

SISTEM PENGUKURAN DAN PEMUTUSAN PENGGUNAAN DAYA LISTRIK SECARA *REAL TIME* BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

Aliza Cahyo Putranto¹

Jurusan Teknik elektro Universitas Pancasila
Email: Aliza.putranto@gmail.com

Muhammad Yaser¹

Jurusan Teknik elektro Universitas Pancasila
Email: muhammadyaser@univpancasila.ac.id

ABSTRACT : During the Corona Virus Diseases-19 (COVID-19) pandemic, the recording of kilo Watt hours (kWh) meters was not carried out in every home due to Work from Home (WFH). The calculation of the electricity bill for consumers whose kWh meter is not recorded is done by averaging the electricity usage for the previous three months. Increased activity at home also increases household electricity consumption. Supervision of the use of electric power by customers is needed as transparency in the use of electric power. Therefore, in this study, a real-time internet of things-based disconnection and measurement system for electric power usage was designed. In this design, limiting the maximum electrical power can be done by the NodeMCU which controls the Solid-State Relay (SSR) as a switch, the NodeMCU can communicate with the internet so that officers do not need to visit the customer's house to change the electrical power. The system of changing electrical power and measuring electrical power can be monitored throughout Indonesia with an internet connection from the NodeMCU to the customer. The PZEM-004T sensor can detect the current flowing in the mains and also the AC voltage which can be used as a measurement of electrical power by the NodeMCU. The web design is made so that customers can see the amount of electricity bills running in real time. the power factor in the design of the constant device is 0.8 or 20 percent lower than the power factor used in the Itron kWh meter. So, there is a 20% margin between the power on the tool and the kWh meter. The cut-off test was successful for 450W and 900W maximum power.

Keywords: COVID-19, kWh meter, Electricity power, Internet

ABSTRAK : Selama pandemi Corona Virus Diseases-19 (COVID-19) pencatatan kilo Watt hours (kWh) meter tidak dilakukan di setiap rumah karena Work from Home (WFH). Perhitungan tagihan listrik bagi konsumen yang tidak tercatat kWh meternya dilakukan dengan cara merata-ratakan penggunaan listrik tiga bulan sebelumnya. Peningkatan aktifitas di rumah juga meningkatkan konsumsi listrik rumah tangga. Pengawasan penggunaan daya listrik oleh pelanggan diperlukan sebagai transparansi penggunaan daya listrik. Oleh karena itu pada studi ini dirancang sistem pemutusan dan pengukuran penggunaan daya listrik secara realtime berbasis internet of things. Pada perancangan ini, pembatasan daya maksimum listrik dapat dilakukan NodeMCU yang mengendalikan Solid State Relay (SSR) sebagai saklar, NodeMCU dapat berkomunikasi dengan internet sehingga petugas tidak perlu mengunjungi rumah pelanggan untuk merubah daya listrik. Sistem perubahan daya listrik dan pengukuran daya listrik dapat di pantau di seluruh Indonesia dengan koneksi internet dari NodeMCU ke pelanggan. Sensor PZEM-004T dapat mendeteksi arus yang mengalir pada listrik dan juga tegangan listrik AC yang dapat digunakan sebagai pengukuran daya listrik oleh NodeMCU. Perancangan web dibuat agar pelanggan dapat melihat jumlah tagihan listrik yang berjalan secara real time. faktor daya pada perancangan alat konstan yaitu 0,8 atau 20 persen lebih rendah dibandingkan faktor daya yang digunakan pada kWh meter Itron. Sehingga terdapat margin 20% antara daya pada alat dan kWh meter. Pengujian pemutusan daya berhasil dilakukan untuk daya maksimum 450W dan 900W.

Kata kunci: COVID-19, kWh meter, Daya listrik, Internet.

PENDAHULUAN

Pada masa pandemi *Corona Virus Diseases-19* (COVID-19) diterapkan Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) yang menerapkan prinsip 3M yaitu mencuci tangan, memakai masker dan menjaga jarak. Penerapan PSBB pada petugas pencatat meter pascabayar Perusahaan Listrik Negara (PLN) menyebabkan keluhan masyarakat mengenai melonjaknya tarif listrik dari PLN [1]. Pemantauan penggunaan daya listrik secara *real time* dan pengubahan daya maksimum pada masing masing pelanggan dapat menjadi solusi untuk perhitungan biaya listrik. Penggunaan *Internet of Things* (IOT) memudahkan petugas PLN untuk menerapkan sistem secara luas ke seluruh indonesia, oleh karenanya konsumen yang kan diterapkan sistem ini harus terjangkau internet. Penelitian mengenai sistem pemantauan penggunaan daya listrik sebelumnya sudah dilakukan. Pada perancangan alat [2] digunakan sensor ZMPT-101B untuk mendeteksi besaran tegangan, sensor SCT 013-000 untuk mendeteksi besaran arus dan sebuah fotodiode untuk mendeteksi kedipan impuls pada kWh meter. Pada penelitian tersebut digunakan pengendali mikro berupa Arduino Uno. Sebuah display LCD digunakan untuk menampilkan penggunaan daya yang terukur. Penelitian lainnya [3] yaitu mengenai implementasi IoT untuk kontrol dan monitoring kWh meter pascabayar. Sensor yang digunakan yaitu sensor arus sct-013 dan sensor tegangan zmpt101b. Pada penelitian tersebut tidak ditampilkan hasil dari implementasi IoT yang telah

¹ Jurusan Teknik elektro Universitas Pancasila

direncanakan. Penelitian selanjutnya [4] yaitu sistem monitoring dan kontrol berbasis IoT. Hasil dari penelitian tersebut yaitu sensor arus ACS-712 memiliki error 9,93% dan sensor tegangan ZMPT101B memiliki error 1,6%. Pada penelitian tersebut tidak ditampilkan antarmuka yang telah dirancang untuk melakukan kontrol dan monitoring daya

Pada umumnya penelitian sebelumnya diasumsikan alat bekerja pada satu pelanggan saja, sementara untuk diterapkan di masyarakat membutuhkan suatu sistem yang dapat bekerja untuk lebih dari satu pelanggan. Disamping itu terdapat perbedaan komponen yang digunakan pada perancangan ini dibanding perancangan sebelumnya. Pada penelitian ini akan dirancang suatu sistem yang dapat memantau penggunaan listrik dan juga dapat merubah maksimum daya listrik secara *real time*, berbasis internet dan dapat diterapkan di lebih dari satu pelanggan. Penelitian ini menggunakan NodeMCU sebagai pengendali mikro, sensor PZEM-004T sebagai pendeteksi arus dan tegangan, sebuah display LCD untuk menampilkan hasil perhitungan daya listrik dan juga sebuah relay untuk memutuskan daya listrik. Fasilitas *Inter Integrated Circuit* (I2C) dapat dikoneksikan dengan perangkat RTC DS3231 untuk mendapatkan pembaruan waktu. Sistem pemutusan beban yang biasa menggunakan *circuit breaker* dengan kapasitas yang berbeda beda sesuai permintaan pelanggan dapat digantikan dengan *relay*.

Pemantauan penggunaan daya dapat diketahui melalui tampilan LCD 4x20 dan melalui peladen web lengkapnya. Setiap pelanggan memiliki nomor unik dan kata sandi untuk dapat melihat penggunaan listrik pada peladen web. Sementara operator dapat mengatur kapasitas listrik untuk masing-masing pelanggan pada peladen web melalui login akun operator. Perancangan ini diharapkan menghasilkan alat yang dapat menampilkan dan menghitung biaya pemakaian daya listrik pascabayar PLN secara *real time*, juga dapat merubah daya maksimum pada kWh meter PLN tanpa kedatangan petugas yang mengunjungi kWh meter pelanggan.

STUDI LITERATUR

a. kWh Meter.

kWh meter adalah alat ukur dan pencatat pemakaian energi listrik dengan mengukur arus dan tegangan kemudian mengalikan langsung pembacaan tegangan, arus, faktor kerja, selama satu jam dan berkelanjutan. Pengukuran energi yang paling dominan adalah pengukuran arus, dimana arus yang diukur tidak dapat melebihi arus pada spesifikasi kWh meter. Untuk itu dibutuhkan suatu peralatan instrumen yang dapat menurunkan arus yaitu trafo arus [2].

Untuk menghitung besar tegangan RMS dan arus RMS digunakan rumus :

$$V_{rms} = V_{max} \sqrt{2} \dots\dots\dots (1)$$

$$I_{rms} = I_{max} \sqrt{2} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

V_{rms} = Besar tegangan RMS

V_{max} = Besar tegangan maksimum pada puncak sinyal

I_{rms} = Besar arus RMS

I_{max} = Besar arus maksimum pada puncak sinyal

Setelah I_{rms} dan V_{rms} didapatkan selanjutnya untuk menghitung daya efektif digunakan rumus:

$$P = V_{rms} \times I_{rms} \times PF \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

P = daya efektif

PF = faktor daya

Faktor daya pada perhitungan PLN bernilai statis yaitu 1.

Setelah mendapatkan nilai daya rata-rata dilakukan perhitungan daya per jam dengan rumus:

$$KWh = P \times t \times 3600 / 1000 \dots\dots\dots (4)$$

b. Internet of Things

Internet of Things merupakan sebuah konsep dimana suatu objek ditanamkan teknologi seperti sensor dan software dengan tujuan untuk berkomunikasi, mengendalikan, menghubungkan, dan bertukar data melalui perangkat lain selama masih terhubung ke internet. IoT memiliki hubungan yang erat dengan istilah *machine-to-machine* (M2M). Seluruh alat yang memiliki kemampuan

komunikasi M2M ini sering disebut dengan perangkat cerdas atau *smart device*. Perangkat cerdas ini diharapkan dapat membantu kerja manusia dalam menyelesaikan berbagai urusan atau tugas yang ada. Untuk membuat suatu ekosistem IoT. Tidak hanya memerlukan perangkat-perangkat yang pintar, melainkan juga berbagai unsur pendukung lain, seperti:

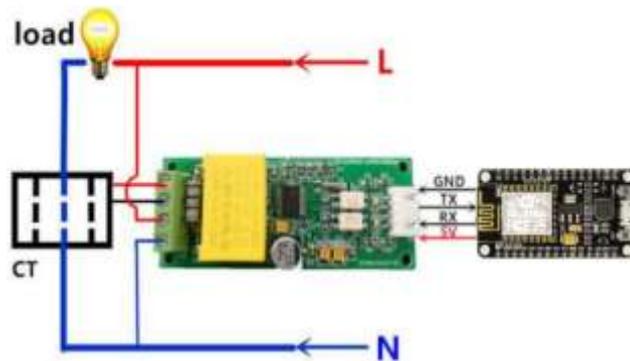
- **Artificial Intelligence (AI)**
Kecerdasan buatan atau *artificial intelligence* (AI) adalah sistem kecerdasan yang dimiliki oleh manusia yang diimplementasikan atau diprogram di dalam ia. AI ini sendiri memiliki beberapa cabang, salah satunya adalah *machine learning*. Dalam IoT, hampir semua mesin atau alat dapat menjadi mesin pintar. Itu berarti IoT sangat berdampak pada seluruh aspek kehidupan kita. AI ini bertugas untuk mengumpulkan data, perancangan dan pengembangan algoritma, serta pemasangan jaringan.
- **Sensor**
Sensor merupakan unsur pembeda mesin IoT dengan mesin canggih lainnya. Dengan adanya sensor ini mesin mampu menentukan instrumen yang dapat mengubah mesin IoT dari yang semula bersifat pasif menjadi mesin atau alat yang bersifat aktif dan terintegrasi.
- **Konektivitas**
Konektivitas juga biasa disebut sebagai koneksi antar jaringan. Dalam dunia IoT sendiri ada kemungkinan untuk membuat jaringan baru, jaringan yang khusus digunakan untuk perangkat IoT.

c. **NodeMCU**

NodeMCU merupakan salah satu pengendali mikro *single board* yang memiliki fasilitas WiFi sehingga berguna dalam pembuatan produk dengan platform IoT. NodeMCU bersifat *open-source* dan menggunakan *script* LUA sebagai Bahasa pemrogramannya. Perangkat keras NodeMCU terdiri dari *system on chip* Esp8266 buatan Espressif System dan juga menggunakan *firmware* dengan Bahasa pemrograman *scripting* LUA [5]. Penggunaan ESP32 banyak berkorelasi dengan IoT, dimana dengan sistem ini dapat dilakukan pemantauan dan pengendali secara nirkabel melalui internet. Ini memungkinkan mekanisme kendali jarak jauh bagi pengguna. Penggunaan jaringan yang disiapkan bisa dikonfigurasi sesuai dengan kebutuhan [6]

d. **PZEM-004T**

PZEM-004T merupakan sensor yang difungsikan untuk mengukur tegangan, arus, beda fasa antara tegangan dan arus serta frekuensi dari listrik AC [7]. Sensor ini dikategorikan sebagai *smart sensor* karena terjadi perhitungan antara besaran gelombang arus dan tegangan, sehingga keluaran yang dihasilkan sudah berupa besaran arus dan tegangan. Kapasitas ukur sensor ini sampai dengan 100A, dengan jangkauan tegangan antara 80V sampai dengan 260V batas pengukuran terkecilnya 0.02A, akurasi di kelas 1 atau 1% dan jangkauan frekuensi antara 45-65Hz. *Smart* sensor ini memiliki fasilitas penyimpanan memori berbasis *Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory* atau EEPROM. Data konsumsi daya disimpan di beberapa alamat EEPROM dengan kapasitas 16bit dan dapat dihapus nilainya menggunakan fasilitas *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter* (UART). Fungsi lainnya dari *smart* sensor ini adalah *over power alarm*, fungsi ini memungkinkan pengguna untuk memberi batasan kepada sensor untuk menginisialisasi daya aktif maksimum, sehingga ketika pengukuran sudah melebihi daya aktif maksimum yang telah ditetapkan, PZEM-004T akan memberikan perubahan pada alamat register



■ Gambar 1. Pengkabelan PZEM-004T ke beban dan ke NodeMCU [7]

Pengkabelan perangkat ke beban sama dengan pengkabelan untuk mengukur arus dan tegangan. Terdapat dua pasang terminal yang masing-masing digunakan untuk mendeteksi gelombang sinus pada tegangan dan gelombang sinus pada arus. Arus dan tegangan yang telah melalui transduser masuk ke pengukuran *Analog to Digital Converter* (ADC) yang sudah tersedia dalam *smart sensor*. Data digital kemudian di manipulasi lebih lanjut untuk mendapatkan nilai *root mean square* (rms) untuk arus dan juga tegangan. Beda sudut fasa dan frekuensi juga dideteksi oleh PZEM-004T.

Sehingga dari *smart sensor* ini dapat memberikan keluaran berupa daya nyata karena sudah mendapatkan nilai rms dari arus, tegangan serta beda fasa antara arus dan tegangan. Untuk mengakses data-data yang telah dihitung oleh PZEM-004T dibutuhkan fasilitas komunikasi (UART) dengan tingkatan tegangan *Transistor-Transistor Logic* (TTL). Salah satu perangkat yang dapat dengan mudah mengakses data dari *smart sensor* ini adalah NodeMCU, karena memiliki fasilitas UART dengan tingkatan tegangan TTL. Selain dengan NodeMCU, PZEM-004T juga dapat dikomunikasikan dengan pengendali mikro lainnya juga dengan komputer menggunakan saluran USB atau saluran RS-232 dengan bantuan kabel konverter dari TTL ke USB atau TTL ke RS232 [8].

e. Inter Integrated Circuit (I2C)

Inter Integrated Circuit atau yang biasa disingkat I2C adalah satu metode komunikasi modern untuk mengkomunikasikan IC dan atau antar sistem. Komunikasi I2C merupakan komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran komunikasi yang didesain khusus untuk mengirim maupun menerima data. Sistem I2C terdiri dari Serial Data (SDA) dan saluran Serial Clock (SCL) yang menjadi jalur komunikasi perangkat I2C dengan pengendalinya. Perangkat yang dihubungkan dengan I2C Bus dapat dioperasikan sebagai master maupun slave. Master adalah piranti yang menginisiasi transfer data pada I2C Bus dengan membangkitkan sinyal mulai dan mengakhiri transfer data dengan membangkitkan sinyal berhenti dan sinyal clock. Slave adalah piranti yang menerima permintaan dari master [9]. Dalam satu jaringan komunikasi I2C dapat menggunakan single slave maupun multi slave, setiap slave I2C harus memiliki alamat yang berbeda dengan slave lainnya agar master dapat memberikan perintah ke slave dengan tepat.

f. Liquid Crystal Display (LCD)

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan alat elektronik yang digunakan untuk menampilkan karakter angka dan teks. Dalam menampilkan numerik, kristal yang dibentuk menjadi garis-garis, dan dalam menampilkan alfanumerik kristal diatur ke dalam pola titik-titik. Setiap kristal memiliki saklar listrik masing-masing, sehingga setiap kristal tersebut dapat dikedalikan oleh pengendali. Ketika kristal tidak aktif maka tidak ada arus yang melalui kristal, dan tidak ada cahaya kristal sehingga terlihat sama dengan bahan latar belakang kristal. Namun ketika kristal dialiri arus listrik, maka akan menyerap lebih banyak cahaya. Hal ini membuat kristal terlihat lebih gelap dibandingkan latar belakangnya, sehingga kita pun dapat melihat cahaya tersebut [10]. LCD 4x20 dikoneksikan dengan perangkat I2C PCF8574 karena memiliki kesamaan jumlah pin yang dihubungkan dengan PCF8574 menjadikan NodeMCU dapat menampilkan karakter pada LCD 4x20 dengan fasilitas I2C. LCD 4x20 ini memiliki 4 baris dengan 20 kolom setiap barisnya. Setiap segmennya terdapat 5x8 kristal yang masing masing dapat dikendalikan cahayanya. Menggunakan sumber tegangan 5V atau 3V memudahkan perancangan dengan perangkat TTL.

g. DS3231

Real Time Clock (RTC) adalah alat untuk menghitung pulsa yang dikeluarkan dari suatu sumber pulsa yang konstan dengan tujuan menghitung jumlah pulsa yang masuk untuk dijadikan satuan waktu. DS3231 merupakan IC yang difungsikan sebagai RTC. Meskipun tergolong *low-cost*, I2C RTC memiliki keakuratan yang sangat tinggi dengan 32kHz frekuensi *internal clock* yang dapat diterima dengan tepat. Selain memiliki *internal clock* DS3231 juga terintegrasi dengan *Temperature Compensated Crystal Oscillator* (TXCO) yang dapat memantau suhu dari sumber sinyal secara otomatis untuk menjaga kestabilan frekuensi dari sumber sinyal yang dihasilkan. penghitung frekuensi pada RTC lain dapat bergeser hingga satuan menit setiap bulannya, dikarenakan kondisi suhu yang ekstrim [11]

h. Relay

Relay adalah komponen atau rangkaian elektronika yang sederhana tersusun oleh saklar dan jembatan antar sisi. Penggunaan relay banyak diterapkan pada perangkat-perangkat elektronika. Terutama di *perangkat* yang bersifat otomatis. Cara kerja komponen ini dimulai pada saat mengalirnya arus listrik melalui sisi tegangan rendah, lalu membuat jembatan antar sisi menginisiasi saklar tegangan tinggi sehingga dapat merubah saklar dari *Normally-Open* menjadi *Normally-Close* atau sebaliknya. Pemakaian relay pada perangkat-perangkat elektronika mempunyai banyak keuntungan seperti dapat mengendalikan sendiri arus serta tegangan listrik yang diinginkan, juga dapat memaksimalkan besar tegangan listrik hingga mencapai maksimalnya, dan dapat menggunakan saklar dari satu, disesuaikan dengan kebutuhan. Relay juga merupakan komponen elektronika yang berfungsi sebagai saklar fotoelektrik maupun mekanik. Fungsi relay utamanya yaitu memisahkan rangkaian listrik tegangan tinggi dengan rangkaian listrik lebih rendah [9].

i. Komunikasi web dan pengendali mikro

Peladen web adalah perangkat lunak yang berfungsi untuk menerima permintaan dari *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) atau *Hypertext Transfer Protocol Secure* (HTTPS) pada penjelajah web serta untuk mengirimkan *kembali* hasilnya dalam bentuk beberapa karakter pada halaman web dan umumnya berbentuk dokumen *Hypertext Markup Language* (HTML) Peladen web dimanfaatkan untuk mentransfer data dalam sebuah situs web termasuk seperti teks, video, gambar dan yang lainnya [12].

Hypertext Processor (PHP) adalah bahasa dasar pemrograman web yang terletak pada peladen web. Bahasa PHP dapat digabungkan dengan bahasa HTML dalam file yang sama untuk menjadikan halaman web yang dinamis. Berbeda dengan cara peladen web mengakses kode HTML, untuk mengakses file PHP, peladen web akan mentransfer file PHP yang dituju ke kompilator PHP untuk diproses, PHP kompilator tersebut akan mentransfer kembali hasil proses kompilasi ke peladen web, kemudian peladen web menampilkan hasil proses kompilasi ke penjelajah web.

JavaScript Object Notation (JSON) merupakan format pertukaran data yang mudah dibaca, ditulis dan juga ringan dari sisi penyimpanan data. Data yang dikirimkan ke alamat laman lainnya dapat diambil dari basis data. *Query* dikirimkan ke basis data kemudian di terima oleh peladen web dalam bentuk susunan data yang teratur (*array*), peladen web memisahkan data tersebut sesuai dengan kebutuhan pengguna. Setelah masing masing *array* dikenali digunakan metode *Java Script Obejct Notation* (JSON) untuk mengirimkan data tersebut ke halaman lain. Halaman penerima tersebut menerjemahkan format JSON sehingga mendapatkan masing-masing untaian data sehingga data siap ditampilkan ke halaman penjelajah web.

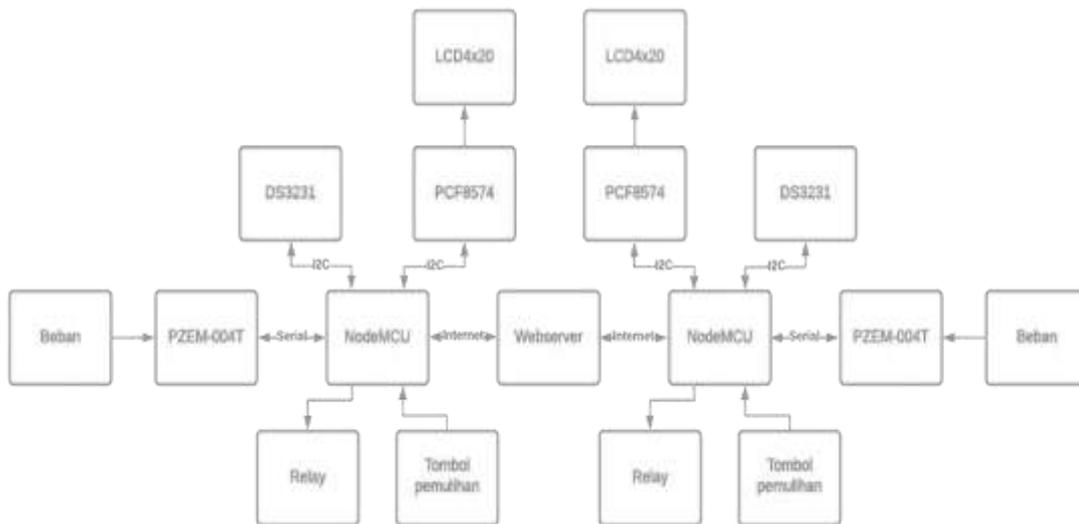
PERANCANGAN ALAT**a. Diagram Blok**

Diagram blok menggambarkan struktur sistem yang akan dirancang. Sistem memiliki beberapa masukan seperti sensor PZEM-004T, tombol data waktu dari DS3231 dan masukan dari operator maupun pelanggan. Sementara keluaran meliputi kontak relay, LCS4x20 dan tampilan dipeladen web. Deskripsi dari diagram blok rancangan sebagaimana berikut:

1. PZEM004 mendapatkan sinyal sinusoidal berupa arus dan tegangan
2. DS3231 memberikan waktu aktual yang diakses melalui fasilitas I2C oleh NodeMCU

3. LCD 4x20 dengan bantuan PCF8574 berkomunikasi dengan NodeMCU melalui fasilitas I2C untuk menampilkan ID pelanggan dan penggunaan listrik.
4. Pada peladen web terdapat halaman *login* yang berisi ID dan *Password* untuk masuk data penggunaan listrik masing-masing pelanggan atau akses ke akun petugas, Data pengguna daya listrik dan data tarif listrik mulai dari awal bulan ditampilkan melalui laman pelanggan, Pada laman petugas, terdapat tombol untuk mengganti kapasitas daya pelanggan dan juga terdapat kolom yang digunakan untuk mengubah tarif dasar listrik
5. Apabila daya yang dihitung melebihi kapasitas daya yang dipesan. NodeMCU akan memerintahkan *relay* untuk memutuskan arus listrik ke pelanggan,

Tombol yang terhubung dengan saluran masukan NodeMCU digunakan untuk memulai sambungan listrik oleh *relay*



■ Gambar 2. Diagram blok sistem

b. Perancangan Perangkat Keras

Pengukuran tegangan dan arus menggunakan sensor PZEM-004T yang terhubung dengan beban dan terhubung dengan NodeMCU dengan fasilitas UART. Tegangan *line* yang diukur oleh sensor PZEM-004T masuk ke saluran masukan 3 (*line*) dan saluran masukan 4 (netral). Sementara untuk pengukuran arus menggunakan trafo arus inti terpisah, penggunaan trafo arus inti terpisah memudahkan instalasi karena tidak perlu melepas kabel listrik. Kontak *Normally-Open* relay ditempatkan pada pangkal kWh meter untuk memutus atau menyambungkan arus listrik. Relay tersebut dikendalikan oleh saluran digital NodeMCU dan akan memutuskan arus listrik ketika daya yang dihitung melebihi kapasitas daya yang dipesan pelanggan. LCD 4x20 menampilkan daya listrik yang terpakai serta tagihan listrik secara terus menerus. Tombol *Normally-Open* yang terhubung dengan NodeMCU digunakan untuk memulai sambungan listrik oleh relay DS3231 menghitung waktu dengan bantuan pembangkit frekuensi pada perangkat tersebut. NodeMCU menerima data waktu dari DS3231 melalui fasilitas I2C.

2. Web Server

Perancangan peladen web dimulai dari pembuatan peladen web lokal pada laptop untuk menguji program yang telah dibuat. Proses pada peladen web menggunakan Bahasa PHP sementara untuk tampilan menggunakan HTML dibantu dengan CSS. Peladen web menggunakan basis data Mysql untuk menyimpan data yang diterima dan data yang dikirimkan ke masing masing kWh meter pelanggan. Masing-masing data pelanggan memiliki tabel pada basis data, juga setiap pelanggan memiliki halaman web masing-masing untuk menampilkan konsumsi daya listrik. Pada laman operator terdapat tombol-tombol dan masukan angka. Tombol-tombol digunakan untuk mengganti kapasitas daya pelanggan mulai dari 450W dan 900W, sementara masukan angka untuk menentukan tarif per kWh. NodeMCU mengirmkan data melalui HTTP, peladen web mendapatkan nilai yang dikirimkan NodeMCU dan menyimpan nilai tersebut ke tabel yang bersangkutan.



■ Gambar 5. Tampilan utama laman web

Pada tampilan utama terdapat nilai tegangan, arus, daya yang dipesan, total konsumsi daya, total tagihan terakhir dan total tagihan bulan lalu. Data yang dikirimkan dari NodeMCU ke peladen web akan terus diperbarui sesuai dengan data yang tersedia pada tabel. Program pada tampilan utama terdapat perintah untuk memanggil laman *web update* data dengan periode 1 detik. Pada laman *web update* data terdapat perintah untuk memanggil data terakhir dari tabel tertentu, kemudian data yang didapatkan dirubah kedalam bentuk JSON dan ditampilkan ke laman *web update*. Laman web utama kemudian mengenkripsi data JSON dari laman *web update* kemudian ditampilkan ke laman utama agar pengguna dapat melihat pembaruan setiap detiknya.

```
const textViewCount_3 = document.getElementById('viewCount_3');  
  
setInterval(function(){  
  fetch('viewcount_3.php').then(function(response){  
    return response.json();  
  }).then(function(data){  
    textViewCount_3.textContent = data.viewCount_3;  
  }).catch(function(error){  
    console.log(error);  
  })  
},1000);  
}
```

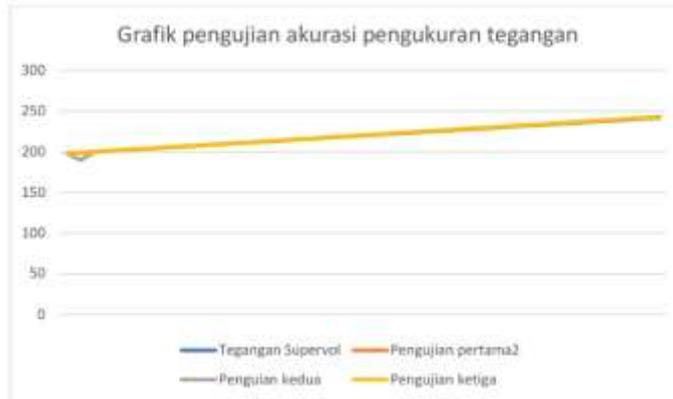
■ Gambar 6. Program pembaruan data per detik pada laman web utama.

HASIL DAN PENGUJIAN

Metode pengujian pada perancangan ini dibagi menjadi 5 tahap, yaitu pengujian akurasi pengukuran tegangan, pengujian akurasi pengukuran arus, pengujian akurasi pengukuran daya, pengujian pemutusan daya dan pengujian kecepatan pengiriman data. Pada setiap pengujian dilakukan beberapa kali percobaan.

a. Pengujian Pengukuran Tegangan

Pengujian akurasi pengukuran tegangan dilakukan untuk mengetahui seberapa akurat pengukuran tegangan yang diukur oleh alat. Pengujian dilakukan dengan menaikkan tegangan setiap 1V antara 198V sampai dengan 242V.



■ **Gambar 7.** Grafik pengujian akurasi pengukuran tegangan

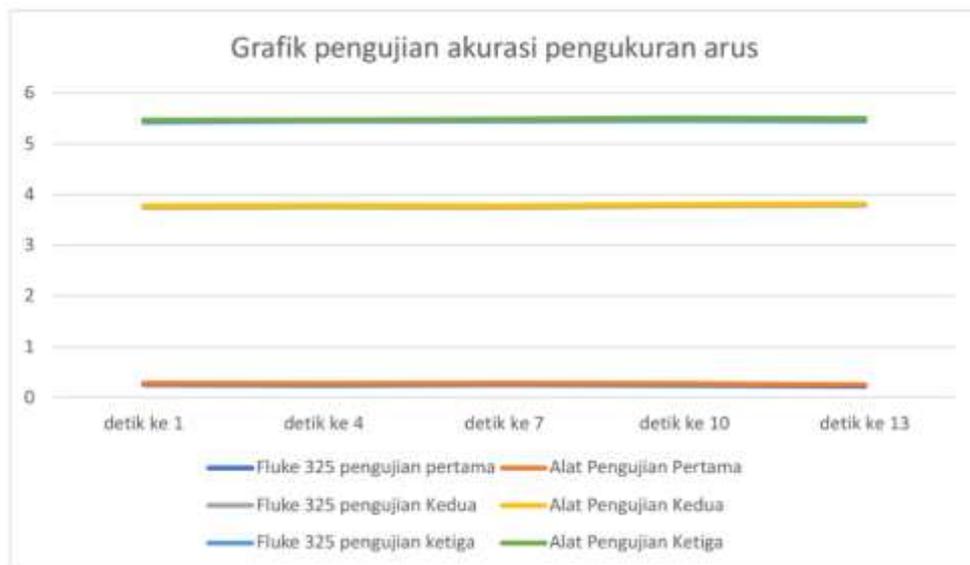
Dari tiga kali pengujian tersebut didapatkan error pengukuran sebesar 0,15%, 0,14% dan 0,16%, dengan nilai kesalahan terbesar 0,49% pada tegangan 242V dan nilai error terkecil 0% terdapat diantara 199V sampai 209V. Nilai kesalahan yang besar pada saat pengujian dapat disebabkan oleh input tegangan PLN yang tidak konstan dan juga potensio meter untuk mengatur keluaran tegangan dari Supervol yang kadang bergeser dengan sendirinya.

b. Pengujian Pengukuran Arus

Pengujian akurasi pengukuran arus dilakukan untuk mengetahui seberapa akurat pengukuran arus yang diukur oleh alat. Pengujian dilakukan dengan menggunakan beberapa beban listrik. Untuk melakukan pengujian digunakan beban berupa pendingin ruangan (*Air Conditioner*), pemanas air galon, lampu, alat pengisi daya telepon genggam dan televisi. *Clamp meter* Fluke 325 digunakan sebagai pembandingan pembacaan arus.



■ **Gambar 8.** Pengujian akurasi pengukuran arus



■ Gambar 9. Grafik pengujian akurasi pengukuran arus

Dari pengujian yang dilakukan didapatkan kesalahan pengukuran berkisar antara 0,02A sampai dengan 0,05A, semakin besar arus yang diukur maka akan semakin besar selisih pengukurannya. Hal tersebut dimungkinkan karena pemasangan *current transducer* pada alat yang tidak lurus dengan kabel *line* yang diukur.

c. Pengujian Pengukuran Daya

Pengujian akurasi pengukuran daya dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan dari alat dengan hasil perhitungan dari kWh meter yang digunakan. Input arus PZEM-004T disertai dengan input arus pada kWh meter. Perhitungan alat menggunakan faktor daya statis yaitu 0,8. Pada percobaan pengujian akurasi pengukuran daya digunakan beban lampu neon 18W, pemanas air galon, pendingin ruangan dan charger HP.



■ Gambar 9. Pengujian akurasi pengukuran daya

faktor daya yang kita gunakan di alat konstan yaitu 0,8 atau 20 persen lebih rendah dibandingkan faktor daya yang digunakan pada kWh meter Itron. Sehingga terdapat margin 20% antara daya pada alat dan kWh meter. Selain itu kedepan lampu pada kwh tidak diperhitungkan.

d. Pengujian Pemutusan Daya

Pengujian pemutusan beban dilakukan menggunakan beban yang sama pada pengujian arus. Pengujian pemutusan daya pada daya yang terdaftar 450W dan 900W. Pemutusan daya listrik dapat dilakukan ketika hasil perhitungan daya aktual melebihi dari daya yang terdaftar pada pelanggan, SSR memutus aliran arus ke pelanggan membuktikan pemutusan daya listrik berhasil



■ Gambar 10. Pengujian pemutus daya

e. Pengujian Kecepatan Pengiriman Data

Pengujian pengiriman data dilakukan dengan mencantumkan waktu saat server menyimpan data yang dikirimkan oleh NodeMCU setiap pergantian detik yang dideteksi oleh NodeMCU dari RTC DS3231. Ketika NodeMCU Mengirimkan data server akan merespon kemudian NodeMCU mendeteksi pergantian detik untuk mengirimkan data selanjutnya.

Nilai_1	Nilai_2	Command	id	Daya Aktual	Akumulasi Biaya	Akumulasi Daya	Time
229	0	90	229	48	2867	2	2021-01-25 15:32:25
229	0	90	230	48	2867	2	2021-01-25 15:32:26
229	0	90	231	48	2867	2	2021-01-25 15:32:27
229	0	90	232	48	2868	2	2021-01-25 15:32:28
229	0	90	233	49	2868	2	2021-01-25 15:32:29
229	0	90	234	49	2868	2	2021-01-25 15:32:30
229	0	90	235	48	2868	2	2021-01-25 15:32:31
229	0	90	236	48	2868	2	2021-01-25 15:32:32
229	0	90	237	48	2868	2	2021-01-25 15:32:33
229	0	90	238	48	2868	2	2021-01-25 15:32:34
229	0	90	239	48	2868	2	2021-01-25 15:32:35
229	0	90	240	49	2868	2	2021-01-25 15:32:36
229	0	90	241	48	2868	2	2021-01-25 15:32:37
229	0	90	242	48	2868	2	2021-01-25 15:32:38
229	0	90	243	48	2868	2	2021-01-25 15:32:39
229	0	90	244	48	2868	2	2021-01-25 15:32:40
229	0	90	245	48	2868	2	2021-01-25 15:32:41
229	0	90	246	48	2868	2	2021-01-25 15:32:42
229	0	90	247	48	2868	2	2021-01-25 15:32:43
229	0	90	248	48	2868	2	2021-01-25 15:32:44
229	0	90	249	48	2868	2	2021-01-25 15:32:45
229	0	90	250	48	2868	2	2021-01-25 15:32:46
229	0	90	251	48	2868	2	2021-01-25 15:32:47
229	0	90	252	48	2868	2	2021-01-25 15:32:48
229	0	90	253	49	2868	2	2021-01-25 15:32:49
229	0	90	254	48	2868	2	2021-01-25 15:32:51
229	0	90	255	48	2868	2	2021-01-25 15:32:51
229	0	90	256	48	2868	2	2021-01-25 15:32:53
229	0	90	257	48	2868	2	2021-01-25 15:32:54
229	0	90	258	48	2868	2	2021-01-25 15:32:55

■ Gambar 10. Pengujian kecepatan pengiriman data

Dari gambar diatas kecepatan pengiriman data adalah 1 detik. Pada detik 51 terdapat dua data yang dikirim, namun data pada detik ke 50 tidak ada. Hal tersebut dikarenakan proses penyimpanan data di detik 49 yang pertama melebihi dari 1 detik sehingga penyimpanan data tercatat pada detik selanjutnya yaitu detik ke 50

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian terdapat margin 20% antara daya pada alat dan kWh meter karena faktor daya yang kita gunakan di alat konstan yaitu 0,8 atau 20 persen lebih rendah dibandingkan faktor daya yang digunakan pada kWh meter. Kemudian pemutusan daya listrik ke pelanggan dapat dilakukan sesuai dengan kapasitas daya yang terdaftar. Kontak SSR akan terbuka apabila hasil perhitungan daya aktual lebih besar dari hasil kapasitas daya yang terdaftar. Penampil penggunaan daya listrik dan biaya

pemakaian listrik aktual dapat dilihat melalui web maupun di LCD secara *real time*. Pembaruan data per detik pada tampilan LCD dan tampilan web, tampilan web dapat diakses melalui laptop maupun gawai. Pengubahan daya maksimum tersedia listrik dapat dilakukan melalui web dengan login operator sehingga petugas tidak perlu datang ke rumah pelanggan untuk mengubah daya maksimum listrik. Maksimum daya listrik yang tersedia adalah 450W dan 900W.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kompas: <https://regional.kompas.com/read/2020/06/16/12491121/banyak-keluhan-naik-dedi-mulyadi-pln-harus-transparan.2020>
- [2] D. W Sasmojo and N. Suryaningsih, "Deteksi Pemakaian Tenaga Listrik Terhadap Deviasi KWh Meter Berbasis Mikrokontroller", *SEMRESTEK*, August 2018
- [3] Hidayah, M. N., Alfita, R., & Aji, K "Implementasi Internet of Thing Untuk Kontrol dan Monitoring KWH Meter Pascabayar". *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro Undiksha*, 9(3), 161–170. 2021
- [4] Shodiq, A., Baqaruzi, S., & Muhtar, A "Perancangan Sistem Monitoring dan kontrol Daya Berbasis Internet of Things" *Jurnal ELECTRON*, 2(1), 18–26. 2021
- [5] Sutono, dan A. Nursoparisa, "Perancangan Sistem Kendali Automatisasi Control Debit Air pad Pengisian Galon Menggunakan Modul Arduino", *Media Jurnal Informatika*, vol. 11, no. 1, pp: 33-42, 2019
- [6] M. S. Humala, "Perancangan Prototipe Sistem Smarthome Berbasis IOT dengan smartphone Menggunakan NodeMCU," Skripsi, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, Medan, 2019
- [7] Innovatorsguru, <https://innovatorsguru.com/pzem-004t-v3>. 4 November 2020
- [8] S. Nirwan dan M. S. Hafidz, "Rancang Bangun Aplikasi untuk Prototipe Sistem Monitoring Konsumen Energi Listrik pada Peralatan Elektronik Berbasis PZEM-004T" *Jurnal Teknik Informatika*, vol.12, no. 2, pp. 22-28, April 2020.
- [9] Y. C. Saghoa, S. R. U. A Sompie dan N. M. Tulung, "Kotak Penyimpanan Uang Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," *Jurnal Teknik Elektro and Komputer*, vol.7, no. 2, pp: 167-174, 2018.
- [10] O. M. Sinaulan, Y. D. Y Rindengan dan B. A. Sugiarso, "Perancangan Alat Ukur Kecepatan Kendaraan Menggunakan Atmega 16," *E-Journal Teknik Elektro and Komputer*, vol. 4, no. 3, pp: 60-70, 2015
- [11] Sutono, dan A. Nursoparisa, "Perancangan Sistem Kendali Automatisasi Control Debit Air pad Pengisian Galon Menggunakan Modul Arduino", *Media Jurnal Informatika*, vol. 11, no. 1, pp: 33-42, 2019
- [12] A. Roihan, A. A. Wisanto, Y. Sulaeman dan F. M. Nur, S. Williandi, W. Pribadi, "Implementasi Metode Realtime, Live Data and Parsing JSON Berbasis Mobile dengan Menggunakan Android Studio and PHP Native," *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 5, no. 2.2019