
SISTEM *MONITORING* PEMAKAIAN ENERGI DAN ESTIMASI BIAYA LISTRIK MENGGUNAKAN APLIKASI *MOBILE*

Yosep Syaeful Yunus

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Komputer

Universitas Wiralodra

Email: yosepyunus@gmail.com

Indri Yanti

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Komputer

Universitas Wiralodra

Email: indriyanti.ft@unwir.ac.id

Stephanie Betha Rossi H

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Komputer

Universitas Wiralodra

Email: stephbetha86@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat monitoring energi dan biaya listrik berbasis Arduino Nano dengan pemanfaatan sensor ACS712 dan sensor ZMPT101B. Penelitian dilakukan dengan menguji tiga jenis lampu yaitu 7W, 10W, dan 20W dengan variasi tarif dasar listrik (TDL) Rp 415/kWh, Rp 605/kWh, dan Rp 1352/kWh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arus dan tegangan AC tidak memiliki nilai tetap tetapi berubah secara sinusoidal, sehingga nilai daya, energi, dan biaya listrik berfluktuasi seiring waktu. Berdasarkan hasil penelitian, urutan lampu yang memiliki biaya listrik terendah ke tertinggi adalah lampu 7W, 10W, dan 20W, untuk semua jenis TDL yang diuji. Selain itu, terdapat selisih perbandingan antara nilai energi rata-rata dengan energi secara teori selama 12 jam. Selisih tersebut adalah 0,00968 kWh untuk lampu 7W, 0,03860 kWh untuk lampu 10W, dan 0,04404 kWh untuk lampu 20W. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa biaya listrik lampu 7W untuk TDL Rp 415/kWh, Rp 605/kWh, dan Rp 1352/kWh masing-masing adalah Rp 34,4, Rp 65,18, dan Rp 125,59. Biaya listrik lampu 10W untuk TDL yang sama adalah Rp 62,78, Rp 98,96, Rp 215,77. Sementara itu, biaya listrik lampu 20W untuk TDL yang sama adalah Rp 104,64, Rp 158,24, dan Rp 324,89. Meskipun demikian, urutan lampu yang paling mendekati nilai teori terkait biaya listrik adalah lampu 20W, 7W, dan 10W. Output yang diperoleh pada LCD dan aplikasi android menunjukkan kesesuaian 100%. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan sistem monitoring energi yang efisien dan akurat.

Kata kunci: ACS712, biaya listrik, energi listrik, *monitoring*, TDL, ZMPT101B

ABSTRACT

This study aims to develop an energy and electricity cost monitoring device based on Arduino Nano using the ACS712 sensor and the ZMPT101B sensor. The research was conducted by testing three types of lamps, namely 7W, 10W, and 20W, with variations in the basic electricity tariff (TDL) of Rp 415/kWh, Rp 605/kWh, and Rp 1352/kWh. The research findings indicate that the AC current and voltage do not have fixed values but vary sinusoidally, resulting in fluctuations in power, energy, and electricity cost over time. Based on the research results, the sequence of lamps with the lowest to the highest electricity cost is the 7W, 10W, and 20W lamps, for all types of tested TDL. Additionally, there is a difference in comparison between the average energy value and the theoretical energy over 12 hours. The differences are 0.00968 kWh for the 7W lamp, 0.03860 kWh for the 10W lamp, and 0.04404 kWh for the 20W lamp. The research results also indicate that the

electricity cost of the 7W lamp for TDL of Rp 415/kWh, Rp 605/kWh, and Rp 1352/kWh is Rp 34.4, Rp 65.18, and Rp 125.59, respectively. The electricity cost of the 10W lamp for the same TDL is Rp 62.78, Rp 98.96, and Rp 215.77, while the electricity cost of the 20W lamp for the same TDL is Rp 104.64, Rp 158.24, and Rp 324.89. However, the sequence of lamps that most closely approximates the theoretical value related to electricity cost is the 20W, 7W, and 10W lamps. The outputs obtained on the LCD and Android application show 100% conformity. This research is expected to provide a significant contribution to the development of an efficient and accurate energy monitoring system.

Keywords: ACS712, electricity cost, electrical energy, monitoring, TDL, ZMPT101B

1. PENDAHULUAN

Listrik memiliki peran yang penting dalam kehidupan. Listrik menjadi sumber energi utama dalam setiap kegiatan, baik dalam kegiatan rumah tangga maupun kegiatan dalam skala industri. Perangkat-perangkat elektronik yang digunakan dalam rumah tangga maupun industri dapat berfungsi ketika dipasok energi listrik contohnya kompor listrik, *rice cooker* dan lain lain. Energi listrik di Indonesia dikelola oleh PLN (Perusahaan Listrik Negara). PLN menghitung energi listrik yang digunakan oleh pelanggan menggunakan kWh meter (*kilo watt hour*). Dengan mengetahui energi listrik yang digunakan pelanggan melalui kWh meter, PLN dapat menentukan tagihan total pemakaian energi listrik yang terpakai. Namun, biaya tagihan pemakaian listrik dari PLN tidak merinci tentang pemakaian yang digunakan sehari-hari dan biaya yang harus dibayar.

Berdasarkan hal tersebut, menghitung pemakaian energi listrik sehari-hari dan perhitungan biaya secara langsung dapat memudahkan pelanggan dalam menentukan konsumsi energi listrik beserta biaya yang akan dibayar. Dengan mengetahui konsumsi energi listrik dan biayanya maka pelanggan dapat mengontrol penggunaan energi listrik supaya lebih hemat dalam membayar tagihan listrik.

Salah satu inovasi yang dapat dilakukan yaitu dengan membuat alat *monitoring* pemakaian energi listrik yang dapat menampilkan biaya penggunaan energi listrik. Seperti penelitian yang telah dilakukan oleh [1] membahas tentang rancang bangun alat monitoring tegangan, arus, daya, kWh, serta estimasi biaya pemakaian peralatan listrik pada rumah tangga. Pada penelitian tersebut digunakan sensor tegangan, trafo untuk mengukur arus dan tegangan pada 5 sampel penelitian yaitu kipas, kulkas, *rice cooker* dan setrika dengan fokus penelitian mencari nilai *error* pada pembacaan sensor. Permasalahan yang terdapat dalam penelitian ini adalah pembacaan sensor masih menggunakan arus DC kemudian rekapitulasi pada biaya penggunaan tidak bisa dimonitoring secara *real time*. Hasil penelitian menunjukkan nilai *error* pada sensor arus yaitu 0,33% dan hasil pengujian pada sensor tegangan memiliki nilai *error* 3%. Letak kelemahan pada penelitian tersebut adalah penelitian ini masih menggunakan sensor tegangan trafo, penelitian ini juga masih terbelang manual sehingga dalam proses monitoringnya tidak dapat dikontrol dari jarak jauh. Selain itu, media untuk menampilkan biaya dan besarnya kWh yang digunakan masih menggunakan LCD sehingga data tersebut tidak tersimpan dengan baik.

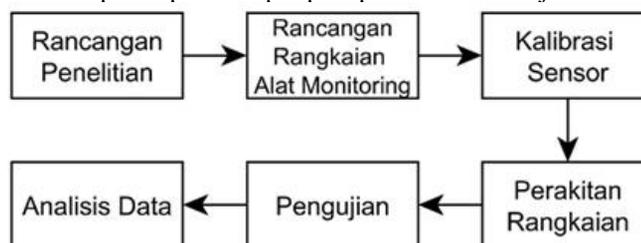
Penelitian berikutnya dikembangkan oleh [2] membahas tentang pengembangan aplikasi monitoring pemakaian daya listrik rumah berbasis Android. Penelitian ini bertujuan agar para pengguna jasa energi listrik dapat dengan mudah memantau dan memonitoring penggunaan listrik via jarak jauh. Penelitian ini juga sudah menggunakan MIT app inventor yang berfungsi sebagai perantara pembacaan data hasil pengukuran energi listrik, kemudian data tersebut disimpan dalam database dan dapat ditampilkan pada layar Android. Kelemahan dari penelitian ini adalah belum adanya estimasi biaya penggunaan energi listrik dan pengujian yang dilakukan tidak dijelaskan secara spesifik pada alat apa saja yang dapat diukur dengan aplikasi tersebut.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem monitoring energi listrik dan estimasi biaya pemakaian pada peralatan listrik pada rumah tangga. Peralatan listrik yang akan dimonitoring pada sistem ini antara lain lampu 7 watt, lampu 10 watt, dan lampu 20 watt. Sistem monitoring ini dirancang dengan menggunakan Arduino Nano yang berbasis

mikrokontroler ATmega 328, serta dipadukan dengan aplikasi di android yang dibuat menggunakan MIT App Inventor. Pembuatan aplikasi dengan MIT App Inventor dilakukan secara *online*. Oleh karena itu, sistem monitoring ini dapat dipantau secara jarak jauh sesuai dengan spesifikasi *Bluetooth*. Salah satu kelebihan dari alat *monitoring* yang dibuat yaitu dapat memasukkan semua jenis nilai tarif dasar listrik (TDL) tanpa mengubah *coding*, dan ini merupakan salah satu kebaruan dalam penelitian ini. Selain itu, alat monitoring ini disertai dengan SD card sehingga data akan tersimpan selama *monitoring*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian *experimental research*. Dalam *experimental research*, subjek penelitian diberikan suatu *treatment*, kemudian pengaruh *treatment* terhadap suatu sistem dan subjek tersebut dipelajari dan dianalisis [3][4][5]. Dalam merancang dan membuat alat *monitoring* daya, maka memerlukan beberapa tahapan. Tahapan pada penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1 . Alur Penelitian

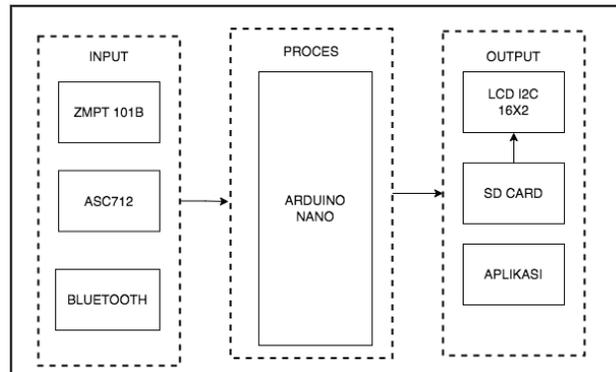
Tahapan awal dalam penelitian adalah merancang penelitian secara keseluruhan. Ini mencakup menentukan tujuan penelitian, metode yang akan digunakan, serta desain dan ukuran sampel penelitian. Rancangan rangkaian alat monitoring merupakan tahap merancang rangkaian elektronik untuk alat monitoring daya. Rangkaian ini terdiri dari komponen seperti sensor tegangan, sensor arus, dan mikrokontroler yang akan digunakan untuk mengukur dan memantau daya listrik. Setelah merancang rangkaian, langkah selanjutnya adalah melakukan kalibrasi pada sensor tegangan dan arus. Hal ini penting untuk memastikan bahwa sensor memberikan pembacaan yang akurat dan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Perakitan rangkaian merupakan tahap merakit komponen-komponen elektronik sesuai dengan rancangan rangkaian yang telah dibuat. Perakitan ini mencakup penyolderan, penghubungan kabel, dan memastikan semua komponen terhubung dengan baik. Setelah perakitan selesai, alat monitoring daya diuji dengan menghubungkan beban listrik dan mengamati hasil pengukuran tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan. Tujuan pengujian ini adalah memverifikasi kinerja alat dan memastikan bahwa pengukuran yang dilakukan adalah akurat. Setelah pengujian selesai, hasil pengukuran tegangan, arus, dan daya dianalisis.

2.1 Perancangan *Hardware*

Penelitian ini bertujuan membuat alat monitoring penggunaan daya listrik sehingga dibutuhkan perancangan *hardware*. Alat atau komponen yang digunakan diantaranya Arduino nano, ACS712, ZMPT101B, Relay, HC-05, Modul SD Card serta LCD 16x2 dan lain-lain. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu lampu dengan daya sebesar 7 watt, lampu 10 watt, dan 10 watt.

2.1.1 Diagram Blok

Gambar 2 menunjukkan gambaran tentang alur kerja sistem monitoring penggunaan listrik yang terdiri dari bagian *input*, pemroses, dan *output*.

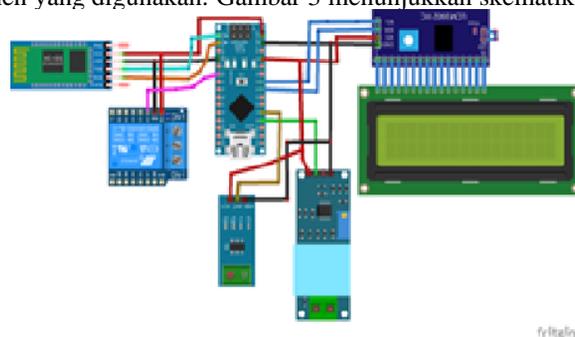


Gambar 2 . Diagram Blok

Diagram blok sistem ini memberikan gambaran keseluruhan tentang bagaimana sistem bekerja, mulai dari pengukuran input oleh sensor hingga pemrosesan data oleh Arduino Nano, dan akhirnya, output informasi kepada pengguna melalui berbagai saluran, termasuk Layar LCD, penyimpanan data pada SD Card, dan akses melalui aplikasi Android. Blok pemroses adalah inti dari sistem. Ini terdiri dari beberapa komponen utama, dengan Arduino Nano sebagai yang paling sentral. Arduino Nano berperan sebagai unit pemroses data dalam sistem ini. Arduino menerima data dari sensor tegangan dan arus, serta tarif dasar listrik yang telah diatur oleh pengguna melalui modul Bluetooth. Kemudian, Arduino melakukan perhitungan yang diperlukan untuk menghasilkan informasi tentang daya, energi, dan biaya konsumsi listrik. Blok *output* berfungsi untuk menampilkan dan menyimpan hasil perhitungan. Di dalamnya terdapat empat elemen utama: LCD 16x2, SD Card, Bluetooth dan aplikasi Android. LCD 16x2 digunakan untuk menampilkan informasi yang sama kepada pengguna, termasuk daya saat ini, energi yang digunakan, dan biaya konsumsi listrik saat ini. Data konsumsi listrik, seperti daya, energi, dan biaya, disimpan pada SD Card untuk pemantauan jangka panjang dan analisis lebih lanjut. Sistem juga menyediakan akses melalui aplikasi Android yang terhubung melalui *bluetooth*, memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengelola konsumsi listrik mereka dengan mudah melalui perangkat seluler mereka.

2.1.2 Skematik Alat

Skematik alat dibuat dengan menggunakan *software* fritziing. Skematik ini menggambarkan rangkaian antar komponen yang digunakan. Gambar 3 menunjukkan skematik alat yang dibuat.

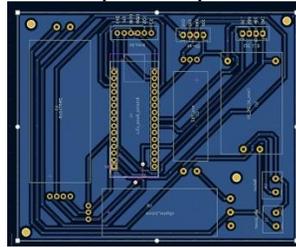


Gambar 3. Skematik Alat

2.1.3 Desain PCB

Langkah selanjutnya setelah menyelesaikan pembuatan skematik adalah mencetak PCB, yang dimulai dengan pembuatan footprint dan desain PCB menggunakan software KiCad, fungsi dari

papan PCB yaitu sebagai wadah dari komponen elektronika melalui lapisan jalur konduktor tanpa kabel, sehingga jalur penghubung antar komponen dapat tersusun dengan rapi [6].



Gambar 4. Desain PCB

2.2 Perancangan Software

Selain perancangan *hardware*, juga dibutuhkan perancangan *software* supaya alat dapat bekerja. Perancangan *software* meliputi pembuatan aplikasi *mobile* menggunakan MIT App Inventor.

2.2.1 Aplikasi Mobile

Aplikasi *mobile* dibuat dengan menggunakan MIT App Inventor yang merupakan sebuah *platform* yang dirancang untuk mempermudah proses pembuatan aplikasi sederhana tanpa harus menulis kode secara langsung [7][8]. Penggunaan blok kode visual mempermudah pengguna dalam mendesain aplikasi *mobile* sesuai kebutuhan dan keinginan. Pada penelitian ini, aplikasi *mobile* digunakan untuk input nilai dari rumus pemakaian alat elektronik. Gambar 5 menunjukkan desain tampilan aplikasi yang telah dirancang, sementara Gambar 6 menampilkan blok kode visual yang terkait dengan aplikasi tersebut.



Gambar 5. Aplikasi Mobile untuk Monitoring

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan yang dilakukan setelah perancangan *hardware* dan *software* yaitu pembuatan alat yaitu dengan mencetak *Printed Circuit Board* (PCB) dan *box* tiga dimensi sebagai tempat meletakkan PCB. Gambar 7 menunjukkan alat monitoring energi dan biaya listrik yang telah dibuat.



Gambar 7. Alat Monitoring Energi dan Biaya Listrik

Alat *monitoring* energi dan estimasi biaya penggunaan listrik ini dilengkapi dengan LCD untuk melihat hasil *monitoring*. Selain itu alat tersebut juga dilengkapi *bluetooth* sehingga hasil *monitoring* dapat dilihat pada aplikasi yang ada pada *handphone*. Salah satu kelebihan alat ini juga yaitu semua data *monitoring* tersimpan pada *SD card* sehingga jika suatu saat ingin melihat kembali hasil *monitoring* tersebut maka bisa membacanya di *SD card*.

Setelah alat sudah dipastikan berjalan dengan baik, maka tahap berikutnya yaitu melakukan pengujian dengan memberikan beban berupa lampu bohlam dengan berbagai jenis daya. Setiap lampu bohlam akan dianalisis dan dipantau (*monitoring*) melalui LCD dan aplikasi yang ada di *handphone* selama 12 jam dengan dilakukan variasi nilai tarif dasar listrik (TDL). Pemilihan durasi *monitoring* selama 12 jam karena lampu biasanya dinyalakan sekitar pukul 6 sore sampai pukul 6 pagi.

Pengujian ini dilakukan untuk melihat kinerja dan akurasi dari alat monitoring dengan jenis beban berupa lampu bohlam 7 W, 10 W, dan 20 W. Setiap jenis daya tersebut akan dianalisis dan dipantau (*monitoring*) melalui LCD yang ada pada alat dan aplikasi yang ada pada *handphone*. Besaran listrik yang dianalisis dan dipantau adalah besaran-besaran listrik yang terkait dengan biaya yang harus dibayar dalam pemakaian lampu yaitu diantaranya daya listrik dan energi listrik. Selain itu nilai TDL akan divariasikan untuk standar pemakaian rumah tangga, yaitu 450 VA bersubsidi, 900 VA bersubsidi, dan 900 VA RTM (Rumah Tangga Mampu). Nilai TDL merujuk pada *website* dari PLN untuk bulan Oktober sampai Desember 2023 yang ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Nilai TDL bulan Oktober-Desember 2023

Jenis Pelanggan	TDL (Rp/kWh)
450 VA bersubsidi	415
900 VA bersubsidi	605
900 VA RTM	1352

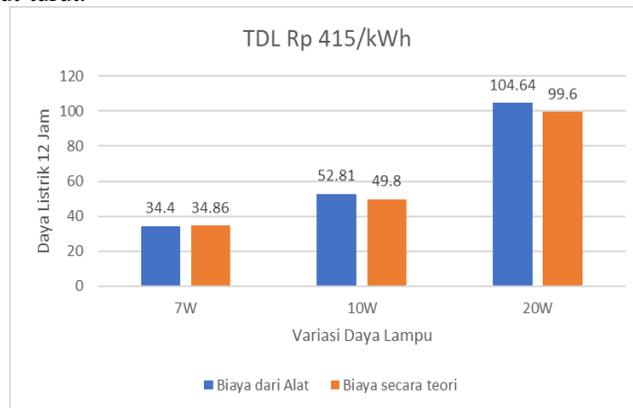
Nilai energi dan estimasi biaya pemakaian listrik dari alat monitoring ini dibandingkan secara teori untuk melihat selisih energi atau biaya dan tingkat keakuratan yang dihasilkan dari alat. Jika dihitung secara teori, maka daya yang digunakan dalam perhitungan adalah daya yang tertera pada kemasan lampu bohlam. Jadi daya akan dianggap konstan selama 12 jam pengujian. Tabel 2 menunjukkan perbandingan energi rata-rata dari alat monitoring untuk ketiga jenis lampu dengan energi secara teori.

Tabel 2. Perbandingan energi listrik dari alat dan secara teori

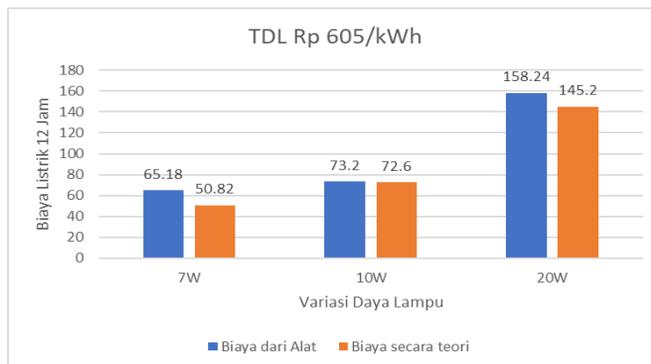
Daya Lampu (W)	Energi Rata-Rata Alat (kWh)	Energi Secara Teori (kWh)	Selisih (kWh)
7	0,09368	0,08400	0,00968
10	0,12860	0,12000	0,00860
20	0,28404	0,24000	0,04404

Tabel 2 menunjukkan perbandingan nilai energi rata-rata alat dengan energi secara teori dari semua jenis TDL selama 12 jam. Selisih yang diperoleh cukup kecil untuk ketiga jenis daya lampu. Perbedaan antara energi yang diperoleh dari alat dan energi secara teori karena alat yang menggunakan sensor arus dan sensor tegangan membaca nilai arus dan tegangan secara real time sedangkan perhitungan secara teori menggunakan informasi daya yang tertera pada kemasan lampu sehingga daya dianggap konstan selama pengujian 12 jam. Faktanya, arus dan tegangan PLN merupakan jenis AC yang nilainya akan berubah secara sinusoidal sehingga arus dan tegangan yang dibaca oleh sensor akan bervariasi. Jika arus dan tegangan bervariasi maka daya dan energi listrik yang terukur juga akan bervariasi setiap waktunya. Selain itu, sensor memiliki sensitivitas dan ralat yang pasti akan memberikan kontribusi terhadap kevalidan pembacaan arus dan tegangan.

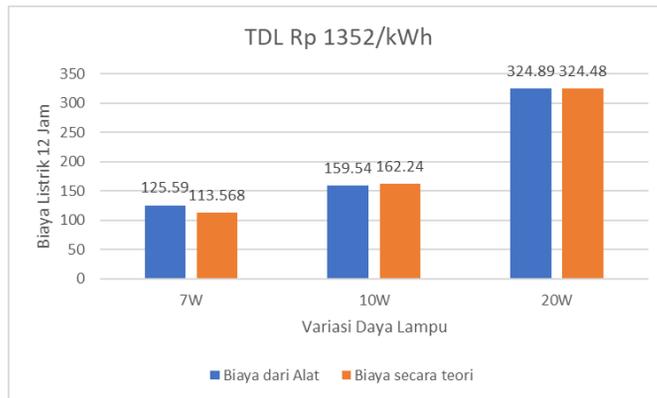
Setelah energi rata-rata dari alat dan energi secara perhitungan teori diperoleh, maka biaya untuk setiap TDL dengan berbagai variasi daya lampu dapat diperoleh. Gambar 8, Gambar 9, dan Gambar 10 menunjukkan perbandingan estimasi biaya dari alat monitoring untuk ketiga jenis lampu dan biaya secara teori dengan berbagai variasi TDL, yaitu Rp 415/kWh, Rp 605/kWh, dan Rp 1352/kWh, berturut-turut.



Gambar 8. Perbandingan biaya listrik selama 12 jam untuk berbagai variasi lampu untuk TDL Rp 415/kWh



Gambar 9. Perbandingan biaya listrik selama 12 jam untuk berbagai variasi lampu untuk TDL Rp 605/kWh



Gambar 10. Perbandingan biaya listrik selama 12 jam untuk berbagai variasi lampu untuk TDL Rp 1352/kWh

Pada TDL Rp 415/kWh, pengujian selama 12 jam menunjukkan bahwa lampu dengan daya 7W memiliki selisih biaya paling kecil yaitu sebesar Rp 0,46 jika dibandingkan dengan perhitungan secara teori, sedangkan pada TDL Rp 605/kWh dan Rp 1352/kWh lampu yang memiliki selisih paling kecil yaitu dari lampu dengan daya 10W dan 20W berturut-turut. Selisih biaya dari lampu dengan daya 10W yaitu Rp 0,6 untuk TDL Rp 605/kWh sedangkan lampu dengan daya 20W yaitu Rp 0,41 untuk TDL Rp 1352/kWh. Lampu dengan daya 7W pada TDL Rp 605/kWh dan Rp 1352/kWh memiliki selisih biaya paling besar dibandingkan dengan biaya secara teori. Kesimpulan dari ketiga grafik di atas yaitu urutan lampu yang paling mendekati nilai teori terkait biaya listrik yaitu lampu 10W, 20W, dan 5W. Tidak ada alasan khusus dari lampu 10W menjadi yang paling baik diantara kedua lampu lain karena penyebabnya hanya ketidakstabilan dari tegangan PLN, sensitivitas sensor-sensor yang digunakan, serta bahan baku yang digunakan dalam membuat lampu. Ketika dilakukan pengujian di hari lain bisa ada kemungkinan yang lebih akurat dari lampu dengan daya lain. Perlu diketahui bahwa, lampu ketiga lampu dengan variasi 7W, 10W, dan 20W berasal dari merk yang sama.

Sama seperti alasan terjadi perbedaan selisih antara daya dan energi dari alat dengan teori, perbedaan biaya juga terjadi karena bentuk sinusoidal dari arus dan tegangan AC serta serta sensitivitas pembacaan sensor juga mempengaruhi hasil pengukuran pada alat.

Setelah energi rata-rata dari alat dan energi secara perhitungan teori diperoleh, maka biaya untuk setiap TDL dengan berbagai variasi daya lampu dapat diperoleh.

Tabel 3 . Perbandingan biaya listrik selama sebulan antara alat dan teori dengan TDL

TDL	Daya Lampu (W)	Biaya Sebulan (Rp)		Selisih (Rp)
		Alat	Teori	
Rp 415/kWh	7	1032,0	1045,8	13,8
	10	1883,4	1494,0	389,4
	20	3139,2	2988,0	151,2
Rp 605/kWh	7	1955,4	1524,6	430,8
	10	2968,8	2178,0	790,8
	20	4747,2	4356,0	391,2
Rp 1352/kWh	7	3767,7	3407,0	360,7
	10	6473,1	4867,2	1605,9
	20	9746,7	9734,4	12,3

Berdasarkan Tabel 3, selisih biaya terkecil antara alat dan teori diperoleh oleh lampu 20W dengan TDL Rp 1352/kWh, namun pada TDL yang sama diperoleh juga selisih tertinggi antara alat dan teori yaitu pada lampu 10W. Biaya pada ketiga tabel tersebut diasumsikan bahwa setiap hari hanya menggunakan lampu selama 12 jam. Selisih antara alat dan teori diakibatkan sensitivitas dari sensor arus dan sensor tegangan. Selain itu, sifat sinusoidal pada arus dan

tegangan AC membuat nilai daya tidak konstan sehingga pada alat nilai yang terukur akan bervariasi. Karena daya yang terukur bervariasi maka energi dan biaya juga akan bervariasi nilainya.

Output dari alat ini selain dapat di lihat pada LCD juga dapat dilakukan monitoring melalui aplikasi yang telah dibuat di android. *Output* yang keluar di LCD harus sama dengan di aplikasi.



Gambar 11 . Perbandingan output di LCD dan aplikasi mobile

Berdasarkan Gambar 11 maka *output* yang ditampilkan di LCD dan aplikasi *mobile* adalah sama, maka dapat dikatakan antara alat dan aplikasi *mobile* terjadi sinkronisasi yang baik.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut: Arus dan tegangan AC tidak bernilai tetap tapi berubah secara sinusoidal sehingga nilai daya, energi, dan biaya tiap waktu akan bervariasi. Berdasarkan semua jenis TDL yang diuji, urutan yang memiliki biaya listrik paling rendah ke yang paling tinggi yaitu lampu 7W, 10W, dan 20W. Selisih rata-rata dengan energi secara teori yang paling kecil yaitu dari lampu dengan daya 10W yaitu sebesar 0,0086 kWh. Alat berhasil memonitoring daya listrik, energi listrik, serta biaya pemakaian dari ketiga jenis lampu dengan daya 7W, 10W, dan 20W. Urutan lampu yang paling mendekati nilai teori atau yang paling akurat terkait biaya listrik yaitu lampu 10W, 20W, dan 7W. *Output* yang keluar pada LCD dan aplikasi android memiliki kesesuaian atau akurasi sebesar 100%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Akbar, R. (2018). Rancang Bangun Alat Monitoring Tegangan, Arus, Daya, kWh, Serta Estimasi Biaya Pemakaian. *Skripsi Fak. Teknol. Ind. Univ. Islam Indones.*, 1–25.
- [2] Simangunsong, K. R. H. S. T, M. I. S. S. T, & U. Telkom. (2020). PENGEMBANGAN APLIKASI MONITORING PEMAKAIAN DAYA LISTRIK. *e-Proceeding Appl. Sci.*, 6(2), 3392–3401.
- [3] Qothrunnada, L., Yanti, I., Pauzan, M. (2024). IMPLEMENTASI LOGIKA FUZZY PADA ALAT PENDETEKSI KUALITAS MINYAK GORENG BERDASARKAN pH DAN TINGKAT KEJERNIHAN IMPLEMENTATION OF FUZZY LOGIC IN COOKING OIL QUALITY DETECTION DEVICE BASED ON pH AND CLARITY LEVEL. *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, 11(1). doi: <https://dx.doi.org/10.25126/jtiik.20241118289>

- [4] Haura, C. L., Yanti, I., & Pauzan, M. (2023). Alat Pendeteksi Formalin Menggunakan Deret Sensor HCHO dan MQ-7 dengan Logika Fuzzy,” *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, 12(2), 117–123. doi: <https://dx.doi.org/10.22146/jnteti.v12i2.7097>
- [5] Karimah, I., Yanti, I., & Pauzan. M. (2023). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Dan Penyortir Kualitas Telur Unggas Berbasis Arduino Nano. *JUPI (Jurnal Ilm. Penelit. dan Pembelajaran Inform.*, 8(4), 1388–1399. doi: <https://dx.doi.org/10.29100/jipi.v8i4.4014>
- [6] Pauzan, M. &Yanti., I. (2022). Sistem Absensi Fingerprint Berbasis Arduino dengan Data Penyimpanan di Micro SD. *Gema Wiralodra*, 13(2), 663–679. doi: <https://dx.doi.org/10.31943/gemawiralodra.v13i2.273>
- [7] Hidayat, S., Hasanah, U., & Rizal, A. A. (2016). Algoritma Penghapus Derau / Silence Dan Penentuan Endpoint Dengan Nilai Ambang Terbobot Untuk Sinyal Suara. *Semin. Nas. APTIKOM*, 320–323.
- [8] Atho’illah, I., Kartono, K., & Masrukan, M. (2020). Mobile Android App Inventor : Meningkatkan Kemmapuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa dengan Menggunakan Model Pembelajaran Berbasis Masalah (Problem Based Learning),” *Semin. Nas. Pascasarj. UNNES*.