

SISTEM MACHINE TO MACHINE UNTUK MONITORING KUALITAS DAYA LISTRIK PADA RUMAH DAN GEDUNG

Azra Reza Satria H, Heru Supriyono

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Saat ini teknologi berkembang pesat di berbagai bidang keilmuan. Salah satunya yaitu pada bidang teknologi *Internet of Things (IoT)*. Saat ini memonitor energi listrik banyak dilakukan dengan cara memasang alat-alat ukur listrik pada rangkaian listrik sebelum masuk ke beban. Cara ini memiliki kekurangan, dimana untuk mengetahuinya harus langsung melihat ke lokasi tempat alat ukur dipasang sehingga tidak efisien karena tidak langsung diketahui hasilnya. Untuk itu perlu ditambahkan sebuah alat yang dapat digunakan untuk memonitor secara *realtime* dan dari jarak jauh. Tujuan dilakukannya penelitian ini untuk mewujudkan sistem monitoring penggunaan energi listrik berbasis *Wireless*. Metode penelitian ini adalah rancang bangun yang bisa mengukur parameter listrik arus bolak-balik AC seperti Tegangan, Arus, Daya, dan Energi dengan menggunakan *microcontroller* Wemos D1 Mini sebagai modul wifi sekaligus pengolahan datanya. Kemudian menggunakan sensor PZEM 004t sebagai sensor untuk mengukur parameter-parameter tersebut. Selanjutnya menggunakan aplikasi Blynk supaya data yang diperoleh sensor tersebut dapat dimonitoring melalui *smartphone*. Pada hasil percobaan pengukuran dapat diukur menggunakan sensor PZEM 004t. Data pengukuran yang diperoleh dapat dimonitoring menggunakan aplikasi blynk pada *smartphone*. Selain itu data hasil pengukuran dapat dikirim ke alamat e-mail yang terdaftar pada aplikasi *blynk*. Kemudian terdapat error tegangan sebesar 1.35%, dan error arus sebesar 0.85% ketika hasil pengukuran menggunakan sistem dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan multimeter.

Kata Kunci: blynk, monitoring, smartphone, teknologi

Abstract

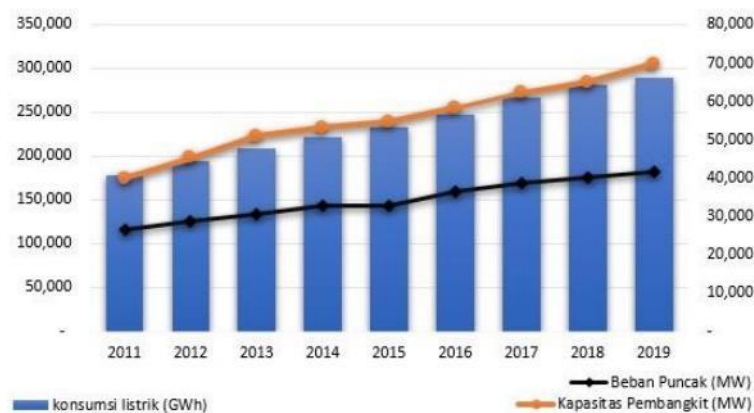
Currently technology is developing rapidly in various scientific fields. One of them is in the field of Internet of Things (IoT) technology. Currently, monitoring of electrical energy is mostly done by installing electrical measuring instruments in the electrical circuit before entering the load. This method has drawbacks, where to find out you have to look directly at the location where the measuring instrument is installed so it is inefficient because the results are not immediately known. For this reason, it is necessary to add a tool that can be used to monitor in real time and remotely. The purpose of this research is to create a monitoring system for monitoring the use of wireless-based electricity. This research method is a design that can measure AC alternating current electrical parameters such as Voltage, Current, Power, and Energy by using the Wemos D1 Mini microcontroller as a wifi module as well as data processing. Then use the PZEM 004t sensor as a sensor to measure these parameters. Then use the Blynk application so that the data obtained by the sensor can be monitored via a smartphone. The results of the measurement experiment can be measured using the PZEM 004t sensor. The measurement data obtained can be monitored using the blynk application on a smartphone. In addition, measurement results can be sent to the e-mail address registered on the blynk application. Then there is a voltage error of 1.35%, and a current error of 0.85%

when the measurement results using the system are compared to the measurement results using a multimeter.

Keywords: blynk, monitoring, smartphone, technology.

1. PENDAHULUAN

Listrik sekarang menjadi kebutuhan utama yang mendukung kehidupan masyarakat sejalan dengan perkembangan teknologi dan kemajuan zaman, sehingga ketersediaan, kualitas, serta keberlanjutannya menjadi kewajiban yang harus dijaga (Kementerian ESDM, 2016). Data statistik seperti Gambar 1. yang diterbitkan Sekretariat Jenderal Ketenagalistrikan menyajikan data penyediaan, perusahaan dan pemanfaatan tenaga listrik menunjukkan konsumsi listrik dan kapasitas pembangkit dari 2011 sampai 2019 yang terus meningkat.



Gambar 1. Grafik konsumsi listrik di Indonesia 2011 – 2019, Sumber: (Stefanus Johan, 2022).

Penggunaan beban listrik yang semakin banyak maka permasalahan juga akan semakin meningkat jika dibandingkan dengan penggunaan listrik waktu sebelumnya. Analisis yang dilakukan the *Electric Power Research Institute* (EPRI) memperkirakan bahwa masalah kualitas daya menimbulkan kerugian mencapai \pm US\$15-24 billion/tahun di USA. Hal tersebut, juga menjadi permasalahan di Indonesia yang harus segera ditangani, karena efisiensi dalam penyediaan dan pengelolaan energi listrik tidak lepas dari kualitas daya listrik. Jenis beban listrik menggunakan beban linier dan tidak linier yang digunakan pada rumah tangga, perkantoran, dan industri yang berdampak di jaringan sistem tenaga listrik terutama kualitas daya karena berbagai macam jenis-jenis beban listrik. Pengecekan kualitas daya pada perkantoran, industri atau gedung memiliki tujuan untuk melakukan *predictive maintenance* berdasarkan informasi khusus dari hasil pengukuran yang dilakukan secara manual.

Parameter kualitas faktor daya dapat dilakukan dengan melakukan pengambilan data besaran listrik seperti tegangan, arus, faktor daya, daya nyata, daya semu, daya reaktif, dan harmonisa listrik dan teknik pengumpulan data menggunakan alat ukur instrumen yang berfungsi untuk

mengambil data volt, amper, frekuensi, cosh phi, watt, dan spectrum analyzer (Adhi Kusmantoro, 2015). Sistem monitoring kualitas daya ini menggunakan *Internet of Things (IoT)* yang dapat dipahami sebagai lapisan informasi digital yang memungkinkan berbagai perangkat untuk saling berkomunikasi satu sama lain (Junaidi, 2015).

Perusahaan Listrik Negara (PLN) saat ini menggunakan dua pengukur daya yaitu pengukuran daya manual dan pengukuran daya digital. Alat ukur manual menggunakan prinsip kemagnetan dengan mekanisme berupa piringan yang berputar yang dikonversikan jumlah putaran ke dalam angka yang dapat menunjukkan besarnya pemakaian daya. Sedangkan alat ukur digital diterapkan sensor daya yang terhubung dengan minimum sistem atau mikrokontroler yang dapat menghitung daya. Dari kwh meter yang digunakan PLN semua pengguna harus melihat langsung ke tampilan di dalamnya untuk mengetahui konsumsi listrik yang telah digunakan. Namun, kenyataannya pencatatan kWh listrik tidak dapat dikontrol secara real-time. (Li Wang & Liu, 2017)

Saat ini memonitor energi listrik banyak dilakukan dengan cara memasang alat-alat ukur listrik pada rangkaian listrik sebelum masuk ke beban. Cara ini memiliki kekurangan, dimana untuk mengetahuinya harus langsung melihat ke lokasi tempat alat ukur dipasang sehingga tidak efisien karena tidak langsung diketahui hasilnya. Untuk itu perlu ditambahkan sebuah alat yang dapat digunakan untuk memonitor secara *realtime* dan dari jarak jauh (Najib, 2017)

Beberapa penelitian telah membahas berbagai aplikasi sistem *monitoring* energi listrik. Dalam perkembangannya, sistem *monitoring* dirancang dapat dipantau secara lokal (Zahran Mohamed, Atia Yousry, Al-Husein Abdullah, 2010), secara *remote* menggunakan modem GSM sebagai transmisi data (Shariff et al., 2013), dan juga berbasis *web* melalui jaringan internet (Li Wang & Liu, 2017). Pada penelitian yang dilakukan oleh Sutedjo, implementasi *web-scada* digunakan untuk memonitor dan mengontrol sistem pembangkit hibrida surya–angin secara *remote* melalui jaringan internet. Hubungan ke jaringan internet dilakukan melalui komputer *server* dengan komunikasi antara sensor, *remote terminal*, dan komputer *server* dalam penelitian tersebut masih memakai jaringan kabel menggunakan komunikasi serial dan *Local Area Network* (Aryuanto et al., 2014).

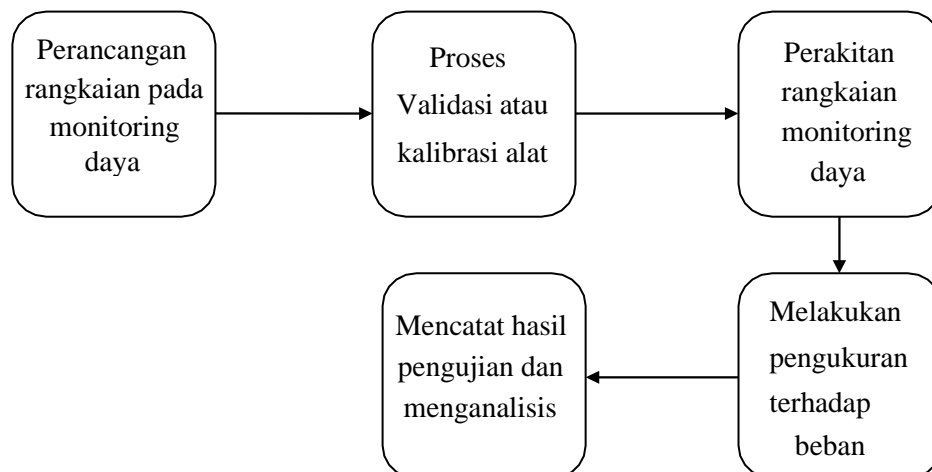
Sistem pemantauan menggunakan teknologi *Wireless Sensor Network (WSN)* juga telah dikembangkan. WSN telah dikenal dan digunakan untuk aplikasi pemantauan dan kontrol *remote* karena biaya dan konsumsi dayanya yang rendah. Implementasi pemantauan menggunakan WSN antara lain perancangan pemantauan *real time* berbasis WSN dengan protokol Zigbee untuk pemantauan suhu dan gas karbon monoksida (Wirawan, 2015). WSN juga digunakan untuk memonitor dan mengontrol parameter tegangan, arus, dan temperatur, sehingga dapat mengurangi konsumsi energi pada sebuah *smart home* (Agalya et al., 2015).

Oleh sebab itu diusulkan sebuah gagasan Sistem *Machine to Machine* Untuk Monitoring Kualitas Daya Listrik Pada Rumah dan Gedung. Komponen penyusun dari sistem ini yaitu Wemos D1 Mini yang digunakan sebagai modul wifi sekaligus pengolahan data. PZEM 004t yang digunakan sebagai sensor deteksi tegangan, arus, daya, dan energi. Menggunakan modul RTC ds3231 untuk pewaktu. Kemudian menggunakan aplikasi blynk supaya dapat dimonitoring melalui *smartphone*.

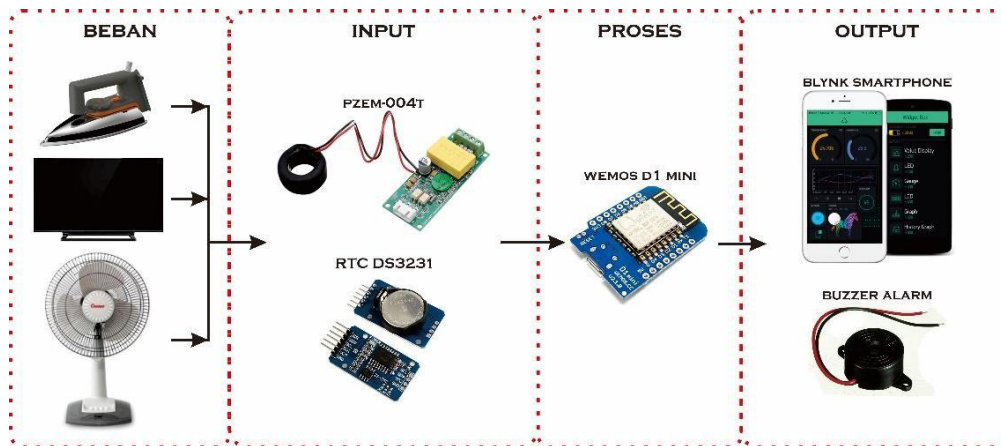
Prinsip dari sistem ini yaitu dimulai ketika sensor PZEM 004t mendeteksi tegangan, arus, daya, dan energi listrik AC pada suatu rumah atau gedung. Kemudian data yang diperoleh tersebut diteruskan ke *microcontroller* Wemos D1 Mini untuk diproses. Selanjutnya Wemos D1 Mini akan mengirimkan data-data tersebut ke aplikasi blynk pada *smartphone* untuk ditampilkan datanya. Selanjutnya data yang telah ditampilkan pada aplikasi blynk tersebut dapat dikirim ke alamat e-mail sesuai alamat e-mail yang telah terdaftar pada aplikasi blynk tersebut. Kemudian terdapat buzzer yang digunakan untuk alarm peringatan jika kekurangan atau kelebihan tegangan dan frekuensi.

2. METODE

Metode yang akan diterapkan dalam penelitian ini adalah yang pertama dengan membuat kerangka kerja, dimana kerangka kerja tersebut akan menjelaskan secara garis besar urutan yang akan dilaksanakan. Kemudian yang kedua membuat alur sistem, dimana alur sistem tersebut akan menggambarkan alur sistem yang akan dibuat. Kerangka kerja dapat dilihat pada Gambar 2 dan untuk alur sistem dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Diagram Alir Metode Pelaksanaan

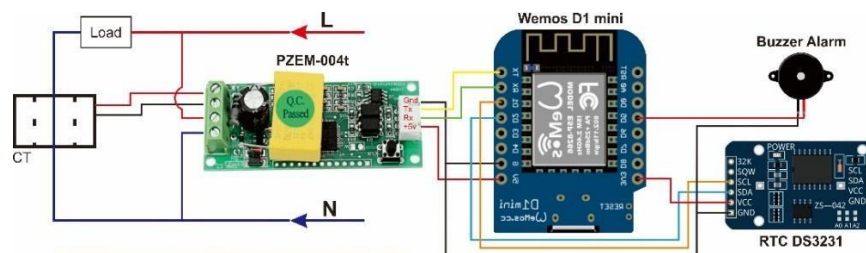


Gambar 3. Alur Sistem

Alur pada gambar 1 memiliki 4 bagian yaitu beban, input, proses, dan output. Pada bagian beban merupakan peralatan listrik yang umumnya digunakan pada rumah atau gedung. Kemudian pada bagian input terdapat komponen PZEM-004t yang digunakan untuk mengukur daya listrik yang digunakan oleh setiap beban dan modul RTC DS3231 yang digunakan sebagai modul pewaktu. Kemudian data pengukuran dari sensor PZEM-004t akan diproses oleh *microcontroller* Wemos D1 Mini untuk dikirimkan datanya ke output yaitu blynk pada *smartphone* supaya data hasil pengukuran sensor PZEM-004t dapat dimonitoring menggunakan *smartphone*. Selain dimonitoring, hasil pengukuran tersebut dapat dikirimkan ke alamat e-mail yang terdaftar pada aplikasi blynk. Selain blynk terdapat juga buzzer yang digunakan sebagai alarm peringatan jika tegangan dan frekuensi kekurangan atau kelebihan. Pada sistem tegangan yang diatur 180-230 V AC. Sedangkan Frekuensi diatur pada frekuensi 49 – 60 Hz. Tegangan dan frekuensi tersebut didapat dari rata-rata umumnya penggunaan perangkat elektronika rumah tangga. Jika tegangan sudah sama dengan 180 V atau tegangan lebih besar dari 230 V maka alarm berupa *buzzer* akan menyala. Begitu juga untuk frekuensi. Jika frekuensi lebih kecil dari 49 Hz atau lebih besar dari 60 Hz maka alarm berupa buzzer akan menyala.

2.1. Perancangan Elektronika

Rangkaian Elektronika dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian Elektronika

Pada rangkaian tersebut terdapat 1 buah *microcontroller* wemos D1 mini yang digunakan untuk modul wifi sekaligus mengolah data yang diterima dari sensor PZEM-004t. PZEM-004t

merupakan sebuah sensor multifungsi yang dapat mengukur Arus, Tegangan, Power, dan Energi dari listrik AC. Sensor tersebut mengeluarkan output dengan komunikasi serial. Selain itu, sensor tersebut sudah dilengkapi sensor tegangan dan sensor arus (CT). Kemudian terdapat modul RTC DS3231 yang digunakan untuk menyimpan data tanggal dan waktu dengan akurasi tinggi yang diintegrasikan dengan serial EEPROM AT24C32 untuk keperluan penyimpanan data lainnya. RTC merupakan singkatan dari *Real Time Clock*. Berikut merupakan spesifikasi dari sensor PZEM-004t yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi sensor PZEM-004t

Parameter	Rentang Pengukuran	Resolusi	Akurasi
Tegangan	80 – 260 V	0.1 V	0.5%
Arus	0-100 A	0.02 A	0.5%
Daya	0-23 kW	0.1 W	0.5%
Energi	0-9999.99 kWh	1 Wh	0.5%
Frekuensi	45-65 Hz	0.1 Hz	0.5%
Faktor Daya	0.00-1.00	0.01	0.1%

2.2. Desain Box Microcontroller

Desain *Box Microcontroller* terbuat dari bahan *Junction box waterproof ABS* dengan dimensi $p \times l \times t$ adalah 16 cm x 9 cm x 6 cm. *Box* tersebut digunakan untuk tempat dari alat yang akan dibuat. Bagian-bagian yang terlihat dari luar ditunjukkan oleh nomor 1 yaitu antena, nomor 2 yaitu konektor catu daya beserta saklar *on/off*, dan nomor 3 yaitu konektor *input-output stop kontak*. Berikut Gambar 5 merupakan gambar 3D dari *Box Microcontroller*.

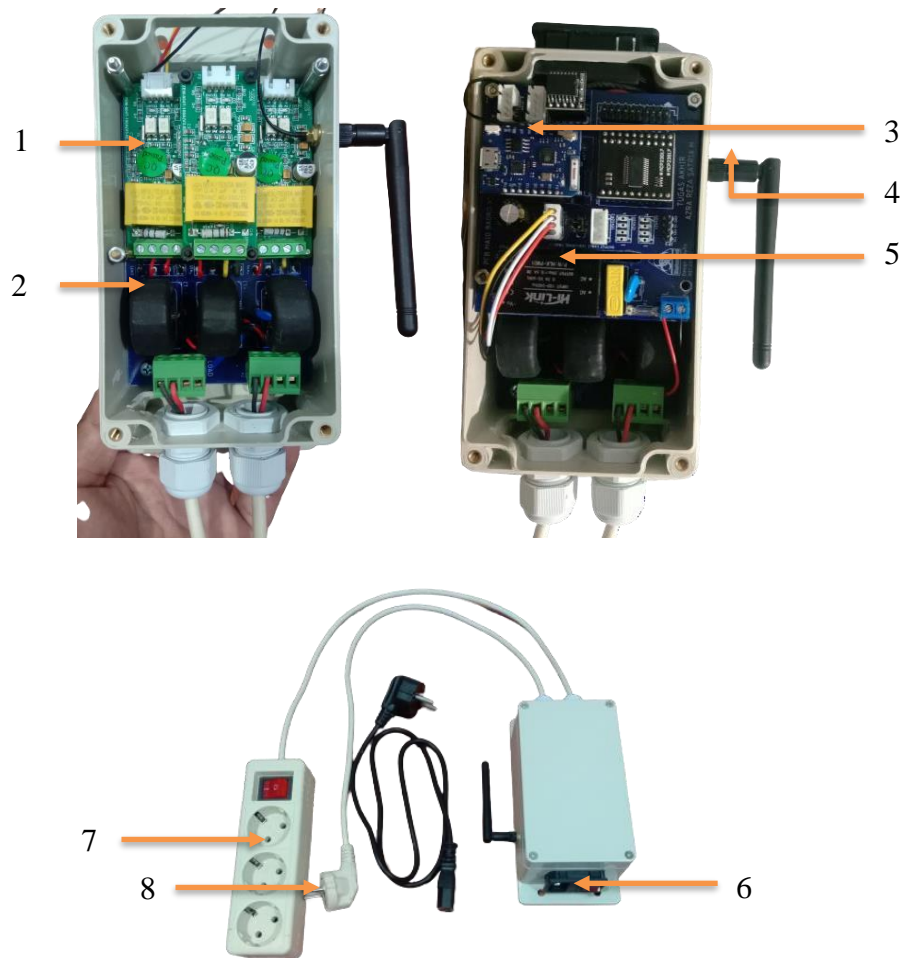


Gambar 5. *Box Microcontroller*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil *Hardware*

Hasil hardware dapat dilihat pada Gambar 6. Nomor 1 merupakan sensor PZEM 004t. Nomor 2 merupakan koil dari sensor PZEM 004t. Nomor 3 merupakan *microcontroller* wemos D1 mini. Nomor 4 merupakan antena. Nomor 5 merupakan komponen Hi-Link yang digunakan sebagai catu daya *microcontroller* wemos D1 mini. Komponen tersebut dapat merubah tegangan dari AC 220 V ke DC 5V. Nomor 6 merupakan soket catu daya AC untuk rangkaian sistem. Nomor 7 merupakan stop kontak yang digunakan untuk beban. Nomor 8 merupakan AC *input* untuk beban.



Gambar 6. Hasil *Hardware*

3.2. Hasil Tampilan Aplikasi

Hasil tampilan aplikasi dapat dilihat pada gambar 6. Pada aplikasi yang telah dibuat, terdapat beberapa fitur yang digunakan untuk monitoring. Keterangan nomor 1 menunjukkan tab fitur monitoring pada alat yang digunakan. Tab monitoring memiliki 2 menu yaitu monitoring *system* dan monitoring *realtime*. Keterangan nomor 2 merupakan informasi *device* yang terhubung dengan aplikasi. Keterangan nomor 3 menunjukkan status keadaan alat sesuai

dengan pembacaan sensornya. Keterangan nomor 4 merupakan tab untuk memisahkan antara tampilan monitoring alat dengan notifikasi dari aplikasi sesuai dengan hasil pembacaan alat. Keterangan nomor 5 menunjukkan tampilan *gauge* pembacaan alat. Keterangan nomor 5 menunjukkan terminal untuk mengirim perintah ke alat. Keterangan nomor 7 adalah grafik hasil pembacaan sensor pada alat. Keterangan nomor 8 merupakan hasil notifikasi yang ditampilkan oleh aplikasi pada *smartphone* sesuai dengan kondisi alat.



Gambar 7. Hasil Tampilan Aplikasi

3.3. Hasil Pengujian

3.3.1. Pengujian perbandingan pengukuran

Pengujian dilakukan dengan cara menghubungkan beban peralatan listrik yang akan di monitoring melalui stop kontak 220V yang telah disediakan pada modul alat ukur. Pengukuran yang dihasilkan oleh sistem dibandingkan dengan pengukuran yang dihasilkan oleh *multimeter*. Adapun sifat beban dari peralatan listrik yang akan diukur bersifat resistif,

induktif dan kapasitif. Pengujian ini menghasilkan nilai selisih yang dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Selisih} = | \text{Nilai Ukur} - \text{Nilai Sensor} | \dots\dots\dots(1)$$

Nilai selisih yang didapat tersebut dapat dirubah menjadi nilai error untuk mengetahui tingkat akurasi dari sistem yang dibuat. Nilai error dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Error} (\%) = \frac{|\text{Nilai Ukur} - \text{Nilai Sensor}|}{\text{Nilai Ukur}} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Tabel 2 merupakan hasil perbandingan pengukuran tegangan antara pengukuran menggunakan multimeter dan sistem. Pada hasil perbandingan tegangan tersebut diperoleh *error* sebesar 1.35%. Kemudian pada Tabel 3 merupakan hasil perbandingan pengukuran arus antara pengukuran menggunakan multimeter dan sistem. Pada hasil perbandingan arus di peroleh *error* sebesar 0.85%.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Tegangan

No	Beban	Volt (V)		Selisih	Error (%)
		Multi	Blynk		
1	Tanpa beban	225	224.3	0.7	0.31
2	Charger Hp	225	230.8	5.8	2.58
3	Charger Laptop dan Charger Hp	225	230.8	5.8	2.58
4	Solder dan Charger Hp	220	226.1	6.1	0.027
5	Rice cooker dan Charger Hp	220	226.1	6.1	0.027
6	Charger Laptop, Charger Hp dan Rice cooker	220	225.7	5.7	2.59
Rata - rata error				5.03	1.35

Tabel 3. Hasil Pengukuran Arus

No	Beban	Arus (A)		Selisih	Error (%)
		Multi	Blynk		
1	Tanpa beban	0.001	0.000	0.001	0.1
2	Charger Hp	0.121	0.121	0	0
3	Charger Laptop dan Charger Hp	0.395	0.393	0.002	0.51

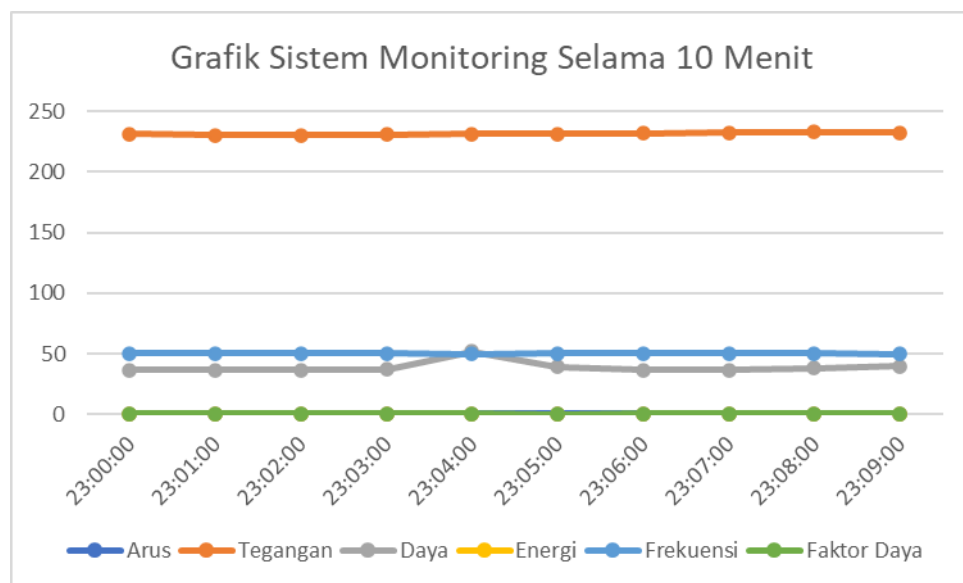
4	Solder dan Charger Hp	0.175	0.175	0	0
5	Rice cooker dan Charger Hp	1.011	1.035	0.024	2.37
6	Charger Laptop, Charger Hp dan Rice cooker	1.260	1.287	0.027	2.14
Rata - rata error				0.009	0.85

3.3.2. Pengujian pengukuran selama 10 menit

Pengujian dilakukan selama 10 menit menggunakan beban *Charger Laptop Acer N136 N20755*. Tabel 4 merupakan hasil pengukuran selama 10 menit oleh alat yang telah dibuat sedangkan Gambar 8 merupakan grafik dari data yang telah didapat dari Tabel 4.

Tabel 4. Data Hasil Pengukuran Selama 10 menit

Sampel	Tanggal	Waktu	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (W)	Energi (kWh)	Frekuensi (Hz)	Faktor Daya	Beban
1	5/22/2021	23:00:00	0,294	231,1	36,4	0,01	50	0,54	Charger Laptop Acer N136 N20755
2	5/22/2021	23:01:00	0,295	230,4	36,5	0,011	50	0,54	
3	5/22/2021	23:02:00	0,294	230,5	36,3	0,011	50	0,54	
4	5/22/2021	23:03:00	0,298	230,7	36,9	0,012	50	0,54	
5	5/22/2021	23:04:00	0,407	231,1	52	0,013	49,9	0,56	
6	5/22/2021	23:05:00	0,314	231,3	38,9	0,014	50	0,54	
7	5/22/2021	23:06:00	0,294	232,1	36,7	0,014	50	0,54	
8	5/22/2021	23:07:00	0,293	232,6	36,5	0,015	50	0,54	
9	5/22/2021	23:08:00	0,305	232,7	38,1	0,015	50	0,54	
10	5/22/2021	23:09:00	0,318	232,5	39,9	0,016	49,9	0,54	



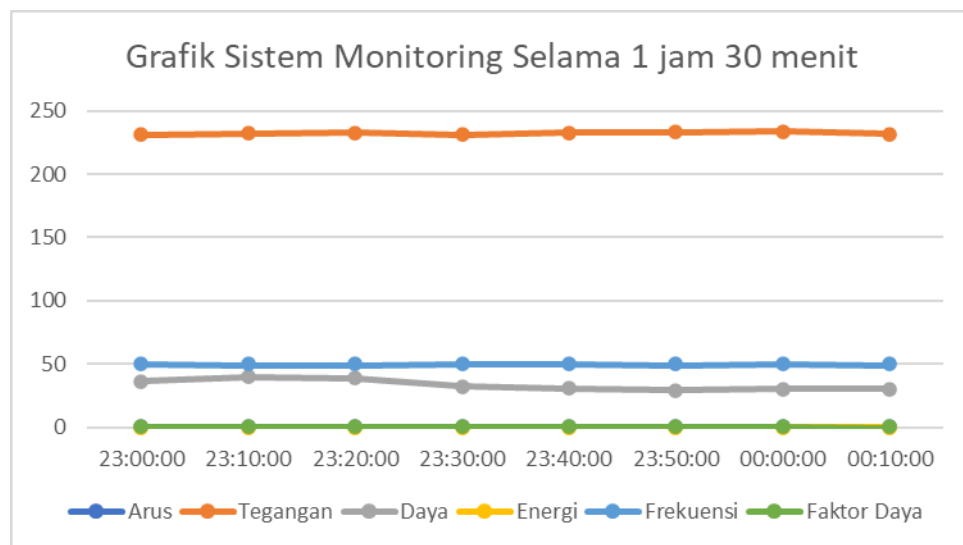
Gambar 8. Grafik Data Hasil Pengukuran Selama 10 Menit

3.3.3. Pengujian Pengukuran Selama 1 Jam 30 Menit

Pengujian dilakukan selama 1 jam 30 menit menggunakan beban Charger Laptop Acer N136 N20755. Tabel 5 merupakan hasil pengukuran selama 1 jam 30 menit oleh alat yang telah dibuat sedangkan Gambar 9 merupakan grafik dari data yang telah didapat dari Tabel 5.

Tabel 5. Data Hasil Pengukuran Selama 1 Jam 30 Menit

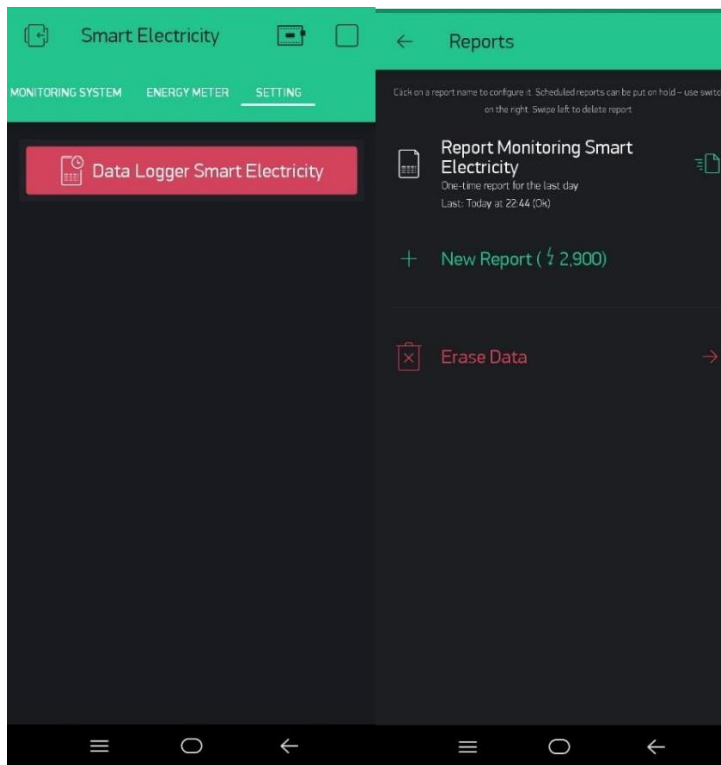
Sampel	Tanggal	Waktu	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (W)	Energi (kWh)	Frekuensi (Hz)	Faktor Daya	Beban
1	22/05/2021	23:00:00	0,293	231,1	36,4	0,01	50	0,53	Charger Laptop Acer N136 N20755
2	22/05/2021	23:10:00	0,318	232,2	39,9	0,02	49,9	0,54	
3	22/05/2021	23:20:00	0,311	232,7	39,03	0,02	49,9	0,54	
4	22/05/2021	23:30:00	0,264	231,3	32,5	0,03	50	0,53	
5	22/05/2021	23:40:00	0,245	232,9	30,8	0,03	50	0,54	
6	22/05/2021	23:50:00	0,239	233	29,5	0,04	49,9	0,53	
7	23/05/2021	00:00:00	0,242	233,6	30,1	0,04	50	0,53	
8	23/05/2021	00:10:00	0,247	231,9	30,2	0,05	49,9	0,52	
9	23/05/2021	00:20:00	0,239	232,9	29,7	0,05	49,9	0,48	



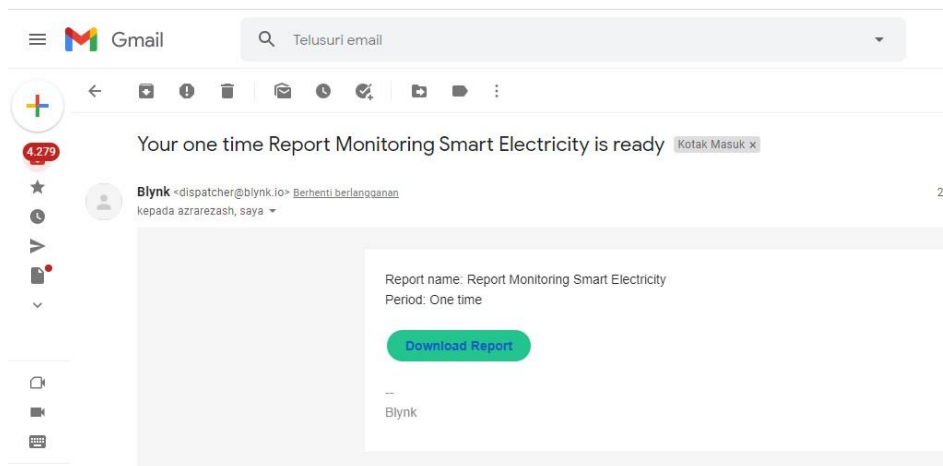
Gambar 9. Grafik Data Hasil Pengukuran Selama 1 Jam 30 Menit

3.3.4. Pengujian Pengiriman Data ke Alamat Gmail

Hasil pengukuran oleh sensor PZEM 004t dapat dikirim ke alamat gmail melalui aplikasi blynk pada *smartphone*. Gambar 10 merupakan gambar tampilan *Data Logger* pada aplikasi blynk. Alamat e-mail yang terdaftar dapat diganti sesuai pemakai. Gambar 11 merupakan tampilan penerimaan data yang dikirim dari aplikasi blynk pada *smartphone*. Data tersebut dapat di download seperti yang terlihat pada gambar 12.



Gambar 10. Tampilan *data logger* aplikasi blynk pada *smartphone*



Gambar 11. Tampilan penerimaan data pada *e-mail*

› This PC › Downloads › azrarezh@gmail.com_Blynk_65264_2021-05-17

Name	Date modified	Type	Size
MonitoringListri_0_CurrentA	17/05/2021 15:18	Microsoft Excel C...	1 KB
MonitoringListri_0_EnergyWh	17/05/2021 15:18	Microsoft Excel C...	1 KB
MonitoringListri_0_FrequencyHz	17/05/2021 15:18	Microsoft Excel C...	1 KB
MonitoringListri_0_Powerfactor	17/05/2021 15:18	Microsoft Excel C...	1 KB
MonitoringListri_0_PowerW	17/05/2021 15:18	Microsoft Excel C...	1 KB
MonitoringListri_0_VoltV	17/05/2021 15:18	Microsoft Excel C...	1 KB

Gambar 12. Hasil *download* data

4. PENUTUP

Dalam perancangan dan pengujian alat yang dibuat ini, peneliti telah mendapatkan hasil sesuai dengan capaian. Terdapat hasil dimana tegangan, arus, daya, frekuensi, faktor daya dan energi dapat diukur menggunakan sensor PZEM 004t yang kemudian data hasil pengukuran dapat dimonitoring secara *real time* menggunakan *smartphone* melalui aplikasi blynk. Data yang telah dimonitoring pada aplikasi blynk dapat dikirimkan ke alamat e-mail. Alamat e-mail tersebut dapat diubah sesuai dengan pengguna. Kemudian terdapat *error* pengukuran ketika pengukuran menggunakan sistem dibandingkan dengan pengukuran menggunakan multimeter. *Error* tegangan sebesar 1.35% dan arus sebesar 0.85%.

DAFTAR PUSTAKA

- Kementerian ESDM. (2021, September 28). *Media center*. Retrieved from <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/listrik-kebutuhan-pokok-yang-harus-dijaga-volume-kualitas-dan-kesinambungannya>
- Stefanus J., Aril, M.G., (2022). Determinasi konsumsi listrik di Indonesia
- Adhi K., Agus. N, (2015). Identifikasi kualitas daya listrik gedung universitas PGRI semarang.
- Agalya, M., S, N., & R, S. (2015). Home Automation System Using Wireless Sensor Networks. *International Journal of Emerging Technology in Computer Science & Electronics (IJETCSE)*, 13(2).
- Aryuanto, S., Ismail, N. Y., Abraham, L., & Farhan. (2014). Web-SCADA for Monitoring and Controlling Hybrid Wind-PV Power System. *TELKOMNIKA*, 12, 305–314.
- Junaidi, A. (2015). Internet of Things, Sejarah, Teknologi dan Penerapannya : review. *Ilmiah Teknologi Informasi Terapan*, 1, 62–66.
- Li Wang, & Liu, K.-H. (2017). Implementation of a Web-Based Real-Time Monitoring and Control System for a Hybrid Wind-PV-Battery Renewable Energy System. *ISAP*, 1–6.
- Najib, A. (2017). *Sistem Monitoring Besaran Listrik Dengan Teknologi IoT (Internet of Things)*. Universitas Lampung.
- Shariff, F., N.A, R., & H.W., P. (2013). Photovoltaic remote monitoring system based on GSM. *IEEE Conference on Clean Energy and Technology (CEAT)*, 379–383.
- Wirawan, P. J. (2015). Desain Real-Time Monitoring Berbasis Wireless Sensor Network Upaya Mitigasi Bencana Erupsi Gunungapi. *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi (JNTETI)*, 4.
- Zahran Mohamed, Atia Yousry, Al-Husein Abdullah, E.-S. I. (2010). LabVIEW Based Monitoring System Applied for PV Power Station. *Proceedings of the 12th WSEAS International Conference on Automatic Control*.