

# Sistem Kontrol Dan *Monitoring* Distribusi Listrik Rumah Kos Berbasis IoT

<sup>1</sup>Mohamad Diki, <sup>2</sup>Charis Fathul Hadi <sup>3</sup>Ratna Mustika Yasi

<sup>1,2,3</sup> Teknik Elektro, Universitas PGRI Banyuwangi, Banyuwangi

<sup>1</sup>dikiky683@gmail.com, <sup>2</sup>charis@unibabwi.ac.id, <sup>3</sup>ratna.mustika@unibabwi.ac.id

**Abstract** - An *IoT*-based electrical control and *monitoring* system prototype has been designed to overcome the problem of imbalance in electricity distribution in boarding houses. The problem is caused by the equalization of operational costs even though the electricity consumption of each room is different. The design uses 3 PZEM-004T sensors, an esp-8266 microcontroller, relays, web-site monitoring, and a prototype of three chambers with different loads. The system is designed to monitor and limit the daily electricity consumption of each room, as well as display the operating costs of each room accumulated for one month and can be accessed through the web-site monitoring. The system resets the electrical energy every 00:00, removing the amount of electricity consumed that day so that the distribution of electricity can resume the next day. The daily electricity consumption limit for each room is 1,299 kWh, the control system cuts off the electricity flow (cut-off) when the electricity consumption has reached the parameter limit. The results of the device test showed that the overall error in the readings of the three sensors in the three rooms was 0.131% voltage, 1.007% current, 1.163% power and 0.689% kWh. The *error* was caused by the PZEM-004T sensor's accuracy of 0.5% and less than perfect calibration. The greater the load power, the faster the cut-off system activates. The average power of rooms 1, 2, and 3 was 59.94 W, 432.15 W, and 377.65 W. Cut-off in room 2 was active at the 178th minute, followed by room 3 at the 206th minute. The cut-off in room 1 was inactive because the electricity consumption did not reach the limit in 240 minutes. The system effectively addresses the imbalance in the distribution of electricity at the boarding scale by providing the same limit on the daily electricity consumption of each room.

**Keywords** — PZEM-004T, electrical energy, *IoT*, control, monitoring

**Abstrak**— Telah dilakukan perancangan prototipe sistem kontrol dan *monitoring* listrik berbasis *IoT* untuk mengatasi permasalahan ketidakseimbangan distribusi listrik di rumah kos. Masalah disebabkan karena penyamarataan biaya operasional meskipun konsumsi listrik setiap kamar berbeda. Perancangan menggunakan 3 sensor PZEM-004T, mikrokontroler esp-8266, relay, web-site monitoring, dan prototipe tiga kamar dengan beban berbeda. Sistem dirancang untuk memantau dan membatasi konsumsi listrik harian tiap kamar, serta menampilkan biaya operasional perkamar yang diakumulasi selama satu bulan dan dapat diakses melalui *web-site monitoring*. Sistem mereset energi listrik setiap pukul 00.00, menghapus jumlah konsumsi listrik hari itu agar distribusi listrik dapat berlangsung kembali hari berikutnya. Batas konsumsi listrik perhari setiap kamar sebesar 1,299 kWh, sistem kontrol memutuskan aliran listrik (*cut-off*) bila konsumsi listrik telah mencapai batas parameter. Hasil pengujian alat menunjukan keseluruhan *error* pembacaan tiga sensor pada tiga kamar adalah tegangan 0,131%, arus 0,689%,

daya 1,163% dan kWh 1,007%. Kesalahan disebabkan oleh akurasi sensor PZEM-004T sebesar 0,5% dan kalibrasi yang kurang sempurna. Semakin besar daya beban, semakin cepat sistem *cut-off* aktif. Rata-rata daya kamar 1, 2, dan 3 adalah 59,94 W, 432,15 W, dan 377,65 W. *Cut-off* pada kamar 2 aktif pada menit ke-178, diikuti kamar 3 pada menit ke-206. *Cut-off* pada kamar 1 tidak aktif karena konsumsi listrik tidak mencapai batas dalam 240 menit. Sistem efektif mengatasi ketidakseimbangan distribusi listrik skala kos dengan memberikan batas yang sama pada konsumsi listrik harian setiap kamar.

**Kata Kunci** — PZEM-004T; energi listrik; *IoT*; kontrol; monitoring

## I. Pendahuluan

Listrik merupakan kebutuhan penting dalam kehidupan manusia, hampir seluruh peralatan modern menggunakan listrik sebagai sumber energinya. Seperti peralatan elektronik rumah tangga, peralatan kantor, industri, alat olahraga, hingga *smartphone* memerlukan listrik sebagai suplai utama [1]. Hal ini berdampak pada jaringan satu fasa, penerapan beban yang berbeda berpengaruh pada arus, tegangan, dan daya [2][3], sehingga energi listrik yang dibutuhkan juga akan berbeda. Besar konsumsi energi listrik dipengaruhi oleh variasi beban dan durasi penggunaan. Hal ini mengakibatkan ketidakseimbangan dalam distribusi energi listrik karena kebutuhan suplai yang berbeda pada setiap peralatan.

Permasalahan ketidakseimbangan distribusi energi listrik berdampak pada skala rumah kos, karena penyamarataan biaya operasional meskipun konsumsi listrik setiap kamar berbeda. Hal ini menyebabkan penyewa dirugikan terkait penggunaan listrik yang tidak merata tanpa penyesuaian biaya yang proporsional. Penyesuaian biaya dapat diatasi dengan pemasangan kWh meter di setiap kamar kos, namun biaya pemasangan yang mahal mulai Rp. 421.000 untuk 450 VA hingga Rp. 2.062.000 untuk 2200 VA membuatnya kurang efisien [4]. Satuan yang digunakan PLN untuk menentukan jumlah konsumsi energi listrik adalah kilo *Watt Hour* (kWh) [5]. Satuan lain energi adalah joule, kesetaraan kWh dengan joule dijelaskan pada perhitungan berikut [6]:

$$1 \text{ jam} = 3.600 \text{ detik} \quad (1)$$

$$1 \text{ Watt} = 1 \text{ Joule/detik} \quad (2)$$

$$1 \text{ Watt detik} = 1 \text{ Joule} \quad (3)$$

$$1 \text{ kWh} = 1.000 \text{ Watt} \times 3.600 \text{ detik} = 3.600.000 \text{ Watt detik} \quad (4)$$

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ Mega joule} \quad (5)$$

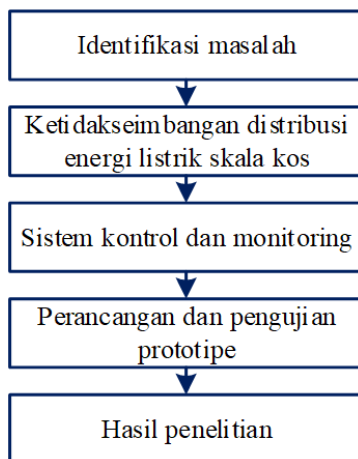
Beberapa upaya penelitian terdahulu telah dilakukan untuk memantau dan menjaga efisiensi konsumsi listrik, seperti *monitoring* listrik berbasis *IoT* dengan sensor PZEM-004T menghasilkan nilai *error* pembacaan tegangan 0,4%, arus 6,8%, daya 6,6% dan energi listrik 7,8% [7]. *Monitoring* berbasis arduino dengan pengaplikasian sensor ZMPT-101b dan ACS-712 menghasilkan *error* pembacaan tegangan 1,4% dan arus 3,7% [8]. Namun perlu diterapkan sistem kontrol pembatasan konsumsi listrik harian sehingga dapat diaplikasikan pada permasalahan ketidakseimbangan distribusi energi listrik skala kos.

Pernyataan diatas mendasari penulis untuk melakukan penelitian dengan perancangan sistem kontrol dan *monitoring* distribusi listrik rumah kos berbasis *IoT*. Bertujuan agar konsumsi energi listrik perhari pada setiap kamar kos tidak melebihi batas yang ditentukan sehingga biaya operasional dapat disamaratakan. Pembacaan sensor PZEM-004T dikontrol NodeMCU Esp-8266 dan ditampilkan secara *real-time* melalui *IoT* [9][10][11]. Sistem berkerja dengan memutus aliran listrik (*cut-off*) bila konsumsi energi listrik telah mencapai batas parameter perhari. Penerapan *IoT* memfasilitasi pemantauan *real-time* konsumsi listrik setiap kamar sehingga dapat dilihat dimanapun melalui *web-site* [12]. Sistem juga menampilkan biaya operasional perkamar dan diakumulasikan selama satu bulan, data rekap setiap kamar dapat dilihat melalui menu *web-sitem monitoring*. Data serta hasil penelitian diharapkan mampu menjadi panduan bagi pengembangan sistem selanjutnya.

## II. Metode Penelitian

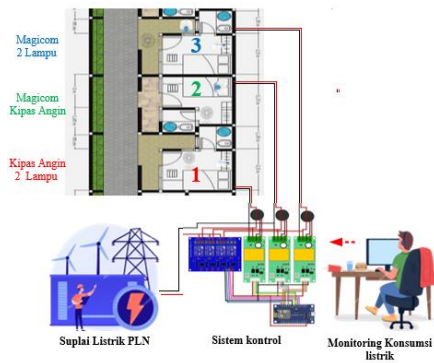
### A. Alur penelitian

Penelitian dimulai dengan beberapa tahapan yaitu identifikasi masalah terkait ketidakseimbangan distribusi listrik rumah kos, tahap mencari literatur pendukung, kemudian perencanaan, perancangan, tahap uji sistem, dan hasil dari penelitian.

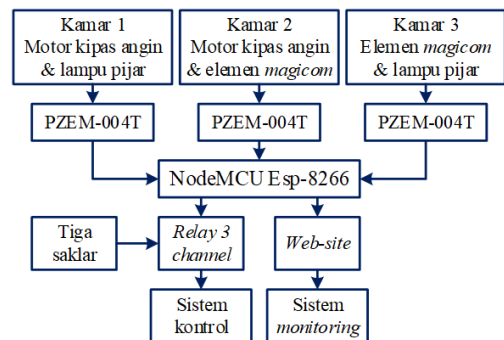


Gambar 1. Alur penelitian

### B. Desain Penelitian



Gambar 2. Desain prototipe



Gambar 3. Blok diagram

Sistem diawali dengan pembacaan energi listrik menggunakan sensor PZEM-004T dari tiga kamar dengan beban berbeda sebagaimana pada gambar 3, data dari setiap sensor kemudian diolah oleh mikrokontroler NodeMCU Esp-8266 yang menghasilkan *output* sistem kontrol dan *monitoring*. Sistem kontrol membatasi konsumsi listrik harian setiap kamar dengan parameter batas 1,299 kWh perhari. Bila konsumsi energi listrik telah mencapai batas tersebut, sistem akan memutus aliran listrik (*cut-off*) melalui *relay* di masing-masing kamar [13]. Sistem *monitoring* menampilkan konsumsi energi listrik dan biaya operasional harian setiap kamar. Serta dilengkapi dengan data rekap konsumsi listrik harian per kamar yang mengakumulasi biaya selama satu bulan, data rekap dapat diakses pada menu di *web monitoring*.

Kemudian dilakukan pengambilan data pada sistem *monitoring* dan kontrol, pada sistem *monitoring* data yang diambil adalah *output* tegangan, arus, daya dan konsumsi energi listrik selama 4 jam melalui perbandingan pembacaan prototipe dan kWh meter digital [14][15][16]. Sedangkan pada sistem kontrol data yang diambil adalah waktu sistem *cut-off* bekerja berdasarkan konsumsi energi listrik selama pengujian [17].

## III. Hasil dan Pembahasan

### A. Perancangan sistem

Perancangan sistem menggunakan skala prototipe terdiri dari tiga sensor PZEM-004T untuk mengukur konsumsi energi listrik setiap kamar, tiga saklar sebagai fitur *emergency*, data diolah dan dikontrol oleh Esp-8266 dengan *relay* dan *web-*

site sebagai outputnya. Esp-8266 dihubungkan dengan power supply 5 VDC. Pemrograman dilakukan dengan *software* Arduino IDE [18], tiga prototipe kamar menggunakan 2 beban berbeda pada masing-masing ruangan dengan sumber tegangan 220 VAC.



Gambar 4. Prototipe sistem

**B. Web-site**

Tampilan *web-site* dibuat dengan aplikasi *Visual Studio Code* [19]. *Interface* menampilkan konsumsi energi listrik dan biaya operasional harian setiap kamar. Data rekap harian diakumulasikan selama satu bulan dan dapat diakses melalui menu pada *web monitoring*.



Gambar 5. Web-site

Data Rekam Konsumsi Energi Kamar 2

hari	date	Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	kWh	Biaya (Rp)
15/02/2024	01	01:22	208,6	2,06	430,5	0,44	594
15/02/2024	01	1:00	209,8	2,06	439,2	0,881	1.191
15/02/2024	01	1:20	0	0	0	1,299	1.756
15/02/2024	01	0:30	0	0	0	1,299	1.756

Gambar 6. Data akumulasi

**C. Data hasil pengujian**

Tabel 1. *Monitoring* kamar 1

Menit	Kamar 1 lampu pijar dan motor kipas angin.								
	Pembacaan Prototipe				Pembacaan kWh meter Digital				Biaya (Rp)
	V	Arus	Daya	kWh	V	Arus	Daya	kWh	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	215	0,28	59,9	0,06	215,2	0,279	59,2	0,061	81
120	215,2	0,28	59,9	0,12	215,2	0,279	60	0,12	162
180	216,5	0,28	60,8	0,18	216,1	0,281	60,1	0,18	243
240	216,5	0,28	60,8	0,24	216,1	0,281	60,1	0,24	324

Tabel 1 menunjukkan perbandingan pembacaan tegangan, arus, daya, dan energi listrik (kWh) antara prototipe

dan kWh meter digital di kamar 1 selama 240 menit, menggunakan lampu pijar dan motor kipas angin sebagai beban. Data diambil pukul 07.40 hingga 10.40. Rata-rata pembacaan prototipe adalah tegangan 214,95 V, arus 0,28 A, dan daya 59,94 W, sementara kWh meter digital mencatat rata-rata tegangan 215,16 V, arus 0,2802 A, dan daya 59,62 W. Energi kumulatif yang terbaca dari kedua alat menunjukkan peningkatan stabil dari 0 kWh pada menit ke-0 hingga 0,24 kWh pada menit ke-240. Nilai rata-rata *error* dari pembacaan tegangan, arus, dan daya dijelaskan lebih lanjut dalam perhitungan berikut [20]:

$$\text{Tegangan} = \left| \frac{214,95 \text{ V} - 215,16 \text{ V}}{215,16 \text{ V}} \right| \times 100\% = 0,098\% \quad (6)$$

$$\text{Arus} = \left| \frac{0,28 \text{ A} - 0,2802 \text{ A}}{0,2802 \text{ A}} \right| \times 100\% = 0,071\% \quad (7)$$

$$\text{Daya} = \left| \frac{59,94 \text{ W} - 59,62 \text{ W}}{59,62 \text{ W}} \right| \times 100\% = 0,54\% \quad (8)$$

*Error* terbesar pembacaan kWh kamar 1 terjadi pada menit ke-60 dalam tabel dengan perhitungan berikut:

$$\text{kWh} = \left| \frac{0,06 \text{ kWh} - 0,061 \text{ kWh}}{0,061 \text{ kWh}} \right| \times 100\% = 1,64\% \quad (9)$$

Tabel 2. *Monitoring* kamar 2

Menit	Kamar 2 elemen <i>magicom</i> , dan motor kipas angin.								
	Pembacaan Prototipe				Pembacaan kWh meter Digital				Biaya (Rp)
	V	Arus	Daya	kWh	V	Arus	Daya	kWh	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	208,6	2,06	430,5	0,44	209,6	2,063	430,7	0,44	594
120	209,8	2,06	439,2	0,881	209	2,063	444,2	0,88	1.191
180	0	0	0	1,299	0	0	0	1,299	1.756
240	0	0	0	1,299	0	0	0	1,299	1.756

Tabel 2 adalah *monitoring* perbandingan pengukuran empat parameter yang sama seperti tabel 1 di kamar 2, dengan perbedaan beban yaitu elemen *magicom* dan motor kipas angin. Data diambil setiap 60 menit dari pukul 17.50 hingga 21.50. Rata-rata pembacaan prototipe adalah tegangan 209,66 V, arus 2,063 A, dan daya 432,15 W, sedangkan kWh meter digital mencatat rata-rata tegangan 209,46 V, arus 2,061 A, dan daya 432,5 W. Nilai rata-rata *error* dari pembacaan tegangan, arus, dan daya dijelaskan lebih lanjut dalam perhitungan berikut.

$$\text{Tegangan} = \left| \frac{209,66 \text{ V} - 209,46 \text{ V}}{209,46 \text{ V}} \right| \times 100\% = 0,095\% \quad (10)$$

$$\text{Arus} = \left| \frac{2,063 \text{ A} - 2,061 \text{ A}}{2,061 \text{ A}} \right| \times 100\% = 0,097\% \quad (11)$$

$$\text{Daya} = \left| \frac{432,15 \text{ W} - 432,25 \text{ W}}{432,25 \text{ W}} \right| \times 100\% = 0,023\% \quad (12)$$

*Error* terbesar pembacaan kWh kamar 2 terjadi pada menit ke-120 dalam tabel dengan perhitungan berikut:

$$\text{kWh} = \left| \frac{0,881 \text{ kWh} - 0,88 \text{ kWh}}{0,88 \text{ kWh}} \right| \times 100\% = 1,11\% \quad (13)$$

Tabel 3. Monitoring kamar 3

Menit	Kamar 3 lampu pijar dan elemen <i>magicom</i> .								Biaya (Rp)
	Pembacaan Prototipe				Pembacaan kWh meter Digital				
	V	Arus	Daya	kWh	V	Arus	Daya	kWh	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	208,6	1,8	375,3	0,371	206,5	1,802	371,8	0,372	501
120	211,4	1,82	385,3	0,753	211,5	1,816	384,4	0,754	1.018
180	206,5	1,78	368,4	1,14	207,2	1,782	370,3	1,141	1.541
240	0	0	0	1,299	0	0	0	1,299	1.756

Tabel 4.7 membandingkan pembacaan empat parameter yang serupa dengan tabel 1 dan 2 dikamar 3. Menggunakan beban lampu pijar dan elemen *magicom*, data diambil setiap 60 menit dari pukul 18.10 hingga 22.10, Rata-rata pembacaan prototipe adalah tegangan 209,21 V, arus 1,805 A, dan daya 377,65 W, sementara kWh meter digital mencatat rata-rata tegangan 209,63 V, arus 1,84 A, dan daya 381,66 W. Nilai rata-rata *error* dari pembacaan tegangan, arus, dan daya dijelaskan dalam perhitungan berikut.

$$\text{Tegangan} = \left| \frac{209,21 \text{ V} - 209,63 \text{ V}}{209,63 \text{ V}} \right| \times 100\% = 0,2\% \quad (14)$$

$$\text{Arus} = \left| \frac{1,805 \text{ A} - 1,84 \text{ A}}{1,84 \text{ A}} \right| \times 100\% = 1,9\% \quad (15)$$

$$\text{Daya} = \left| \frac{377,65 \text{ W} - 381,66 \text{ W}}{381,66 \text{ W}} \right| \times 100\% = 1,05\% \quad (16)$$

*Error* terbesar pembacaan kWh kamar 3 terjadi pada menit ke-60 dalam tabel dengan perhitungan berikut:

$$\text{kWh} = \left| \frac{0,371 \text{ kWh} - 0,372 \text{ kWh}}{0,372 \text{ kWh}} \right| \times 100\% = 0,27\% \quad (17)$$

#### D. Analisis sistem monitoring

Kesalahan kecil pengukuran tegangan disebabkan karena kalibrasi yang kurang sempurna. Perbedaan pengukuran arus disebabkan karena pembacaan prototipe menggunakan angka pembulatan sehingga tidak menampilkan angka detail. Adakalanya pengukuran arus prototipe lebih besar atau lebih kecil dibanding pengukuran kWh meter digital sebagaimana yang tertampil pada tabel 1-3. *Error* pada pengukuran daya disebabkan karena kesalahan kecil dalam pengukuran tegangan dan arus berpengaruh sehingga menghasilkan nilai daya sedikit berbeda. *Error* pembacaan energi listrik (kWh) terjadi pada beberapa titik, hal ini disebabkan karena akurasi pengukuran (kesalahan terbesar) sensor PZEM-004T dalam mengukur energi listrik (kWh) adalah 0,5% [21]. Keseluruhan nilai *error* dari empat parameter pada setiap kamar menggunakan perhitungan berikut [22]:

$$\frac{\text{error kamar 1} + \text{error kamar 2} + \text{error kamar 3}}{n} \quad (18)$$

$$\text{Tegangan} = \frac{0,098 + 0,095 + 0,2}{3} = 0,131\% \quad (19)$$

$$\text{Arus} = \frac{0,071 + 0,097 + 1,9}{3} = 0,689\% \quad (20)$$

$$\text{Daya} = \frac{0,54 + 0,023 + 1,05}{3} = 1,163\% \quad (21)$$

$$\text{kWh} = \frac{1,64 + 1,11 + 0,27}{3} = 1,007\% \quad (22)$$

Pada kamar 2 di menit ke-178 nilai tegangan, arus dan daya menjadi 0V, 0A, dan 0W, dalam tabel dijelaskan pada menit ke-180 karena tabel menampilkan data per 60 menit. Ketiga pengukuran menunjukkan nilai 0 karena pada menit tersebut sistem kontrol aktif sehingga beban dan kedua alat ukur tidak dialiri listrik. Namun nilai energi listrik tidak kembali ke 0 kWh karena program dirancang untuk menyimpan nilai kWh terakhir setiap hari sehingga dapat diakumulasikan selama satu bulan dan ditampilkan pada *web-site monitoring*, biaya berbanding lurus dengan konsumsi kWh. Perhitungan nilai kWh berdasarkan daya menggunakan rumus berikut [6]:

$$\frac{\text{Daya (menit ke - 60)} \times 1}{1000} \quad (23)$$

$$\text{Kamar 1} = \frac{59,9 \text{ watt} \times 1}{1000} = 0,059 \text{ kWh} \quad (24)$$

$$\text{Kamar 2} = \frac{430,5 \text{ watt} \times 1}{1000} = 0,43 \text{ kWh} \quad (25)$$

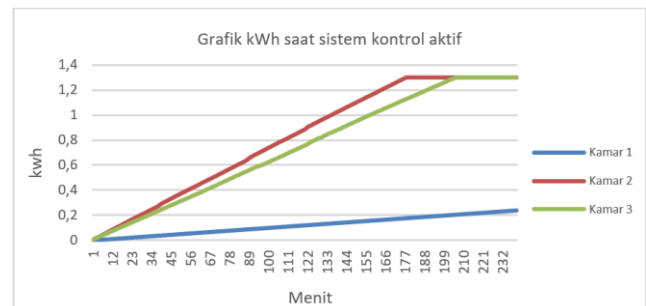
$$\text{Kamar 3} = \frac{375,3 \text{ watt} \times 1}{1000} = 0,375 \text{ kWh} \quad (26)$$

Hal serupa terjadi pada kamar 3 di menit ke-206 (dalam tabel dijelaskan menit ke-240). Tegangan, arus dan daya menunjukkan nilai 0V, 0A, dan 0W karena sistem kontrol aktif. Pengukuran kamar 1 tetap berlangsung selama 240 menit karena sistem kontrol tidak aktif.

#### E. Analisis sistem kontrol

Tabel 4. Sistem kontrol

Menit	Kamar 1 lampu pijar dan motor kipas angin.		Kamar 2 elemen <i>magicom</i> dan motor kipas angin.		Kamar 3 lampu pijar dan elemen <i>magicom</i> .	
	kWh	Relay	kWh	Relay	kWh	Relay
1	0	ON	0,006	ON	0,004	ON
2	0,002	ON	0,013	ON	0,011	ON
3	0,002	ON	0,021	ON	0,018	ON
4	0,003	ON	0,028	ON	0,024	ON
5	0,004	ON	0,035	ON	0,031	ON
6	0,006	ON	0,042	ON	0,037	ON
7	0,006	ON	0,05	ON	0,043	ON
8	0,008	ON	0,057	ON	0,049	ON
N	Cut-off belum aktif		Cut-off aktif menit ke-178		Cut-off aktif menit ke-206	
240	0,24	ON	1,299	OFF	1,299	OFF



Gambar 7. grafik sistem kontrol

Berdasarkan Tabel 4 dan gambar 6, konsumsi energi listrik di setiap kamar meningkat bertahap setiap menit. Kamar 1 mengalami kenaikan 0,001 kWh per menit, mencapai 0,24 kWh pada menit ke-240 dengan grafik yang stabil selama 4 jam. Kamar 2 mengalami kenaikan 0,007 kWh per menit, mencapai batas 1,299 kWh pada menit ke-178 sehingga *cut-off* aktif memutus aliran listrik melalui *relay* 2. Kamar 3 mengalami kenaikan 0,006 kWh per menit, mencapai batas 1,299 kWh pada menit ke-206, sehingga *cut-off* aktif memutus aliran listrik melalui *relay* 3. *Error* sistem pada saat *cut-off* adalah 0%, nilai didapat dari perhitungan berikut:

$$\left| \frac{\text{energi saat cut-off}(X) - \text{batas parameter energi}(Y)}{\text{Batas parameter energi}(Y)} \right| \times 100\% \quad (27)$$

$$\left| \frac{1,299 \text{ kWh}(Y) - 1,299 \text{ kWh}(Y)}{1,299 \text{ kWh}(Y)} \right| \times 100\% = 0\% \quad (28)$$

Sistem kontrol memutus aliran listrik tanpa *delay* saat konsumsi mencapai 1,299 kWh, karena jaringan internet yang stabil memastikan perintah dari *IoT* ke mikrokontroler Esp-8266 dikirim tepat waktu. Besar daya sebanding dengan kenaikan konsumsi energi listrik (kWh). Semakin besar daya beban semakin cepat sistem *cut-off* aktif. Rata-rata daya kamar 1, 2, dan 3 adalah 59,94 W, 432,15 W, dan 377,65 W. Sistem kontrol *cut-off* di kamar 2 aktif pada menit ke-178 diikuti kamar 3 pada menit ke-206, sementara *cut-off* kamar 1 tidak aktif karena belum mencapai batas konsumsi selama 240 menit.

Sistem diprogram untuk mereset pembacaan energi listrik pukul 00.00 dengan menghapus jumlah konsumsi energi listrik pada hari itu sehingga semua *relay* pada kondisi *ON* dan distribusi listrik dapat kembali berlangsung pada hari berikutnya. Data pada *web-server* menampilkan konsumsi energi listrik dengan satuan kWh dan akumulasi biaya operasional perhari pada setiap kamar. Analisis ini menunjukkan efektivitas sistem kontrol *cut-off* dalam memutus aliran listrik saat konsumsi mencapai batas, mengatasi ketidakseimbangan distribusi energi listrik dengan menyamaratakan penggunaan maksimal harian di setiap kamar.

#### IV. Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian adalah:

1. Perancangan sistem menggunakan tiga sensor PZEM-004T, Esp-8266, *relay* 3 channel, *web monitoring*, tiga saklar, dan tiga prototipe kamar dengan beban berbeda.
2. Nilai *error* keseluruhan pembacaan tiga sensor pada setiap kamar adalah tegangan 0,131%, arus 0,689%, daya 1,163% dan kWh 1,007%.
3. Pembacaan prototipe mendekati kWh meter digital dengan tingkat *error* kurang dari 5%
4. *Error* disebabkan karena akurasi pengukuran sensor 0,5% dan kalibrasi kurang sempurna.
5. Semakin besar daya semakin cepat sistem kontrol aktif
6. Sistem kontrol aktif tanpa *delay* karena internet stabil.

Saran dari hasil penelitian adalah:

1. Peningkatan kalibrasi sensor PZEM-004T dapat dilakukan untuk memastikan pengukuran yang lebih presisi.
2. Meningkatkan kualitas jaringan internet untuk mencegah *delay* dalam operasi sistem.
3. Implementasi sistem alarm memberikan peringatan sebelum *cut-off* aktif dapat membantu penyewa mengurangi konsumsi listrik sebelum mencapai batas yang ditentukan.

#### V. Daftar Pustaka

- [1] I. M. S. Radhitya, S. Hadi, and A. Bachtiar, "Monitoring Konsumsi Listrik Rumah Tangga Berbasis Internet of Things Terintegrasi dengan Virtual Private Server," *J. Bumigora Inf. Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 28–37, 2021, doi: 10.30812/bite.v3i1.1326.
- [2] S. Mulyanto and M. E. P. Widagda, "Pengaruh Tegangan dan Beban Daya Listrik terhadap Arus dan Putaran Mesin pada Genset Berbahan Bakar LPG," *Din. J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 11, no. 1, p. 40, 2019, doi: 10.33772/djtm.v11i1.8764.
- [3] A. Latifah, "Pengaruh Pembebanan Terhadap Tegangan dan Frekuensi Pada Generator 3 Fasa," *J. Algoritma*, vol. 16, no. 1, pp. 9–17, 2019, doi: 10.33364/algoritma/v.16-1.9.
- [4] M. Arnani, "Berapa Biaya Pasang Listrik Baru PLN? Ini Daftarnya," *Kompas.com*. <https://money.kompas.com/read/2024/05/04/090500726/berapa-biaya-pasang-listrik-baru-pln-ini-daftarnya#:~:text=Biaya pasang listrik baru daya,2.200 VA%3A Rp 2.062.000>
- [5] M. Huda, S. B. Utomo, and D. Nugroho, "Analisis Konsumsi Energi Listrik Pada Motor Induksi Di Instalasi Pengolahan Air Produksi II Perusahaan Umum Daerah Air Minum (Perumda) Kota Semarang," *Energi & Kelistrikan*, vol. 13, no. 2, pp. 104–110, 2021, doi: 10.33322/energi.v13i2.1292.
- [6] S. Supratno, "Analisa Implementasi Penghematan Energi di Kampus ISTN Jakarta (Studi Kasus: Kampus ISTN Srengseng Sawah, Jakarta)," *JREC (Journal Electr. Electron.*, vol. 1, no. 1, pp. 37–46, 2012.
- [7] J. W. Jokanan, A. Widodo, N. Kholis, and L. Rakhmawati, "Rancang Bangun Alat Monitoring Daya Listrik Berbasis *IoT* Menggunakan Firebase dan Aplikasi Android," *J. Tek. Elektro*, vol. 11, no. 1, pp. 47–55, 2022, doi: 10.26740/jte.v11n1.p47-55.
- [8] M. S. Agussalim, Indra, F. Wajidi, M. F. Mansyur, and A. A. A. Cirua, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Penggunaan Listrik Pada Layanan Indekos Berbasis Internet of Things," *Circuit J. Ilm. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 1, p. 54, 2022, doi: 10.22373/crc.v6i1.10862.
- [9] S. M. Ibrahim, Ridyandhika Riza, Bektu Yulianti, "Rancang Bangun Monitoring Pemakaian Arus Listrik Pln Berbasis *IoT*," *J. Teknol. Ind.*, vol. 11, no. 1, pp. 43–51, 2022.
- [10] T. F. Siallagan and Tita, "Di Rancang Bangun Sistem Keamanan Terhadap Kunci Ruang Berbasis Bot

- 
- Telegram Menggunakan Mikrokontroler Esp8266,” *J. Inf. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 45–54, 2020, doi: 10.47292/joint.v2i2.23.
- [11] E. Kurnia, M. Pandia, B. Sari, B. Sembiring, and D. Margareta, “Pemanfaatan Internet Of Things Pada Smart Home Dengan Model Simulasi Prototype,” *J. Ilmu Komput. dan Sist. Inf. (JIKOMSI)*, vol. 7, no. 1, pp. 112–115, 2024, [Online]. Available: <https://ejournal.sisfokomtek.org/index.php/jikom>
- [12] Y. Efendi, “Internet Of Things (IoT) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile,” *J. Ilm. Ilmu Komput.*, vol. 4, no. 2, pp. 21–27, 2018, doi: 10.35329/jiik.v4i2.41.
- [13] M. Saleh and M. Haryanti, “Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Relay,” *J. Teknol. Elektro, Univ. Mercu Buana*, vol. 8, no. 2, pp. 87–94, 2017, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/141935-ID-perancangan-simulasi-sistem-pemantauan-p.pdf>
- [14] Z. Arifin, F. N. . Negara, and M. Wafy, “Pengaruh Pembebanan Terhadap Arus Motor EG-530AD-2F,” *J. DISPROTEK*, vol. 10, no. 1, pp. 45–45, 2019, [Online]. Available: <https://ejournal.unisnu.ac.id/JDPT/article/view/930>
- [15] A. Pramono, T. J. L. Tama, and T. Waluyo, “Analisis Arus Tiga Fasa Daya 197 Kva dengan Menggunakan Metode Uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov,” *J. Resist. (Rekayasa Sist. Komputer)*, vol. 4, no. 2, pp. 213–216, 2021, doi: 10.31598/jurnalresistor.v4i2.696.
- [16] B. G. Melipurbowo, “Pengukuran Daya Listrik Real Time Dengan Menggunakan Sensor Arus Acs.712,” *Orbith*, vol. 12, no. 1, pp. 17–23, 2016.
- [17] D. Despa, G. F. Nama, T. Septiana, and M. B. Saputra, “Audit Energi Listrik Berbasis Hasil Pengukuran dan Monitoring Besaran Listrik pada Gedung A Fakultas Teknik Unila,” *Electrician*, vol. 15, no. 1, pp. 33–38, 2021, doi: 10.23960/elc.v15n1.2180.
- [18] S. Samsugi, Z. Mardiyansyah, and A. Nurkholis, “Sistem Pengontrol Irigasi Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno,” *J. Teknol. dan Sist. Tertanam*, vol. 1, no. 1, p. 17, 2020, doi: 10.33365/jtst.v1i1.719.
- [19] A. Zainy, A. A. Lubis, D. Mariana, I. Ramadiah, T. Irnanda, and Z. H. Pakpahan, “Pengenalan Media Pembelajaran Pemrograman Membuat Website Pada Html Smk Swasta Harapan,” *J. ADAM J. Pengabd. Masy.*, vol. 1, no. 2, pp. 335–338, 2022.
- [20] A. Nur Rhoziq, H. Herwandi, and M. Luqman, “Kontrol Kecepatan dan Suhu pada Pembersih Porang Berbasis Arduino Uno Menggunakan Metode Fuzzy Logic,” *J. Tek. Indones.*, vol. 2, no. 3, pp. 104–117, 2023, doi: 10.58860/jti.v2i3.129.
- [21] A. J. Watkins, “PZEM-004T V3 User Manual,” *innovators guru*, 2019. <https://innovatorsguru.com/pzem-004t-v3/> (accessed Jun. 13, 2024).
- [22] A. Bachtiar and W. Hayyatul, “Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin PT. Lentera Angin Nusantara (LAN) Ciheras,” *J. Tek. Elektro ITP*, vol. 7, no. 1, pp. 34–45, 2018, doi: 10.21063/jte.2018.3133706.