

SISTEM KONTROL DAN MONITOR UNTUK MANAJEMEN KONSUMSI ENERGI LISTRIK PADA SISTEM KELISTRIKAN RUMAH TANGGA R-1

Piet Yohanes Lakapu¹, Nursalim², Evtaleny R. Mauboy³

^{1,2,3}) Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

Jl. Adisucipto Penfui-Kupang-NTT Telp (0380) 881557

Email¹: pietyohaneslakapu03@gmail.com

Email²: nursalim@staf.undana.ac.id

Email³: evtalenymauboy@staf.undana.ac.id

Info Artikel

Histori Artikel:

Diterima Agu 27, 2021

Direvisi Okt 09, 2021

Disetujui Mar30, 2021

ABSTRACT

Electrical equipment such as water pumps, televisions, washing machines, fans, refrigerators and lights are household needs that cannot be separated from human life today as tools in everyday life. The habit of leaving electrical equipment on when not in use is one of the factors that causes waste of electrical energy. The purpose of this research is to create a system that can monitor energy consumption data in real time and can be displayed in graphical form and a system that can control the use of electrical energy over long distances via webpage. The system designed uses the PZEM-004T sensor to measure the required quantity, current detector as a relay as a load controller via webpage, Arduino Uno as a reader and data sender, Raspberry Pi as a processor and webpage as an interface. The results of this study as a whole the control and monitor systems work according to the design. A miniature system for controlling household electrical loads via webpage can be implemented. Current, Voltage and Power values can be displayed on the page website in real time. Current, voltage, power and energy values are displayed in the website.

Keywords: Control, Monitor, Website

ABSTRAK

Peralatan listrik seperti pompa air, televisi, mesin cuci, kipas angin, kulkas dan lampu merupakan kebutuhan rumah tangga yang tidak terlepas dari kehidupan manusia saat ini sebagai alat bantu dalam kehidupan sehari-hari. Kebiasaan membiarkan peralatan listrik tetap menyala saat tidak digunakan adalah salah satu faktor yang menyebabkan pemborosan energi listrik. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat sistem yang dapat mengontrol penggunaan listrik dalam jarak jauh melalui web dan sistem yang dapat memonitor data konsumsi listrik secara realtime dan ditampilkan dalam grafik serta menghitung besar tarif listrik yang dikeluarkan setiap bulan. Sistem yang dirancang memanfaatkan modul PZEM- 004T untuk mengukur besaran yang diperlukan, current detector sebagai pendeteksi arus, relay sebagai pengontrol beban melalui web, Arduino Uno sebagai pembaca dan pengirim data, Raspberry Pi sebagai pemroses dan halaman website sebagai interface. Hasil penelitian ini secara keseluruhan sistem kontrol dan monitor bekerja sesuai perancangan. Miniatur sistem untuk mengontrol beban listrik rumah tangga melalui website dapat diimplementasikan. Nilai energi, daya, arus serta tegangan ditampilkan pada website secara realtime. Nilai arus, tegangan, daya dan energi ditampilkan dalam website.

Kata Kunci: Kontrol, Monitor, Website

Penulis Korespondensi:

Nursalim, ST.MT

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknik,

Universitas Nusa Cendana,

Jl. Adisucipto Penfui - Kupang.

Email: nursalim@staf.undana.ac.id

1. PENDAHULUAN

Peralatan listrik seperti pompa air, televisi, mesin cuci, kipas angin, kulkas dan lampu merupakan kebutuhan rumah tangga yang tidak terlepas dari kehidupan manusia saat ini sebagai alat bantu kehidupan sehari-hari. Dengan adanya peralatan listrik tersebut maka semua aktivitas sehari-hari dalam rumah tangga menjadi lebih efisien.

Walaupun dengan bantuan peralatan tersebut dapat menjadikan semua aktivitas menjadi efisien, namun jika tidak bijak dalam penggunaan dapat mengakibatkan pemborosan energi listrik. Kebiasaan membiarkan peralatan listrik tetap menyala saat tidak digunakan adalah salah satu faktor yang menyebabkan pemborosan listrik. Untuk menanggulangi hal tersebut dibutuhkan alat yang dapat membantu konsumen dalam melakukan manajemen energi listrik. Alat tersebut dapat membantu manajemen konsumsi energi listrik rumah tangga secara online maupun offline serta memiliki data yang terjadwal dan realtime.

Dengan memanfaatkan kemajuan teknologi pada sistem kelistrikan khususnya dalam bidang kontrol dan monitor kelistrikan, maka dapat dibuat suatu sistem yang dapat memonitor data konsumsi energi secara realtime serta terjadwal dan suatu sistem yang dapat mengontrol penggunaan energi listrik dalam jarak yang jauh.

Penelitian tentang sistem untuk memonitor maupun mengontrol konsumsi energi listrik telah dilakukan oleh banyak peneliti seperti, yang pertama oleh Kurniawan dimana dibuat alat untuk kendali jarak jauh on/off lampu berbasis arduino [1]. Penelitian berikutnya dilakukan oleh [2] dimana dibuat alat yang dapat mengontrol lampu dari jarak jauh menggunakan web dengan memanfaatkan Raspberry Pi 3 sebagai web server. Penelitian berikutnya dilakukan oleh Muhammad Syafei dimana dibuat alat yang dapat memonitor pemakaian energi dan melakukan kontrol melalui web menggunakan PLC (Programmable Logic Control) [3].

Dari dasar pemikiran di atas, maka akan dibuat suatu sistem yang dapat mengontrol beban listrik rumah tangga secara offline maupun online serta dapat menyajikan data arus, tegangan, daya, faktor

daya, frekuensi dan energi secara realtime serta dapat ditampilkan dalam bentuk grafik data harian, bulanan dan grafik penggunaan energi.

1.1 Karakteristik Sumber Listrik

Sumber listrik PLN merupakan sumber energi listrik dengan arus bolak-balik atau *Alternating Current* (AC) yang dihasilkan dari generator AC. Sumber listrik AC menghasilkan tegangan serta polaritas yang selalu berubah-ubah dari polaritas positif ke negatif atau sebaliknya secara periodik terhadap fungsi waktu, dengan bentuk gelombang sinus.

Tegangan dan arus AC biasa dinyatakan dalam nilai RMS (*Root Mean Square*). RMS juga dikenal sebagai kuadrat rata-rata, yang pengukuran statistik besarnya suatu fungsi yang memiliki magnitudo berubah-ubah.

Daya listrik adalah laju hantaran energi listrik pada rangkaian listrik. Daya listrik terdiri dari, daya aktif, daya reaktif, dan daya semu. Daya aktif (P) adalah daya sebenarnya yang dipakai beban dengan satuan Watt. Daya reaktif dapat dihitung dengan persamaan 2-2.

$$P = V.I. \cos\phi \dots\dots\dots(2-1)$$

V = Tegangan

I = Arus

Cosφ dan Sinφ = Faktor Daya

Daya reaktif (Q) juga dikenal sebagai daya yang tidak dihamburkan oleh beban atau dapat dipahami juga sebagai daya yang diserap namun dikembalikan ke sumbernya. Persamaan daya reaktif dapat dilihat pada persamaan 2-3.

$$Q = V.I. \sin\phi \dots\dots\dots(2-2)$$

Daya semu (S) adalah hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan reaktif. Satuannya yaitu VA (Volt ampere). Persamaan 2-4 adalah persamaan daya semu [4,5].

$$S = V.I. \dots\dots\dots(2-3)$$

1.2 Perhitungan Biaya dan Energi Listrik

Energi listrik adalah bentuk energi dengan satuan Watt Jam. Besar Energi yang terpakai pada peralatan listrik dapat dinyatakan dengan rumus:

$$E = P \times W \dots\dots\dots(2-4)$$

E = Energi (Watt Jam)

W= Waktu (Jam)

Tarif dasar listrik (TDL) merupakan tarif yang dikenakan kepada konsumen yang menggunakan energi listrik yang bersumber dari PT.Perusahaan Listrik Negara (PLN). Berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral

Republik Indonesia [6], tarif tenaga listrik ditetapkan berdasarkan golongan tarif. Dalam menghitung tarif pemakaian energi listrik dibutuhkan data tarif dasar listrik yang berlaku. Berikut tabel tarif dasar listrik rumah tangga R-1.

Tabel 1 Tarif Dasar Listrik Rumah Tangga R-1

Golongan Tarif/Daya	Keterangan	Tarif (Rp/kWh)
R-1/450 VA	Subsidi	415
R-1/900 VA	Subsidi	586
R-1/900 VA-RTM (Rumah Tangga Mampu)	Non-Subsidi	1352
R-1/1300 VA	Non-Subsidi	1444.70
R-1/2200 VA	Non-Subsidi	1444.70

Selain data tarif dasar listrik juga dibutuhkan rumus untuk melakukan perhitungan terhadap besar tarif pemakaian energi listrik. Berikut rumus untuk perhitungan biaya pemakaian energi listrik [7].

$$\text{Tarif} = \frac{E}{1000} \times H \dots \dots \dots (2-5)$$

E = Energi (Watt Jam)

H = Harga per kWh (Rp.)

1.3 Raspberry Pi

Raspberry Pi adalah sebuah modul *micro computer* yang mempunyai input output *digital port* seperti pada *board microcontroller*.



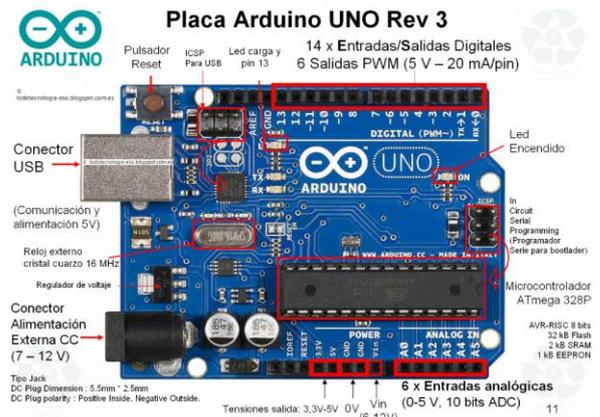
Gambar 1 Board Raspberry Pi

Jika dibandingkan antara *board* Raspberry Pi dan *microcontroller* lainnya, Raspberry Pi terdapat *Port* yang berfungsi untuk *display* Monitor PC serta koneksi ke USB yang berfungsi untuk *keyboard* dan *mouse*. Sistem operasi utama Raspberry menggunakan *Debian GNU/Linux* dan bahasa pemrograman *Python*. [8-12].

1.4 Arduino Uno

Arduino Uno adalah sebuah board *microcontroller* yang didasarkan pada ATmega328. Arduino Uno

mempunyai 6 input analog, 14 pin digital input/output, osilator Kristal 16 MHz, koneksi USB, power jack, In Circuit Serial Programing (ICSP) header, dan tombol reset. Kelebihan dari Arduino Uno adalah pengguna tidak direpotkan dengan rangkaian minimum sistem dan programmer karena sudah built in dalam satu board [13].



Gambar 2 Board Arduino Uno

Didalam penelitian ini Arduino Uno digunakan sebagai perangkat *microcontroller* untuk menerima data yang dikirim dari sensor PZEM-004T, kemudian data tersebut diteruskan ke Raspberry Pi.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen (uji coba). Penelitian eksperimen ini dimulai dengan pengumpulan referensi dari berbagai sumber, baik sumber offline maupun sumber online. Referensi ini sangat penting dalam menentukan tingkat keberhasilan dari penelitian ini. Selanjutnya adalah tahap desain sistem, tahap ini berguna untuk mengidentifikasi bahan dan peralatan yang akan digunakan. Setelah itu, tahap berikutnya adalah tahap perancangan perangkat

keras dan perancangan perangkat lunak. Tahap perakitan perangkat keras ini diawali dengan penentuan port pada arduino dan Raspberry Pi. Penentuan port dilakukan untuk memudahkan pembuatan listing program, sehingga program yang dibuat dapat terstruktur, sehingga pengidentifikasi error program dapat dilakukan dengan mudah. Setelah memastikan perangkat keras telah dapat bekerja sesuai dengan fungsinya, maka tahap selanjutnya adalah tahap pemrograman perangkat lunak. Adapun alur penelitian pembuatan Sistem Kontrol dan Monitor Energi listrik pada sistem kelistrikan rumah tangga R-1 ini dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 alur penelitian Sistem Kontrol dan Monitor Energi listrik pada sistem kelistrikan rumah tangga R-1

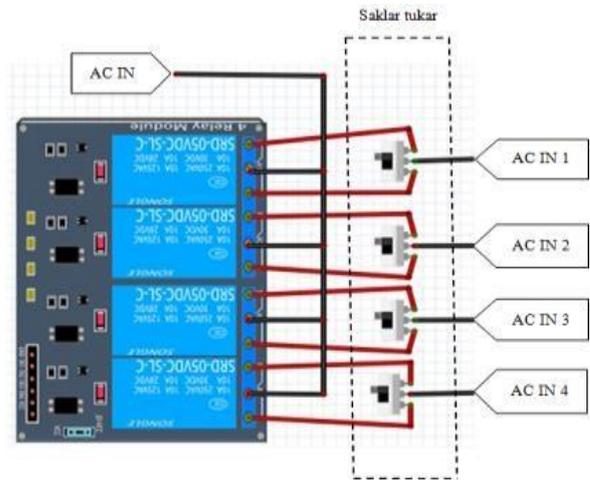
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melalui tahap-tahap penelitan sebagaimana yang telah digambarkan

sebelumnya, maka pada sub bab ini diuraikan hasil penelitian yang telah dicapai sebagai berikut,

3.1 Hasil Perancangan Perangkat Keras

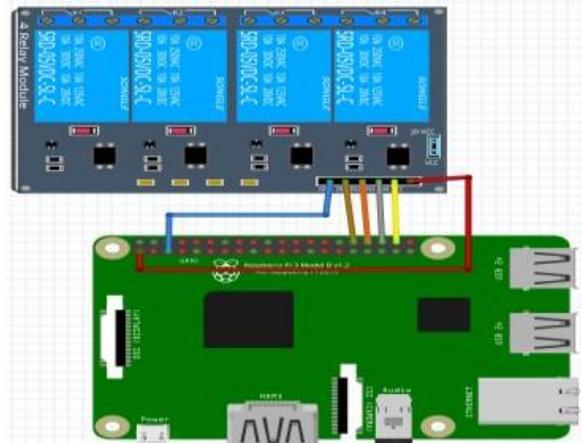
Rangkaian Relay yang berfungsi untuk dapat mengontrol beban secara offline (manual) dan secara online melalui website. Berikut adalah skema rangkaian relay.



Gambar 4 Rangkaian Relay

Pada Gambar 4 terlihat 2 (dua)

Untuk mengontrol lampu secara manual dapat dilakukan melalui saklar tukar yang ada pada rangkaian relay. Sedangkan untuk mengontrol lampu secara online (melalui website) dapat dilakukan dengan perantara raspberry Pi sebagaimana yang diperlihatkan pada gambar 5.



Gambar 5 Rangkaian Relay dan Raspberry Pi

3.2 Hasil Perancangan Perangkat Lunak

3.2.1. Perancangan Database

Perancangan atau pembuatan database bertujuan untuk menyimpan keseluruhan data yang ada pada sistem sehingga saat melakukan akses pada data-data tersebut lebih cepat dan efisien. Berikut merupakan database data sensor yang telah dibuat:

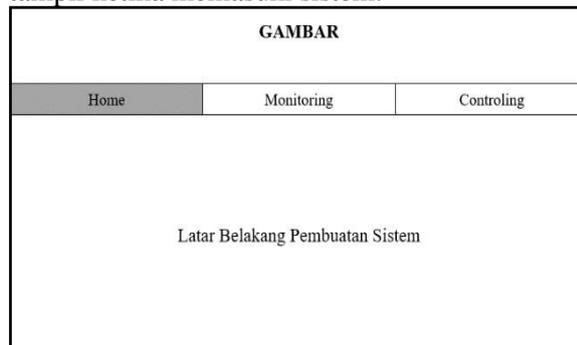
Tabel 2 data_sensor

Field	Tipe Data	Keterangan
ID	int	Primary key, Not Null, Auto Increment
date0	char	Data tanggal, bulan dan tahun
time0	char	Data jam, menit dan detik
Arus	float	Nilai arus
Tegangan	float	Nilai tegangan
daya	float	Nilai daya
month0	char	Data bulan dan tahun
hours0	char	Data jam

Tabel data_sensor berisikan data arus, tegangan, daya, tahun, bulan, tanggal, jam, menit dan detik. Data pada tabel ini digunakan untuk membuat grafik arus, tegangan dan daya kemudian akan ditampilkan melalui website.

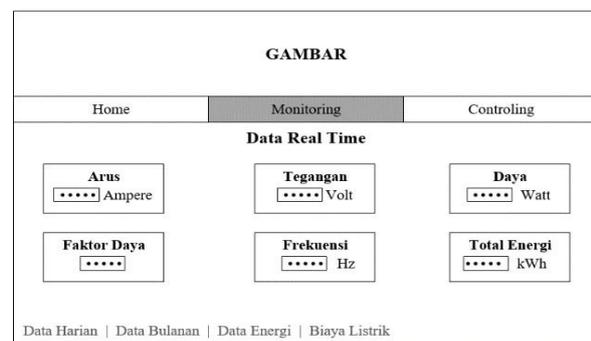
3.2.2. Perancangan Antar Muka

Desain interface merupakan halaman yang digunakan untuk memasukkan dan mengeluarkan data-data ke dan dari sistem. Pada sistem ini rancangan interface dibuat sebagai berikut. Gambar 6 merupakan halaman pertama yang akan tampil ketika memasuki sistem.



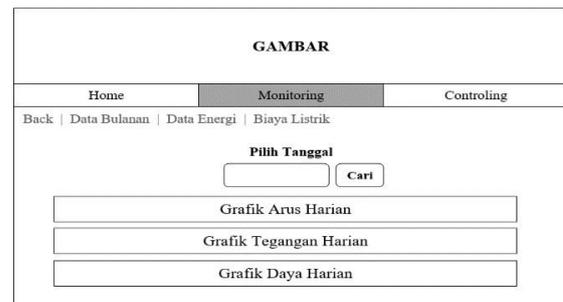
Gambar 6 Halaman Awal Web

Halaman ini hanya berisi tentang gambar dan deskripsi tentang sistem kontrol dan monitor untuk manajemen konsumsi energi listrik pada sistem kelistrikan rumah tangga R-1. Untuk memudahkan pengguna, maka pada bagian header ditempatkan tiga buah tombol, yakni tombol home, monitoring, dan controlling.



Gambar 7 Halaman Monitor Data Real Time

Gambar 7 adalah gambar yang memperlihatkan halaman controlling. Halaman ini berfungsi untuk menampilkan data-data berupa arus, daya, faktor daya, frekuensi dan total energi secara realtime. Untuk melihat data-data dengan lebih rinci, halaman ini dilengkapi dengan sub menu Data Harian, Data Bulanan, Data Energi dan Biaya Listrik.



Gambar 8 Halaman Monitor Data Harian

Gambar 8 adalah gambar yang memperlihatkan halaman Monitor Data harian. Halaman ini berfungsi untuk menampilkan penggunaan arus, tegangan dan daya dalam bentuk grafik selama sehari penuh. Tujuan utama halaman ini adalah agar pengguna dapat melihat dan menganalisa peralatan apa saja yang mengkonsumsi banyak daya listrik di hari tersebut.

3.3. Hasil Pengujian sistem

Pengujian ini bertujuan untuk menunjukkan hasil kinerja dari sistem yang dibuat. Hasil pengujian ini akan menjadi acuan apakah alat yang telah dirancang dapat bekerja sesuai dengan yang tujuan penelitian atau tidak. Untuk itu, maka pengujian ini dibagi menjadi beberapa bagian yaitu,

3.3.1. Pengujian Pembacaan Sensor

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat keakuratan sensor yang digunakan. Pengujian ini melibatkan beberapa pembacaan variabel terukur yaitu: variabel tegangan, arus, dan daya. Pengujian ini dilakukan dengan kondisi beban yang berbeda sehingga data yang terukur lebih

variatif, kemudian data tersebut akan dibandingkan langsung dengan alat ukur kWh

Meter PLN. Hasil dari pengujian ini di perlihatkan pada tabel 2.

Tabel 3 Perbandingan hasil pengukuran kWh Meter dengan sistem yang dibuat

No	kWh Meter PLN			Sistem Yang dibuat		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
1	230.2	0.025	3.2	230.2	0.03	3.3
2	225.2	1.550	348.4	225.3	1.55	349.2
3	227.3	1.590	361.6	227.2	1.57	356.7
4	225.6	0.285	31.4	225.2	0.29	32
5	223.0	0.378	46.2	223.7	0.37	45.5

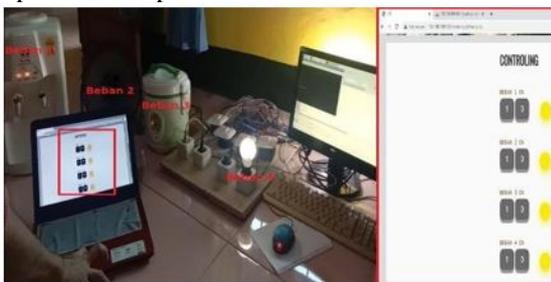
Tabel 3 memperlihatkan perbandingan hasil pengukuran sistem (alat) yang telah dibuat dengan kWh meter PLN. Hasil pada tabel ini menunjukkan bahwa alat yang telah dibuat dapat bekerja sesuai dengan tujuan penelitian ini, yakni mendapatkan kesalahan alat ukur yang kecil yakni $\pm 5\%$ [3].

3.4. Pengujian Sistem Kontrol dan Monitoring

Pengujian ini bertujuan untuk menunjukkan hasil beban listrik yang dikontrol melalui halaman website yang telah dibuat. Pengujian diawali dengan mengakses website <http://smarhomeundana.ddns.net:8080/controlingRefresh.php>.

3.4.1. Sistem Kontrol Peralatan

Dalam pengujian ini menunjukkan hasil beban peralatan-peralatan rumah tangga yang telah dikontrol seperti, lampu hemat energi, pemanak nasi, Pemanas air dan kipas angin. Adapun gambar saat dilakukan pengontrolan beban diperlihatkan pada Gambar 9.



a. Tampilan Peralatan secara Offline b. Tampilan Online

Gambar 9. Kontrol Beban

Gambar disebelah kiri memperlihatkan sejumlah peralatan yang digunakan secara real, sedangkan gambar di sebelah kanan adalah gambar tampilan website yang memperlihatkan keempat peralatan yang dikontrol dalam keadaan ON. Untuk mengetahui kondisi peralatan dalam keadaan ON atau belum, maka pada aplikasi di website di

tempatkan 4 buah indikator berwarna kuning yang dapat menyala dan padam.

3.4.2. Hasil Sistem Monitoring

Pengujian sistem monitor bertujuan untuk menunjukkan hasil dari nilai arus, tegangan dan daya yang ditampilkan secara realtime melalui halaman website yang telah dibuat. Pengujian dimulai dengan cara mengakses alamat website <http://smarhomeundana.ddns.net:8080/monitoringRefresh.php>. Adapun gambar saat dilakukan pengontrolan beban diperlihatkan pada Gambar 10.



a. Tampilan Peralatan secara Offline

b. Tampilan Online

Gambar 10 Monitor Beban

Pada Gambar 10 diperlihatkan tampilan yang menunjukkan bahwa saat beban 2 dan beban 4 dalam keadaan ON, maka nilai tegangan yang ditampilkan adalah sebesar 217.8 Volt, arus 0.16 A, daya 20.8 Watt, dan energi 23.83 kWh.

3.5. Pembahasan

Pada sistem kontrol peralatan, ketika salah satu beban di-ON-kan melalui halaman web maka beban tersebut akan ON dan pada halaman web indikator akan berwarna kuning yang menunjukkan bahwa peralatan tersebut sedang ON. Sedangkan ketika beban di- ON-kan melalui saklar secara offline, maka beban tersebut akan ON dan pada halaman web Indikator juga akan menjadi warna kuning yang menunjukkan indikator jika peralatan tersebut sedang ON. Begitupun sebaliknya, jika

peralatan tersebut di OFF kan, maka peralatan akan OFF, dan indikator yang ada di web akan padam. Sedangkan Pada sistem monitor, nilai arus, tegangan dan energi, daya dapat ditampilkan di halaman web secara realtime, dimana pada saat pengujian alat, nilai- nilai tersebut selalu berubah-ubah. Misalnya saat menghidupkan salah satu peralatan, maka nilai arus, tegangan dan daya juga akan ikut akan berubah sesuai dengan besar daya dari peralatan tersebut. Kesimpulan

KESIMPULAN

1. Sistem Pengontrol beban listrik rumah tangga berbasis Raspberry Pi melalui halaman website dapat diimplementasikan sesuai dengan tujuan penelitian, dan telah dibuktikan melalui sebuah percobaan seperti yang telah dibahas pada penelitian ini .
2. Nilai arus, tegangan, daya dan energi dapat ditampilkan pada halaman website secara realtime. Hal ini dapat diketahui dengan berubahnya nilai yang ditampilkan sesuai dengan besar beban yang terpasang.
3. Untuk melihat faktor kesalahan dari sistem ini, maka hasil pengukurannya kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran kWh meter milik PLN. Dimana hasil pengukuran keduanya mempunyai selisih 2% sebagaimana yang terlihat pada tabel 3.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kurniawan, Purwa Rupa IoT (Internet of Things) Kendali Lampu Gedung, Bandar Lampung: Universitas Bandar Lampung, 2016.
- [2] W. Joyowirjo, Sistem Kontrol Berbasis Web Menggunakan Server Kontrol Online Mini PC Raspberry Pi 3, Kupang: Universitas Nusa Cendana Kupang, 2018.
- [3] G. S. Muhammad, Sistem Kontrol dan Monitoring Penerangan Berbasis Web, Batam: Politeknik Negeri Batam, 2017.
- [4] R. Akbar, Rancang Bangun Alat Monitoring Tegangan, Arus, Daya, Kwh, Serta Estimasi Biaya Pemakaian Peralatan Listrik Pada Rumah Tangga, Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia, 2018.
- [5] Lisiani, Identifikasi dan Analisa Jenis Beban Listrik Rumah Tangga Terhadap Faktor Daya (Cos Phi), Pontianak: Universitas Tanjungpura Pontianak, 2019.
- [6] Peraturan Mentri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2016, <https://web.pln.co.id/statics/uploads/2017/06/Permen-ESDM-No.-28-Tahun-2016.pdf>.
- [7] K. Ogata, Modern Control Engineering, Minnesota: Tom Robbins, 1997.
- [8] N. Amron, Sistem Monitoring Besaran Listrik Dengan Teknologi IoT (Internet of Things), Bandar Lampung: Universitas Lampung, 2017.
- [9] M. Rometdo, Rancang Bangun Prototype Pengontrolan Lampu Gedung STMik Amik Riau Berbasis IoT Menggunakan Raspberry Pi 3 Model B, Pekanbaru: Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi, 2018.
- [10] Fatimah, Monitoring Performansi Photovoltaik Modul Menggunakan Raspbberry Pi Berbasis Web, Bandung: Universitas Telkom, 2018.
- [11] F.Christian, Modul Pembelajaran Raspberry Pi, Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma, 2017.
- [12] A. Sayuti, Perancangan Sistem Monitoring Suhu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Web Dan Android Pada Ruang Server Universitas Darma Persada, Jakarta: Universitas Darma Persada, 2015.
- [13] Turang, Sistem Relay Pengendalian Dan Penghematan Pemakaian Lampu Berbasis Mobile, Jogjakarta: Sekolah Tinggi Teknologi Bontang, 2015.