

Sistem Aplikasi Pada Multi Channel Power Socket Untuk Pengukuran Daya Pada Kompleks Ruko Dan Apartemen

Yoshua Dennish Kurniawan
Program Studi Informatika
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Kristen Petra
Siwalankerto 121-131 Surabaya
yoshuadennish@gmail.com

Resmana Lim
Program Studi Teknik Elektronika
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Kristen Petra
Siwalankerto 121-131 Surabaya
resmana@petra.ac.id

Agustinus Noertjahyana
Program Studi Informatika
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Kristen Petra
Siwalankerto 121-131 Surabaya
agustinus@petra.ac.id

ABSTRAK

Seiring dengan aktivitas manusia yang padat, khususnya pada waktu kerja. Terkadang lupa untuk mematikan atau menyalakan alat elektronik sehingga biaya listrik rawan terjadi pembengkakan biaya. Hal ini ditambah lagi dengan kemungkinan kerusakan pada komponen yang membuat berkurangnya efisiensi energi. Jika kita tidak mengukur pemakaian energi pada alat elektronik, maka kita tidak bisa mendeteksi bahwa ada masalah pada alat - alat elektronik. Permasalahan ini akan diselesaikan oleh penulis dengan memanfaatkan jaringan internet sebuah aplikasi serta alat untuk memonitoring konsumsi energi dan mengontrol mati hidupnya beban yang terpasang. Hasil dari pengujian alat ini dalam *monitoring* energi memiliki tingkat keberhasilan mencapai 95.72%.

Kata Kunci: Aplikasi Monitoring, Energi Listrik, Kontrol jarak jauh, IoT.

ABSTRACT

Along with solid human activity, especially at work time. Sometimes forget to turn off or turn on the electronic device so that the cost of electricity is vulnerable to cost overruns. This is coupled with the possibility of damage to components that make energy efficiency less. If we don't measure the use of energy on electronic devices, then we can't detect that there are problems with electronic devices. This problem will be resolved by the author by utilizing the internet network of an application and a tool for monitoring energy consumption and controlling the life of the installed load. The results of testing this tool in energy monitoring have a margin of success reaching 95.72%.

Keywords: Application Monitoring, Electric Energy, Remote Control, IoT.

1. PENDAHULUAN

Pada era perkembangan teknologi ini, kehidupan masyarakat tidak terlepas dari internet. Penetrasi internet sendiri di Indonesia telah mencapai 73,3 persen dengan pengguna internet mencapai 196,7 juta pada tahun 2020 [5]. Dari sisi sektor industri mayoritas pasti akan beralih kepada suatu hal yang praktis dan efektif sehingga Internet of Things dapat menjadi opsi yang baik. Masih terbuka luas perkembangan otomasi dengan Internet Of Things yang dapat mempermudah pekerjaan sehingga meningkatkan produktivitas dari bisnis kita. Khususnya mekanisme yang kapabilitasnya dapat

digunakan untuk banyak alat secara bersamaan, dan real-time, serta ringan. Yaitu dengan metode publish dan subscribe protokol MQTT (Message Queuing Telemetry Transport).

Keberadaan listrik juga menjadi kebutuhan pokok dari masyarakat. Karena hampir seluruh aktivitas sekarang bergantung kepada alat elektronik. Meskipun tarif listrik tidak naik jauh dari tahun ke tahun [6][7], tapi terkadang tagihan listrik membengkak karena pemakaian alat elektronik yang tidak diperhatikan, khususnya pada saat waktu beban puncak. Sedangkan jika kita tidak mengetahui penyebab pasti dari kenaikan pemakaian energi listrik, maka kita hanya dapat memperkirakan alat - alat apa saja yang sekiranya mengkonsumsi energi listrik banyak. Umumnya permasalahan tersebut disebabkan karena komponen pada alat tersebut rusak ataupun permasalahan pada alat elektronik sehingga membuat sistem bekerja lebih keras dan membuat efisiensi energi rendah [11]. Seiring dengan aktivitas dari manusia yang padat, khususnya pada saat bekerja. Terkadang pada penggunaan alat elektronik kita lupa apakah sudah mematikan atau menyalakan alat tersebut. Kebanyakan dari kita, untuk menyalakan dan mematikan alat elektronik masih menggunakan cara manual sehingga sangat tidak efisien serta menghabiskan waktu.

Didasari dengan permasalahan - permasalahan tersebut maka dibutuhkan alat monitor pemakaian energi listrik untuk mengetahui detail konsumsi energi listrik dari alat - alat elektronik yang dikira menjadi penyebab meningkatnya konsumsi energi listrik agar dapat segera ditangani dengan menggunakan protokol MQTT (Message Queuing Telemetry Transport). Lalu mengatur dari jarak yang jauh keadaan alat - alat elektronik yang sebelumnya telah disambungkan. Dan melakukan penghitungan biaya dari pemakaian energi listrik berdasarkan tarif kWh yang diinputkan.

Selain itu ada penelitian yang telah dilakukan Maytham et. al. dengan judul "Smart Plug Prototype for Monitoring Electrical Appliances in Home Energy Management System" [9], lalu Dias et. al. yang berjudul "Open-Source Power Outlet System for IoT-based Smart Homes" [3], dan K. Patil et. al. yang berjudul "IoT based power management and controlled socket" [8]. Pada penelitian - penelitian ini memiliki kekurangan yaitu dimana kontroler dan alat sensor daya dipisahkan sehingga membuat maintenance dari rancangan ini tidak praktis karena harus memperhatikan kondisi dari beberapa alat terpisah. Serta metode pengiriman data yang dipakai masih menggunakan string yang mengarah pada satu pin yang dinilai sangat tidak efektif jika

dibutuhkan banyak alat. Bertolak dari hal tersebut, maka penulis membuat Tugas akhir dengan judul “Sistem Aplikasi pada Multi Channel Power Socket untuk Pengukuran Konsumsi Daya pada Kompleks Ruko dan Apartemen”, yang berfungsi untuk mengontrol peralatan elektronik dari jarak jauh serta memonitor daya yang dilengkapi dengan fitur scheduling dan mengkalkulasikan biaya pemakaian energi listrik dengan traffic yang ringan.

2. PENGUJIAN SISTEM

2.1 Stop Kontak Pintar

Pada penelitian ini alat yang dimaksud dengan stop kontak pintar yaitu terdiri dari mikrokontroler berjenis ESP32 NodeMCU untuk memproses dan mengelola module - module yang terhubung. Yang pertama yaitu module relay switch. Kemudian module PZEM 004T untuk mendapatkan data daya, arus, tegangan, serta *power factor* listrik. Lalu module SD Card (Secure Digital Card) yang berfungsi untuk menyimpan data secara periodik per hari yang sebelumnya disimpan pada memori jika nantinya rangkaian tidak ada akses internet. Rangkaian yang dijelaskan adalah rangkaian sederhana untuk mendapatkan data daya listrik, serta mengelola status relay kemudian diolah dan dikirim ke jaringan internet dengan mikrokontroler.

2.2 MQTT Broker

Dengan protokol MQTT (Message Queueing Telemetry Transport) yang merupakan protokol yang berjalan diatas TCP/IP yang memakan bandwidth kecil. Ada tiga peranan penting yaitu publisher, subscriber, dan broker [2]. Publisher yaitu pengirim data pada sebuah topic, Broker yaitu sistem yang menangani data dari publish dan subscribe berbagai device dengan format topic. Topic sendiri merupakan wadah komunikasi yang berisi data dimasukkan oleh publisher. Lalu subscriber yang mendapatkan data yang berada pada topic yang telah dipilih. Alur kerja dari protokol ini adalah setiap data yang dikirim oleh publisher kepada broker. Kemudian broker akan memasukkan data tersebut ke dalam sebuah topic. Lalu seluruh perangkat yang melakukan subscribe pada topic itu akan menerima data yang telah di publish tersebut. Mekanisme ini sangat efisien dikarenakan dapat mengkomunikasikan banyak perangkat hanya dengan satu kali publish saja pada topic tersebut.

2.3 Aplikasi Mobile

Operating system untuk smartphone yang sedang ramai ialah Android. Aplikasi pada android yang ada pada Google Play Store telah lebih dari 3,6 juta aplikasi [10]. Untuk membuat aplikasi Android dibutuhkan juga kemampuan coding dengan bahasa Java, Kotlin, Dart, PHP, dan lain sebagainya. Beberapa software yang dapat dipakai untuk membuat aplikasi ini adalah Android Studio, App Inventor, AppyPie, Progressive Web App, dan lain - lain.

Pada penelitian ini, bentuk aplikasi yang akan digunakan ialah Progressive Web App (PWA). Dengan melakukan optimasi pada sebuah website maka kita dapat membuat waktu akses website menjadi lebih cepat serta dapat memberikan mobile app experience [1]. Seluruh fungsional fitur website dapat juga diakses pada bentuk mobile, sehingga tidak perlu untuk merombak maupun mengganti bagian dari website. Dari segi keamanan, PWA ini mengikuti enkripsi dari protokol website tersebut. Pada saat ini, mayoritas website telah memiliki enkripsi HTTPS (Hypertext Transfer Protocol Secure) sehingga data yang dikirim aman dan tidak dapat diubah saat transit.

2.4 Mikrokontroler ESP32

Mikrokontroler adalah suatu chip yang tersusun dari CPU, RAM, ROM, memory, dan perangkat input serta output dalam sebuah Integrated Circuit (IC). Jenis mikrokontroler yang digunakan adalah ESP32 NodeMCU, memiliki processor Tensilica LX6 Dual-Core, 520 KiB SRAM, 4GB memory dan telah memiliki fungsi konektivitas WiFi dengan frekuensi 2.4GHz. Power yang dibutuhkan oleh mikrokontroler ini adalah 3,3v. ESP32 ini memiliki 25 digital input output pin, 6 analog input pin, 2 analog output pin.

2.5 Arduino IDE

Arduino IDE (Integrated Development Environment) merupakan software open-source yang digunakan untuk memprogram berbagai macam mikrokontroler. Berperan sebagai text editor untuk membuat, mengedit, dan juga memvalidasi kode program serta bisa juga digunakan untuk meng-upload ke board Arduino ataupun mikrokontroler yang lainnya. Kode program yang digunakan pada software ini biasa disebut “sketch” dengan ekstensi file “.ino”.

2.6 Sensor PZEM-004T

PZEM-004T ini merupakan module yang berfungsi untuk mengukur besar tegangan, arus, dan daya dari suatu beban listrik. Module ini dapat mengukur tegangan hingga 250VAC, dan arus listrik hingga 115 ampere serta konsistensi pengukuran yang cukup baik. Data yang didapat dari sensor ini sudah berupa satuan daya, sehingga dapat tidak perlu lagi menentukan dengan cara menghitung ulang antara nilai arus dan nilai tegangan.

2.7 AC to DC Adaptor

Adaptor ini adalah untuk memberi suplai daya pada mikrokontroler ESP32 NodeMCU. Tegangan DC yang dihasilkan yaitu 3.3 Volt dengan arus maksimal 1 Ampere. Dengan kapasitas seperti itu, maka telah cukup untuk dapat menyuplai mikrokontroler ESP32 dengan konektor micro-USB.

2.8 RTC DS1302

Real Time Clock atau biasa disebut RTC merupakan module untuk pewaktuan digital pada mikrokontroler. Untuk berkomunikasi dengan module ini yaitu menggunakan I2C yaitu SDA dan SCL. Module DS1302 RTC ini pada umumnya sudah tersedia dengan tempat baterai CR2032 3V yang berfungsi sebagai cadangan apabila sumber listrik dari mikrokontroler mati. Untuk input daya yang dibutuhkan module ini 5.5 V.

2.9 MySQL Database

MySQL merupakan Relational Database Management System dengan model client-server. Dapat dipergunakan membuat dan mengelola database berdasarkan pada model relasional [4]. Arti kata “relasional” yaitu data yang disimpan pada dataset dikelola sebagai tabel, dan setiap tabel tersebut saling terkait. Database ini juga merupakan open source sehingga kita bebas menginstall, menggunakan, bahkan memodifikasikannya. Serta model client-server ini memiliki penjelasan satu atau banyak perangkat yang terhubung pada server melalui network disebut client sedangkan server itu perangkat yang menyimpan data dan melayani para client. Disini client akan membuat permintaan (request) yang ditujukan ke server lalu server akan memberikan respons berupa informasi yang diminta.

2.10 Penghitungan Biaya Pemakaian

Pada sensor PZEM-004T akan didapatkan hasil daya pada beban listrik. Maka untuk mengetahui berapa biaya yang harus dibayar, harus mengalikan daya dengan total lama waktu pemakaian agar mendapatkan nilai energi. Lalu nilai energi tersebut serta dikalikan dengan tarif listrik.. Satuan energi yang umumnya dipakai adalah Kwh (Kilowatt-hour). Tarif penggunaan tenaga listrik sendiri ditentukan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Terdapat perbedaan blok berdasarkan waktu jam pemakaian, yaitu Waktu Beban Puncak (pukul 17.00 - 22.00) dan Luar Waktu Beban Puncak yang dikenakan pada pemakai listrik diatas 200 kVA.

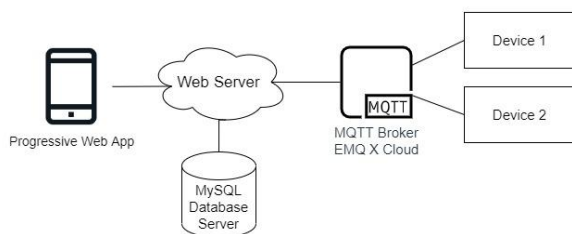
3. DESAIN SISTEM

3.1 Analisis

Seiring berjalannya waktu, gaya hidup masyarakat Indonesia tidak dapat terlepas dari internet. Berbeda dengan tingkat pemanfaatan sistem otomasi dan teknologi masih belum diterapkan secara optimal. Meskipun harga tarif listrik tidak naik atau cenderung stabil dari tahun ke tahun, tetapi tidak menutup kemungkinan bahwa biaya listrik yang dibayarkan itu mengalami kenaikan. Hal tersebut dikarenakan dari pemakaian pengguna itu sendiri. Lalu jika terdapat alat elektronik yang malfungsi atau salah satu komponen rusak, sehingga membuat sistem bekerja lebih keras dan mengonsumsi lebih banyak energi. Hal ini juga memiliki dampak negatif yaitu dengan lupa untuk mematikan suatu alat elektronik ketika sedang berpergian, sehingga alat tersebut terhitung menyia-nyiakan energi listrik. Tentu beberapa upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan memilih alat elektronik sesuai dengan kebutuhan, memakai alat elektronik dengan bijak. Oleh karena itu memiliki suatu sistem pemantauan penggunaan energi listrik dapat mencegah pemborosan pemakaian energi listrik.

3.2 Desain Sistem

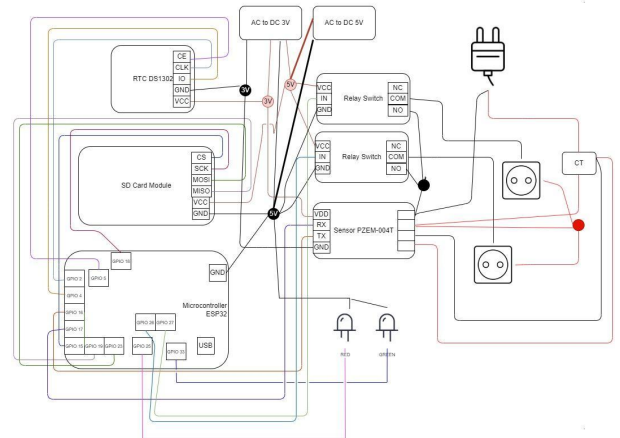
Pada sistem yang akan dibuat, akan ada 2 perangkat seperti pada Gambar 1. Data yang didapat dari sensor akan dikirimkan dari perangkat kepada EMQ X Cloud MQTT Broker melalui koneksi internet dengan protokol MQTT. Kemudian data tersebut dikirimkan ke Web Server untuk diolah sehingga menemukan biaya dari listrik yang telah dipakai. Setelah itu data hasil olahan meliputi arus, tegangan, daya, dan biaya listrik disimpan pada database MySQL. Pada aplikasi, data yang akan ditampilkan adalah besar daya, voltase, arus, Kwh, serta biaya listrik yang diambil dari database MySQL. Untuk melihat data - data tersebut pada aplikasi, pengguna dapat langsung memilih perangkat lalu data akan langsung ditampilkan.



Gambar 1. Desain Alur Sistem

3.3 Desain Hardware

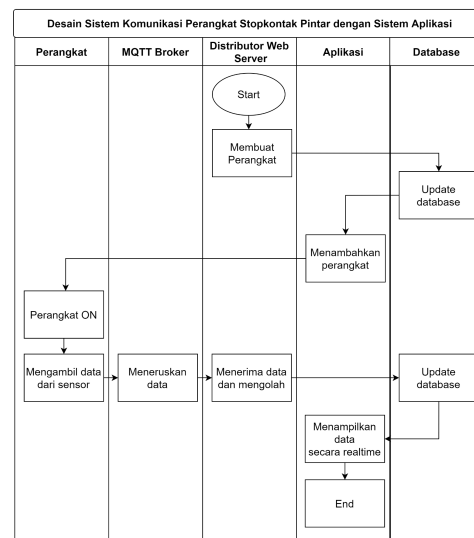
Desain hardware dapat dilihat pada Gambar 2 yang meliputi desain rangkaian elektronik dan relasi antar komponen.



Gambar 2. Desain Rangkaian Perangkat

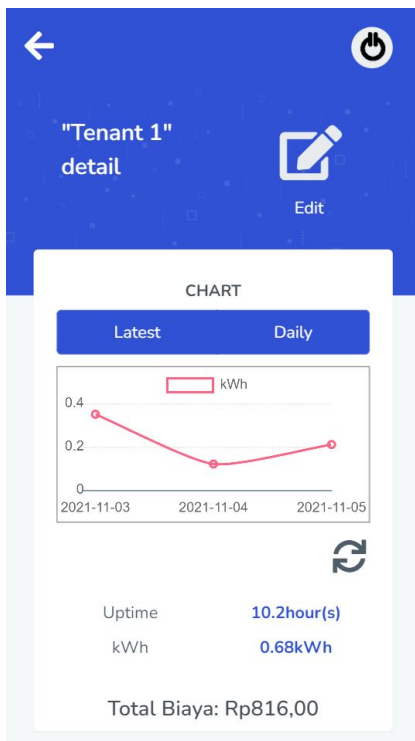
3.4 Desain Software Aplikasi

Untuk desain software meliputi desain sistem seperti pada Gambar 3 dan antarmuka aplikasi web serta distributor service, database untuk aplikasi web, dan program mikrokontroler ESP32.

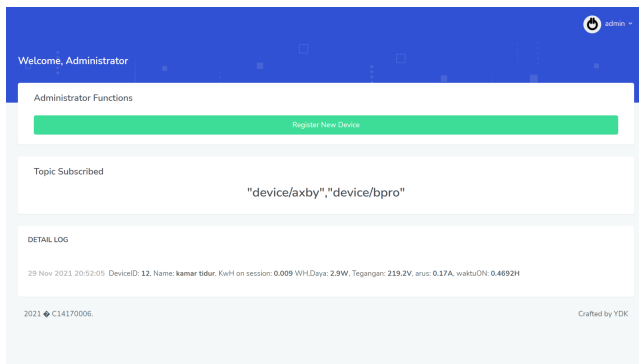


Gambar 3. Flowchart Desain Sistem Komunikasi Perangkat Stopkontak Pintar dengan Aplikasi

Berikut merupakan tampilan UI dari Aplikasi pemantauan konsumsi Daya / kWh. Yang memuat perangkat yang dimiliki serta total biaya pemakaian kWh dari sisi user ada pada Gambar 4, fitur dan pengaturan keseluruhan dari sisi admin pada Gambar 5.



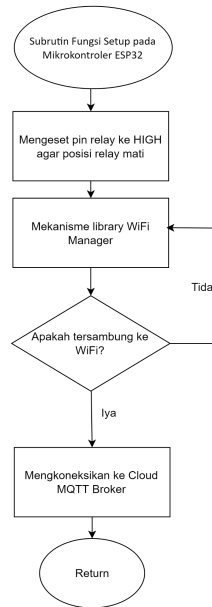
Gambar 4. Desain UI Pemantauan Daya



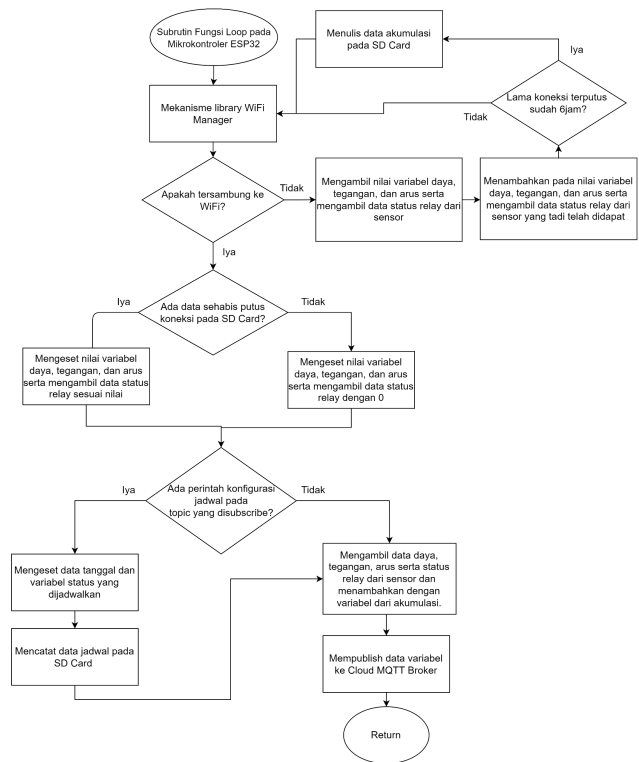
Gambar 5. Desain UI Distributor / Admin

3.5 Desain Program Mikrokontroler ESP32

Program mikrokontroler ESP32 ini dibuat menggunakan software Arduino IDE yang memiliki fungsi setup dan fungsi looping. Ketika pertama hidup, maka program mikrokontroler akan menginisialisasi library dan fungsi yang akan digunakan, mendefinisikan pin lalu menjalankan fungsi setup, dimana memiliki fungsi setup ini untuk mempersiapkan keperluan pada fungsi looping seperti pada Gambar 6. Fungsi looping merupakan bagian dari program utama yang akan dijalankan secara berulang - ulang yang detailnya pada Gambar 7.



Gambar 6. Subrutin Fungsi Setup Mikrokontroler ESP32

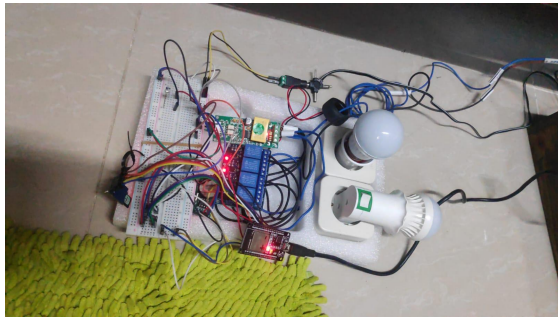


Gambar 7. Subrutin Fungsi Loop Mikrokontroler ESP32

4. PENGUJIAN SISTEM

Pada Pengujian Sistem ini akan dilakukan pengujian pada perangkat stop kontak pintar, dan pada aplikasi Web App. Pengujian akan dilakukan untuk menguji dan mengetahui beberapa hal yang berpengaruh pada desain sistem yaitu Pengujian fitur On Off status relay, Ganti Interval kirim data dari

perangkat, Jadwal One Time, Jadwal Weekly, Pemantauan kWh dan Penghitungan biaya, Penambahan dan Penghapusan Kepemilikan Perangkat, Kontrol multi device. Pada Gambar 8 adalah wujud dari perangkat stopkontak pintar yang akan diuji.



Gambar 8. Perangkat Stopkontak Pintar

4.1 Pengujian Fitur On Off Status Relay

Pengujian ini dilakukan untuk menguji ketepatan dan keandalan fitur penggantian On Off relay. Untuk menguji hal tersebut, maka akan dilakukan 20 kali pengujian untuk bergantian menyalakan dan mematikan port stop kontak pintar secara terus menerus pada 2 port dalam satu perangkat stop kontak pintar.

Tabel 1. Pengujian Fitur On Off Status Relay

Pengujian ke-	Pengujian	Hasil Pengujian Relay 1	Hasil Pengujian Relay 2
1	Menyalakan	Berhasil	Berhasil
2	Mematikan	Berhasil	Berhasil
3	Menyalakan	Berhasil	Berhasil
4	Mematikan	Berhasil	Berhasil
5	Menyalakan	Berhasil	Berhasil
6	Mematikan	Berhasil	Berhasil
7	Menyalakan	Berhasil	Berhasil
8	Mematikan	Berhasil	Berhasil
9	Menyalakan	Berhasil	Berhasil
10	Mematikan	Berhasil	Berhasil
11	Menyalakan	Berhasil	Berhasil
12	Mematikan	Berhasil	Berhasil
13	Menyalakan	Berhasil	Berhasil
14	Mematikan	Berhasil	Berhasil
15	Menyalakan	Berhasil	Berhasil
16	Mematikan	Berhasil	Berhasil
17	Menyalakan	Berhasil	Berhasil
18	Mematikan	Berhasil	Berhasil
19	Menyalakan	Berhasil	Berhasil
20	Mematikan	Berhasil	Berhasil

Pada pengujian ini menurut hasil pada Tabel 1, tingkat keberhasilan dari pengujian fitur on off ini mencapai 100%.

4.2 Pengujian Fitur Reset

Pengujian fitur reset ini dilakukan untuk menguji keandalan fitur reset pada perangkat stop kontak pintar. Untuk menguji fitur ini, akan dilakukan 10 kali pengujian reset. Hasil pengujian akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan Gambar chart daily pada segmen detail yang menampilkan hasil real time data yang dikirimkan perangkat.

Tabel 2. Pengujian Fitur Reset

Pengujian ke-	Pengujian	Hasil Pengujian
1	Reset	Berhasil
2	Reset	Berhasil
3	Reset	Berhasil
4	Reset	Berhasil
5	Reset	Berhasil
6	Reset	Berhasil
7	Reset	Berhasil
8	Reset	Berhasil
9	Reset	Berhasil
10	Reset	Berhasil

Pada pengujian fitur reset ini yang memiliki hasil pada Tabel 2, tingkat keberhasilan dari pengujian fitur reset ini mencapai 100%.

4.3 Pengujian Fitur Ganti Interval Kirim Data

Pengujian fitur ganti Interval ini dilakukan untuk menguji keandalan fitur ganti Interval pengiriman data dari perangkat stop kontak pintar ke mobile web app.

Tabel 3. Pengujian Fitur Ganti Interval Kirim Data

Pengujian dari detik	Pengujian ke detik	Hasil Pengujian
10	20	Berhasil
20	30	Berhasil
30	40	Berhasil
40	50	Berhasil
50	60	Berhasil
60	50	Berhasil
40	30	Berhasil
30	20	Berhasil
20	10	Berhasil

Pada pengujian ini yang memiliki hasil pada Tabel 3, tingkat keberhasilan pengujian fitur ganti interval ini sangat baik dan mencapai 100%.

4.4 Pengujian Fitur Jadwal One Time

Pengujian fitur Jadwal One Time ini dilakukan untuk menguji keandalan fitur jadwal yang mengatur suatu status relay pada waktu tertentu dengan 12 kali percobaan jadwal one time untuk relay 1 dan relay 2 dengan status relay bergantian On dan Off.

Tabel 4. Pengujian Fitur Jadwal One Time

Pengujian ke-	Waktu yang di set	Relay ke-	Status Relay	Hasil Pengujian
1	08:00	1	On	Berhasil
2	08:10	1	Off	Berhasil
3	08:15	1	On	Berhasil
4	08:20	1	Off	Berhasil
5	08:25	1	On	Berhasil
6	08:30	1	Off	Berhasil
7	08:30	2	On	Berhasil
8	08:35	2	Off	Berhasil
9	08:40	2	On	Berhasil
10	08:45	2	Off	Berhasil
11	08:50	2	On	Berhasil
12	09:00	2	Off	Berhasil

Pada pengujian fitur penjadwalan one time ini menurut hasil pada Tabel 4, didapatkan tingkat keberhasilan dari pengujian fitur ini memuaskan, yaitu mencapai 100%. Tetapi dengan batasan hanya 5 jadwal *one time* per *socket*.

4.5 Pengujian Fitur Jadwal Weekly

Pengujian fitur Jadwal Weekly ini dilakukan untuk menguji keandalan fitur jadwal yang mengatur suatu status relay pada hari tertentu dan berulang setiap hari tersebut. Pengujian akan dilakukan dengan 5 jadwal pada hari Senin hingga Jumat pada setiap jam 7 pagi dengan status relay On dan 5 jadwal pada hari Senin hingga Jumat pada setiap jam 5 sore dengan status relay Off untuk masing - masing relay digabung.

Tabel 5. Pengujian Fitur Jadwal Weekly

Pengujian ke-	Hari yang di set	Waktu yang di set	Status Relay	Hasil Pengujian Relay 1 dan 2
1	Senin	07:00	On	Berhasil
	Senin	17:00	Off	Berhasil
2	Selasa	07:00	On	Berhasil
	Selasa	17:00	Off	Berhasil
3	Rabu	07:00	On	Berhasil
	Rabu	17:00	Off	Berhasil
4	Kamis	07:00	On	Berhasil
	Kamis	17:00	Off	Berhasil
5	Jumat	07:00	On	Berhasil
	Jumat	17:00	Off	Berhasil

Pada pengujian ini menurut hasil pada Tabel 5, tingkat keberhasilan dari pengujian fitur penjadwalan weekly ini mencapai 100%.

4.6 Pengujian Fitur Pemantauan kWh dan Penghitungan biaya

Pengujian ini dilakukan untuk menguji ketepatan dan keandalan fitur pemantauan kWh yang ditampilkan pada mobile web app. Pengujian dilakukan pada 3 buah peralatan elektronik yaitu kipas angin 20W, lampu 1.5W, dan rice cooker 400W. Hasil dari perangkat stop kontak pintar ini akan dibandingkan dengan alat ukur kWh meter pembanding merk EU. Pengujian akan dilakukan selama periode satu jam pemakaian saja.

Tabel 6. Pengujian Fitur Pemantauan kWh

Beban	kWh yang didapat		Error (%)
	EU kWh meter	Stop kontak pintar	
Kipas Angin	0.021	0.0213	3%
Lampu	0.00152	0.00153	5.26%
Rice Cooker (mode warm)	0.047	0.04912	4.6%

Pada pengujian fitur pemantauan kWh dan penghitungan biaya ini yang hasilnya berada pada Tabel 6 ini, didapatkan tingkat keberhasilan rata - rata 95.72%. Dan persentase error tertinggi pada lampu yang mencapai 5.26%.

4.7 Pengujian Fitur Penambahan dan Penghapusan Kepemilikan Perangkat

Pengujian ini dilakukan untuk menguji fitur penambahan dan penghapusan kepemilikan perangkat pada mobile web app. Akan dilakukan penambahan dan penghapusan kepemilikan sebuah perangkat dengan topic “device/axby” dalam pada 2 akun berbeda secara bergantian sebanyak 1 kali. Hal ini dilakukan setelah penambahan topic perangkat pada sisi distributor. Di tengah kepemilikan salah satu akun, akan dilakukan penambahan pada topic yang sama pada akun berbeda dan akan dilihat hasil dari proses tersebut yang seharusnya gagal.

Tabel 7. Penambahan dan Penghapusan Kepemilikan Perangkat

Pengujian ke-	Kepemilikan Akun Pertama	Kepemilikan Akun Kedua	Proses yang dilakukan	Output Proses	Hasil Pengujian
1	No Device	No Device	Penambahan Device Akun Pertama	Berhasil Menambahkan	Berhasil
	1 Device	No Device	Penambahan Device Akun Kedua dengan topic sama	Gagal Menambahkan	Berhasil
	1 Device	No Device	Penghapusan Device Akun Pertama	Berhasil Menghapus	Berhasil
	No Device	No Device	-	-	Berhasil
2	No Device	No Device	Penambahan Device Akun Pertama	Berhasil Menambahkan	Berhasil
	No Device	1 Device	Penambahan Device Akun Pertama dengan topic sama	Gagal Menambahkan	Berhasil
	No Device	1 Device	Penghapusan Device Akun Pertama	Berhasil Menghapus	Berhasil
	No Device	No Device	-	-	Berhasil

Pada pengujian ini menurut hasil pada Tabel 7, tingkat keberhasilan dari pengujian fitur penambahan dan penghapusan kepemilikan perangkat ini mencapai 100%.

4.8 Pengujian Pengaturan Multi Device

Pengujian ini dilakukan untuk menguji fitur kemampuan Mekanisme broker MQTT dan Web Server untuk mengendalikan beberapa perangkat stop kontak pintar sekaligus.

Tabel 8. Pengujian Fitur Pengaturan Multi Device

Fitur	Hasil Pengujian	
	Perangkat 1	Perangkat 2
On Off relay	Berhasil	Berhasil
reset	Berhasil	Berhasil
ganti interval pengiriman data	Berhasil	Berhasil
jadwal one time	Berhasil	Berhasil
jadwal weekly	Berhasil	Berhasil
pemantauan kWh dan penghitungan biaya	Berhasil	Berhasil

Pada pengujian fitur multi device ini seluruh fitur dapat dijalankan pada perangkat yang telah terdaftar pada user. Berdasarkan hasil pada Tabel 8, maka tingkat keberhasilannya mencapai 100%.

4.9 Pengujian Operasional pada Tempat Usaha Ruko

Pada pengujian ini akan dilakukan dilaksanakan selama 6 hari kerja dan jam operasional dari 10.00 hingga 19.00 pada kedai kopi. Untuk biaya per kWh pada Ruko ini adalah Rp. 1.300,00. Dengan beban rice cooker dengan konsumsi daya maksimal 400W dan blender dengan maksimal konsumsi daya 950W. Pengujian ini akan menggunakan kWh meter pembanding merk EU untuk menguji keakuratan dari perangkat stop kontak pintar.

Tabel 9. Pengujian Operasional pada Tempat Usaha

Hari ke-	kWh yang didapat		Selisih kWh (%)
	EU kWh meter	Stop kontak Pintar	
1	0.659	0.6738	2.24%
2	0.7204	0.7376	2.4%
3	0.6872	0.7032	2.33%
4	0.7082	0.7233	2.14%
5	0.7314	0.7517	2.01%
6	0.7828	0.7993	2.11%
TOTAL kWh	4.289	4.3889	2.32%

Pada pengujian operasional ini disimpulkan dari hasil pada Tabel 9, bahwa tingkat error yang dialami perangkat stop kontak pintar sebesar 2.32% yang mencatatkan kWh lebih besar daripada kWh meter pembanding. Dan penghitungan biaya dari waktu pemakaian 65.11 jam dengan biaya per kWh Rp. 1.300,00 didapatkan hasil yang akurat yaitu Rp. 5.705,57.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pembuatan perangkat stop kontak pintar dan aplikasi mobile web app berhasil dan berfungsi dengan baik dalam menjalankan fitur-fitur yang dimiliki, yaitu:

- Fitur On Off relay pada perangkat stop kontak pintar berjalan dengan baik, dengan tingkat keberhasilan mencapai 100%.
- Fitur Reset pada perangkat stop kontak pintar dan mobile web app berjalan dengan baik, dengan tingkat keberhasilan mencapai 100%.
- Fitur ganti interval pengiriman data berjalan dengan baik, dengan tingkat keberhasilan mencapai 100%.
- Fitur jadwal one time berjalan dengan baik, dengan tingkat keberhasilan mencapai 100%.
- Fitur jadwal weekly berjalan dengan baik, dengan tingkat keberhasilan mencapai 100%.
- Fitur pemantauan kWh dan penghitungan biaya berjalan dengan sangat baik, dengan rata-rata success margin sebesar 95.72%. Dimana persentase error terbesar pada lampu 1.5W mencapai 5.26%.
- Fitur penambahan dan penghapusan kepemilikan perangkat berjalan dengan baik. Tidak ada perangkat yang bisa diatur oleh akun lain, dan mementingkan privasi masing-masing akun.
- Perangkat stop kontak pintar yang diuji pada lingkungan operasional ruko untuk coffee shop selama 6 hari, mendapatkan rata-rata penyimpangan error yang kecil yaitu 2.32%.

5.1 Saran

Saran untuk Sistem Aplikasi Konsumsi Daya pada Multi Channel Power Socket adalah

- Melakukan uji coba pengujian beban yang kuantitasnya lebih banyak dan juga dalam jangka waktu lebih panjang. Untuk

mengetahui perangkat ini masih dapat bekerja dengan baik pada beban yang lebih besar dan waktu penggunaan yang lebih lama.

- Menggunakan mikrokontroler XMega agar dapat dikembangkan untuk setiap socket / port pada perangkat dapat memiliki pengukuran kWh masing-masing. Karena mikrokontroler ESP-32 hanya memiliki 3 serial port yang dapat dipakai sedangkan XMega dapat mensupport 8 serial port.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Atef, A. 2019. "PWA — Web app with a mobile experience". URI=<https://medium.com/tech-tajawal/pwa-web-app-with-a-mobile-experience-c8eeaaa7bfb7>
- [2] Cope, S. 2021. "How MQTT Works -Beginners Guide". URI= <http://www.steves-internet-guide.com/mqtt-works/>
- [3] Dias, Tiago & Sampaio, Pedro & Cardoso, Diogo & Prates, Cláudio & Jesus, Ricardo. (2020). Open-Source Power Outlet System for IoT-based Smart Homes. DOI:10.1109/SEST48500.2020.9203306.
- [4] IndoSite. (2020). Pengertian MySQL. <https://www.indosite.com/pengertian-mysql/>
- [5] Jatmiko, L. D. 2020. APJII: 196,7 Juta Warga Indonesia sudah meleak internet: Teknologi. URI=<https://teknologi.bisnis.com/read/20201110/101/1315765/apjii-1967-juta-warga-indonesia-sudah-melek-internet>.
- [6] Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. 2020. "Menteri ESDM Tetapkan Tarif Listrik Pelanggan Tegangan Rendah Non Subsidi Turun". URI=<https://www.esdm.go.id/en/media-center/news-archives/menteri-esdm-tetapkan-tarif-listrik-pelanggan-tegangan-rendah-nonsubsidi-turun>
- [7] Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. 2021. URI=<https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-tarif-tengana-listrik-tw-i-2021.pdf>
- [8] K. Patil, J. Metan, T. S. Kumaran and M. Mathapatil, "IoT based power management and controlled socket".DOI: 10.1109/ICECCOT.2017.8284676.
- [9] M. S. Ahmed, A. Mohamed, R. Z. Homod, H. Shareef, A. H. Sabry and K. Bin Khalid, "Smart plug prototype for monitoring electrical appliances in Home Energy Management System,". DOI: 10.1109/SCORED.2015.7449348.
- [10] Teknologi.id . 2018. "Jumlah Aplikasi yang Tersedia di Google Play Store". URI=<https://teknologi.id/ulasan/jumlah-aplikasi-yang-tersedia-di-google-play-store>
- [11] Utami N. 2020."Hemat Energi di Industri yang Efektif". URI=<https://environment-indonesia.com/hemat-energi-di-industri-yang-efektif/>