

## ***Makalah Kelas Sistem Benam 2***

**Judul:** *Automated Energy Monitoring: Innovating Energy Consumption Management*

**Nama Mahasiswa:** Izzudin Al Ayyubi

**NPM:** 2006574780

**Abstrak:** Pengelolaan penggunaan energi listrik dengan maksud untuk melakukan peningkatan efisiensi penggunaan energi menjadikan pengukuran parameter listrik menjadi hal yang krusial. Evaluasi terhadap penggunaan energi listrik pada perangkat listrik rumah seringkali melibatkan suatu proses yang kompleks. Suatu sistem pengukuran parameter listrik pintar ditujukan untuk menyelesaikan masalah terkait kurangnya pemahaman teknis terkait peralatan pengukuran parameter listrik konvensional. Sistem dapat mengukur satu sampai dengan dua beban secara langsung, memberikan akses terhadap data pengukuran parameter listrik antara lain yaitu tegangan, arus, daya, dan energi terkonsumsi secara real-time dan dapat diakses dari berbagai tempat melalui suatu webserver. Sistem memanfaatkan sensor PZEM-004t untuk mengukur parameter listrik dan mikrokontroler ESP32 untuk mengirimkan data menuju webserver. Komponen utama yang digunakan terdiri atas PZEM-004t sebagai sensor, relay sebagai pemutus arus, ESP32 sebagai pemroses dan pengunggah data, LCD1602 I2C untuk tampilan hasil pengukuran secara langsung, serta buzzer dan LED sebagai indikator audio dan visual pengukuran parameter listrik. Sistem dapat dipantau melalui suatu webserver yang dapat diakses secara terbuka. Dengan adanya sistem ini, pengguna mampu untuk melakukan pemantauan penggunaan listrik secara efisien serta mengidentifikasi beban yang paling konsumtif. Secara keseluruhan, sistem menggabungkan teknologi sensor dan pemrosesan data untuk memberikan solusi inovatif dalam pengukuran parameter listrik.

**Keywords (kata kunci):** *Energy Monitoring System, Energy Consumption, PZEM-004t, ESP 32, Relay*

### **Tabel Spesifikasi Instrumen**

Nama Instrumen	<i>Automated Energy Monitoring: Innovating Energy Consumption Management</i>
----------------	------------------------------------------------------------------------------

Bidang	<p><i>Silakan pilih bidang yang paling relevan dengan instrumen yang Anda ciptakan/kembangkan</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Teknik</li> </ul>
Tipe Instrumen	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Alat pengukuran parameter listrik</li> <li>● Menampilkan hasil parameter listrik terukur pada LCD dan webserver</li> </ul>
Topik yang terait Sistem Benam 2	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. External interfacing</li> <li>2. Multitasking</li> <li>3. Webserver</li> <li>4. Nonvolatile storage</li> <li>5. PWM signal to drive external component</li> <li>6. WiFi Interaction</li> </ol>
Biaya Instrumen	Rp. 240.000,00
Link Video	<a href="https://drive.google.com/drive/folders/1HyUhfQayr6CvLWQDwGUGK66-5MzqNu-0?usp=sharing">https://drive.google.com/drive/folders/1HyUhfQayr6CvLWQDwGUGK66-5MzqNu-0?usp=sharing</a>

## 1. Instrumen dalam Konteks

Sistem yang dibangun terdiri atas komponen PZEM-004t, Relay, ESP32, LCD 1602 I2C, Buzzer, LED, dan Breadboard Power Supply Module. PZEM-004T berfungsi sebagai sensor untuk mengukur parameter listrik antara lain tegangan, arus, daya, energi, faktor daya, dan frekuensi. Relay bekerja sebagai pemutus arus. ESP32 digunakan untuk memproses data hasil pengukuran, menampilkan pada LCD display, mengendalikan perilaku LED dan buzzer berdasarkan nilai parameter terukur, dan mengunggah hasil data pengukuran menuju webserver. LCD 1602 I2C Berfungsi untuk menampilkan hasil pengukuran secara langsung pada alat, sedangkan buzzer dan LED digunakan sebagai indikator hasil pengukuran parameter listrik secara audio dan visual.

Perangkat memiliki beberapa fitur unik dalam melakukan pengukuran parameter listrik. Apabila perangkat yang dibuat dibandingkan dengan perangkat yang dijual di pasaran, akan ditemukan kelebihan dan kekurangan masing-masing. Alat di pasaran yang digunakan sebagai pembanding adalah sebagai berikut:



Perangkat yang ditunjukkan oleh gambar di atas memiliki harga yang jauh lebih tinggi, tetapi dengan fitur yang lebih bervariasi dibandingkan perangkat Automated Energy Monitoring : Innovating Energy Consumption Management. Kesamaan antara fitur perangkat di atas adalah parameter listrik yang diukur adalah sama serta kemampuan perangkat dalam mengunggah hasil pengukuran dengan koneksi WiFi. Kelemahan Automated Energy Monitoring: Innovating Energy Consumption Management dibandingkan perangkat di atas adalah, ketidakmampuan perangkat untuk kustomisasi nilai batas energi yang nantinya apabila tercapai dapat menyalakan LED dan buzzer dengan perilaku tertentu. Apabila batas penggunaan energi ingin diubah, maka perlu dilakukan pengunggahan program secara manual dengan Arduino IDE. Hal ini juga berlaku pada perubahan SSID dan Password pada WiFi sehingga mempersulit pengguna dalam mengoperasikan perangkat sesuai dengan kehendaknya.

Selain itu, terdapat perangkat lain dengan harga yang lebih terjangkau namun memiliki keterbatasan yang signifikan. Perangkat tersebut mungkin lebih murah, tetapi tidak mampu mengunggah hasil pengukuran parameter listrik sehingga tidak dapat dipantau secara real-time dari lokasi jauh. Ini menunjukkan bahwa Automated Energy Monitoring: Innovating Energy Consumption Management memberikan keseimbangan antara harga yang terjangkau dan fitur yang lebih canggih, memberikan pengguna kemampuan untuk mengelola penggunaan energi secara efisien dan mendapatkan informasi yang akurat secara real-time.

## 2. Deskripsi Instrumen

Sistem yang dikembangkan mempunyai kemampuan untuk melakukan pengukuran parameter-parameter listrik seperti tegangan, arus, daya, dan energi terkonsumsi pada peralatan listrik rumah tangga. didesain dengan komponen PZEM-004t, Relay, ESP32, LCD 1602 I2C, Buzzer, LED, dan Breadboard Power Supply Module. PZEM-004T berfungsi sebagai sensor untuk mengukur parameter listrik antara lain tegangan, arus, daya, energi, faktor daya, dan frekuensi. Relay bekerja sebagai pemutus arus. ESP32 digunakan untuk memproses data hasil pengukuran yang dilakukan pada core0 sedangkan core1 menampilkan pada LCD display, mengendalikan perilaku LED dan buzzer berdasarkan nilai parameter terukur, dan mengunggah hasil data pengukuran menuju webserver. Untuk dapat mengunggah hasil pengukuran, maka diperlukan koneksi dengan WiFi di mana hal ini akan dilakukan oleh ESP32. SPIFFS akan menyimpan file yang akan dihosting menuju webserver. Untuk melakukannya, library SPIFFS dan ESPAsyncWebServer perlu diinstall. Serta, terdapat file-file yang perlu diletakkan di dalam folder yang sama dengan source code yang kemudian akan diunggah agar dapat diakses dengan internet.

LCD 1602 I2C berfungsi untuk menampilkan hasil pengukuran secara langsung pada alat. Ia merupakan aktuator yang terbagi atas empat kabel yaitu SCL, SDA, VCC, dan GND. Penggunaan modul I2C memberikan kenyamanan bagi pendesain sehingga kabel yang digunakan untuk menyambungkan ESP32 dengan LCD 1602 lebih sederhana karena jumlahnya yang lebih sedikit. Disamping itu, terdapat aktuator lain yaitu buzzer dan LED digunakan sebagai indikator hasil pengukuran parameter listrik secara audio dan visual.

PZEM-004t dipilih sebagai sensor karena kemampuannya dalam mengukur parameter listrik tanpa memerlukan penyisipan kabel secara seri. Selain itu, instrumen ini mampu merekam nilai parameter listrik secara waktu nyata dan mengirimkannya ke server web. Keunggulan utamanya terletak pada penggunaan relay sebagai pemutus arus otomatis saat terjadi kelebihan beban, memberikan perlindungan terhadap perangkat elektronik dan meningkatkan efisiensi energi dengan melakukan pemutusan arus listrik.

Hal ini tidak terjadi pada pengukur parameter listrik konvensional yang cenderung kurang fleksibel dalam hal pemantauan real-time. Keterbatasan ini dapat menghambat kemampuan pengguna untuk memantau dan mengelola penggunaan energi secara efektif, terutama ketika memerlukan informasi secara instan. Selain itu, kebanyakan pengukur daya dan energi konvensional tidak dilengkapi dengan fitur pemutusan otomatis saat terjadi kelebihan beban. Hal ini membuat sistem tersebut kurang responsif terhadap risiko overload, yang dapat menyebabkan kerusakan pada perangkat listrik dan bahkan meningkatkan risiko kebakaran. Ketidakmampuan

untuk secara otomatis mengelola dan menghindari situasi berbahaya ini dapat menjadi kelemahan serius dalam sistem konvensional.

Kelemahan lainnya dari perangkat pengukur parameter listrik konvensional adalah keterbatasan dalam mengakses data pengukuran. Pengukur konvensional cenderung menyimpan data pengukuran secara lokal dan tidak memberikan opsi untuk memantau hasil secara jarak jauh. Ini membatasi kemampuan pengguna untuk melakukan pemantauan dan analisis data secara efisien, terutama dalam situasi di mana pemantauan jarak jauh menjadi penting.

Secara keseluruhan, kelemahan-kelemahan ini menunjukkan bahwa pengukur daya dan energi listrik konvensional mungkin tidak lagi memadai untuk memenuhi tuntutan pemantauan dan manajemen energi yang efisien dalam lingkungan rumah atau bisnis modern. Solusi yang lebih canggih, seperti sistem pengukuran parameter listrik pintar yang telah dijelaskan sebelumnya, dapat menjadi alternatif yang lebih unggul dalam memenuhi kebutuhan ini seperti pada contohnya Automated Energy Monitoring: Innovating Energy Consumption Management.

Perangkat ini memiliki kegunaan unik dibandingkan perangkat-perangkat sejenis lain di pasaran antara lain:

- Perangkat mampu membantu pengguna untuk mengetahui penggunaan energi listrik pada peralatan elektronik yang terhubung.
- Pengguna dapat memantau penggunaan energi peralatan elektronik terpasang secara jarak jauh.
- Penggunaan alat cukup dengan menghubungkan peralatan dan alat elektronik yang ingin diukur dengan sumber listrik rumahan dengan stop kontak.
- Perangkat ini menyajikan data pengukuran parameter listrik secara real-time, memberikan informasi yang akurat dan aktual mengenai penggunaan energi. Hal ini memungkinkan pengguna untuk mengambil tindakan yang tepat secara cepat jika diperlukan.
- Dengan data yang terkumpul, perangkat ini dapat membantu pengguna dalam menganalisis pola konsumsi energi seiring waktu. Informasi ini dapat digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan energi dan mengidentifikasi peluang penghematan.

### 3. File Desain

Nama file	Tipe file	Lokasi (direktori file)
<i>Skematik Rangkaian</i>	.jpg	<a href="https://drive.google.com/file/d/10cN4IGv7GDBWbyRxCfpBOgXchGihgIVY/view?usp=drivesdk">https://drive.google.com/file/d/10cN4IGv7GDBWbyRxCfpBOgXchGihgIVY/view?usp=drivesdk</a>

Rangkaian Asli	.jpg	<a href="https://drive.google.com/file/d/10_Rm_DvawQOFZ2-kIu35xlbMYmLPRBhb/view?usp=drivesdk">https://drive.google.com/file/d/10_Rm_DvawQOFZ2-kIu35xlbMYmLPRBhb/view?usp=drivesdk</a>
Source code ESP32	.ino	<a href="https://drive.google.com/file/d/10w8ILQxiXNEZylAqyCbbwEeyTgLqN1MH/view?usp=drivesdk">https://drive.google.com/file/d/10w8ILQxiXNEZylAqyCbbwEeyTgLqN1MH/view?usp=drivesdk</a>
Webserver	.html	<a href="https://drive.google.com/file/d/1hcjwIXxf-2j2ACvabGRV_6CkZoGm5f_Y/view?usp=drive_link">https://drive.google.com/file/d/1hcjwIXxf-2j2ACvabGRV_6CkZoGm5f_Y/view?usp=drive_link</a>
chart	.js	<a href="https://drive.google.com/file/d/18zbyIXitJKU4ZGJXVVhv6gOkGytQA44C/view?usp=drive_link">https://drive.google.com/file/d/18zbyIXitJKU4ZGJXVVhv6gOkGytQA44C/view?usp=drive_link</a>
style	.css	<a href="https://drive.google.com/file/d/1ZirarWNlfBWublzHB22F3i0cGqhHbAXD/view?usp=drive_link">https://drive.google.com/file/d/1ZirarWNlfBWublzHB22F3i0cGqhHbAXD/view?usp=drive_link</a>
otomated	.png	<a href="https://drive.google.com/file/d/1aY0XWzMyQ5HLF39XjpW_dn9vxPFRyroT/view?usp=drive_link">https://drive.google.com/file/d/1aY0XWzMyQ5HLF39XjpW_dn9vxPFRyroT/view?usp=drive_link</a>

#### 4. Bill of Materials

<i>Designator</i> (Penamaan)	Komponen	Jumlah	Biaya per unit	Total biaya	Sumber pembelian	Tipe material
<i>ESP32</i>	<i>ESP32 DOIT WIFI BLUETOOT H IOT</i>	1	<i>Rp60.000,00</i>	<i>Rp60.000,00</i>	<a href="https://tokopedia.link/cN6DAqTOFFb">https://tokopedia.link/cN6DAqTOFFb</a>	<i>Elektronik</i>
<i>PZEM_004T</i>	<i>PZEM-004T</i>	1	<i>Rp94.000,00</i>	<i>Rp94.000,00</i>	<a href="https://tokopedia.link/seoRUhPOFFb">https://tokopedia.link/seoRUhPOFFb</a>	<i>Elektronik</i>

Relay_1	Relay	1	Rp8.500,00	Rp8.500,00	<a href="https://tokopedia.link/8Y5o7xJOFFb">https://tokopedia.link/8Y5o7xJOFFb</a>	Elektronik
LCD_16x2	LCD 1602 I2C	1	Rp37.500,00	Rp37.500,00	<a href="https://tokopedia.link/euMpdQKOFFb">https://tokopedia.link/euMpdQKOFFb</a>	Elektronik
LED_1, LED_2, LED_3	LED	3	Rp500,00	Rp1.500,00	<a href="https://tokopedia.link/ttbeMR1OFFb">https://tokopedia.link/ttbeMR1OFFb</a>	Elektronik
Buzzer_1	Buzzer	1	Rp5.500,00	Rp5.500,00	<a href="https://tokopedia.link/x3bcUKWOFFb">https://tokopedia.link/x3bcUKWOFFb</a>	Elektronik
Breadboard	Breadboard	2	Rp8.300,00	Rp17.600,00	<a href="https://tokopedia.link/Y27YlyQOFFb">https://tokopedia.link/Y27YlyQOFFb</a>	Elektronik
Breadboard Power Supply Module	Breadboard power supply module	1	Rp8.300,00	Rp8.300,00	<a href="https://tokopedia.link/ciaBfY5OFFb">https://tokopedia.link/ciaBfY5OFFb</a>	Elektronik
Baterai	Baterai 9V	1	Rp6.500,00	Rp6.500,00	<a href="https://tokopedia.link/nvJaOKaPFFb">https://tokopedia.link/nvJaOKaPFFb</a>	Elektronik
Baterai clip	Baterai Clip	1	Rp1.500,00	Rp1.500,00	<a href="https://tokopedia.link/DAtZwzbPFFb">https://tokopedia.link/DAtZwzbPFFb</a>	Elektronik
Jumper	Jumper male to female	1	Rp8.000,00	Rp8.000,00	<a href="https://tokopedia.link/OpR1T9fPFFb">https://tokopedia.link/OpR1T9fPFFb</a>	Elektronik
Stopkontak	Stopkontak	1	Rp17.500,00	Rp17.500,00	<a href="https://tokopedia.link/ivc86jPFb">https://tokopedia.link/ivc86jPFb</a>	Elektronik

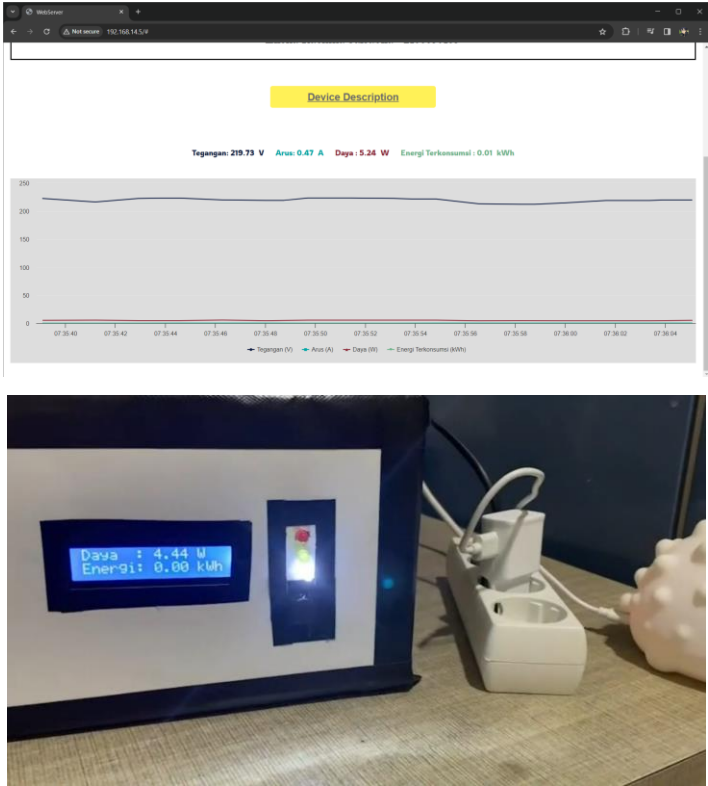
## 5. Validasi dan Karakterisasi

### 5.1 Validasi Performa Instrumen

#### 5.1.1 Pengukuran Parameter Listrik

- Pengukuran Parameter Listrik Pada Charger Smartphone

Dalam pengujian pengukuran parameter listrik charger smartphone, spesifikasi dari charger adaptor adalah tegangan, arus, dan daya secara berturut-turut adalah 100-240V, 0.5A, dan 5W. Berikut adalah gambar dan tabel data pengukuran yang diperoleh:



Parameter	Spesifikasi	LCD	Webserver
Tegangan	100-240 V	211.21V	219.79 V
Arus	0.02 A	0.03 A	0.03 A
Daya	5 W	4.44 W	5.24 W
Energi	-	0.00 kWh	0.01 kWh

b) Pengukuran Parameter Listrik Pada Rice Cooker



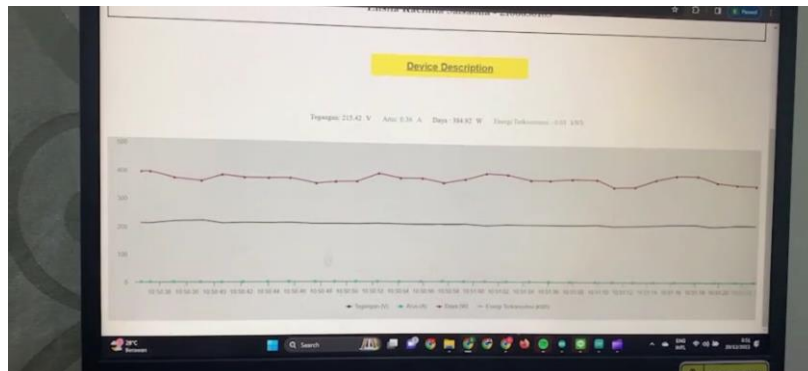
Magic Warmer Plus Miyako Indonesia and Magic Warmer Plus > MCM-612



## MCM-612

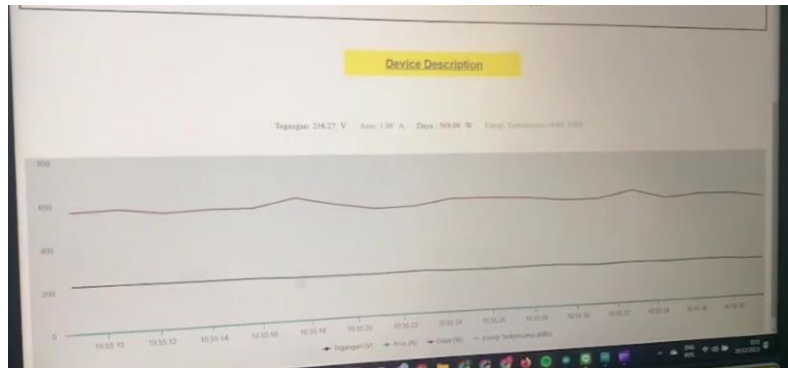
### Spesifikasi

FUNGSI 3 IN 1 (MEMASAK, MENGHANGATKAN, MENGUKUS)	DAYA LISTRIK 365 WATT
KAPASITAS BERAS 1,2 LITER	KAPASITAS NASI 3,2 LITER
BODI ANTI KARAT DAN ANTI PENYOK	ALUMINIUM PAN NON STICK
TEGANGAN 220 VAC	UKURAN INNER BOX 32 CM X 27,5 CM X 26,5 CM



Parameter	Spesifikasi	LCD	Webserver
Tegangan	220 V	214.97V	219.79 V
Arus	-	0.47 A	0.47 A
Daya	365 W	384.92 W	384.92 W
Energi	-	0.03 kWh	0.03 kWh

### c) Pengukuran Parameter Listrik Pada Panci Listrik Pintar



Parameter	Spesifikasi	LCD	Webserver
Tegangan	220 V	216.27V	216.27V
Arus	1 A	1.08 A	1.08 A
Daya	550 W	588.65 W	588.65 W
Energi	-	0.00 kWh	0.01 kWh

### 5.1.1 Analisis Pengukuran Parameter Listrik

#### a) Analisis Pengukuran Pada Charger Smartphone

Berdasarkan spesifikasi charger yang digunakan yaitu tegangan, arus, dan daya secara berturut-turut adalah 100-240V, 0.5A, dan 5W; hasil pengukuran yang dilakukan oleh perangkat memiliki akurasi yang cukup tinggi. Hal ini dapat dibuktikan dengan nilai error adalah sebagai berikut:

$$\%error = \left| \frac{\text{nilai aktual} - \text{nilai pengukuran}}{\text{nilai aktual}} \right|$$

Pada parameter tegangan

$$\%error V = \left| \frac{220 - 211.27}{220} \right| = 4\%$$

Pada parameter arus

$$\%error I = \left| \frac{0.5 - 0.43}{0.5} \right| = 1.4\%$$

Pada parameter daya

$$\%error\ W = \left| \frac{5 - 5.24}{5} \right| = 4.8\%$$

Berdasarkan nilai error yang diperoleh dapat diketahui bahwa nilai error paling tinggi yang didapatkan adalah pada parameter daya yaitu 4.8%. Hal ini dapat disebabkan oleh gangguan kelistrikan pada penghubung sehingga menyebabkan kesalahan dalam pengukuran.

b) Analisis Pengukuran Pada Rice Cooker

Berdasarkan data spesifikasi perangkat dan juga data yang diperoleh selama pengukuran beban, maka nilai error dapat ditentukan untuk menentukan akurasi dari sistem yang telah dikembangkan.

$$\%error = \left| \frac{\text{nilai aktual} - \text{nilai pengukuran}}{\text{nilai aktual}} \right|$$

Pada parameter tegangan

$$\%error\ V = \left| \frac{220 - 214.97}{220} \right| = 2.28\%$$

Pada parameter daya

$$\%error\ W = \left| \frac{365 - 384.92}{365} \right| = 5.17\%$$

Berdasarkan error yang diperoleh, ditemukan nilai error paling tinggi pada parameter daya antara lain 5.17% menunjukkan bahwa nilai error yang terhitung cukup kecil.

c) Analisis Pengukuran Pada Panci Listrik Pintar

Kemudian, apabila dilakukan perhitungan error berdasarkan data spesifikasi beban dan data hasil pengukuran sebelumnya, maka diperoleh hasil sebagai berikut:

$$\%error = \left| \frac{\text{nilai aktual} - \text{nilai pengukuran}}{\text{nilai aktual}} \right|$$

Pada parameter tegangan

$$\%error\ V = \left| \frac{220 - 214.97}{220} \right| = 1.72\%$$

Pada parameter arus

$$\%error I = \left| \frac{1 - 1.08}{1} \right| = 8\%$$

Pada parameter daya

$$\%error W = \left| \frac{550 - 558.65}{550} \right| = 1.57\%$$

Berdasarkan hasil tersebut, nilai error paling tinggi ada pada parameter arus yaitu sebesar 8%. Berdasarkan nilai tersebut, dapat disimpulkan bahwa perangkat yang dikembangkan memiliki akurasi pengukuran berkisar minimal 92%. Nilai ini menunjukkan seberapa akurat alat dapat mengukur parameter listrik pada beban yang dipasang.

## 5.2 Karakteristik Instrumen

Kemampuan yang diberikan oleh Automated Energy Monitoring: Innovating Energy Consumption Management adalah sebagai berikut:

- **Pengukuran Parameter Listrik**  
Automated Energy Monitoring dapat mengukur berbagai parameter listrik, termasuk tegangan, arus, daya, energi, faktor daya, dan frekuensi, memberikan pengguna informasi yang komprehensif tentang penggunaan energi perangkat elektronik. Sensor PZEM-004T digunakan untuk memperoleh informasi penggunaan daya, dan ketika terjadi kelebihan beban, relay secara otomatis memutus aliran listrik, memberikan perlindungan terhadap perangkat elektronik dan meningkatkan efisiensi energi.
- **Indikator Visual dan Audio**  
Dengan menggunakan LED dan buzzer sebagai indikator visual dan audio, perangkat memberikan feedback langsung kepada pengguna terkait hasil pengukuran, memudahkan pemantauan oleh pengguna.
- **Koneksi dengan Webserver**  
Perangkat dapat terhubung dengan webserver, memungkinkan pengguna untuk memantau penggunaan energi secara jarak jauh dan mengakses data pengukuran secara online.
- **Perangkat mampu melakukan pemutusan aliran listrik apabila terjadi kelebihan beban.** Ketika sensor PZEM-004T memperoleh informasi penggunaan daya yang

melampaui batas yang ditentukan, maka relay akan memutus arus dari sumber daya menuju beban.

Sedangkan batasan dari instrumen ini adalah antara lain:

- Ketergantungan pada jaringan  
Koneksi ke webserver membuat perangkat ini rentan terhadap gangguan jaringan, sehingga pemantauan jarak jauh menjadi tidak mungkin saat terputus. Selain itu, webserver juga hanya mampu diakses dalam jaringan dengan IP address yang sama.
- Keterbatasan tampilan LCD  
Meskipun perangkat menggunakan LCD 1602 I2C untuk menampilkan data, keterbatasan ukuran tampilan dapat membatasi kompleksitas informasi yang dapat ditampilkan.
- Keterbatasan kapasitas beban yang dipantau  
Terdapat batasan terkait jumlah perangkat atau beban yang dapat dipantau secara bersamaan, yang dapat membatasi cakupan pemantauan energi.

---

### Referensi:

- [1] R. Santos, “ESP32 Web Server using SPIFFS (SPI Flash File System) | Random Nerd Tutorials,” Random Nerd Tutorials, Oct. 19, 2018. <https://randomnerdtutorials.com/esp32-web-server-spi-ffs-spi-flash-file-system/>
- [2] Habibi, F. Nur, Setiawidayat S., Muhksim, Moh., “Alat Monitoring Pemakaian Energi Listrik Berbasis Android Menggunakan Modul PZEM-004T,” Prosiding Seminar Nasional Teknologi Elektro Terapan 2017, Vol.01, No.41, ISSN: 2581-0049.
- [3] Nurdiansyah, Arief. KWH METER DIGITAL BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S51. <https://core.ac.uk/download/files/478/16508641.pdf>
- [4] Power Factor Measurement Using Microcontroller in Proteus ISIS. <http://www.theengineeringprojects.com/2015/12/power-factor-measurement-usingmicrocontroller-in-proteus.html>

[5] R. Santos, "How to Program / Upload Code to ESP32-CAM AI Thinker (Arduino IDE)," Random Nerd Tutorials, January 2020. [Online]. <https://randomnerdtutorials.com/program-upload-code-esp32-cam/>.

[6] H. Budi Santoso, S. Prajogo dan S. P. Mursid, "Pengembangan Sistem Pemantauan Konsumsi Energi Rumah Tangga Berbasis Internet of Things (IoT)," ELKOMIKA

[7] Andriana, H. Baehaqi dan Zulkarnain, "Sistem KWh Meter Digital Menggunakan Modul PZEM-004T," Jurnal TIARSIE

[8] R. Santos, "ESP32 Plot Sensor Readings in Charts (Multiple Series)" Random Nerd Tutorial, <https://randomnerdtutorials.com/esp32-plot-readings-charts-multiple/>