Rancang Bangun Sistem Kendali dan Monitoring Penggunaan Daya Listrik pada Gedung Komersial Berbasis *Internet of Things*

Nissa Azahra Ramadhani[1,*], Yudi Prana Hikmat[2], Budi Setiadi[3]

[1,2,3]Jurusan Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559
E-mail: [1,]nissa.azahra.tlis20@polban.ac.id; [2]yudi.pranahikmat@polban.ac.id; [3]budi.setiadi@polban.ac.id*

ABSTRAK

Gedung komersial seperti ruko memerlukan energi listrik dalam penggunaanpanya. Pemakaian peralatan listrik pada tiap ruko memiliki konsumsi daya listrik yang berbeda-beda. Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukanlah alat untuk memonitoring besarnya daya listrik yang digunakan di setiap ruko, untuk mempermudah dalam mengetahui jumlah pemakaiannya dan juga agar pembayaran pengeluaran daya listrik sesuai dengan pemakaiadinnya. Tujuan dari alat ini adalah untuk melakukan perancangan sistem kWh Meter yang termonitor penggunaan daya listriknya agar bisa menampilkan informasi parameter hasil pengukuran sensor pada alat elektronik yang dihubungkan pada terminal listrik yang hasilnya dapat diinformasikan melalui internet. Dengan menggunakan NodeMCU ESP 8266 sebagai *mikrokontroler* yang akan dipasangkan dengan PZEM-004T sebagai sensor pembaca arus serta tegangan listrik yang mengalir dan menghasilkan besaran hasil daya. Juga dengan ditambahkan Relai sebagai pemutus aliran listrik. Yang kemudian data hasilnya dapat diakses dan dimonitoring melalui internet pada aplikasi Telegram. Dari penelitian yang telah dilakukan, hasil dari pengujian alat ini didapat *error* pembacaan sebesar 0,36% antara alat yang telah dibuat dan alat ukur. *Error* tersebut masih dibawah toleransi dari sensor PZEM yaitu maksimal 0,5%. Maka alat yang telah dibuat menghasilkan pengukuran yang akurat.

Kata Kunci :
Kendali; Monitoring; Gedung Komersial; NodeMCU; PZEM-004T

1. PENDAHULUAN

Pada zaman yang sudah berkembang ini masih sering banyak dijumpai gedung komersial yang hanya menggunakan satu kWh meter terpusat dan menggunakan terminal socket yang dihubung seri sebagai sumber energi listrik untuk di setiap Gedung Komersial. Dengan penggunaan satu kWh meter terpusat akan menyulitkan penyewa dalam membagikan tarif biaya listrik yang harus dibayarkan. Karena kebutuhan pemakaian listrik tiap penyewa berbeda-beda tergantung pada peralatan listrik yang digunakannya, dan juga akan tidak adil apabila tarif listrik disama ratakan untuk setiap ruko.

Maka dari itu dibutuhkan adanya alat yang dapat mengetahui besar daya yang digunakan oleh penyewa, yang dapat langsung dilihat dalam nominal rupiah. Pada penelitian ini dirancang sistem monitoring pemakaian daya listrik berbasis IoT menggunakan Node MCU ESP8266 sebagai *mikrokontroler* yang dirancang untuk mendapatkan informasi yang dibaca oleh sensor PZEM-004t dan mengendalikan Relai yang kemudian dikirim dan dapat dimonitor serta dikontrol melalui internet.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Daya

Daya listrik atau laju aliran energi listrik dalam rangkaian listrik. Pada arus listrik AC dengan bentuk gelombang sinus terdapat beberapa jenis macam daya, diantaranya adalah daya aktif, daya reaktif dan daya semu. Daya semu terdapat dari generator sistem pembangkit. Daya ini terdiri dari daya aktif dan reaktif, disimbolkan dengan huruf S dengan satuan VA (Volt Ampere). Dengan persamaan:

$$S = V \, x \, I \qquad (1)$$

Daya aktif terdapat pada konsumen yang pemakaiannya untuk beban, disimbolkan dengan huruf P dengan satuan W (Watt).
Dengan persamaan:

$$P = V \, x \, I \, x \cos \varphi \qquad (2)$$

Daya reaktif digunakan untuk menghasilkan medan magnet yang datanya akan diserap atau dikembalikan kepada sumbernya, disimbolkan dengan huruf Q dan memiliki satuan VAR (Voltampere-reactive).
Dengan persamaan:

$$Q = V \, x \, I \, x \sin \varphi \qquad (3)$$

Faktor daya merupakan rasio daya aktif (W) dan daya nyata (VA). Efisiensi daya yang lebih yaitu ketika P mendekati S atau P sama

dengan S, yaitu φ =1 dan bisa juga dinyatakan dalam persen[1], [2], [3].

2.2. Modul Node MCU ESP8266

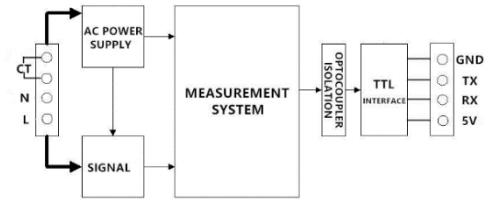
Nodemcu ESP8266 adalah sebuah perangkat *mikrokontroler* yang mempunyai fungsi hampir sama dengan Arduino, dimana di dalamnya sudah dilengkapi dengan fitur wifi dan juga mampu menjalankan fungsi secara mandiri. NodeMCU pada dasarnya adalah pengembangan dari ESP8266 dengan *firmware* berbasis e-Lua. NodeMCU menggunakan bahasa pemrograman Lua yang merupakan package dari ESP8266. Bahasa Lua memiliki logika dan susunan pemorgaman yang sama dengan bahasa C hanya berbeda *syntax*. Selain dengan bahasa Lua NodeMCU juga *support* dengan *software* Arduino IDE dengan melakukan sedikit perubahan pada *board manage* [4], [5].

Tabel 1 Keterangan Pin NodeMCU

PIN	Keterangan	
Power PIN	Power supply ESP8266 dan peripheral (5V)	
	Papan sirkuit voltage regulator, supply komponen (3.3V)	
GND	Ground dari papan sirkuit NodeMCU	
I2C PIN	Sambungan sensor daN peripheral	
GPIO PIN	Sebagai PIN input	
Channel ADC	Analog Digital Converter	
PIN UART	Menstransmit Signal	
SPI PIN	Timing dan Clock	
SDIO PIN	Digital Input/Output	
PWM PIN	Dimming LED	
Control PIN	RST PIN	Mereset Node MCU
	WAKE PIN	Membangunkan chip dari keadaan deep sleep

2.3. Sensor Tegangan dan Arus

Modul PZEM-004T merupakan modul sensor yang sudah terintegrasi dengan sensor arus (CT) dan sensor tegangan, modul PZEM-004T merupakan modul multifungsi karena dapat mengukur arus, energi, tegangan, dan daya yang terdapat pada sebuah aliran listrik.



Gambar 1 Diagram Blok Fungsional PZEM-004T

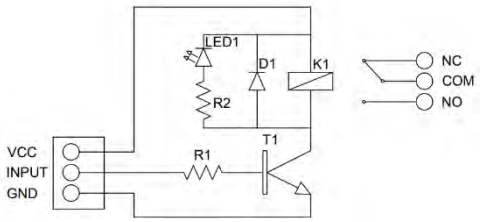
Tabel 2 Keterangan Pin PZEM-004T

PIN	Keterangan
GND	Ground (Terhubung Pada Mikrokontroler)
TX	Transmit (Mengirim)
RX	Receive (Menerima)
VCC	VCC 5VDC (Terhubung pada Mikrokontroler)
CT	Current Transformer (Split Core)
N	Netral (220 VAC)
L	Fasa (220VAC)

2.4. Modul Relai

Relai akan bekerja jika ada arus listrik yang mengalir melalui lilitan atau bersifat otomatis. Kontak NO pada Relai akan menutup bila K1 dialiri listrik, dan kontak NC akan menjadi terbuka. Relai juga berfungsi untuk menghantarkan listrik bertegangan lebih besar dengan arus listrik yang rendah (daya rendah) maupun sebagai control suatu sistem [6], [7]. Pada modul relai terdapat beberapa komponen yaitu

1. Transistor BC547, sebagai saklar otomatis yang akan bekerja saat basis transistor menerima *input* lalu *collector* dan emitor terhubung dan mengontak koil relai sehingga relai akan otomatis berada dalam keadaan *high*.
2. Dioda 1N4007, untuk mencegah tegangan balik dari relai yang bisa menyebabkan komponen lain rusak
3. LED, sebagai lampu indikator yang menandakan bila relai dalam kondisi high [8].



Gambar 2 Detail Skema Relai

2.5. *Internet of Things* (IoT)

Konsep sederhana dari *internet of things* (IoT) ialah ketika suatu peralatan terhubung dengan *internet* maka alat tersebut dapat menerima dan mengirim informasi melalui jaringan tanpa campur tangan manusia. Dalam penelitian ini *internet* of things digunakan sebagai komunikasi antara *mikrokontroller* NodeMCU ESP8266 dengan aplikasi telegram untuk mengontrol serta memonitoring penggunaan listrik secara jarak jauh [3], [9], [10].

2.6. Bot Telegram

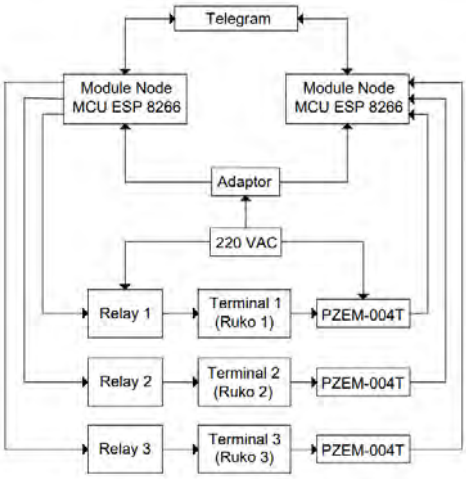
Telegram bot adalah sebuah fitur dalam aplikasi telegram yang berarti robot, dapat diprogram dengan berbagai perintah untuk menjalankan serangkaian instruksi yang diberikan oleh pengguna. Bot ini hanyalah sebuah akun Telegram yang dioperasikan oleh perangkat lunak yang memiliki fitur Artficial Intelegence. Pada bot ini akan bisa membuat sistem untuk mengontrol dan memantau melalui perangkat dimana saja hanya dengan koneksi *internet* [9].

2.7. Tarif Tenaga Listrik

Tarif tenaga listrik atau tarif dasar listrik adalah tarif tenaga listrik yang disediakan oleh PT Perusahaan Listrik Negara untuk konsumen. Pada penelitian ini menggunakan tarif Rp. 1699,44.00 rupiah atau penggunaan daya sebesar 3500VA, karena diasumsikan akan menggunakan daya yang besar [11].

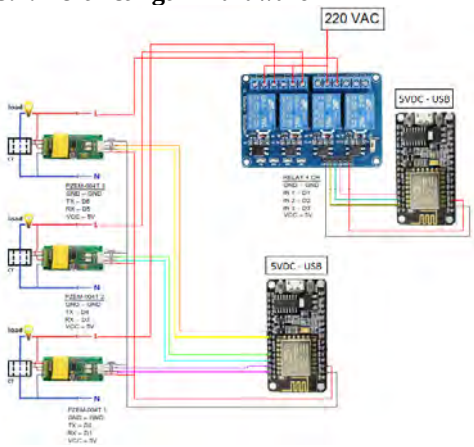
3. PERANCANGAN

Alat ini ditujukan untuk menghitung penggunaan beban listrik yang digunakan pada setiap ruko, sebelum arus listrik dialirkan ke tiap – tiap ruko, terlebih dahulu dipasangkan dengan modul relai untuk memudahkan pemutusan aliran listrik, lalu keluaran dari beban akan diukur melalui sensor PZEM-004T yang selanjutnya akan dikirimkan pada Module Node MCU untuk dapat ditampilkan di Bot Telegram. Berikut penjelasannya dalam bentuk diagram blok.



Gambar 3 Diagram Blok Rancangan Alat

3.1. Perancangan *Hardware*

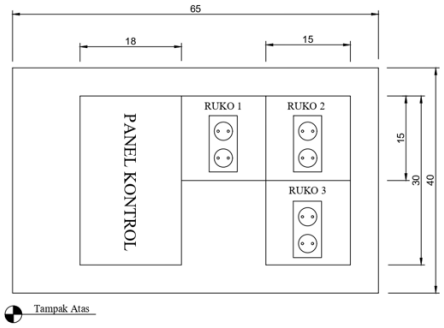


Gambar 4 Pengawatan Rangkaian Sistem Kendali dan *Monitoring*

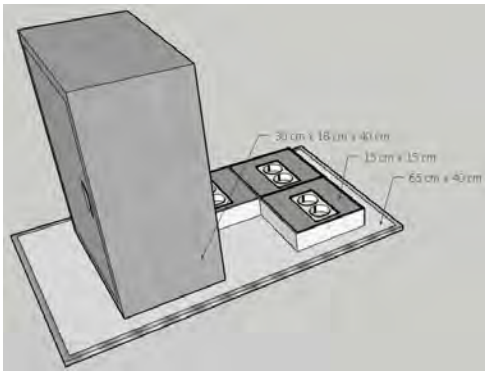
Berdasarkan skema pada gambar, sumber Listrik 220VAC dari PLN akan melewati modul relai terlebih dahulu yang bisa diatur melalui Bot Telegram sebelum masuk pada beban, dan keluaran dari beban akan masuk dan dibaca oleh CT sensor PZEM-004T yang kemudian data hasil bacaannya diteruskan ke modul NodeMCU yang akan diolah dan dapat dilihat hasilnya melalui Bot Telegram.

3.1.1. Konstruksi

Alat yang dibuat akan diletakkan pada papan *multiplex* dengan ukuran 65 x 40 cm dan kotak panel sebagai tempat diletakkannya sensor beserta *mikrokontroler*, lalu akan ada 3 buah kontak terminal sebagai gambaran ruko untuk dipasangkan beban yang nantinya yang akan diukur penggunaan listriknya.



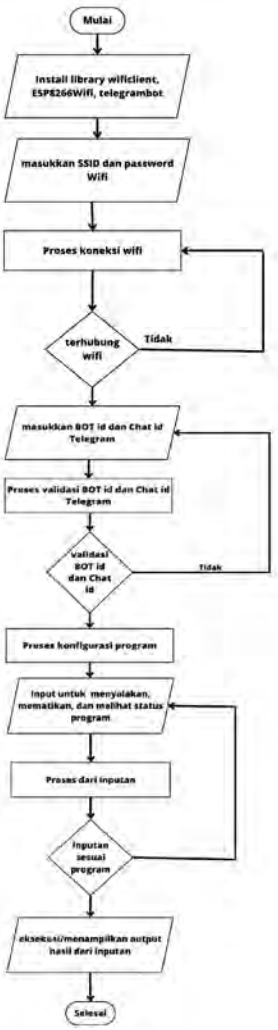
Gambar 5 Skematik Konstruksi Alat



Gambar 6 Konstruksi Alat 3 Dimensi

3.2. Perancangan *Software*

Perancangan *software* terdiri dari merancang program pada perangkat lunak Arduino UNO dan pembuatan Bot Telegram untuk Alat yang akan dibuat, berikut penjelasannya dalam bentuk diagram alir.



Gambar 7 Diagram Alir Perencangan Program

3.2.1. Perancangan Program

Perancangan program untuk NodeMCU menggunakan perangkat lunak Arduino IDE degan *library* tambahan yang disesuaikan dengan kebutuhan pada *mikrokontroler* NodeMCU karena pastinya berbeda dengan *library* untuk *mikrokontroler* Arduino lainnya.

a. Sistem Kendali

Sistem kendali dimulai dari adaptor sebagai sumber untuk Node MCU, yang selanjutnya terhubung terlebih dahulu dengan modul relai sebagai pemutus dan selanjutnya tersambung dengan terminal yang merepresentasikan ruko. Bot Telegram memberikan perintah dan dan Node MCU memerintahkan Relai untuk memutus sesuai perintah dari Telegram. Langkah dalam merancang sistem kendali yaitu :

1. *Install Library* yang diperlukan pada Arduino IDE.
2. Masukkan insialisasi SSID, kata sandi jaringan, token dan ID bot Telegram.
3. Isikan program sistem kendali, yaitu dikontrol menggunakan relai.
4. Unggah program pada NodeMCU, lakukan tes program pada *serial monitor* dan pada aplikasi Telegram.

b. Sistem *Monitoring*

Sistem monitoring menggunakan sensor PZEM-004T sebagai sensor yang mendeteksi besaran tegangan, arus, daya, frekuensi dan faktor daya, yang kemudian data tersebh diolah hingga menghasilkan besaran kWh dalam bentuk rupiah. Hasil dari monitoring ini dapat dilihat melalui Bot Telegram. Langkah dalam merancang sistem *monitoring* yaitu :

1. *nstall Library* yang diperlukan pada Arduino IDE.
2. Masukkan insialisasi SSID, kata sandi jaringan, token dan ID bot Telegram.
3. Isikan program sistem kendali, yaitu pembacaa sensor PZEM.
4. Unggah program pada NodeMCU, lakukan tes program pada *serial monitor* dan pada aplikasi Telegram.

3.2.2. Perancangan Bot Telegram

Bot telegram dirancang dengan alur sistem kerja yang dapat menampilkan pilihan kendali untuk tiap terminal pada masing – masing ruko dan dapat menunjukan data hasil ukur penggunaan listrik pada tiap ruko. Berikut langkah untuk membuat bot dengan fungsi kendali dan *monitoring.*

1. Buat akun bot telegram, lalu atur preferensi bot sesuai kebutuhan.
2. Masukkan daftar teks perintah yang akan digunakan pada bot.
3. Masukan daftar perintah pada bot menggunakan fitur '*edit commands*'.
4. Lakukan pengujian pada alat dan aplikasi telegram.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian *Software*

Pengujian *software* ini bertujuan untuk memastikan bahwa program yang telah dibuat dapat memerintahkan alat sesuai dengan perintah pada program.

4.1.1. Pengujian Sistem Kendali

Pengujian ini dilakukan untuk melihat dan memastikan apakah tombol perintah pada Bot Telegram berjalan dengan baik dan benar

sesuai fungsi yang dirancang atau tidak. Perintah yang digunakan didalam alat ini yaitu menyalakan dan mematikan aliran arus kepada masing-masing terminal dengan menekan perintah yang sudah tersedia pada Bot Telegram. Hasil pengujian ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 3 Hasil Pengujian Sistem Kendali

Deskripsi	Perintah	Status	Keterangan
Menu	/start	Tampil	Sesuai
Ruko 1 ON	/ruko1_on	ON	Sesuai
Ruko 2 ON	/ruko2_on	ON	Sesuai
Ruko 3 ON	/ruko3_on	ON	Sesuai
Ruko 1 OFF	/ruko1_off	OFF	Sesuai
Ruko 2 OFF	/ruko2_off	OFF	Sesuai
Ruko 3 OFF	/ruko3_off	OFF	Sesuai
Status Ruko	/state	Tampil	Sesuai

4.1.2. Pengujian Sistem *Monitoring*

Pengujian ini dilakukan untuk melihat dan memastikan sensor dan fungsi bot telegram untuk *monitoring* sudah berjalan baik dan benar sesuai fungsi yang dirancang atau tidak. Perintah yang digunakan di dalam alat ini yaitu untuk menampilkan besaran tegangan, arus, daya pada masing-masing terminal dengan menekan perintah yang sudah tersedia pada Bot Telegram. . Hasil pengujian ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 4 Hasil Pengujian Sistem Monitoring

Deskripsi	Perintah	Status	Keterangan
Menu	/start	Tampil	Sesuai
Monitor Ruko 1	/monitor1	Tampil	Sesuai
Monitor Ruko 2	/monitor2	Tampil	Sesuai
Monitor Ruko 3	/monitor3	Tampil	Sesuai

4.2. Pengujian *Hardware*

Pengujian *hardware* ini yaitu menguji komponen relai sebagai komponen kendali dan sensor PZEM sebagai komponen *monitoring*. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan kinerja komponen sesuai dengan prinsip kerjanya dan sesuai dengan perintah pada program dari NodeMCU.

4.2.1. Pengujian Delay Relai

Pengujian ini dilakukan untuk melihat dan mengukur lama waktu delay relai dalam menerima dan mengirim data apakah waktunya sesuai atau tidak. Pengujian dilakukan dengan perintah langsung dari bot telegram menggunakan koneksi data seluler dan wifi. Hasil percobaan ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 5 Hasil Pengujian Delay Relai Menggunakan Koneksi Data Seluler

Percobaan	Waktu Respon Telegram (ms)	Waktu Respon Alat (ms)	Waktu Jeda (ms)
1	38	44	6
2	24	39	15
3	20	42	22

Tabel 6 Hasil Pengujian Delay Relai Menggunakan Koneksi WiFi

Percobaan	Waktu Respon Telegram (ms)	Waktu Respon Alat (ms)	Waktu Jeda (ms)
1	18	21	3
2	12	15	3
3	15	29	14

4.2.2. Pengujian PZEM-004T

Pengujian ini dilakukan untuk melihat dan mengukur keakuratan pembacaan dari sensor PZEM apakah tegangan yang terbaca sesuai dengan yang diukur pada alat ukur atau tidak. Hasil dari pengujian ditampilkan pada tabel dibawah.

Tabel 7 Hasil Pengujian Sensor PZEM-004T

Percobaan	Tegangan (V)		Error (%)
	Terbaca	Terukur	
1	221,5	221,2	0,14
2	220,8	221	0,09
3	221,9	221,6	0,14
4	219,9	220,7	0,36
5	221,8	222,5	0,31

Dari hasil percobaan, *error* pembacaan terbesar yaitu 0,36%. Ini menunjukan bahwa sensor menunjukan hasil yang cukup akurat karena akurasi pengukuran sensor menurut *datasheet* adalah 0,5%.

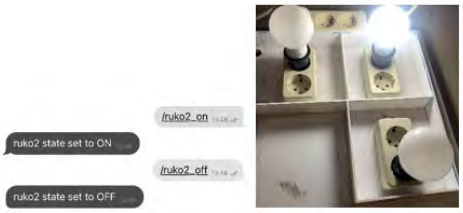
4.3. Pengujian Keseluruhan

Pengujian keseluruhan dilakukan dengan keadaan berbeban. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa alat dapat bekerja sesuai dengan perintah yang diberikan oleh bot telegram ketika diberi beban.

4.3.1. Pengujian Kendali

Pengujian kendali yaitu dengan mengendalikan alat langsung dari bot telegram untuk melihat hasilnya sesuai dengan perintah atau tidak. Perintah yang digunakan di dalam alat ini yaitu menyalakan dan mematikan aliran arus kepada masing-masing terminal dengan menekan perintah yang sudah tersedia pada Bot Telegram. Hasil pengujian pada gambar – gambar berikut.

Gambar 8 Hasil Pengujian Kendali Ruko 1



Gambar 9 Hasil Pengujian Kendali Ruko 2

Gambar 10 Hasil Pengujian Kendali Ruko 3

4.3.2. Pengujian *Monitoring*

Pengujian *monitoring* yaitu dengan memberikan perintah pada Bot Telegram untuk dapat menampilkan hasil pengukuran dari sensor PZEM. Hasil ukur yang ditapilkan yaitu tegangan, arus, daya aktif, energi, frekuensi, faktor daya dan tagihan. Pengujian ini juga dibandingkan dengan hasil pada alat ukur. Hasil pengujian yaitu pada gambar – gambar berikut.

Gambar 11 Hasil Pengujian *Monitoring* Ruko 1

Gambar 12 Hasil Pengujian *Monitoring* Ruko 2

Gambar 13 Hasil Pengujian *Monitoring* Ruko 3

4.4. Hasil Pengujian Keseluruhan

Pengujian berbeban dilakukan selama 30 menit dengan pemberian beban berbeda pada tiap ruko. Hasil pengujian ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 8 Hasil Pengujian Keseluruhan

Ruko	Beban	Hasil Pengukuran			
		Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Biaya 30 menit
1	Lampu 4 W Pengering Rambut 750 W	220,7	3,43	756,34	Rp646,00
2	Lampu 6 W Setrika 300 W	228,6	1,6	364,16	Rp255,00
3	Lampu 8 W Penanak Nasi 395 W	224,3	1,91	429,31	Rp153,00

Dengan tarif daya listrik golongan 3500 VA yaitu Rp 1.699,53 per KWH, maka dari itu biaya penggunaan energi pada setiap ruko pun berbeda sesuai dengan penggunaan dayanya masing-masing.

5. KESIMPULAN

Dari rancang bangun alat tersebut didapat kesimpulan :

1. Pada tahap perancangannya yaitu dilakukan perancangan *software* dan *hardware*. Perancangan *software* dilakukan dengan pembuatan program pada Arduino IDE dan pembuatan Bot Telegram. Pada Perancangan *hardware* dilakukan dengan membuat prototipe sesuai dengan skema konstruksi dan skema rangkaian. Pengujian dilakukan yaitu dengan memberikan perintah dari bot telegram untuk mengendalikan terminal beban menggunakan relay dan *monitor* penggunaan energi listrik menggunakan sensor PZEM.
2. Besaran listrik yang diukur oleh PZEM yaitu tegangan, arus, daya aktif, energi, frekuensi dan faktor daya. Pada hasil uji, perbedaan pembacaan antara alat ukur dengan alat yang telah dibuat didapat *error* pembacaan sebesar 0,36%. Hasil ini masih dibawah toleransi dari pembacaan sensor PZEM, sehingga hasil ukur dapat dikatakan akurat.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. Ardiansyah, “MONITORING DAYA LISTRIK BERRBASIS INTERNET OF THINGS (IOT),” Mar. 2020.

[2] I. S. Hudan and T. Rijianto, “RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAYA LISTRIK PADA KAMAR KOS BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT),” pp. 91–99, 2019, [Online]. Available: https://www.sparkfun.com/datasheets

[3] R. D. Alfian, “RANCANG BANGUN ALAT MONITORING PEMAKAIAN TARIF LISTRIK DAN KONTROL DAYA LISTRIK PADA RUMAH KOS BERBASIS INTERNET OF THINGS,” Surabaya, 2021.

[4] M. Artiyasa *et al.*, “APLIKASI SMART HOME NODE MCU IOT UNTUK BLYNK,” 2020.

[5] N. Rohman, Y. Christyono, and Sukiswo, “PERANCANGAN SISTEM MONITORING TEGANGAN, DAYA DAN FAKTOR DAYA PADA STOP KONTAK BERBASIS INTERNET OF THINGS,” TRANSIENT, vol. 9, no. 3, pp. 2685–0206, Sep. 2020, [Online]. Available: https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient

[6] “Handson Technology User Guide 2 Channel 5V Optical Isolated Relay Module.” [Online]. Available: www.handsontec.com

[7] M. Artiyasa, A. Nita Rostini, Edwinanto, and A. Pradifta Junfithrana, “APLIKASI SMART HOME NODE MCU IOT UNTUK BLYNK,” Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra, vol. 7, no. 1, pp. 1–7, Sep. 2020.

[8] P. Artha, “Rangkaian Modul Relay 5v 1 Channel,” Jun. 12, 2020.

[9] D. A. Siregar, “RANCANG BANGUN ALAT PENGAWAS PEMAKAIAN LISTRIK RUMAH TANGGA MENGGUNAKAN SISTEM INTERNET OF THINGS (IOT) TERINTEGRASI WEB DAN TELEGRAM,” 2020.

[10] N. Rohman, Y. Christyono, and D. Sukiswo, “PERANCANGAN SISTEM MONITORING TEGANGAN, DAYA DAN FAKTOR DAYA PADA STOP KONTAK BERBASIS INTERNET OF THINGS,” TRANSIENT, vol. 9, no. 3, pp. 2685–0206, Sep. 2020, [Online]. Available: https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient

[11] M. Juhan and T. Rijanto, “RANCANG BANGUN ALAT PENCATAT BIAYA PEMAKAIAN ENERGI LISTRIK PADA KAMAR KOS MENGGUNAKAN MODUL GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE COMMUNICATIONS(GSM) 800L BERBASIS ARDUINO UNO,” pp. 47–55, 2019, [Online]. Available: www.nyebarilmu.com