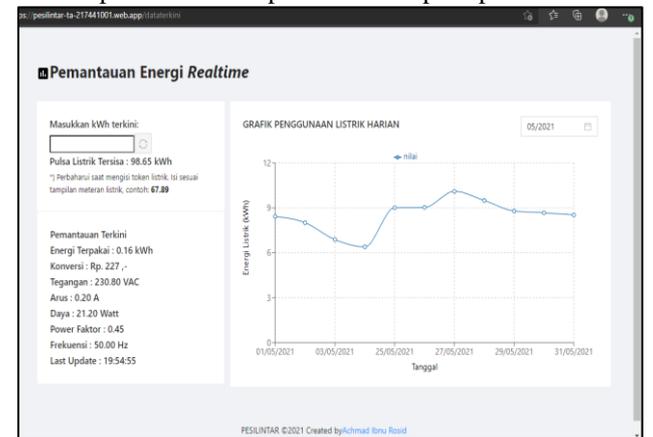
2. Pengujian laman dan fitur data terkini

Pada pengujian ini dilakukan pengujian dengan cara melakukan pengamatan pada data Firebase dengan data yang tampil pada website laman data terkini.

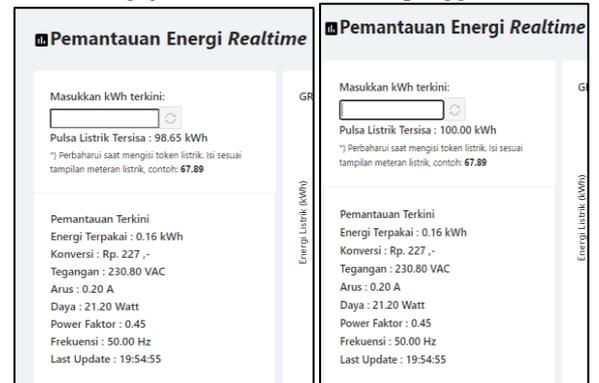


Gbr 11. Pengujian laman data terkini

Dapat dilihat dari Gbr 11 bahwa data terkini yang ditampilkan ialah sama yang artinya sistem Firebase dan Antarmuka sudah terhubung dengan baik. Selain itu juga pada laman data terkini ini juga memiliki 2 fitur lainnya yaitu memilah data berdasarkan bulan yang sudah terbukti berfungsi pada Gbr 12, serta fitur memperbaharui sisa pulsa listrik seperti pada Gbr 13.

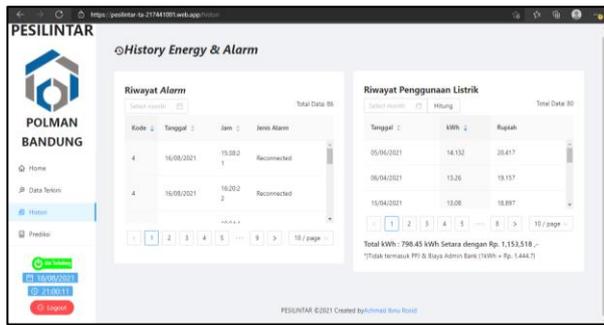


Gbr 12. Pengujian fitur memilah data penggunaan harian



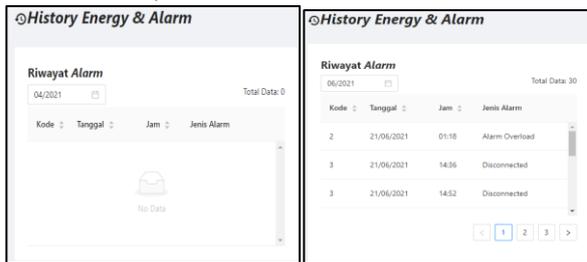
Gbr 13. Pengujian fitur perbaharui pulsa listrik

3. Pengujian laman dan fitur histori



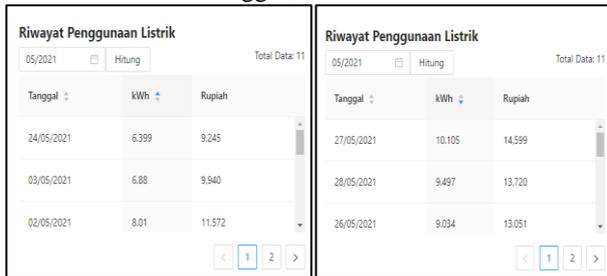
Gbr 14. Pengujian fitur dan laman histori Pada laman Histori ini juga terdapat beberapa fitur dan pengujiannya yaitu sebagai berikut.

1. Fitur Memilah data Riwayat Alarm berdasarkan Jenis, Bulan, Tanggal, dan jam. Di dalam riwayat alarm ini terdapat 4 macam alarm yaitu Listrik Low, Overload, Disconnected dan Reconnected.



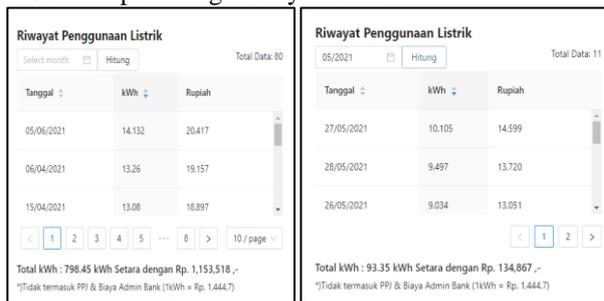
Gbr 15. Fitur memilah riwayat alarm

2. Fitur Memilah data Riwayat Penggunaan listrik berdasarkan Tanggal, dan besaran kWh.



Gbr 16. Fitur memilah riwayat penggunaan listrik

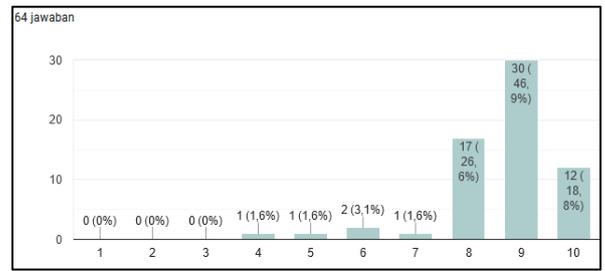
3. Fitur perhitungan biaya listrik



Gbr 17. Fitur menghitung biaya listrik

E. Penilaian Pengguna

Setelah fitur-fitur pada alat maupun website berjalan dengan baik dilakukan pengujian selama 2 bulan untuk digunakan di asrama mahasiswa, setelah dilakukan pengujian dibuat sebuah kuesioner terhadap pengguna listrik pada umumnya. Kuesioner ini diisi oleh berbagai kalangan yaitu pelajar, karyawan, hingga ibu rumah tangga dengan total pengisi kuesioner sebanyak 64 orang. Hasil dari kuesionernya sebagai berikut. Penilaian mendapat 92,3% dari 64 responden menilai di atas 7 dari 10 dalam sisi fungsi, fitur, estetika, cara penggunaan dan kelayakan guna.



Gbr 18. Penilaian keseluruhan sistem penelitian

V. KESIMPULAN

Penelitian ini dapat ditarik sebuah kesimpulan sistem pemantauan berbasis Internet of Things dengan NodeMCU ESP-32 dan Firebase sebagai platform IoT berhasil berfungsi dengan baik untuk memantau penggunaan energi listrik secara realtime dengan rata-rata delay 21,5 ms, serta tampilan antarmuka menggunakan website dengan fitur pemantauan data terkini serta histori alarm serta penggunaan energi listrik, secara keseluruhan dinilai pengguna sudah tepat untuk digunakan secara fungsi, fitur, estetika, cara penggunaan dan kelayakan guna, dimana dengan sensor PZEM 004T V3.0 bekerja sesuai dengan keinginan dengan tingkat rata-rata galat pembacaan energi yaitu 2% dengan selisih 0,01 kWh.

REFERENSI

- [1] PT.PLN (Persero), "STATISTIK PLN 2019," 2019. [Daring]. Tersedia pada: <https://web.pln.co.id/statics/uploads/2020/08/Statistik-2019-4-8-20-rev.pdf>.
- [2] W. Wajiran, S. D. Riskiono, P. Prasetyawan, dan M. Iqbal, "Desain Iot Untuk Smart Kumbung Dengan Thinkspeak Dan Nodemcu," POSITIF J. Sist. dan Teknol. Inf., vol. 6, no. 2, hal. 97, 2020, doi: 10.31961/positif.v6i2.949.
- [3] K. Chooruang dan K. Meekul, "Design of an IoT Energy Monitoring System," Int. Conf. ICT Knowl. Eng., vol. 2018-Novem, hal. 48–51, 2019, doi: 10.1109/ICTKE.2018.8612412.
- [4] R. A. Rashid, L. Chin, M. A. Sarijari, R. Sudirman, dan T. Ide, "Machine Learning for Smart Energy Monitoring of Home Appliances Using IoT," Int. Conf. Ubiquitous Futur. Networks, ICUFN, vol. 2019-July, hal. 66–71, 2019, doi: 10.1109/ICUFN.2019.8806026.
- [5] A. Furqon, A. B. Prasetijo, dan E. D. Widiyanto, "Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kendali Daya Listrik pada Rumah Kos Menggunakan NodeMCU dan Firebase Berbasis Android," Techné J. Ilm. Elektrotek., vol. 18, no. 02, hal. 93–104, 2019, doi: 10.31358/techne.v18i02.202.
- [6] N. Fath dan R. Ardiansyah, "Sistem Monitoring Alat Pemberi Pakan Ikan Otomatis Menggunakan NodeMCU Berbasis Internet of Things," Techno.Com, vol. 19, no. 4, hal. 449–458, 2020, doi: 10.33633/tc.v19i4.4051.
- [7] Sovia dan Febio, "Membangun Aplikasi E-Library Menggunakan Html, Php Script, Dan Mysql Database Rini Sovia dan Jimmy Febio," Processor, vol. 6, no. 2, hal. 38–54, 2011.