

Rancang Bangun Kwh Meter Digital Menggunakan *Internet of Things*

Rio Guntur Dany Rafi¹, Supriyono^{2*}, Zaenurrohman³, Purwiyanto⁴

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Cilacap

⁴Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Negeri Cilacap

^{1,2,3,4}Jln. Dr. Soetomo No.1 Sidakaya, Kabupaten Cilacap, 53212, Indonesia

E-mail: riogunturdanyrafi@gmail.com¹, rzx.clcp@gmail.com², zaenur@pnc.ac.id³, purwi_1979@gmail.com⁴

Abstrak

Info Naskah:

Naskah masuk: 30 Mei 2023

Direvisi: 7 Juli 2023

Diterima: 8 Juli 2023

Pada umumnya kWh meter dipasang pada sebuah gardu distribusi yang mensuplai energi listrik pada gedung. Kelemahan kWh meter biasa tidak dapat memberikan informasi *real* konsumsi energi listrik. Pengukuran dan pencatatan pemakaian energi listrik masih memerlukan tenaga manusia. Dengan memanfaatkan jaringan internet berbasis konsep Internet of Things (IoT), penelitian ini bertujuan merancang dan membuat kWh meter digital untuk memonitoring dan mengontrol pemakaian energi listrik pada gedung secara *realtime* pada sebuah website. Menggunakan website dan Database MYSQL-PHPMyAdmin sebagai penyimpanan data. Sensor PZEM-004T digunakan untuk mengukur energi listrik yang digunakan, kemudian diproses pada mikrokontroler Wemos D1 Mini. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan kWh meter digital berhasil memonitoring dan mengontrol pemakaian energi listrik melalui website secara *realtime*. Persentase rata-rata nilai eror tegangan : 0,44% - 0,49%, arus: 0,36%, cosphi leading : 39%, cosphi lagging : 1%, daya : 0,93% - 2,68%, kWh : 16,3%, frekuensi: 0 %.

Abstract

Keywords:

kWh meter;

electrical energy;

internet of things;

In general, the kWh meter is installed in a distribution substation that supplies electrical energy to the building. The weakness of ordinary kWh meters cannot provide real information on electricity consumption. Measuring and recording the use of electrical energy still requires human power. By utilizing an internet network based on the Internet of Things (IoT) concept, this research aims to design and manufacture a digital kWh meter to monitor and control the use of electrical energy in buildings in real-time on a website. Using the website and the MYSQL-PHPMyAdmin Database as data storage. The PZEM-004T sensor is used to measure the electrical energy used, then it is processed on the Wemos D1 Mini microcontroller. From the test results that have been carried out, the digital kWh meter has succeeded in monitoring and controlling the use of electrical energy through the website in real-time. Percentage average error value: voltage: 0.44% - 0.49%, current: 0.36%, cos phi leading: 39%, cos phi lagging: 1%, power: 0.93% - 2.68%, kWh: 16.3%, frequency: 0 %.

***Penulis korespondensi:**

Supriyono

E-mail: rzx.clcp@gmail.com

1. Pendahuluan

Energi listrik diukur menggunakan kWh meter. Metode pembayarannya bisa dilakukan melalui sistem Prabayar atau Pascabayar. Berdasarkan sistem kerjanya kWh meter dibedakan menjadi 2 (dua), yaitu: kWh meter digital dan kWh meter mekanik. Sistem Prabayar biasanya menggunakan kWh meter digital karena lebih mudah untuk diterapkan menggunakan sistem token. Sistem token pada kWh meter masih memiliki kekurangan, yaitu tidak bisa mengetahui informasi penggunaan energi listrik setiap hari atau rata-rata penggunaannya. Indikator lampu LED digunakan sebagai indikasi besarnya beban yang terukur (puls/kWh) pada kWh meter digital, sedangkan kWh meter mekanik menggunakan sistem putaran piringan (putaran/kWh) [1].

Proses audit energi masih jarang diterapkan di Indonesia, khususnya untuk gedung-gedung komersial seperti gedung perkantoran, sekolah, universitas, rumah sakit maupun gedung komersial lainnya, padahal gedung perkantoran adalah salah satu yang memiliki ketergantungan tinggi terhadap kebutuhan energi listrik terutama untuk memenuhi kebutuhan operasionalnya [2]. Untuk mengukur energi listrik pada gedung pada umumnya menggunakan kWh meter. Biasanya kWh meter ditempatkan pada sebuah gardu distribusi yang mensuplai energi untuk beberapa gedung. Tentu saja hal ini tidak dapat memberikan informasi real konsumsi energi listrik sebuah gedung, untuk itu perlu dilakukan usaha agar hemat dan efisien dalam pemanfaatan energi listrik pada sebuah gedung. Besaran listrik hendaknya dapat dijaga dalam kondisi atau batasan standar yang diizinkan. Untuk mengetahuinya, maka perlu ada alat yang dapat memonitor besaran listrik tersebut [3]. Saat ini di setiap sistem monitoring energi masih banyak dilakukan dengan cara analog. Pengukuran monitoring daya tersebut banyak memerlukan tenaga manusia untuk mencatat nilai dan melihat berapa banyak listrik yang terpakai. Untuk mengatasi hal ini salah satu cara agar seluruh hasil pengukuran dapat tersimpan melalui database yaitu dengan memanfaatkan sistem IoT [4]. Selain dapat menyimpan hasil pengukuran, sistem IoT dapat digunakan sebagai monitoring secara *realtime*. Teknologi Internet of Things (IoT) dapat digunakan untuk mengakses informasi mengenai besarnya konsumsi energi listrik.

Beberapa penelitian telah mengembangkan teknologi untuk memonitoring penggunaan energi listrik, seperti penelitian yang dilakukan oleh Arief Kurniawan dkk, dengan judul penelitian pengembangan sistem *monitoring* listrik pada ruangan menggunakan NodeMCU dan MQTT. Pada penelitian tersebut dikembangkan sebuah sistem monitoring penggunaan listrik pada setiap ruangan di rumah yang belum bisa dimonitoring dengan menggunakan kWh meter biasa. Sensor arus yang digunakan pada penelitian tersebut adalah sensor arus YHDC SCT-013-000. Hasil pengujian sensor pada penelitian tersebut terdapat selisih nilai 0-0.3 ampere pada saat tidak ada aktifitas perangkat elektronik dan 0.17 ampere pada saat terjadi aktifitas perangkat elektronik. Pengiriman data menggunakan MQTT dapat dilakukan dan hasilnya dapat ditampilkan dalam bentuk grafik [5].

Penelitian lain yang dilakukan oleh Pamungkas dan Damastuti, tahun 2018 bertujuan membuat perancangan

alat uji IoT pemantauan arus dan tegangan listrik arus kuat. Menggunakan sensor arus ACS712 dan sensor tegangan ZMPT101B, mikrokontroler arduino, ethernet shield, *database* pada *server localhost* dan *web localhost*. Perancangan alat uji pemantauan arus dan tegangan dirancang pada tegangan 1 fasa. Sensor arus ACS712 dan sensor tegangan ZMPT101B mengirim data kepada mikrokontroler arduino. Data yang diterima dikonversi menjadi nilai Ampere dan Volt serta dihitung nilai daya dan tarif yang terpakai oleh beban listrik. Perhitungan tarif dengan mengacu tarif pelanggan 1300VA PT. PLN Persero sebesar Rp. 1467,28. Data hasil perhitungan dikirim ke *database* pada *server localhost* dan ditampilkan pada *web localhost* [6].

Alat monitoring pemakaian energi listrik berbasis operasi android menggunakan modul PZEM-004T juga telah diteliti oleh Andriana dkk. Alat tersebut adalah sebuah sistem yang dirancang dan dimanfaatkan untuk membaca jumlah pemakaian energi listrik yang meliputi tegangan, arus, daya aktif dan akumulasi energi. Alat monitoring dikoneksikan pada *smartphone* android yang digunakan sebagai media *interface user* yang menampilkan konsumsi energi listrik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat monitoring pemakaian energi listrik dapat mengukur dan menampilkan nilai arus, tegangan, daya aktif serta akumulasi energi, selain itu dapat memonitor secara *real time* serta menyimpan hasil pengukuran pada basis data. Berdasarkan hasil pengujian, alat monitoring energi listrik memiliki angka simpangan (*error*) 0.29 % untuk tegangan (*volt*), 4.63 % untuk arus (*ampere*), 4.92 % untuk daya aktif (*watt*), 1.36 % untuk $\cos \phi$ dan 3.3 % untuk perhitungan total *energy* dalam durasi 1 jam (*watthour*) [7].

Salah satu implementasi *Internet of Things* (IoT) untuk sistem monitoring dan kontrol penggunaan energi listrik berbasis *Wireless Sensor Network* (WSN) juga diteliti oleh Eka Putra dkk. Metode penelitiannya adalah rancang bangun *wireless node sensor* yang bisa mengukur parameter listrik arus bolak-balik (AC) seperti tegangan efektif, arus efektif, daya aktif, daya semu, faktor daya dan jumlah pemakaian energi listrik dengan menggunakan modul ESP8266 sebagai penghubung dengan jaringan Wi-Fi. Perhitungan parameter-parameter listrik yang diperoleh dari pembacaan ADC mikrokontroler ATmega328P dari transformator *step down* yang digunakan sebagai sensor tegangan dan sensor SCT013 yang digunakan sebagai sensor arus listrik AC akan ditransmisikan ke server melalui jaringan Wi-Fi dari suatu *Access Point* (AP). Monitoring penggunaan daya listrik melalui internet yang dirancang pada penelitian ini, baik melalui aplikasi Android maupun *web browser* terbukti secara handal mampu menampilkan beberapa parameter listrik dengan data yang sama dibandingkan dengan rekaman *data logger* yang diambil dari SD-Card yang terpasang pada *wireless node sensor* [8].

Pada penelitian ini dikembangkan sebuah kWh meter digital yang bisa memonitoring dan mengontrol pemakaian energi listrik pada gedung secara *realtime* pada sebuah website. Menggunakan website dan Database MySQL-PHPMyAdmin sebagai penyimpanan data. Sensor PZEM-004T digunakan untuk mengukur energi listrik yang digunakan, dan menggunakan mikrokontroler Wemos D1

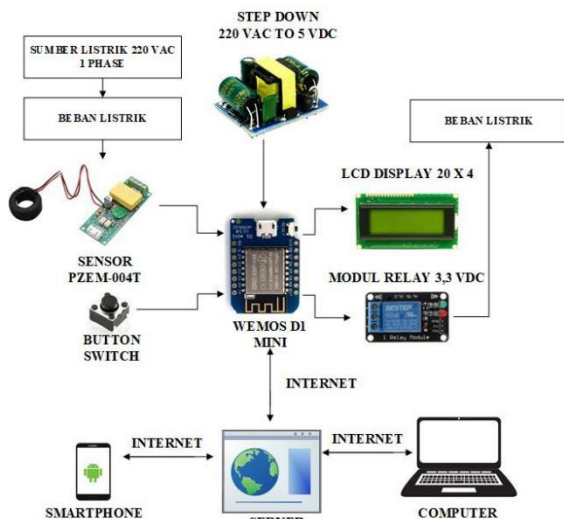
Mini sebagai pemroses data. Wemos adalah sebuah mikrokontroler yang dikembangkan berbasis ESP8266. Mikrokontroler Wemos dibuat sebagai solusi dari mahalnya sebuah sistem Wireless berbasis mikrokontroler lainnya. Dengan menggunakan mikrokontroler Wemos biaya yang dikeluarkan untuk membangun sistem mikrokontroler berbasis WiFi sangat mudah dan murah dibandingkan biaya yang dikeluarkan apabila membangun sistem WiFi dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dan WiFi shield. Wemos memiliki 2 versi yaitu Wemos D1 Mini dan Wemos D1 [9].

Sensor yang digunakan sensor PZEM-004T. Modul PZEM-004-T adalah sebuah modul sensor multifungsi yang berfungsi untuk mengukur daya, tegangan, arus dan energi yang terdapat pada sebuah aliran listrik. Modul ini sudah dilengkapi sensor tegangan dan sensor arus (CT) yang sudah terintegrasi. Dalam penggunaannya, alat ini khusus untuk penggunaan dalam ruangan (*indoor*) dan beban yang terpasang tidak diperbolehkan melebihi daya yang sudah ditetapkan [10]. Website dan Database MYSQL-PHPMyAdmin digunakan sebagai penyimpanan data hasil pengukuran. Pada era IoT, perangkat elektronik akan menggunakan cloud sebagai tempat penyimpanan data. Salah satu contoh penyedia layanan cloud adalah Amazon Web Services (AWS). Penggunaan cloud bertujuan supaya data dapat diakses oleh beberapa perangkat sekaligus kapanpun dan dimanapun. Selain itu, banyaknya data tidak memungkinkan data untuk dapat disimpan pada penyimpanan internal [11].

2. Metode

2.1 Diagram blok

Diagram Blok merupakan salah satu bagian dalam perancangan Kwh meter digital menggunakan *Internet of Things* ini. Diagram blok mempermudah dalam memahami prinsip kerja keseluruhan rangkaian dan mempermudah proses perancangan pembuatan alat sehingga akan terbentuk suatu sistem yang sesuai dengan perancangan sebelumnya. Diagram blok sistem dari sistem kWh meter ini ditunjukkan pada Gambar 1.

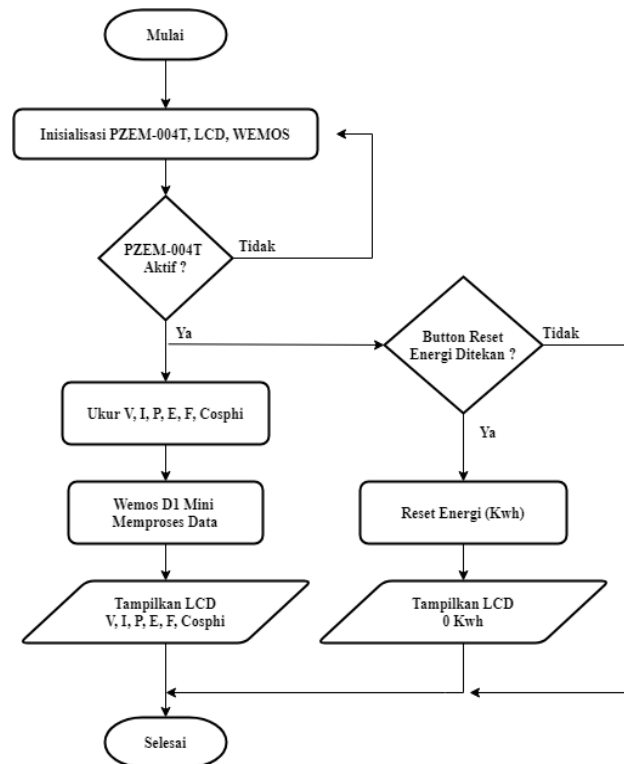


Gambar 1. Diagram blok sistem kWh meter digital menggunakan IoT

Berdasarkan blok diagram pada Gambar 1, dapat dijelaskan bahwa sistem ini terdapat sebuah step down 220 VAC to 5 VDC sebagai sumber listrik untuk menghidupkan Wemos D1 Mini. Pada diagram blok sistem ini menggunakan mikrokontroler Wemos D1 Mini untuk kontrol utama. Wemos D1 mini terhubung 2 input yaitu: sensor PZEM-004T dan button switch. Fungsi dari sensor PZEM-004T digunakan mengukur energi listrik seperti : V, I, P, E, F, Cosphi. Kemudian *button switch* digunakan untuk mereset energi listrik (Kwh). Wemos D1 Mini memiliki 2 output yaitu: LCD 20x4 dan modul relay 3,3 VDC. Fungsi dari LCD 20x4 untuk menampilkan data energi listrik. Kemudian modul relay digunakan sebagai saklar pemutus dan penghubung beban listrik. Wemos D1 Mini terdapat wifi yang digunakan untuk menghubungkan ke internet sehingga pada kWh meter digital ini dapat dimonitoring dan kontrol secara *realtime*.

2.2 Diagram alir

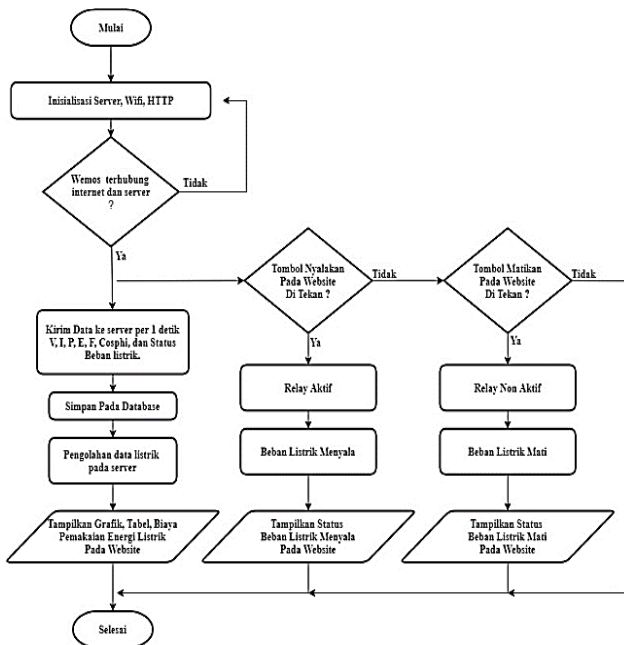
Diagram alir adalah suatu standar untuk menggambarkan proses. Setiap langkah dalam sistem dinyatakan dalam sebuah simbol dan aliran setiap langkahnya dinyatakan dengan garis yang dilengkapi tanda panah [12]. Dalam sistem ini dibuat dua diagram alir, yaitu diagram alir sistem kerja kWh meter dan diagram alir pengiriman data besaran listrik yang terukur dari wemos ke server.



Gambar 2. Diagram alir sistem kerja kWh meter

Pada Gambar 2 menunjukkan diagram alir sistem kerja kWh meter yang dapat dijelaskan sebagai berikut; pada saat wemos aktif akan menginisialisasi sensor PZEM-004T dan LCD. Sensor PZEM-004T akan aktif bila diberi tegangan sumber 220 VAC. Sensor PZEM akan mengukur V, I, P, E,

F, Cosphi per 1 detik. Hasil pengukuran sensor PZEM-004T dikirimkan secara komunikasi serial melalui TX, RX. Pada wemos D1 Mini akan memproses hasil pengukuran sensor PZEM-004T lalu ditampilkan pada sebuah LCD 20x4. Kemudian bila *button* reset energi kWh ditekan wemos D1 mini akan memproses untuk mereset energi kWh pada PZEM-004T, maka tampilan pada LCD menampilkan 0 Kwh.



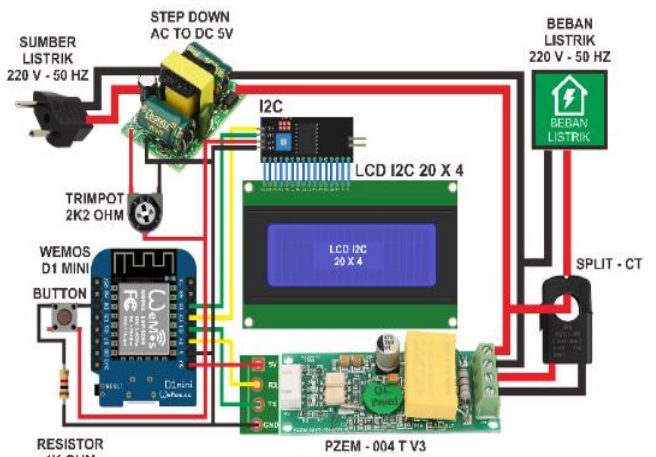
Gambar 3. Diagram alir pengiriman data dari wemos ke server

Pada Gambar 3 menunjukkan diagram alir pengiriman data besaran listrik yang terukur dari wemos ke server yang dapat dijelaskan sebagai berikut; pada saat Wemos menyala maka akan menghubungkan internet menuju SSID yang dituju dan terhubung pada alamat server. Pengiriman energi listrik akan mengirimkan per 1 detik ke server. Kemudian data listrik disimpan pada sebuah database MYSQL-PHPMyAdmin. Data listrik tersebut diolah menggunakan bahasa pemrograman web yang ditampilkan pada website dalam bentuk grafik, tabel, dan biaya pemakaian energi listrik. Pada tampilan website juga terdapat tampilan kontrol pemakaian energi listrik. Ketika tombol nyalakan ditekan maka server mengirimkan perintah ke wemos untuk mengaktifkan relay maka beban listrik menyala. Sensor PZEM-004T mendeteksi arus yang melewati beban listrik tersebut untuk mengirimkan status beban ke server maka tampilan website menampilkan status beban listrik menyala. Kemudian sebaliknya bila tombol matikan pada website ditekan maka server akan mengirimkan perintah ke wemos untuk menonaktifkan relay sehingga beban listrik mati dan tampilan website menampilkan status beban listrik mati.

2.3 Perancangan rangkaian elektronika sistem

Pada perancangan rangkaian elektronik ini semua komponen penyusun sistem kWh meter saling dihubungkan dalam 1 rangkaian. Gambar *wiring*/pengkabelan rangkaian dibedakan berdasarkan warna kabel yang disesuaikan dengan fungsinya. Warna kebel merah dan hitam

menandakan kabel untuk menyalurkan daya atau sumber listrik 220 Vac atau 12 Vdc serta 5 Vdc, sedangkan warna kebel hijau, kuning dan biru adalah kabel untuk data. Gambar rangkaian sistem kWh meter ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian elektronik sistem kWh meter

Konfigurasi pin wemos D1 mini yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Pin D0 wemos ke *push button*
- Pin D1 wemos ke pin SDA LCD I2C 20x4.
- Pin D2 wemos ke pin SCL LCD I2C 20x4.
- Pin D3 wemos ke pin Rx Sensor PZEM-004T.
- Pin D4 wemos ke pin Tx Sensor PZEM-004T.
- Pin D5 wemos ke pin IN1 modul relay.

2.4 Perancangan website

Untuk langkah awal pada perancangan pemrograman web sebelum diupload pada web hosting, menggunakan *software* Notepad++ sebagai editor program dan XAMPP untuk melihat hasil tampilan web secara jaringan lokal, serta *smartphone/PC* dan koneksi internet sebagai pendukung dalam pemrograman web. Program web yang sudah diuji pada *software* XAMPP diunggah pada sebuah hosting pada folder *public HTML*. Hasil desain tampilan web dengan menggunakan *software* notepad++ dan xampp ditunjukkan pada Gambar 5.

Gedung	Waktu (Y-M-D hh:mm:ss)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Energi (KWh)	Status
1	2020-07-12 13:11:02	227.8	0	0	1,26	Mati
2	2020-07-12 15:10:34	228.9	0	0	1,27	Mati

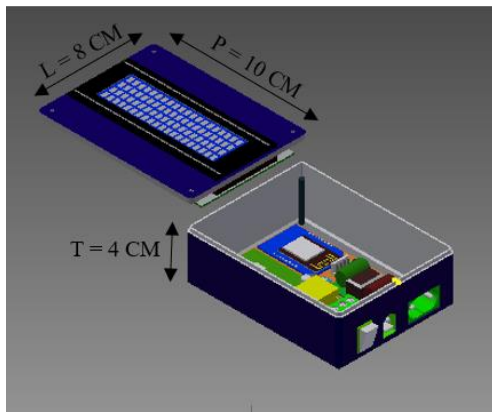
Gambar 5. Tampilan halaman website kWh meter

2.5 Perancangan mekanik

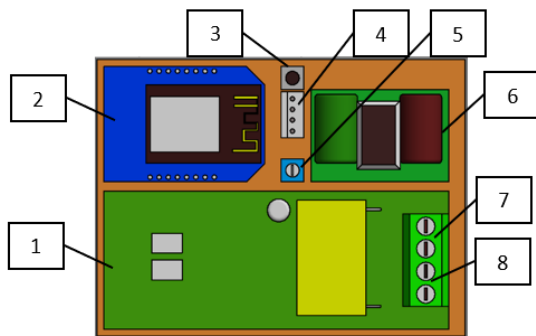
Dari perancangan alat yang telah dibuat komponen yang dibutuhkan yaitu Wemos D1 Mini 1 buah, Sensor PZEM-004T 1 buah, *Step Down AC To DC 5V* 1 buah, *Button Switch* 1 buah, *Trimpot* 1 buah, *LCD 20x4* 1 buah dan

untuk meletakkan komponen-komponen tersebut menggunakan *box* plastik ukuran 10 cm x 8 cm x 4 cm dengan ketebalan 2 mm. Pada bagian samping *box* plastik dilubangi untuk menempatkan *jack power*, *socket plug* dan tombol *ON/OFF*. Pada bagian atas dilubangi untuk penempatan *LCD* 20x4. Desain mekanik kwh meter keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 6, 7 dan 8.

Dari perancangan *PCB* yang telah dibuat menyesuaikan dengan dimensi ukuran *box* plastik, kemudian komponen seperti: Wemos D1 Mini, Sensor PZEM-004T, dan Step Down AC To DC 5V diletakkan pada bagian dalam *box* plastik. Keterangan gambar layout bagian dalam kwh meter ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 6. Dimensi box kWh meter

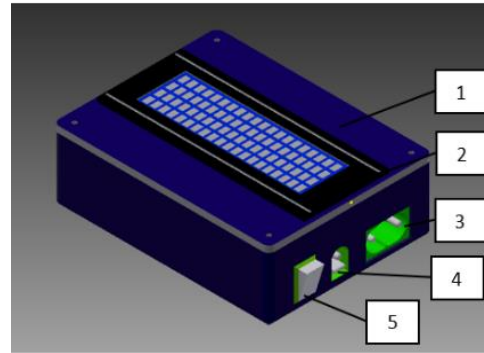


Gambar 7. Layout bagian dalam box kWh meter

Tabel 1. Keterangan gambar layout bagian dalam kWh meter

No.	Keterangan
1	Sensor PZEM-004T
2	Wemos D1 Mini
3	Button Switch
4	Socket Untuk LCD 20x4
5	Trimpot 10 K ohm
6	Step Down AC To DC 5V
7	Terminal Untuk Input Tegangan 1 phase AC 220V
8	Terminal Untuk Input Split CT/ Clamp Arus

Dari perancangan mekanik yang telah dibuat komponen *LCD*, *Jack* Female Listrik 220 V, *Socket Plug*, Tombol *ON/OFF* diletakkan pada bagian luar *box* plastik. Keterangan gambar layout bagian luar kWh meter ditunjukkan pada Tabel 2.



Gambar 8. Layout bagian luar box kWh meter

Tabel 2. Keterangan gambar layout bagian luar kWh meter

No.	Keterangan
1	Box Plastik
2	LCD 20x4
3	Jack Female 220 V
4	Socket Plug
5	Tombol <i>ON/OFF</i>

3. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian hasil dan pembahasan ini berisi tentang hasil pengujian kWh meter yang telah dirancang dan dibuat. Pengujian dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja kWh meter dalam mengukur besaran-besaran listrik yang diukur, khususnya nilai pemakaian energi listrik oleh beban listrik. Pengujian juga dilakukan untuk memastikan pengiriman data pengukuran dari Wemos ke server dapat dilakukan dan dapat ditampilkan dalam website yang telah dibuat. Gambar 9 menunjukkan tampilan fisik kWh meter yang telah dirancang dan dibuat.



(a)



(b)

Gambar 9. (a) Bentuk fisik kWh meter digital. (b) kWh meter yang sudah terpasang pada jaringan listrik

3.1 Pengujian pengukuran tegangan

Tegangan atau beda potensial (*voltage*) adalah kerja yang dilakukan untuk menggerakkan satu muatan (sebesar satu coulomb) pada elemen atau komponen dari satu terminal / kutub ke terminal/kutub lainnya, atau pada kedua terminal/kutub akan mempunyai beda potensial jika kita menggerakkan muatan sebesar 1 C dari satu terminal ke terminal lainnya [13]. Pada pengukuran ini tegangan akan diukur dengan beban listrik AC menggunakan alat ukur multimeter. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar tingkat keakuratan sensor PZEM004-T pada pengukuran tegangan yang dibandingkan dengan multimeter digital. Hasil pengujian pengukuran tegangan sensor ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian pengukuran sensor

No	Pembacaan Sensor PZEM004-T		Pembacaan Multimeter (V)	Selisih	
	Sensor 1 (V)	Sensor 2 (V)		1 (V)	2 (V)
	1	223,4		223,5	223,7
2	223,7	223,7	223,9	0,2	0,2
3	223,8	223,7	223,9	0,1	0,2
4	223,1	223,1	223,4	0,3	0,3
5	222,6	222,5	222,7	0,1	0,2

Tabel 4. Hasil pengujian pengukuran arus sensor

No	Pembacaan Sensor PZEM004-T		Pembacaan Multimeter (A)	Selisih	
	Sensor 1 (A)	Sensor 2 (A)		1 (A)	2 (A)
	1	0,67		0,67	0,672
2	0,64	0,64	0,642	0,002	0,002
3	0,64	0,64	0,643	0,003	0,003
4	0,65	0,65	0,651	0,001	0,001
5	0,66	0,66	0,664	0,004	0,004

Dari Tabel 3 dapat diketahui bahwa terdapat selisih antara hasil pembacaan tegangan sensor PZEM-004T dengan multimeter digital yaitu selisih terendah sebesar 0,1 V, dan selisih tertinggi sebesar 0,3 V. Persentase rata-rata nilai eror sensor PZEM 1 sebesar 0,44 %, dan sensor PZEM 2 sebesar 0,49 %.

3.2 Pengujian pengukuran arus

Arus listrik adalah muatan bebas berupa ion-ion positif dan negatif yang bergerak atau mengalir pada sebuah konduktor atau penghantar jika dalam konduktor tersebut terdapat suatu medan listrik [14]. Pada pengukuran ini arus akan diukur dengan beban listrik AC 220 V menyalakan 2 buah lampu yaitu 62 Watt dan 30 Watt. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar tingkat keakuratan sensor PZEM004-T pada pengukuran arus yang dibandingkan dengan Multimeter digital yang dipasang secara seri pada 1 fasa. Hasil pengujian pengukuran arus sensor ditunjukkan pada Tabel 4.

Dari Tabel 4, pengujian pengukuran arus yang diuji sebanyak 5 percobaan dapat diketahui bahwa terdapat selisih antara hasil pembacaan arus sensor PZEM-004T dengan multimeter digital yaitu persentase rata-rata nilai eror 0,36 %.

3.3 Pengujian Pengukuran Faktor Daya Leading

Faktor daya yang dinotasikan sebagai *cosphi* didefinisikan sebagai perbandingan antara arus yang dapat menghasilkan kerja didalam suatu rangkaian terhadap arus total yang masuk kedalam rangkaian atau dapat dikatakan sebagai perbandingan daya aktif (kW) dan daya semu (kVA) [15]. Pada pengukuran faktor daya akan diukur dengan beban *Leading* yaitu 2 lampu dengan spesifikasi 30 Watt dan 62 Watt. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah nilai faktor daya beban listrik AC itu baik atau buruk. Pada pengukuran *cosphi* sensor PZEM-004T yang dibandingkan dengan *cosphi* meter analog. Hasil dari pengujian pengukuran *cosphi* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengujian pengukuran *cosphi* leading

Beban Listrik	Pembacaan Sensor PZEM004-T		Pembacaan <i>Cosphi</i> meter	Selisih	
	1	2		1	2
	Lampu Neon Putih 14 Watt	0,64		0,63	1
Lampu Neon Putih 26 Watt	0,58	0,58	1	0,42	0,42
Lampu Neon Putih 62 Watt	0,58	0,58	0,99	0,41	0,41
Lampu LED 13 Watt	0,59	0,60	1	0,41	0,40
Lampu LED 30 Watt	0,61	0,61	1	0,39	0,39

Tabel 6. Hasil pengujian pengukuran *cosphi* lagging

Beban Listrik	Pembacaan Sensor PZEM004-T		Pembacaan <i>Cosphi</i> meter	Selisih	
	1	2		1	2
	Pompa Air 125 Watt,	0,69		0,69	0,70
Blender 350 Watt,	0,99	0,99	0,98	0,01	0,01
Bor Tangan 600 Watt,	0,99	0,99	0,98	0,01	0,01
Mesin Serut 450 Watt,	0,99	0,99	0,98	0,01	0,01
Grenda Tangan 670 Watt,	0,99	0,99	0,98	0,01	0,01

Dari Tabel 5 dapat diketahui bahwa pengukuran *Cosphi* sensor PZEM-004T pada beban listrik *Leading* kurang akurat dikarenakan pembacaan sensor tidak bisa untuk beban *Leading*. Sedangkan pada pengukuran *cosphi* menggunakan *cosphimeter* terukur 1. Dari percobaan pengukuran *cosphi* pembacaan sensor PZEM memiliki Persentase rata-rata nilai sebesar 39 %.

3.4 Pengujian Pengukuran Faktor Daya Lagging

Faktor daya terbelakang (*lagging*) adalah keadaan faktor daya saat memiliki kondisi-kondisi sebagai berikut; beban/peralatan listrik memerlukan daya reaktif dari sistem atau beban bersifat induktif. Arus (I) tertinggal dari tegangan (V), V mendahului I dengan sudut ϕ [16]. Pada pengukuran

cosphi ini akan diukur dengan beban *Lagging* yaitu motor listrik. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah nilai Cosphi beban listrik AC itu baik atau buruk. Pada pengukuran cosphi sensor PZEM-004T yang dibandingkan dengan cosphi meter analog. Hasil dari pengujian pengukuran cosphi dapat dilihat pada Tabel 6.

Dari Tabel 6 dapat diketahui bahwa pengukuran Cosphi sensor PZEM-004T pada beban listrik *Lagging* pada beban pompa air 125 watt terukur cosphi sebesar 0,69, sedangkan pengukuran cosphi lagging menggunakan cosphimeter terukur cosphi sebesar 0,70. Dari hasil pengukuran cosphi lagging menggunakan sensor PZEM memiliki persentase rata-rata nilai sebesar 1,0 %.

3.5 Pengujian Pengukuran Daya

Daya listrik adalah laju energi listrik yang terjadi pada suatu rangkaian listrik [17]. Pada pengukuran daya akan diukur dengan beban *Leading* yaitu 2 buah lampu 30 Watt dan 35 Watt. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah nilai pengukuran daya beban listrik AC itu akurat atau tidak. Pada pengukuran daya Sensor PZEM 1 yang dibandingkan dengan spesifikasi lampu 30 Watt dan pada pengukuran daya sensor PZEM 2 yang dibandingkan spesifikasi lampu 35 Watt Hasil dari pengujian pengukuran daya dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7. Hasil pengujian pengukuran daya sensor 1

No	Pembacaan Sensor PZEM004-T		Selisih
	Daya Lampu (W)	T (W)	
1	30	29,8	0,2
2	30	30,5	0,5
3	30	29,6	0,4
4	30	30,8	0,2
5	30	29,9	0,1

Tabel 8. Hasil pengujian pengukuran daya sensor 2

No	Pembacaan Sensor PZEM004-T (W)		Selisih
	Daya Lampu (W)	Pembacaan Sensor PZEM004-T (W)	
1	35	36,5	1,5
2	35	36,2	1,2
3	35	35,2	0,2
4	35	35,7	0,7
5	35	36,1	1,1

Dari Tabel 7 dapat diketahui bahwa pengukuran daya sensor PZEM 1 berfungsi dengan baik sesuai spesifikasi beban daya lampu 30 W. Selisih terendah sebesar 0,1 W, selisih tertinggi sebesar 0,5 W. Persentase nilai rata-rata error PZEM 1 sebesar 0,93 %. Pada Tabel 8 dapat diketahui bahwa pengukuran daya sensor PZEM 2 berfungsi dengan baik sesuai perhitungan daya listrik AC 1 phase 220 V. Selisih terendah sebesar 0,2 W, selisih tertinggi sebesar 1,5 W. Persentase nilai rata-rata error PZEM 2 sebesar 2,68 %.

3.6 Pengujian Pengukuran Energi listrik (Kwh)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah pengukuran energi listrik (*Kwh*) dapat bekerja sesuai perhitungan energi (*Kwh*). Pada pengujian ini menggunakan

2 beban lampu berukuran 30 Watt dan 62 Watt yang dinyalakan selama 5 Jam. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil pengujian pengukuran energi listrik

No	Pembacaan Sensor PZEM004-T		Perhitungan Energi Listrik (kWh)	Selisih	
	Sensor 1 (kWh)	Sensor 2 (kWh)		1 (kWh)	2 (kWh)
2	0,09	0,09	0,092	0,002	0,002
3	0,17	0,17	0,184	0,014	0,014
4	0,26	0,26	0,276	0,016	0,016
5	0,34	0,34	0,368	0,028	0,028

Tabel 10. Hasil pengujian pengukuran frekuensi

No	Pembacaan Sensor PZEM004-T		Frekuensi Listrik PLN (Hz)	Selisih	
	Sensor 1 (Hz)	Sensor 2 (Hz)		1 (Hz)	2 (Hz)
2	50	50	50	0	0
3	50	50	50	0	0
4	50	50	50	0	0
5	50	50	50	0	0

Dari Tabel 9 dapat diketahui bahwa pengukuran energi (*kWh*) sensor PZEM 004-T yang dibandingkan dengan hasil perhitungan *kWh* yaitu dari spesifikasi lampu 92 Watt menjadi 0,092 KiloWatt artinya secara perhitungan energi *kWh* bertambah 0,092 *kWh* (bertambah 0,092 per 1 jamnya). memiliki selisih terendah sebesar 0,002 *kWh*, selisih tertinggi sebesar 0,028 *kWh*, Persentase rata-rata nilai error sebesar 16,30 %.

3.7 Pengujian Pengukuran Frekuensi

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah pengukuran frekuensi sensor PZEM-004T sesuai dengan frekuensi listrik PLN di Indonesia sebesar 50Hz. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Tabel 10. Dari Tabel 10 dapat diketahui bahwa pengukuran frekuensi sensor PZEM 004-T dengan frekuensi PLN nilainya sama yaitu 50 Hz, dan Persentase rata-rata nilai error 0%.

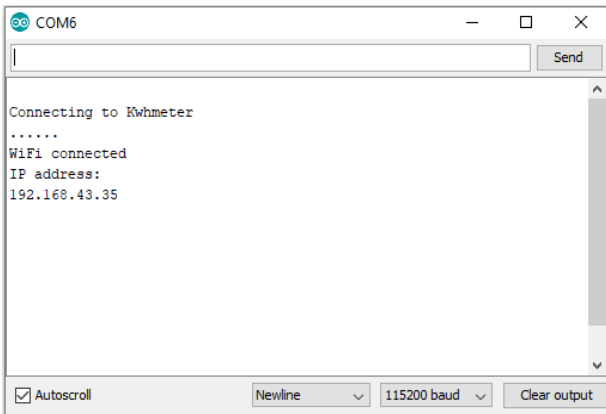
3.8 Pengujian Koneksi WiFi Wemos D1 Mini

Wemos D1 Mini akan terhubung dengan *wifi* sesuai dengan nama *wifi* dan *password* yang telah deprogram pada Wemos D1 Mini Hasil *Serial Monitor* menampilkan *IP Address* dapat dilihat pada Gambar 10. Gambar 10 adalah Ketika *Serial Monitor* dapat menampilkan *IP Address*, menandakan bahwa Wemos D1 Mini sudah dapat terhubung dengan *WiFi*.

3.8 Pengujian Pengiriman Data Listrik Ke Database Server

Data listrik dikirimkan melalui protokol HTTP pada web server berfungsi sebagai komunikasi penghubung dengan situs web dan memproses *HTTP Request* yang dikirimkan oleh browser. HTTP 200 OK respon status sukses merupakan kode respon yang menandakan bahwa request

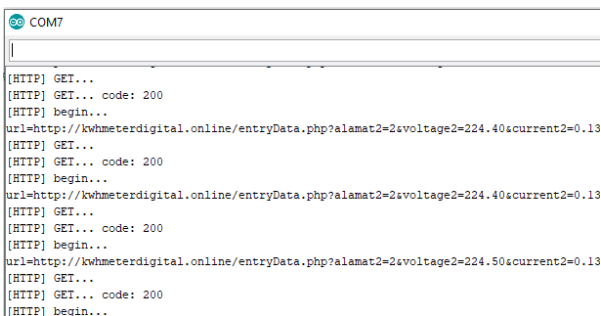
sukses. Hasil *Serial Monitor* menampilkan *HTTP Request* dapat dilihat pada Gambar 11 dan Gambar 12.



Gambar 10. Tampilan IP Address pada *Serial Monitor*



Gambar 11. Tampilan *HTTP Request* Wemos 1 pada *Serial Monitor*



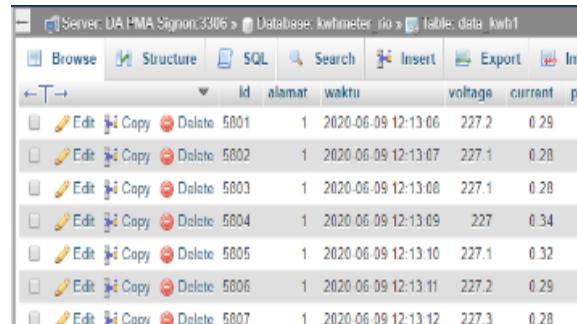
Gambar 12. Tampilan *HTTP Request* Wemos 2 pada *Serial Monitor*

3.9 Pengujian Penyimpanan Data Listrik Pada Database *MYSQL-PHPMyAdmin*

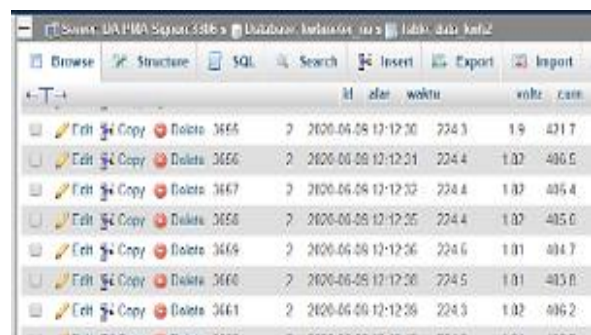
Data listrik yang dikirimkan melalui protokol HTTP pada web server disimpan pada sebuah *Database MYSQL-PHPMyAdmin* dalam bentuk tabel. Penyimpanan data energi listrik dapat disimpan secara real time yaitu per 1 detik dengan kapasitas penyimpanan *Database* unlimited. Hasil penyimpanan data listrik dilihat pada Gambar 13 dan Gambar 14.

3.10 Pengujian Tampilan Monitoring dan Kontrol Energi Listrik Pada Website

Pengujian pada tampilan monitoring energi listrik untuk melihat apakah data terakhir energi listrik pada *Database* dapat ditampilkan pada halaman *Website*. Hasil Tampilan *Data Update Monitoring* Energi Listrik dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 13. Tampilan *Database* Wemos 1 pada *MYSQL-PHPMyAdmin*



Gambar 14. Tampilan *Database* Wemos 2 pada *MYSQL-PHPMyAdmin*



Gambar 15. Tampilan Halaman *Monitoring* dan Kontrol Energi Listrik Pada Website

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik pada proses perancangan dan pembuatan kWh meter ini antara lain; kWh meter berhasil memonitoring dan mengontrol pemakaian energi listrik secara *realtime* pada suatu website. Pengiriman data energi listrik ke *Database* berhasil dikirimkan per 1 detik. Berdasarkan pengujian pengukuran sensor PZEM 1 dan PZEM 2 yang telah dilakukan didapatkan beberapa hasil

pengukuran yaitu: pengukuran tegangan memiliki persentase eror: 0,44% dan 0,49 %. Pengukuran arus memiliki persentase eror: 0,36%. Pengukuran cosphi *Leading* memiliki persentase eror: 39%. Pengukuran cosphi *Lagging* memiliki persentase eror: 1%. Pengukuran daya sensor PZEM 1 memiliki persentase eror: 0,93% dan pengukuran daya sensor PZEM 2 memiliki persentase eror: 2,68 %. Pengukuran energi(kwh) memiliki persentase eror: 16,3 %. Pengukuran frekuensi memiliki persentase eror : 0 %

Daftar Pustaka

- [1] V. Firmansyah, V. Nadhira, L. Silvi dan T. A. Dewi, "IOT Sistem Monitoring Meter KWH DIGITAL Menggunakan Sensor LDR Dan Codeigniter API Service," *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, vol. 09, no. 01, pp. 18-25, 2019.
- [2] S. A. Kartika, "Analisis Konsumsi Energi Dan Program Konservasi Energi (Studi Kasus: Gedung Perkantoran Dan Kompleks Perumahan TI)," *SEBATIK*, vol. 22, no. 2, pp. 41-50, 2018.
- [3] D. Despa, M. A. Muhammad, A. Surinanto, A. Hamni, G. F. Nama dan Y. Martin, "Monitoring dan Manajemen Energi Listrik Gedung Laboratorium Berbasis Internet of Things (IoT)," dalam *Seminar Nasional Teknik Elektro*, Batu Malang, 2018.
- [4] A. Sofwan, A. Muis dan S. Triatmodjo D, "Energy Monitor Panel Utama Jaringan Distribusi 20KV Dengan Penerapan Powermeter Berbasis Website," *TEKINFO : Jurnal Penelitian Teknik Dan Informatika*, vol. 1, no. 1, pp. 51-62, 2019.
- [5] A. Kurniawan, D. Syauqy dan B. H. Prasetyo, "Pengembangan Sistem Monitoring Listrik Pada Ruangan Menggunakan NodeMCU dan MQTT," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 1, no. 6, pp. 486-491, 2017.
- [6] L. S. Pamungkas dan N. Damastuti, "Teknologi IoT dan Arduino Guna Pemantauan Arus Dan Tegangan Listrik," *e-NARODROID*, vol. 4, pp. 46-53, 2018.
- [7] Andriana, Zulkarnain dan H. Baehaqi, "Sistem kWH Meter Digital Menggunakan Modul PZEM-004T," *TIARSIE*, vol. 16, no. 1, pp. 29-34, 2019.
- [8] I. G. P. M. Eka Putra, I. A. D. Giriantari dan L. Jasa, "Monitoring Penggunaan Daya Listrik Sebagai Implementasi Internet of Things Berbasis Wireless Sensor Network," *Teknologi Elektro*, vol. 16, no. 03, pp. 50-55, 2017.
- [9] D. S. Utomo, "Product Price Display Using Wemos," Fakultas Teknologi dan Informatika Institut Bisnis dan Informatika Stikom, Surabaya, 2018.
- [10] F. N. Habibi, S. Setiawidayat dan M. Mukhsim, "Alat Monitoring Pemakaian Energi Listrik Berbasis Android Menggunakan Modul PZEM-004T," dalam *Seminar Nasional Teknologi Elektro Terapan 2017*, Malang, 2017.
- [11] I. R. Dewi dan R. Malfiany, "Perancangan Sistem Informasi Administrasi Pembayaran Pada SDIT Lampu Iman Karawang Berbasis Visual Basic 6.0," *Interkom*, vol. 12, no. 2, pp. 4-12, 2017.
- [12] M. Qurniatun, S. D. Riyanto dan M. Yusuf, "Optimalisasi Daya Output Pada Photovoltaic Penggunaan Sistem Tracking dan Fuzzy Logic Controller," *Infoteknesin*, vol. 14, no. 01, pp. 14-22, 2023.
- [13] A. R. N, Risdaryana, E. Yuliani dan Vovi, "Karakteristik Arus Dan Tegangan Pada Rangkaian Seri Dan Rangkaian Paralel Dengan Menggunakan Resistor," *d'Computare*, vol. 9, pp. 40-43, 2019.
- [14] U. M. Rifanti, T. N. Padilah dan I. Widyaningrum, "Model Matematika Arus Listrik dengan Persamaan Diferensial Metode Koefisien Tak Tentu," *Jurnal Matematika Integratif*, vol. 15, no. 1, pp. 1-8, 2019.
- [15] Lisiani, A. Razikin dan Syaifurrahman, "Identifikasi dan Analisis Jenis Beban Listrik Rumah Tangga Terhadap Faktor Daya (Cos Phi)," *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, vol. 1, no. 1, 2020.
- [16] M. Rizki, S. R. Lubis dan M. Syukri, "Studi Analisis Kompensasi Daya Reaktif dengan Motor Sinkron dan Kapasitor Bank pada PT. PDAM Tirta Daroy," dalam *Seminar Nasional dan Expo Teknik Elektro 2017*, Banda Aceh, 2017.
- [17] W. N. Agustianingsih, F. Kurniawan dan P. Setiawan, "Analisis Ketepatan Pengukur Daya dan Faktor Daya Listrik Berbasis Arduino Uno R3 328P," *AVITEC*, vol. 3, no. 1, pp. 15-27, 2021.