

SISTEM MONITORING KWH METER DIGITAL BERBASIS IOT PADA LABORATORIUM PERALATAN MEDIS

Danang Widyawarman^{1*}, Tri Hastono²

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Elektro-medis, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas PGRI Yogyakarta, Jl. IKIP PGRI I Sonosewu No.117, Sonosewu, Ngestiharjo, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta 55182, Indonesia.

¹Program Studi Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas PGRI Yogyakarta, Jl. IKIP PGRI I Sonosewu No.117, Sonosewu, Ngestiharjo, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta 55182, Indonesia

*email: danangwidyawarman@upy.ac.id

ABSTRAK

Proses pendidikan yang didukung oleh sarana dan prasarana laboratorium yang memadai akan menghasilkan luaran tri dharma perguruan tinggi yang profesional, baik untuk mahasiswa maupun dosen. Laboratorium Peralatan Medis merupakan tempat di mana studi eksperimental dengan berbagai peralatan dan perangkat, dan analisis serta pengamatan dilakukan. Besar pemakaian energi listrik oleh satu Universitas dapat diukur dengan menggunakan suatu alat pengukur energi listrik yaitu meter kWh, tetapi Universitas tidak bisa melakukan monitoring Gedung atau ruangan mana yang pemakaian energi listriknya paling banyak karena hanya mengetahui besarnya daya yang dipakai pada setiap bulannya. Dari latar belakang permasalahan tersebut dirancang sebuah alat bantu monitoring kWh Meter digital berbasis Internet of Things (IoT) untuk mengukur besarnya arus, tegangan, daya, dan besarnya biaya yang harus dikeluarkan selama penggunaan peralatan medis kemudian dapat dimonitor secara real time menggunakan aplikasi blynk sebagai servernya. Sistem implementasi monitoring kWh meter menggunakan sensor PZEM-004T memiliki tingkat akurasi yang sangat baik yaitu 99,52% untuk pengukuran tegangan dan 99,87% untuk pengukuran arus pada peralatan medis yang berada pada laboratorium peralatan medis universitas PGRI Yogyakarta. Di dapatkan bahwa semakin besar nilai beban yang diterapkan, akan berdampak pada luaran data seperti arus dan tegangan sehingga memengaruhi besar kecilnya nilai tagihan listrik bulanan. Sistem monitoring dapat dilakukan dengan radius 20 meter selama smartphone terhubung dengan koneksi WiFi maka aktivitas pemantauan dan aktivitas pengendalian alat listrik dapat dilakukan.

Kata Kunci: Laboratorium; kWh Meter; IoT; sensor PZEM-004T; Monitoring

ABSTRACT

[Title: IoT-based kWh Digital Meter Monitoring System on Medical Equipment Laboratory] The educational process, which is supported by adequate laboratory facilities and infrastructure, will produce professional higher education tri-dharma outputs, both for students and lecturers. The Medical Equipment Laboratory is a place where experimental studies with various equipment and devices, analyses, and observations are carried out. The amount of electrical energy used by a university can be measured using an electric energy meter, namely the kWh meter, but the university cannot monitor which building or room uses the most electrical energy because it only knows the amount of power used each month. Given these problems, a digital kWh Meter monitoring tool based on the Internet of Things (IoT) is designed to measure the amount of current, voltage, power, and costs that must be incurred while using medical equipment and can then be monitored in real time using the Blynk application as the server. The implementation system for monitoring the kWh meter using the PZEM-004T sensor has a very good accuracy rate of 99.52% for measuring voltage and 99.87% for measuring current on medical equipment in the medical equipment laboratory at the PGRI Yogyakarta University. It was found that the greater the applied load value, the more the impact on data outputs such as current and voltage would affect the size of the monthly electricity bill. The monitoring system can be carried out within a radius of 20 meters as long as the smartphone is connected to a WiFi connection. Monitoring activities and electrical device control activities can be carried out.

Keywords: Laboratory; kWh Meter; IoT; PZEM-004T sensor; Monitoring

PENDAHULUAN

Perkembangan Perguruan Tinggi di Indonesia sekarang semakin banyak terutama di Yogyakarta, tingkat pertumbuhan Universitas cukup cepat,

pertumbuhan pembangunan infrastruktur pun mengikutinya. Kebutuhan mendasar listrik sebagai sumber energi kehidupan, tidak heran seiring berjalannya waktu dan zaman perkembangan

teknologi di bidang kelistrikan telah berkembang. Energi listrik sudah menjadi kebutuhan bagi manusia khususnya dalam dunia pendidikan untuk menunjang pembelajaran. Banyak peralatan penunjang perkuliahan seperti peralatan praktikum yang harus digunakan dengan menggunakan energi listrik. Manusia perlu memantau penggunaan energi listrik agar efektif dan efisien demi menjaga ketersediaan listrik bagi pengguna lainnya karena dari tahun ke tahun, kebutuhan akan hal ini semakin membesar (A. P. Deni dan R. Mukhaiyar, 2020).

Penggunaan peralatan listrik tentunya berkaitan langsung dengan pengukuran daya listrik. Daya listrik dapat diartikan sebagai banyaknya penggunaan energi yang diterapkan pada alat atau benda per satuan waktu. Listrik PLN terdiri dari dua komponen daya yakni daya aktif dan reaktif. Sedangkan daya yang digunakan pada peralatan elektronik merupakan daya aktif. Untuk memantau penggunaan daya listrik, dibutuhkan komponen nilai arus dan tegangan yang terpakai oleh peralatan listrik. Agar seseorang dapat mengetahui konsumsi daya listrik yang terpakai, dibutuhkan perantara alat ukur. Akan tetapi untuk mengetahui besarnya daya listrik yang terpakai di setiap ruangan masih harus dicek dan dicatat oleh petugas secara manual dan belum bisa dilakukan pemantauan dari jarak jauh (Risfendra, 2021).

Cara yang dilakukan oleh PLN dalam mengumpulkan informasi penggunaan energi listrik yang tercatat pada kWh meter adalah dengan mendatangkan petugas lapangan yang mencatat langsung penggunaan energi listrik per bulannya secara manual (S. Mustafa dan U. Muhammad, 2020). Pada kWh meter yang tidak terjangkau petugas, penyedia energi listrik menyimpulkan dan menarik nilai rata-rata penggunaan energi listrik harian pada bulan sebelumnya. Hal tersebut sangat berdampak kepada konsumen bahwa tagihan listrik bulanannya bisa saja lebih tinggi dari biasanya.

Internet of Things adalah sebuah jaringan yang terdiri atas perangkat instrument sensor, instrument perangkat lunak, dengan konektivitas jaringan yang memungkinkan untuk mengumpulkan, dan bertukar data (P. Gokhale, dkk, 2018). *Internet of Things* merupakan paradigma baru yang menggabungkan telekomunikasi dengan sensor, dan prosesor (F. Joe and J. Joseph, 2019). *Internet of Things* memungkinkan objek untuk monitoring dan dikendalikan dari jarak jauh di seluruh infrastruktur jaringan yang dibuat (C. Salazar, 2019). Pada sistem *IoT* juga menciptakan peluang untuk integrasi langsung dari komponen perangkat keras ke dalam sistem berbasis komputer (G. Kotonya, 2018).

Penelitian yang dilakukan menghasilkan rancang bangun alat monitoring arus dan tegangan berbasis mikrokontroler dengan *SMS Gateway* (Fitriandi, Komalasari, & Gusmedi, 2016). Tujuannya adalah untuk memudahkan melihat besarnya arus dan tegangan yang ada pada jaringan melalui SMS gateway. Hasil penelitian lebih baik apabila aplikasi tersebut juga mendukung untuk proses pemantauan dapat dilakukan melalui media berbasis web localhost. Karena dengan perkembangan ketersediaan koneksi internet yang sebagai penerapan IoT dan dapat diperoleh penyimpanan data dengan rentan waktu lebih lama. Sistem berbasis web localhost memungkinkan juga didapatkan perhitungan penggunaan daya listrik arus kuat sehingga didapatkan perhitungan nominal yang harus dibayar oleh pelanggan.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Prayitno dkk (2019:1), membuat sebuah prototipe sistem monitoring menggunakan sensor CT (*Current Transformer*) dan sensor ZMPT101B. namun, peneliti menggunakan *thinkspeak* sebagai media server dan monitor nilai sensor. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Nugraha dkk (2016:1) yang mengukur nilai tegangan menggunakan rangkaian pembagi tegangan dan menggunakan *thinkspeak* sebagai servernya. Peneliti ini juga menggunakan router yang terdapat GSM (Global System Mobile) agar alat tidak perlu terhubung dengan koneksi wifi.

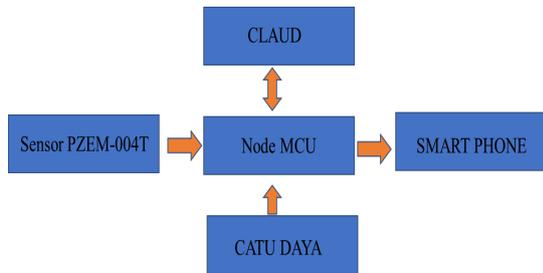
Pada penelitian ini peneliti membuat sebuah sistem monitoring pemantauan Arus, Tegangan, Daya listrik dan jumlah biaya yang harus dikeluarkan dalam setiap pemakaian peralatan kesehatan pada peralatan medis yang ada di Laboratorium Peralatan Kesehatan yang ada di Fakultas Sains dan teknologi Universitas PGRI Yogyakarta. Penelitiannya menggunakan sensor PZEM-004T karena tingkat keakuratan dalam pembacaannya untuk tegangan yang tinggi yang cukup baik dan dapat mengukur nilai tegangan, arus, daya, dan energi listrik hanya dalam satu sensor saja. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan aplikasi *blynk* sebagai server dan juga untuk memonitor nilai yang dihasilkan oleh sensor. Peneliti menggunakan *Esp8266* untuk mengirim data melalui jaringan wifi dan internet.

METODE

Penelitian ini menggunakan model prototipe dengan tahapan perancangan sistem yang terdiri dari perancangan perangkat keras dan perancangan antarmuka aplikasi. Secara umum rancangan sistem ditampilkan pada gambar 1. Setelah perancangan selesai dilakukan, hasil rancangan diimplementasikan pada alat dengan merakit dan mengkonfigurasi alat

serta mengintegrasikan akan digunakan :

dikendalikan melalui smartphone dari jarak jauh. Objek yang dilakukan pengukuran adalah peralatan medis yang ada di Laboratorium fakultas saintek diantaranya digital usg monitor model PRA-ONE AC100-240V, 50/60Hz,1.5A, infrared lamp model 400, pasien monitor model PM PRO-03. Setelah itu dilakukan pengujian terhadap alat untuk mengetahui kinerja alat yang telah dibuat.

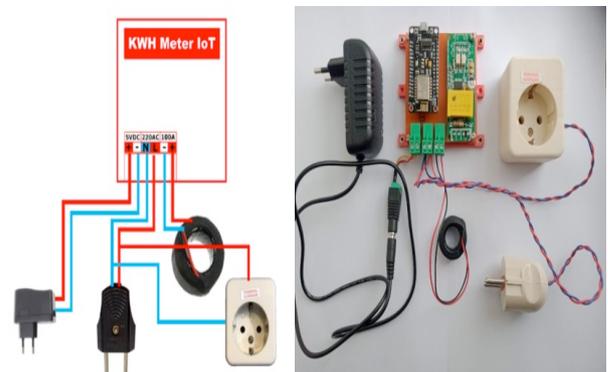


Gambar 1. Perancangan perangkat keras

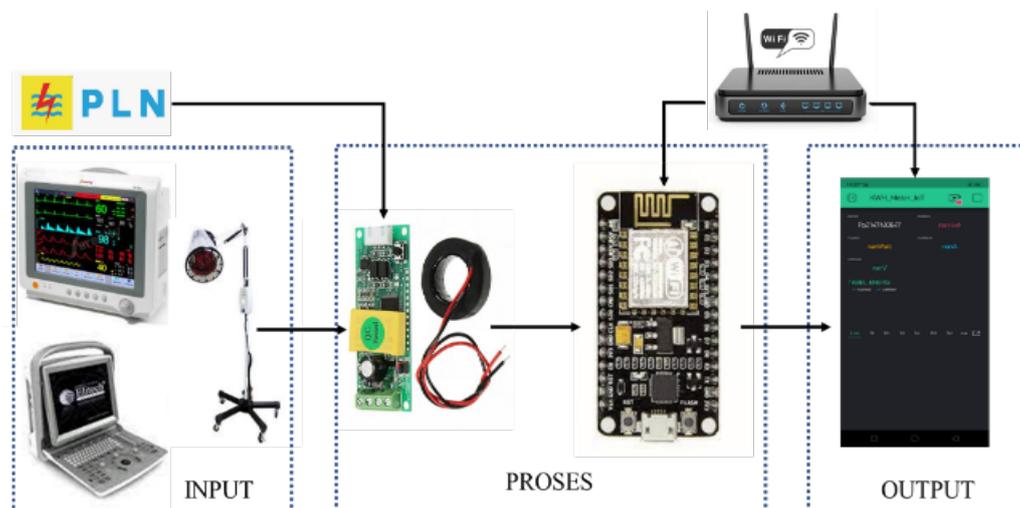
NodeMCU harus terhubung dengan cloud atau internet agar mendapatkan layanan request/response melalui aplikasi dan layanan Blynk. NodeMCU terhubung dengan relay sebagai aktuator untuk memutus dan menyambungkan arus listrik yang berguna untuk menyalakan dan menghidupkan alat-alat listrik.

Sensor yang digunakan pada perancangan ini menggunakan PZEM-004T, sensor ini memiliki kelebihan dimana dapat mengukur tegangan dan arus secara bersamaan sehingga pengukuran daya dan kWh dapat dilakukan yang ditampilkan pada gambar 2. Hubungan input-output untuk masing-masing komponen utama penyusun prototipe alat yang diproses oleh NodeMCU berbasis ESP8266.

Pada perancangan perangkat keras yang digunakan dalam penelitian kali ini terdiri dari rangkaian relay, NodeMCU dan sensor PZEM-004T yang saling terhubung dengan kabel jumper yang ditunjukkan pada gambar 3. Pada bagian relay, ditambahkan kabel sebagai penghubung antara relay dengan sensor tegangan dengan beban peralatan medis yang ada di Laboratorium fakultas saintek sebagai input tegangan yang terukur pada sensor. Untuk memberikan gambaran bagaimana implementasi prototipe alat terhadap beban alat yang digunakan dalam menghitung besarnya biaya penggunaan peralatan setiap praktikum, maka digunakan model peralatan listrik yang sering dipakai dalam praktikum peralatan diagnostic dan peralatan terapi.



Gambar 2. Perancangan Perangkat Keras

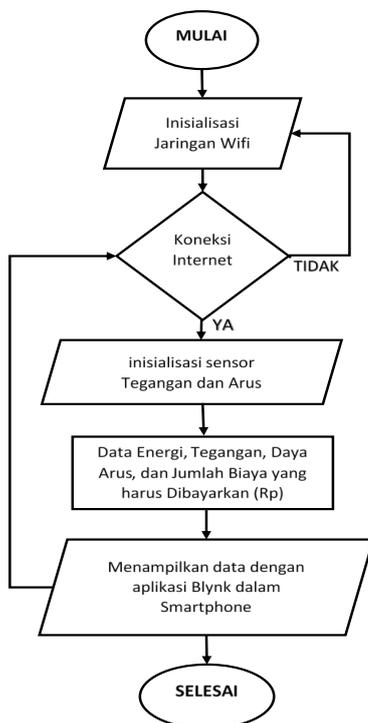


Perancangan antarmuka merupakan hal yang paling penting dalam setiap program, antarmuka yang jelas akan memudahkan pengguna untuk memahami program tersebut. Antarmuka ini berfungsi sebagai fasilitas penyampaian informasi monitoring dari suatu sensor dan juga berfungsi sebagai antarmuka kendali dalam hal ini adalah relay yang terhubung dengan peralatan medis.

Antarmuka dirancang menggunakan aplikasi Blynk yang merupakan platform yang dibangun untuk memberikan kemudahan dalam pengembangan antarmuka IoT untuk perangkat smartphone berbasis IOS maupun Android yang ditunjukkan pada Gambar 4.



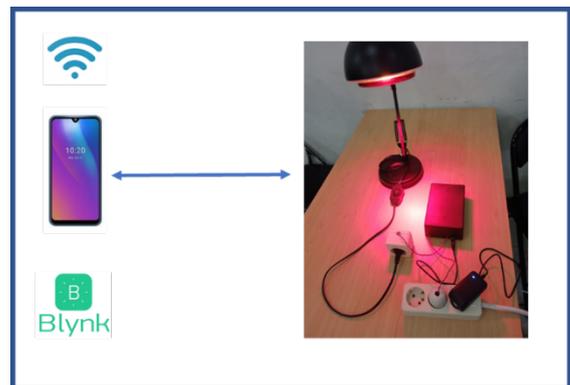
Gambar 4. Perancangan Antarmuka Aplikasi Blynk



Gambar 5. Diagram Alir Dalam Rancangan Sistem KWH Meter IoT

Blynk juga berfungsi sebagai *Software as a Service (SaaS)* dimana dalam arsitekturnya, pengguna Blynk akan terhubung dengan server yang memberikan layanan *response/request* untuk keperluan pemantauan dan pengendalian perangkat IoT khususnya yang menggunakan *development board* seperti Arduino. Pada saat penggunaannya, Blynk harus terhubung dengan internet agar terhubung dengan *cloud* dan layanan dapat beroperasi dengan baik. Diagram alir dalam rancangan sistem kWh meter IoT ditunjukkan pada Gambar 5.

Setelah perancangan prototipe selesai dibuat, maka tahapan selanjutnya adalah tahapan pengujian prototipe. Tahapan ini dilakukan dengan mengambil data hasil uji coba sistem untuk mengetahui kinerja dari prototipe yang dibangun. Pengujian pertama dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap respon sistem kendali. Pengujian selanjutnya dilakukan untuk mengetahui respon alat terhadap jarak atau jangkauan dari sumber pemancar sinyal WiFi yang ditunjukkan pada Gambar 6.



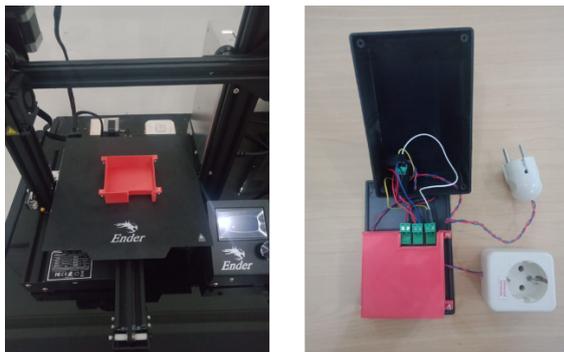
Gambar 6. Pengujian Respon Alat terhadap Variasi Jarak Alat dengan Sumber

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan desain kWh meter digital IoT ini menyesuaikan semua komponen elektronika yang digunakan dalam pengukuran besaran arus dan tegangan. Pembuatan alat monitoring daya listrik berbasis IoT ini menggunakan wadah yang dibuat menggunakan printer 3D dengan bahan plastik PLA (*Polylactic Acid*) yang ditunjukkan pada gambar 7. Alat ini menggunakan sensor PZEM-004t dan NodeMCU.

Sebelum melakukan pengujian kendali jarak jauh, terlebih dahulu dilakukan pengecekan terhadap koneksi internet. Setelah memastikan bahwa internet tersambung, pada aplikasi Blynk dilakukan pengujian sistem dengan cara menekan tombol on/off di layar

smartphone, kemudian peralatan medis yang sudah terpasang dinyalakan dengan cara memvariasikan jarak kendali yang ada dalam smartphone. Sistem pemantauan yang baik juga akan merespon setiap perubahan data dari sensor ke dalam grafik dan angka visualisasi pada layar smartphone melalui aplikasi Blynk. Sistem pengujian dilakukan dengan radius 1 meter sampai dengan 20 meter di dalam ruangan dan luar ruangan laboratorium. Hasil pengukuran didapatkan data dengan koneksi yang masih stabil sampai dengan jarak radius 20 meter dari titik pengukuran.



Gambar 7. Pembuatan Wadah Dudukan dengan Printer 3D

Pengujian pengukuran Tegangan dan arus pada peralatan Laboratorium medis dilakukan dengan pengukuran nilai tegangan dan arus yang diterapkan pada peralatan medis yang ada di laboratorium Elektromedis UPY diantaranya pada peralatan terapi dan peralatan *diagnostic* yaitu IR Lamp dengan dua tipe yang berbeda, USG atau ultrasonografi tipe Sogota yang merupakan jenis USG Digital Potable, Electrocardiogram (ECG) tipe Sogota, dan Pasien Monitor tipe PM-Pro-3. Hasil pengukuran dicatat berdasarkan keluaran yang ada dalam aplikasi Blynk dan keluaran multimeter yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus.

No	Peralatan Laboratorium Medis	Tegangan sensor PZEM-004T (V)	Tegangan Multimeter r (V)	Arus Sensor PZEM-004T (A)	Arus Multimeter (A)
1	IR Lamp 100	221,00	221,40	0,378	0,380
2	IR Lamp 400	223,00	223,20	0,472	0,475
3	USG tipe Sogota	221,50	221,80	0,180	0,182
4	ECG Sogota	219,30	220,00	0,642	0,643
5	Pasien Monitor PM Pro-3	221,80	221,60	0,840	0,844
6	Alat Terapi KWD-8081	221,20	221,40	0,340	0,344

Hasil perbandingan pengukuran tegangan dan arus menggunakan sensor PZEM-004t dan

multimeter ada sedikit perbedaan dengan rasio perbandingan (η_v) adalah rata-rata pengukuran tegangan dengan sensor dan multimeter:

$$\eta_v = \frac{0,5024}{0,5048} \times 100\% = 99,52\%$$

Jika membandingkan dengan nilai tegangan yang seharusnya mengalir pada aliran listrik PLN sebesar 220V, maka hasil pengukuran yang mendekati nilai tersebut adalah menggunakan multimeter. Akan tetapi, aliran listrik tersebut kadangkala bernilai fluktuatif sehingga perlu studi atau riset lanjutan yang khusus membahas nilai tegangan PLN secara langsung. Dari data perbandingan pengukuran diperoleh data yang sifatnya menguatkan hasil pengukuran sebelumnya. Hasil pengukuran lainnya adalah nilai arus yang mana rasio perbandingan (η_I) nilai arus hasil pengukuran menggunakan PZEM-004T dan multimeter adalah:

$$\eta_I = \frac{221,32}{221,60} \times 100\% = 99,87\%$$

Hasil pengukuran menggunakan modul sensor PZEM-004T yang digunakan untuk mengukur nilai tegangan dan arus dapat dijadikan informasi seberapa dekat nilai hasil pengukuran menggunakan modul sensor terhadap hasil pengukuran menggunakan multimeter. Hasil pengujian aplikasi Blynk menggunakan ESP32 sebagai konektor penghubung antara aplikasi Blynk dan pengukuran analog.

Mikrokontroler ESP32 memiliki keunggulan yaitu sistem berbiaya rendah, dan juga berdaya rendah dengan modul WiFi yang terintegrasi dengan chip mikrokontroler serta memiliki bluetooth dengan mode ganda dan fitur hemat daya menjadikannya lebih fleksibel. Pengukuran yang ditampilkan dalam aplikasi adalah Energi, Arus, Tegangan, Daya, dan besarnya biaya yang dikeluarkan selama penggunaan peralatan laboratorium medis yang ditunjukkan pada gambar 8.

Komunikasi antara Arduino Uno, Node MCU dengan aplikasi Android dapat dilakukan secara realtime sebagai pengambilan data yang dilakukan dengan waktu 30 menit untuk setiap peralatan dengan tampilan pada aplikasi Blynk. Antarmuka aplikasi Blynk terdiri dari visualisasi tegangan, arus, daya, energi, dan jumlah biaya yang harus di bayarkan dalam bentuk grafik dan angka yang menunjukkan nilai real-time tegangan terukur pada beban peralatan laboratorium medis yang telah disesuaikan penggunaannya untuk perangkat smartphone. Data

pengujian pengukuran aktivitas monitoring ditunjukkan pada Tabel 2.

realtime dapat digunakan untuk mengukur nilai tegangan, arus, energi, daya, dan jumlah biaya yang



Gambar 8. (a). Pengukuran Alat USG, (b). Pengukuran Alat Terapi KWD-8081, (c). Pengukuran IR Lamp 400

Tabel 2. Hasil Pengukuran Monitoring Alat Laboratorium Medis

No	Peralatan Laboratorium Medis	Energi (kWh)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)	Biaya (Rp)/30 menit
1	IR Lamp 100	0,32	219,00	0,64	138,10	71
2	IR Lamp 400	0,63	219,20	0,65	142,00	92
3	USG tipe Sogota	0,72	221,50	0,72	158,14	115
4	ECG Sogota	0,42	219,30	0,64	138,45	78
5	Pasien Monitor PM Pro-3	0,89	221,80	0,84	184,31	154
6	Alat Terapi KWD-8081	0,34	221,40	0,67	146,33	79

Penentuan biaya didasarkan pada besarnya daya yang digunakan dikalikan dengan tarif tenaga listrik (*tariff adjustment*) yang dikeluarkan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral yaitu pelanggan rumah tangga daya 1.300-2.200 VA sebesar Rp 1.444,70/kWh. Perhitungan dilakukan dengan mengambil contoh USG tipe Sogota, biaya yang harus dibayar selama 30 menit adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya 30 menit} &= \left(\frac{1444,70}{2}\right) \times \left(\frac{158,14}{1000}\right) \\
 &= \text{Rp. 114,23,00}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perbandingan perhitungan dengan hasil pengukuran yang ditampilkan dalam aplikasi Blynk didapatkan hasil yang relatif sama.

KESIMPULAN DAN SARAN

Sistem implementasi monitoring kWh meter menggunakan sensor PZEM-004T yang ditampilkan menggunakan aplikasi blynk dengan monitor secara

harus dibayarkan memiliki tingkat akurasi yang sangat baik yaitu 99,52% untuk pengukuran tegangan dan 99,87% untuk pengukuran arus pada peralatan medis pada laboratorium peralatan medis universitas PGRI Yogyakarta. Didapatkan bahwa semakin besar nilai beban yang diterapkan, akan berdampak pada luaran data seperti arus dan tegangan sehingga memengaruhi besar kecilnya nilai tagihan listrik bulanan. Sistem monitoring dapat dilakukan dengan radius 20 meter selama smarthphone terhubung dengan koneksi WiFi maka aktivitas pemantauan dan aktivitas pengendalian alat listrik dapat dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

A. P. Deni dan R. Mukhaiyar, “Monitoring Daya Listrik Secara Real Time,” *Vote Teknik*, vol. 8, no. 2, pp. 26-34, 2020.

S. Mustafa dan U. Muhammad, “Rancang Bangun Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik Berbasis Smartphone,” *Media Elektrik*, vol. 17, no. 3, pp. 55-62, 2020.

P. Gokhale, O. Bhat, and S. Bhat, “Introduction to IOT,” no. January, pp. 0–4, 2018

C. Salazar, “Internet of Things-IOT : Definition , Characteristics , Architecture , Enabling Technologies , Application & Future Challenges,” no. May 2016, 2019.

G. Kotonya, “IoT Architectural Framework : Connection and Integration Framework for IoT Systems,” pp. 1–17, 2018.

F. Joe and J. Joseph, “IoT Based Weather Monitoring System for Effective Analytics,” no. 4, pp. 311–315, 2019.

Fitriandi, A. F., Komalasari, E., & Gusmedi, H. (2016, Mei). Rancang Bangun Alat

Monitoring Arus Dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler Dengan Sms Gateway. Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro, 10, 2.

Prayitno. Budi., Palupiningsih. Pritasari, dan Agrtriadi. Herman Bedi. 2019. Prototipe Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik Peralatan Elektronik Rumah Tangga Berbasis Internet Of Things dalam Petir: Jurnal Pengkajian Dan Penerapan Teknik Informatika, 12(1), 72-80. Jakarta: Institut Teknologi PLN.

Nugraha. Azis Wisnu Widhi, Rosyadi. Imron, Nugroho. Fajar Surya Tri, dan Winasis, 2016. Design Sistem Monitoring Sistem Photovoltaic Berbasis Internet of Things (IoT). Bandung: Universitas Gajah Mada, 5(4).