

# SISTEM KENDALI DAN PROTEKSI ARUS BERLEBIH PADA ALAT RUMAH TANGGA BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

<sup>1</sup>Reggy Yudha Septiyanto, <sup>2</sup>Muhammad Khosyi'in\*

<sup>1,2</sup>Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung

\*Corresponding Author:  
chosyi@unissula.ac.id

## ABSTRAK

Peralatan rumah tangga dapat mengalami kerusakan akibat arus listrik yang melebihi ambang batas, dibutuhkan metode pengamanan arus berlebih agar peralatan rumah tangga tidak mudah rusak akibat arus berlebih. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem kendali serta proteksi arus berlebih pada alat rumah tangga berbasis Internet of Things (IoT) dengan memanfaatkan mikrokontroler Node MCU ESP8266 dan sensor PZEM-004T V3.0. Sistem ini dirancang untuk melakukan pemantauan dan pemutusan arus listrik secara otomatis apabila melebihi nilai set poin yang ditentukan, dengan pemantauan melalui OLED 0,96 inci dan penampil website. Hasil pengujian menunjukkan bahwa akurasi pengukuran arus rata-rata mencapai 91,97% dengan deviasi 0,006, sedangkan akurasi pengukuran tegangan mencapai 99,35% dengan deviasi sebesar 0,258. Sistem ini menunjukkan keandalan fungsi proteksi dengan rata-rata akurasi ketepatan pemutusan sebesar 99,51% dan deviasi sebesar 0,005. Adapun waktu tunda rata-rata dalam merespons arus lebih tercatat selama 0,49 detik. Dengan akurasi tinggi, deviasi rendah, serta kemampuan pemutusan otomatis yang cepat dan presisi, sistem ini efektif digunakan sebagai solusi proteksi perangkat elektronik dari bahaya arus berlebih.

**Kata Kunci:** Proteksi arus berlebih, Node MCU ESP8266, PZEM-004T V3.0, cut-off, deviasi.

## Abstract

Household appliances are susceptible to damage if the electrical current exceeds a certain threshold. Therefore, this study aims to design a control and overcurrent protection system for household electrical devices based on the Internet of Things (IoT), utilizing the NodeMCU ESP8266 microcontroller and the PZEM-004T V3.0 sensor. The system is designed to monitor and automatically disconnect electrical current when it exceeds a predefined set point, with monitoring interfaces provided through a 0.96-inch OLED display and a web-based dashboard. Test results show that the system achieves an average current measurement accuracy of 91.97% with a deviation of 0.006, while voltage measurement accuracy reaches 99.35% with a deviation of 0.258. The system demonstrates reliable protection performance, with an average cut-off accuracy of 99.51% and a deviation of 0.005. The average response delay time to overcurrent events is recorded at 0.49 seconds. With high accuracy, low deviation, and a fast, precise disconnection mechanism, this system proves effective as a protective solution for electronic devices against overcurrent risks.

**Keywords:** Overcurrent protection, NodeMCU ESP8266, PZEM-004T V3.0, cut-off, deviation.

---

## 1. PENDAHULUAN

Kemajuan dalam teknologi kelistrikan telah memberikan banyak kemudahan dalam kehidupan rumah tangga. Berbagai perangkat listrik seperti kompor listrik, mesin cuci, dan peralatan rumah tangga lainnya kini menjadi bagian dari kebutuhan sehari-hari. Namun, penggunaan peralatan ini juga membawa risiko, seperti adanya anomali pada sistem kelistrikan yang dapat menyebabkan kerusakan perangkat atau bahkan bahaya yang lebih besar, seperti kebakaran (Kurniawan & Amirullah, 2024)(Danniswara et al., 2020).

Beberapa contoh anomali yang umum terjadi meliputi korsleting listrik yang disebabkan oleh isolasi kabel rusak atau hubungan langsung antara kabel fasa dan netral, overload (beban berlebih) ketika peralatan menarik arus lebih besar dari kapasitas jaringan listrik, overheating (pemanasan berlebih) akibat saklar atau stopkontak yang berkualitas rendah, serta fluktuasi tegangan atau lonjakan tegangan listrik. Lonjakan tegangan dapat merusak peralatan sensitif seperti komputer atau televisi, dan peralatan listrik di dapur, sementara fluktuasi tegangan dapat mengganggu kinerja peralatan rumah tangga seperti kulkas atau mesin cuci (Ridwan et al., 2024). Anomali-anomali ini tidak hanya berpotensi merusak peralatan rumah tangga, tetapi juga dapat membahayakan keselamatan penghuni rumah.

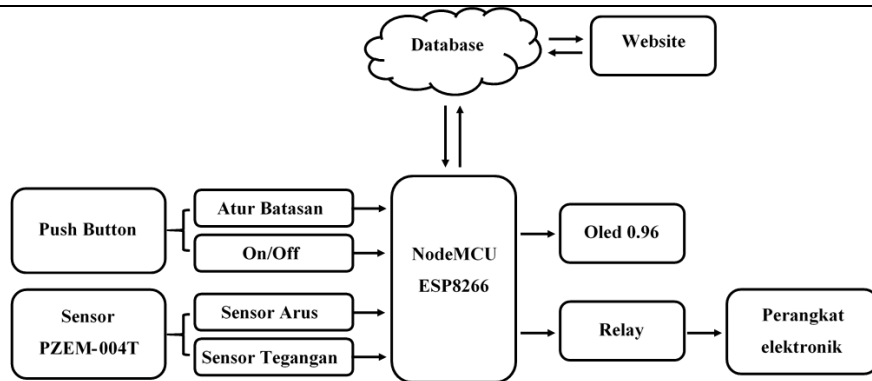
Peralatan rumah tangga sering kali tidak dilengkapi dengan sistem proteksi yang memadai. Untuk mengatasi masalah ini, penambahan sistem proteksi arus berlebih dan hubung singkat pada alat sangat diperlukan (Suyanto & Yusuf, 2013). Dengan adanya sistem proteksi ini, diharapkan alat yang digunakan dapat bertahan lebih lama dan terhindar dari kerusakan alat. Melihat kemajuan teknologi di era sekarang ini, diusulkan sebuah gagasan untuk membuat Sistem Kendali dan Proteksi Arus Berlebih pada Alat Rumah Tangga Berbasis Internet of Things (IoT). Sistem ini menggunakan web berbasis IoT yang dapat diakses di mana saja menggunakan telepon cerdas atau komputer. Melalui web atau secara manual, sistem ini dapat mengendalikan dan memberikan proteksi pada peralatan rumah tangga.

## 2. METODE

Untuk model penelitian ini menggunakan Node MCU ESP 8266 sebagai pusat pemroses dari rangkaian. Masukan sensor yang digunakan adalah PZEM-004T sebagai sensor tegangan, dan arus. Sistem IoT menggunakan Node MCU ESP 8266 yang terhubung dengan website dan di dalam website tersebut ada beberapa fitur untuk memantau dan mengendalikan sistem pada alat yang dibuat. Luaran yang dapat dikendalikan adalah relai sebagai pemutus dan penyambung aliran listrik.

### Desain Sistem

Sistem kendali dan proteksi arus berlebih pada alat rumah tangga berbasis *Interet of Things* dirancang dengan beberapa sistem yang terbagi menjadi tiga bagian. Ketiga bagian ini adalah masukan, pemroses, dan luaran. Komponen masukan pada alat ini adalah sensor PZEM-004T dan push button. Lalu pada bagian pemroses menggunakan Node MCU ESP 8266. Luaran yang digunakan adalah relai dan oled 0.96 dan website. Diagram blok sistem dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem Kendali dan Proteksi Arus Berlebih pada Alat Rumah Tangga Berbasis *Internet of Things* (IoT)

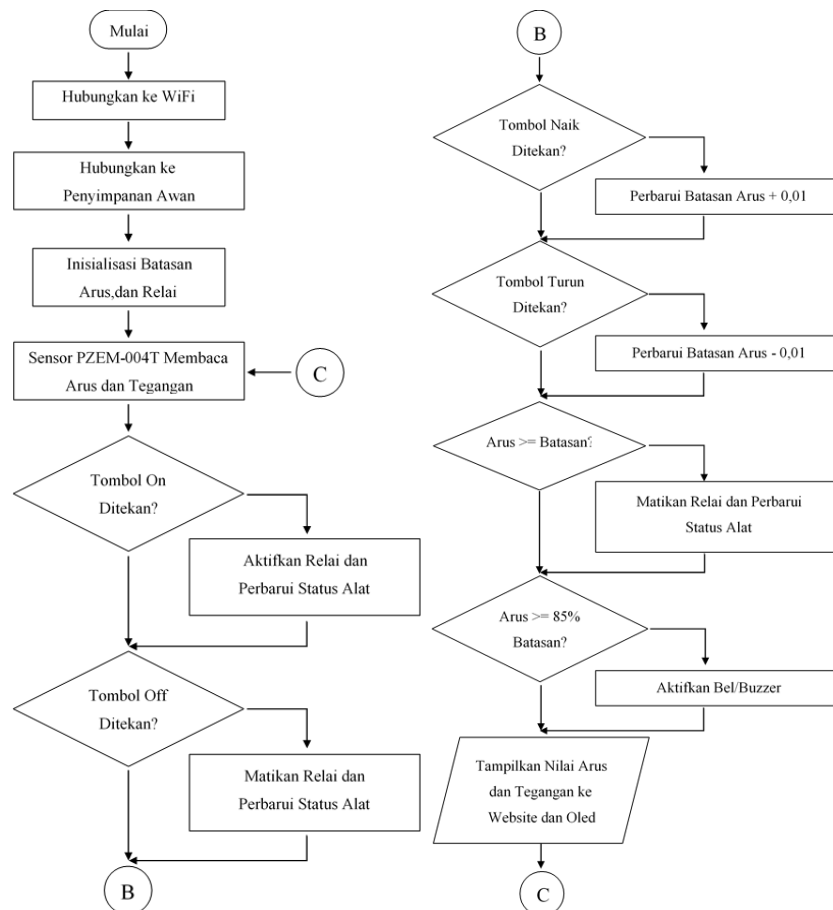
Cara kerja dari blok diagram pada gambar 1 adalah komponen masukan yang digunakan yaitu modul sensor PZEM-004T sebagai sensor tegangan dan arus. PZEM-004T digunakan untuk mendeteksi tegangan dan arus pada alat rumah tangga yang digunakan. Informasi yang didapat dari masukan akan dikirimkan ke penyimpanan awan melalui Node MCU ESP 8266 kemudian website akan menampilkan data yang sudah dikirim tersebut. Komponen luaran terdapat relai yang berfungsi sebagai pemutus dan penyalur aliran listrik pada alat rumah tangga yang digunakan kemudian Oled 0.96 juga sebagai penampil data (Anwar et al., 2019)(Artiyasa et al., 2020).

Seperti yang terlihat pada diagram blok, setiap blok memiliki fungsi masing-masing. Berikut merupakan penjelasan dari tiap blok rangkaian alat yang dibuat:

- **Sensor PZEM-004T:** PZEM-004T pada sistem ini berfungsi untuk mendeteksi tegangan pada alat rumah tangga yang digunakan sehingga kondisinya dapat dipantau dan dibatasi melalui website dan secara langsung.
- **Push Button:** Push button digunakan untuk memberikan nilai batasan arus dan mengendalikan relai pada sistem ini.
- **Node MCU ESP8266:** Pemroses pada perangkat ini menggunakan NodeMCU ESP8266 yang bertindak sebagai pemroses berbagai masukan dan mengelola luarannya. Pemroses ini juga berfungsi untuk memproses masukan sehingga data dapat dikirim ke penyimpanan awan serta mengendalikan relai berdasarkan batasan arus yang diberikan.
- **Relai:** Relai pada sistem ini berfungsi sebagai kendali alat rumah tangga agar alat tersebut dapat terputus dari aliran listrik sesuai dengan batasan arus yang telah ditentukan.
- **Oled 0.96:** Oled digunakan sebagai tampilan sistem selain menggunakan website. Sehingga sistem dapat dipantau juga tanpa menggunakan website (Setiabudi et al., 2024).

## Diagram Alir

Diagram alir digunakan untuk mempermudah pembuatan sistem secara keseluruhan. Selain mempermudah pembuatan program, diagram alir juga dapat digunakan untuk melacak kesalahan selama proses pembuatan program. Gambar 2 Menunjukkan diagram alir sistem Kendali dan Proteksi Arus Berlebih pada Alat Rumah Tangga Berbasis *Internet of Things* (IoT).



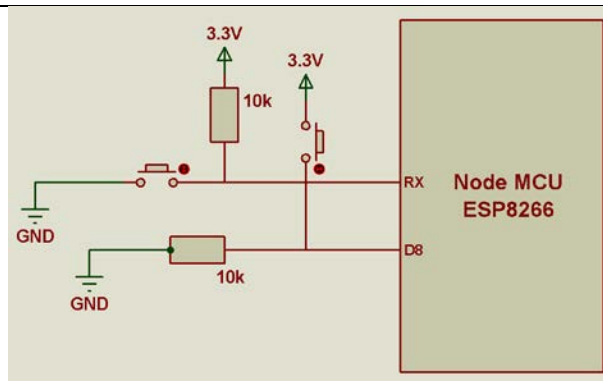
Gambar 2. Diagram Alir Sistem Kendali dan Proteksi Arus Berlebih pada Alat Rumah Tangga Berbasis *Internet of Things* (IoT)

## Perancangan Sistem Kendali dan Proteksi

Perancangan sistem ini perlu pembuatan masukan dan luaran sesuai dengan diagram blok yang terdapat pada gambar 1.

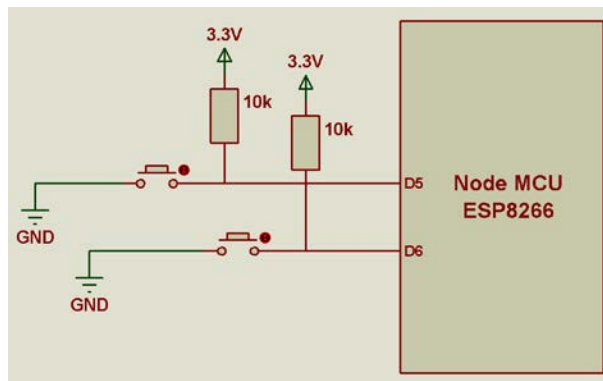
### Tombol Tekan

Kendali pada relai dapat diakses secara langsung dengan cara menekan tombol yang sudah ada. Apabila tombol (On) ditekan maka relai akan aktif dan ketika tombol (Off) ditekan maka relai akan nonaktif. Rangkaian tombol kendali secara langsung terdapat pada gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian Tombol Kendali Relai

Pemberian Pembatasan arus secara manual dapat dilakukan dengan cara menekan tombol yang ada. Apabila tombol (↑) ditekan maka akan menaikkan batasan arus. Sedangkan bila tombol (↓) ditekan maka akan menurunkan batasan arus. Rangkaian tombol pembatas arus ditunjukkan pada gambar 4.



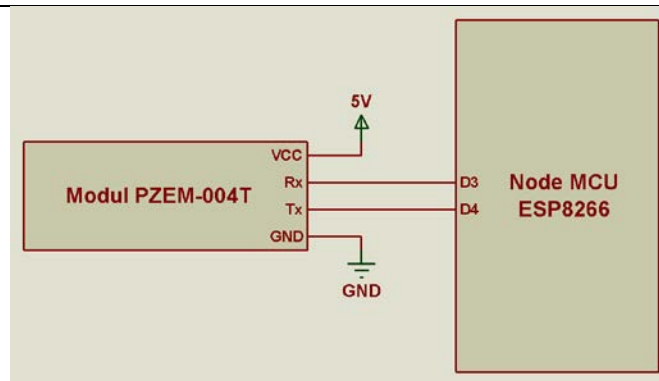
Gambar 4. Rangkaian Tombol Proteksi Arus Secara Manual

#### *Pengukur Nilai Tegangan dan Arus*

Sistem ini menggunakan modul sensor PZEM-004T untuk mendeteksi nilai tegangan dan arus yang mengalir pada alat rumah tangga. Modul ini langsung terhubung pada beban alat rumah tangga. Modul ini merupakan masukan yang terhubung dengan pemroses Node MCU ESP8266. Rangkaian modul sensor PZEM-004T dengan Node MCU ESP8266 ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 5. Modul PZEM-004T



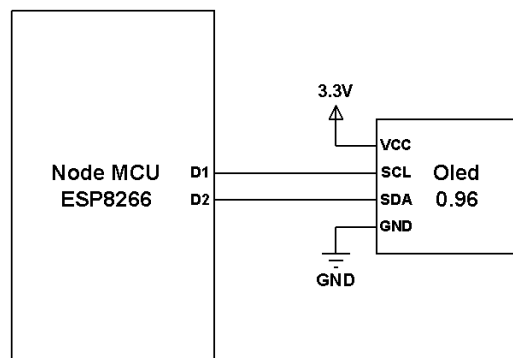
Gambar 6. Rangkaian Modul Sensor PZEM-004T

### *Penampil Nilai*

Sistem ini dapat memberikan kendali pembatasan arus secara manual dan website. Oled 0.96 digunakan untuk menampilkan nilai tegangan, arus, batasan arus, dan status alat. Gambar 8 merupakan rangkaian oled yang terhubung dengan Node MCU ESP8266.



Gambar 7. OLED Display 0.96 inci



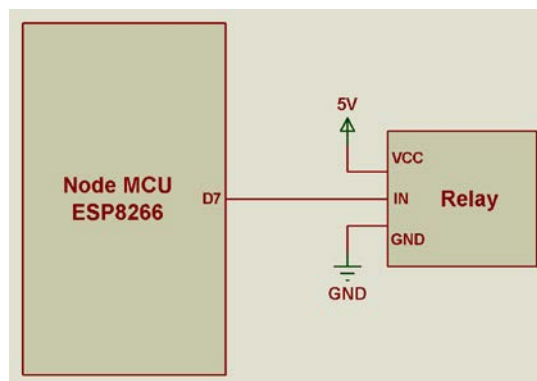
Gambar 8. Rangkaian Oled 0.96 sebagai Penampil

### *Pemutus Aliran*

Relai digunakan sebagai pemutus aliran menuju alat rumah tangga. Relai juga diprogram sebagai pemutus aliran secara otomatis bila melebihi batas yang telah ditentukan sebelumnya. Dengan adanya pemutus secara otomatis merupakan fungsi utama sistem sebagai sistem proteksi arus berlebih. Rangkaian relai dapat ditunjukkan pada gambar 10 (Fahrudin Nur Iksan & Gunawan Tjahjadi, 2018).



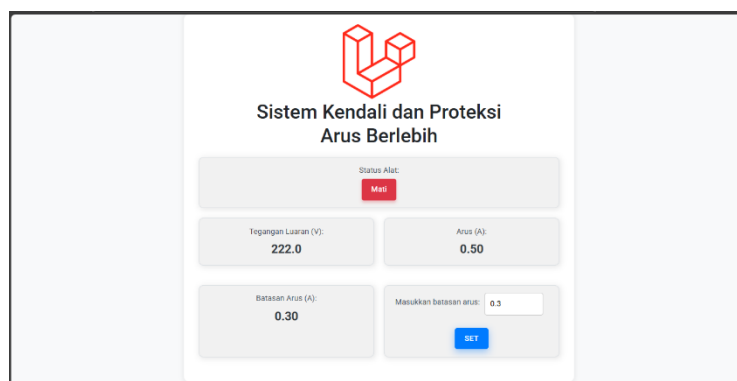
Gambar 9. Relai 250V/10A



Gambar 10. Rangkaian Relai sebagai Pemutus Aliran

### Website

Website dirancang menggunakan Visual Studio Code menjadi website yang dapat diakses yang memiliki beberapa penampil informasi antara lain Tegangan, Arus, Batasan Arus, dan Status Alat. Website juga dapat bertindak sebagai kendali On/Off Alat serta pengaturan nilai batasan arus. Pada Gambar 11. dapat dilihat halaman website yang akan tertampil (Sweetania & Herawati, 2022)(Hartiwati, 2022).



Gambar 11. Halaman website sistem

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian sistem kendali dan proteksi arus berlebih pada alat rumah tangga diperoleh dari melakukan pengukuran dan pengujian tegangan, beban arus, dan proteksi alat rumah tangga yang hasilnya berupa data hasil pengukuran, data ini kemudian dianalisis, hasil analisis ini menjadi informasi terkait hasil penelitian.

## Pengukuran Tegangan

Pengukuran ini dilakukan dengan mengukur tegangan pada stop kontak yang terhubung ke beban dengan tegangan kerja 220 VAC (tegangan referensi pengukuran) menggunakan voltmeter digital. Hasil pengujian pengukuran tegangan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Pengukuran Tegangan

| Beban ke-        | Tegangan Referensi | Pengukuran Tegangan (V) |       |       | Tegangan Rata-rata | Akurasi | Deviasi rata-rata |
|------------------|--------------------|-------------------------|-------|-------|--------------------|---------|-------------------|
|                  |                    | 1                       | 2     | 3     |                    |         |                   |
| 1. Solder        | 225                | 223,8                   | 224   | 223,8 | 223,867            | 99,50%  | 0,089             |
| 2. Setrika       | 220                | 218,3                   | 217,5 | 218,3 | 218,033            | 99,11%  | 0,356             |
| 3. Charge Laptop | 225                | 223,4                   | 222,7 | 222,9 | 223,000            | 99,11%  | 0,267             |
| 4. Kipas Angin   | 223                | 221,9                   | 222,4 | 221,3 | 221,867            | 99,49%  | 0,378             |
| 5. Magiccom      | 223                | 221,7                   | 222,1 | 222,2 | 222,000            | 99,55%  | 0,200             |
| Rata-rata        |                    |                         |       |       |                    | 99,35%  | 0,258             |

Hasil pengukuran di atas menunjukkan bahwa tegangan pada stop kontak untuk mensuplai beban bekerja dengan sangat baik dengan akurasi 99,35% sehingga aman untuk mensuplai beban alat rumah tangga.

Analisis hasil nilai deviasi rata-rata pada pengukuran di dapat dari penjumlahan deviasi absolut dikurangi jumlah pengukuran, deviasi absolut diperoleh dengan mengurangi antara hasil pengukuran terhadap nilai rata-rata pengukuran (Khosyi'in, 2014), di bawah ini adalah hasil dari perhitungannya.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_n}{n} \quad (1)$$

$$\bar{x} = \frac{223,8 + 223,8 + 223,8}{3}$$

$$\bar{x} = 223,867$$

$$d_n = x_n - \bar{x} \quad (2)$$

$$d_1 = x_1 - \bar{x}$$

$$d_1 = 223,8 - 223,867$$

$$d_1 = 0,06667$$

Semua deviasi di setiap pengukuran dihitung untuk digunakan dalam perhitungan deviasi rata-rata,

$$D = \frac{|d_1| + |d_2| + |d_3| + |d_n|}{n} \quad (3)$$

$$D = \frac{0,06667 + 0,13333 + 0,06667}{3}$$

$$D = 0,08889$$

Keterangan:

$\bar{x}$  = Rata – rata pengukuran

$x_1$  = Pengukuran ke – n

$n$  = Jumlah pengukuran

$d_1$  = Selisih pengukuran ke – n terhadap nilai rata – rata pengukuran

$D$  = Deviasi rata – rata

Hasil pengukuran tegangan terhadap lima beban menunjukkan nilai deviasi rata-rata yang bervariasi, dengan nilai terkecil sebesar 0,08889 pada beban solder, yang menandakan hasil pengukuran sangat konsisten. Beban magiccom juga menunjukkan konsistensi yang cukup baik dengan deviasi sebesar 0,200. Sebaliknya, beban setrika dan kipas angin memiliki deviasi tertinggi, yaitu masing-masing 0,356 dan 0,378, yang mengindikasikan adanya sedikit fluktuasi antar pengukuran. Secara keseluruhan, nilai deviasi rata-rata dari seluruh beban sebesar 0,258 menunjukkan bahwa sistem pengukuran tergolong cukup konsisten (Khosyi'in, 2014).

Sementara itu, tingkat akurasi pengukuran dihitung berdasarkan perbandingan antara tegangan rata-rata hasil pengukuran dengan nilai tegangan referensi. Misalnya, pada beban solder, diperoleh tegangan rata-rata sebesar 223,867 V dibandingkan dengan tegangan referensi 225 V, sehingga menghasilkan error sebesar 0,503% dan akurasi sebesar 99,50% (Khosyi'in et al., 2017). Rata-rata akurasi dari seluruh beban adalah 99,35%, didapatkan dari pengurangan nilai akurasi 100% dengan nilai persentase error (Khosyi'in, 2014).

Berikut adalah hasil perhitungan nilai akurasi yang diperoleh:

$$Error(\%) = \left| \frac{V - V_{referensi}}{V_{referensi}} \right| \times 100\% \quad (4)$$

$$Error(\%) = \left| \frac{223,867 - 225}{225} \right| \times 100\%$$

$$Error(\%) = \left| \frac{-1,133}{225} \right| \times 100\%$$

$$Error = 0,5035\%$$

$$Akurasi(\%) = 100\% - Error\% \quad (5)$$

$$Akurasi(\%) = 100\% - 0,5035\%$$

$$Akurasi(\%) = 99,5\%$$

### Pengukuran Arus

Pengukuran arus dilakukan menggunakan amperemeter digital yang dipasang pada kabel fasa setelah relai dan sebelum stop kontak yang langsung terhubung ke beban. Penempatan alat ukur ini dimaksudkan untuk mengetahui arus yang mengalir menuju masing-masing beban saat sistem beroperasi. Setiap jenis beban diuji sebanyak tiga kali guna memperoleh nilai rata-rata arus serta mengevaluasi kestabilan pengukuran. Arus referensi digunakan sebagai nilai pembanding, sementara data arus hasil pengukuran

dimanfaatkan untuk menilai tingkat akurasi dan deviasi sistem. Hasil pengujian lima jenis beban dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Pengukuran Beban Arus

| Beban ke-        | Arus Referensi | Pengukuran Arus (A) |      |      | Arus Rata-rata | Akurasi | Deviasi rata-rata |
|------------------|----------------|---------------------|------|------|----------------|---------|-------------------|
|                  |                | 1                   | 2    | 3    |                |         |                   |
| 1. Solder        | 0,104          | 0,12                | 0,12 | 0,11 | 0,117          | 87,82%  | 0,004             |
| 2. Setrika       | 1,577          | 1,64                | 1,63 | 1,64 | 1,637          | 96,22%  | 0,004             |
| 3. Charge Laptop | 0,283          | 0,31                | 0,28 | 0,26 | 0,283          | 99,88%  | 0,018             |
| 4. Kipas Angin   | 0,152          | 0,17                | 0,17 | 0,17 | 0,170          | 88,16%  | 0,000             |
| 5. Magiccom      | 0,3            | 0,34                | 0,33 | 0,34 | 0,337          | 87,78%  | 0,004             |
| Rata-rata        |                |                     |      |      |                | 91,97%  | 0,006             |

Pengujian arus listrik dilakukan pada lima jenis beban dengan tujuan untuk menilai sejauh mana alat mampu mengukur arus secara andal. Masing-masing beban diukur sebanyak tiga kali, lalu dihitung nilai rata-rata arus menggunakan persamaan (1). Untuk mengetahui tingkat kestabilan pengukuran, dilakukan perhitungan deviasi rata-rata berdasarkan persamaan (3). Hasil pengujian menunjukkan bahwa deviasi berada dalam rentang 0,000 hingga 0,018, yang menandakan bahwa sistem pengukuran memiliki tingkat konsistensi yang cukup tinggi, dengan sebagian besar beban menunjukkan hasil yang stabil.

Selanjutnya, untuk mengetahui tingkat kedekatan antara hasil pengukuran dan nilai referensi, dilakukan perhitungan error menggunakan persamaan (4). Dari nilai error tersebut, dihitung akurasi menggunakan persamaan (5), yaitu dengan mengurangi nilai error dari 100%. Hasilnya menunjukkan bahwa tingkat akurasi berkisar antara 87,78% hingga 99,88%, dengan nilai tertinggi terdapat pada charge laptop, dan nilai terendah pada magiccom. Nilai akurasi yang relatif tinggi ini menunjukkan bahwa sistem pengukuran arus memiliki performa yang cukup baik dan dapat diandalkan untuk mendeteksi arus pada berbagai perangkat rumah tangga.

### Pengujian Proteksi Alat Rumah Tangga

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan satu jenis beban berupa dimmer yang terhubung dengan lampu halogen. Pengujian bertujuan untuk mengetahui kinerja sistem proteksi ketika arus melebihi batas yang telah ditentukan. Arus dinaikkan secara bertahap menggunakan dimmer hingga mencapai nilai set poin, yang menyebabkan sistem secara otomatis memutus relai sebagai bentuk perlindungan. Pada saat inilah waktu tunda mulai diukur, yaitu selang waktu antara arus melebihi batas hingga relai benar-benar terputus. Hasil pengujian *cut off* beban dapat dilihat pada Tabel 3, sedangkan hasil pengujian waktu tunda dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Hasil Pengujian *Cut Off* Beban

| Set Point (A) | Arus Cut Off (A) |      |      | Cut Off Rata-rata (A) | Akurasi | Deviasi rata-rata |
|---------------|------------------|------|------|-----------------------|---------|-------------------|
|               | 1                | 2    | 3    |                       |         |                   |
| 1,52          | 1,53             | 1,53 | 1,52 | 1,527                 | 99,56%  | 0,004             |
| 1,64          | 1,66             | 1,65 | 1,65 | 1,653                 | 99,19%  | 0,004             |
| 1,87          | 1,88             | 1,88 | 1,90 | 1,887                 | 99,11%  | 0,009             |
| 2,12          | 2,13             | 2,12 | 2,12 | 2,123                 | 99,84%  | 0,004             |
| 2,31          | 2,32             | 2,31 | 2,31 | 2,313                 | 99,86%  | 0,004             |
| Rata-rata     |                  |      |      |                       | 99,51%  | 0,005             |

Tabel 4. Hasil Pengujian Waktu Tunda

| Set Point (A) | Waktu Tunda (s) |     |     | Waktu Tunda Rata-rata (s) |
|---------------|-----------------|-----|-----|---------------------------|
|               | 1               | 2   | 3   |                           |
| 1,52          | 0,6             | 0,5 | 0,6 | 0,57                      |
| 1,64          | 0,6             | 0,6 | 0,6 | 0,60                      |
| 1,87          | 0,5             | 0,6 | 0,4 | 0,50                      |
| 2,12          | 0,5             | 0,3 | 0,4 | 0,40                      |
| 2,31          | 0,4             | 0,3 | 0,4 | 0,37                      |
| Rata-rata     |                 |     |     | 0,49                      |

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa alat mampu memutus beban secara otomatis dengan akurasi arus cut-off yang tinggi. Setiap nilai arus set point diuji sebanyak tiga kali, dan hasil pengukuran arus cut-off dirata-ratakan menggunakan persamaan (1). Hasilnya menunjukkan bahwa arus cut-off rata-rata mendekati nilai set point, dengan akurasi yang dihitung melalui persamaan (5) berkisar antara 99,11% hingga 99,86%. Akurasi tertinggi tercatat pada set point 2,31 A dengan nilai 99,86%, sedangkan yang terendah pada set point 1,87 A dengan 99,11%. Nilai akurasi rata-rata keseluruhan sebesar 99,51% menunjukkan bahwa alat memiliki kinerja sangat baik dan andal dalam mendeteksi dan memutus arus sesuai batas yang ditentukan.

Selain itu, dilakukan pula pengukuran waktu tunda sistem saat memutus beban, yang mencerminkan kecepatan respon alat. Waktu tunda dicatat sebanyak tiga kali untuk tiap set point, kemudian dihitung rata-ratanya menggunakan persamaan (1), dan deviasi rata-rata dihitung berdasarkan persamaan (3). Hasil menunjukkan bahwa waktu tunda berada pada rentang 0,37 hingga 0,60 detik, dengan rata-rata 0,49 detik, dan deviasi arus cut-off rata-rata 0,005. Nilai deviasi yang kecil ini membuktikan bahwa sistem tidak hanya akurat, tetapi juga responnya konsisten dan cepat dalam memutus beban, sehingga sangat layak digunakan untuk perlindungan sistem listrik yang membutuhkan ketepatan batas arus dan kecepatan pemutusan.

---

#### 4. KESIMPULAN

Setelah sistem diimplementasikan, dilakukan pengujian pengukuran arus dan tegangan pada lima jenis beban untuk menguji kinerja sistem, serta uji proteksi arus berlebih menggunakan dimmer dengan beban lampu halogen sebagai simulasi beban variabel. Hasil pengujian menunjukkan bahwa akurasi pengukuran arus rata-rata mencapai 91,97% dengan deviasi 0,00622, sedangkan akurasi pengukuran tegangan mencapai 99,35% dengan deviasi sebesar 0,25778. Sistem ini menunjukkan keandalan fungsi proteksi dengan rata-rata akurasi ketepatan pemutusan sebesar 99,51% dan deviasi sebesar 0,00533. Adapun waktu tunda rata-rata dalam merespons arus lebih tercatat selama 0,49 detik. Dengan akurasi tinggi, deviasi rendah, serta kemampuan pemutusan otomatis yang cepat dan presisi, sistem ini efektif digunakan sebagai solusi proteksi perangkat elektronik dari bahaya arus berlebih.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penulisan Tugas Akhir ini tentunya banyak pihak yang memberikan bantuan secara moril maupun juga materil. Oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Gunarto, SH., MH. selaku Rektor Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Ibu Dr. Ir. Novi Marlyana, ST., MT. IPU. ASEAN Eng sebagai Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Ibu Jenny Putri Hapsari, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
4. Bapak Ir. Budi Pramono Jati, MM., MT. selaku dosen wali Teknik Elektro kelas mitra 2022 yang telah memberikan arahan selama menempuh studi.
5. Bapak Dr. Ir. Muhammad Khosyi'in, ST., MT., IPM. selaku koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang sekaligus dosen pembimbing yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat, arahan, dukungan, serta sabar, dan membimbing penulis
6. Seluruh dosen dan karyawan Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang atas ilmu, bimbingan, dan dukungan.
7. Kedua orang tua saya beserta segenap keluarga yang saya cintai, yang telah memberikan dukungan baik materil maupun non materil serta senantiasa memberikan doa, semangat, perhatian, kesabaran, dan kasih sayang yang tiada hentinya kepada penulis.
8. Teruntuk teman-teman Teknik Elektro kelas mitra 2022 atas segala bantuan dan dukungannya.

Penulis juga menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini memiliki banyak kekurangan, baik dari segi materi maupun penyajiannya. Penulis mohon maaf dan mohon kritik serta saran yang membangun dari berbagai disiplin ilmu agar laporan ini dapat lebih baik di masa yang akan datang.

---

**DAFTAR PUSTAKA**

- Anwar, S., Artono, T., Nasrul, Dasrul, & Fadli, A. (2019). Pengukuran Energi Listrik Berbasis PZEM-004T. *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 3(1).
- Artiyasa, M., Nita Rostini, A., Edwinanto, & Junfithrana, A. P. (2020). Aplikasi Smart Home Node MCU IoT untuk Blynk. *Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra*, 7(1), 1–7.
- Danniswara, A., Christyono, Y., & Sukiswo, S. (2020). Perancangan Sistem Pengukuran Arus Dan Proteksi Arus Lebih Pada Sistem Kontrol Dan Monitoring Stop Kontak. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 9(3), 390–398. <https://doi.org/10.14710/transient.v9i3.390-398>
- Fahrudin Nur Iksan, & Gunawan Tjahjadi. (2018). Perancangan Stop Kontak Pengendali Energi Listrik dengan Sistem Keamanan Hubung Singkat dan Fitur Notifikasi Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Elektro*, 11(2), 83–92. <http://ejournal.atmajaya.ac.id/index.php/JTE/article/view/535%0Ahttp://ejournal.atmajaya.ac.id/index.php/JTE/article/download/535/201>
- Hartiwati, E. N. (2022). Aplikasi Inventori Barang Menggunakan Java Dengan Phpmyadmin. *Cross-Border*, 5(1), 601–610.
- Khosyi'in, M. (2014). *Bahan Ajar Pengukuran dan Alat Ukur Listrik*.
- Khosyi'in, M., Suprajitno, A., & Setiono, E. (2017). Alat Penghitung Volume dan Timer Penggunaan Oksigen. *Alat Penghitung Volume Dan Timer Penggunaan Oksigen*, d, 119–123.
- Kurniawan, A., & Amirullah, A. (2024). Implementasi Sistem Proteksi Arus Beban Lebih pada Rumah Tinggal Sederhana menggunakan Internet of Thinks (IoT) dengan Aplikasi Blynk. *Jurnal SISKOM-KB (Sistem Komputer Dan Kecerdasan Buatan)*, 7(2), 130–140.
- Ridwan, Nurmanita, M., Ticoh, J. D., & Kilis, B. M. H. (2024). Sosialisasi Kesadaran Masyarakat Akan Bahaya dan Etika Pemakaian Listrik di Rumah pada Kelurahan Taratara Dua. 5(1), 36–46.
- Setiabudi, U. M., Pangeran, J., & No, D. (2024). Implementasi Sistem Monitoring Suhu dan pH Air Kolam Budidaya Ikan Lele Menggunakan Arduino ESP8266 dan Arduino IDE. 12(3).
- Suyanto, D., & Yusuf, H. (2013). Perancangan Prototype Proteksi Arus Beban Lebih Pada Beban DC Menggunakan Mikrokontroller. *Elektum : Jurnal Teknik Elektro*, 14(2), 25–34.
- Sweetania, D., & Herawati, M. (2022). Analisis Cara Kerja Framework Laravel Untuk Perancangan E-Commerce Toko Online Hello Kitchen Dengan Metode Dsdm

(Dynamic Systemsdevelopment Method). *Jurnal Teknik Dan Science*, 1(2), 01–08. <https://journal.admi.or.id/index.php/JTS/article/view/17/140>