

Rancang Bangun Prototipe Pengatur Beban Pintar Skala Prioritas Berbasis Mikrokontroler

Alis Paki
Prodi Teknik Elektro
Universitas Negeri Gorontalo
Gorontalo, Indonesia
pakialis4@gmail.com

Taufik Ismail Yusuf
Prodi Teknik Elektro
Universitas Negeri Gorontalo
Gorontalo, Indonesia
taufiqyusuf1601@gmail.com

Iskandar Z. Nasibu
Prodi Teknik Elektro
Universitas Negeri Gorontalo
Gorontalo, Indonesia
Zul.Nasibu@ung.ac.id

Wahab Musa
Prodi Teknik Elektro
Universitas Negeri Gorontalo
Gorontalo, Indonesia
wmusa@ung.ac.id

Amirudin Yunus Dako
Prodi Teknik Elektro
Universitas Negeri Gorontalo
Gorontalo, Indonesia
amirudin.dako@ung.ac.id

Diterima : Januari 2022
Disetujui : November 2022
Dipublikasi : Januari 2023

Abstrak—*Penggunaan energi listrik telah menjadi hal yang mutlak, seiring dengan berkembangnya perangkat elektronik. Namun dalam penggunaan energi listrik sering menimbulkan masalah seperti terjadi pemutusan arus listrik pada seluruh beban oleh pemutus sirkuit akibat beban lebih. Permasalahan tersebut sering terjadi pada penggunaan energi listrik skala rumah tinggal yang memiliki kapasitas daya maksimal 450 watt. Penelitian ini bertujuan untuk merealisasikan hardware dan software prototipe pengatur beban pintar, serta dilakukan pengujian untuk mengetahui keakuratan alat dalam pengukuran dan unjuk kerja alat dalam memproteksi beban. Dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang didalamnya terdapat beberapa langkah diantaranya adalah perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, serta pengujian alat. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, hasil perhitungan persentase eror antara pengukuran alat rancangan dengan alat ukur berstandarisasi untuk beban resistif yaitu total daya beban sebesar 2,10%, tegangan kerja beban sebesar 0,44%, total arus beban sebesar 2,36%, dan total cos phi beban sebesar 0%. Sedangkan untuk beban induktif yaitu total daya beban sebesar 0,38%, tegangan kerja beban sebesar 0%, total arus beban sebesar 0%, dan total cos phi beban sebesar 1,03%. Adapun alat rancangan bekerja sesuai fungsinya dengan memutuskan beban yang bukan prioritas jika terjadi beban lebih dalam pemakaian energi listrik.*

Kata Kunci : Pengatur Beban Listrik; mikrokontroler

Abstract—*The use of electrical energy has become an absolute necessity, along with the development of electronic devices. However, the use of electrical energy often causes problems such as a disconnection of electric current in the entire load by a circuit breaker due to overload. These*

problems often occur in the use of residential-scale electrical energy, which has a maximum power capacity of 450 watts. This study aimed to realize the prototype hardware and software for smart load control, as well as testing to determine the accuracy of the tool in measuring and the performance of the tool in protecting the load. It applied an experimental method in which there were several steps, including the design of hardware and software, as well as tool testing. Based on the results of the tests carried out, the results of the calculation of the percentage error between the measurement of the design tool and standardized measuring instruments for resistive loads, i.e., the total load power of 2.10%, working voltage load of 0.44%, total load current of 2.36%, and the total cos phi load of 0%. As for the inductive load, the total load power was 0.38%, the load working voltage was 0%, the total load current was 0%, and the total cos phi load was 1.03%. The design tool worked according to its function by deciding which load was not a priority if there was an overload in the use of electrical energy.

Keywords: Electric Load Regulators; microcontroller

I. PENDAHULUAN

Penggunaan energi listrik sering menimbulkan masalah seperti terjadi pemutusan arus listrik pada seluruh beban oleh pemutus sirkuit akibat beban lebih. Permasalahan tersebut sering terjadi pada penggunaan energi listrik skala rumah tinggal yang memiliki kapasitas daya maksimal 450 Watt.

Alat proteksi adalah instrumen yang diproduksi menggunakan perpaduan perangkat keamanan, peringatan, dan perangkat pengukur. Sistem proteksi mampu melindungi peralatan dari gangguan sehingga dapat menghindari atau mengurangi kerusakan pada perangkat keras listrik dan kejadian yang tidak diinginkan seperti kebakaran[1].

Konduktor memiliki sistem proteksi yang membantu mencegah interferensi. [2].

Tujuan dari penelitian adalah untuk merealisasikan perancangan *hardware* dan *software* serta dilakukan pengujian alat untuk mengetahui keakuratan alat dalam pengukuran dan unjuk kerja alat rancangan.

Penelitian ini didukung oleh penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dengan judul “*Rancang Bangun Sistem Proteksi dan Monitoring Penggunaan Daya Listrik Pada Beban Skala Rumah Tangga Berbasis Mikrokontroler ATmega328P*”. Penelitian serupa juga dengan judul “*Rancang Bangun Sistem Proteksi Beban Lebih pada Perangkat Elektronik Berbasis Arduino*”. Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai salah satu referensi dan evaluasi untuk melihat kekurangan dari alat rancangan tersebut.

Pada dasarnya sistem proteksi memutuskan arus listrik pada semua beban jika terjadi beban melebihi nilai maksimal daya yang telah ditentukan sebelumnya. Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, penelitian ini memiliki kelebihan yaitu alat rancangan ini hanya memutus beban dengan skala prioritas yang lebih rendah ke tinggi bila terjadi beban lebih. Alat rancangan proteksi ini dibagi menjadi tiga saluran yaitu saluran prioritas tinggi, prioritas menengah dan prioritas rendah. Ketiga saluran ini masing-masing dapat diatur daya maksimal bebannya hingga 1300 Watt. Apabila alat ini mendeteksi beban lebih pada ketiga salurannya, maka beban yang terhubung pada saluran prioritas rendah akan diputus, bila masih juga terdeteksi beban lebih, maka saluran prioritas menengah yang akan diputus.

II. METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen yang didalamnya terdapat beberapa langkah diantaranya adalah perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, serta dilakukan pengujian alat.

A. Daya Listrik

Daya listrik adalah daya yang merupakan jumlah energi yang digunakan untuk melakukan kerja atau usaha[3]. Daya listrik memiliki 3 jenis yaitu :

- Daya Aktif (P)

Daya aktif adalah daya yang dikonsumsi oleh peralatan listrik. Rumus persamaan untuk mencari daya aktif sebagai berikut.

$$P = V.I. \cos \varphi \quad (1)$$

Ket :

$$\begin{aligned} P &= \text{Daya Aktif} \\ V &= \text{Tegangan (V)} \\ I &= \text{Arus Listrik (A)} \\ \cos \varphi &= \text{Faktor Daya} \end{aligned}$$

- Daya Reaktif (Q)

Daya reaktif adalah daya imajiner yang menunjukkan adanya pergeseran arus dan tegangan listrik akibat adanya beban reaktif. Rumus persamaan untuk mencari daya reaktif sebagai berikut.

$$Q = V.I. \sin \varphi \quad (2)$$

Ket :

$$\begin{aligned} Q &= \text{Daya Reaktif (VAR)} \\ V &= \text{Tegangan (V)} \\ I &= \text{Arus Listrik (A)} \\ \sin \varphi &= \text{Faktor Reaktif} \end{aligned}$$

- Daya Semu (S)

Daya semu adalah daya yang didapat pengguna listrik dari PLN dengan satuan VA (Volt Ampere). Rumus persamaan untuk mencari daya semu sebagai berikut[4].

$$S = V.I \quad (3)$$

Ket :

$$\begin{aligned} S &= \text{Daya Semu (VA)} \\ V &= \text{Tegangan (V)} \\ I &= \text{Arus Listrik (A)} \end{aligned}$$

B. Beban Listrik

Beban listrik didefinisikan sebagai jumlah listrik yang digunakan oleh masyarakat[5]. Beban listrik dapat di klasifikasikan menjadi tiga macam yaitu :

- Beban Resistif

Beban resistif adalah beban yang hanya terdiri dari resistansi ohm.

- Beban Induktif

Beban induktif adalah beban yang terdiri dari gulungan kawat yang melilit inti besi.

- Beban Kapasitif

Beban kapasitif adalah beban yang memiliki kemampuan untuk menyimpan energi yang berasal dari lucutan listrik pada suatu rangkaian [6].

C. Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah papan yang berisi mikrokontroler yang disebut ATmega2560. Mikrokontroler ini memiliki banyak pin yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan, antara lain digital input/output (pin yang memungkinkan Anda mengirim dan menerima data), input analog (pin yang dapat digunakan untuk mengukur berbagai hal), dan port serial (cara untuk berkomunikasi dengan perangkat lain). Selain itu, Mega 2560 memiliki osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, jack power, header ICSP, dan tombol reset [7] [8]–[15].

D. Sensor PZEM004T

Sensor PZEM-004T adalah hardware yang berfungsi untuk mengukur parameter seperti mengukur arus, $\cos \theta$, energi, daya, frekuensi dan tegangan[16].

E. Catu Daya (Power Supply)

Catu daya (*power supply*) adalah sebuah perangkat yang memasok energy listrik untuk satu atau lebih beban listrik[17].

F. Solid State Relay

Solid state relay adalah saklar elektronik yang digunakan dalam industri untuk mengontrol hal-hal seperti mesin [18].

G. LCD Karakter

Layar kristal cair menggunakan kristal cair untuk menampilkan teks, angka, dan simbol [19].

H. Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah sinyal listrik menjadi getaran suara[20].

I. Push Button

Push button terkadang disebut sebagai tombol. Saat tombol ditekan, kontak NO akan berubah menjadi NC, dan kontak NC akan berubah menjadi NO [21].

J. Tahapan Penelitian

1. Studi Literatur

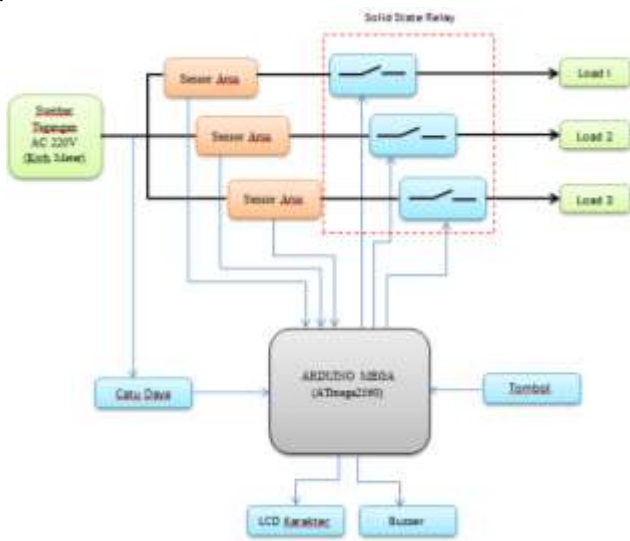
Studi literatur merupakan suatu tahapan pembelajaran terhadap beberapa buku, jurnal, serta artikel, dan *datasheet* komponen. Seperti mempelajari mikrokontroler Arduino, serta komponen lainnya yang bersangkutan dengan pembuatan alat ini dan nantinya dipakai sebagai acuan untuk menyelesaikan pembuatan alat ini.

2. Perancangan Alat

Desain perangkat lunak dan perangkat keras membuat desain alat, yang merupakan cara untuk mendapatkan hasil terbaik. Diawali dengan pembuatan blok diagram rangkaian dan program arduino, pemasangan atau penyolderan komponen, dan berlanjut hingga alat selesai.

- Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Perancangan Perangkat keras diperlukan suatu susunan blok diagram yang ditunjukkan pada gambar 1. sebagai berikut :



Gambar 1. Blok Diagram Pengatur Beban Pintar

- Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Bahasa pemrograman C digunakan dengan Arduino. Martin Richards menciptakan bahasa BCPL pada tahun 1967, yang berfungsi sebagai dasar bahasa C. Karena bahasa C adalah bahasa standar, program apa pun yang ditulis dalam satu versi bahasa tersebut pasti akan kompatibel dengan versi bahasa C lainnya. dengan beberapa penyesuaian [22].

3. Pengujian Alat

- Uji Keseluruhan Alat

Uji keseluruhan alat dilakukan untuk mengetahui seberapa besar ketelitian alat dalam pengukuran. Hasil pengukuran perbandingan persentase eror alat rancangan dengan alat ukur standarisasi menggunakan persamaan sebagai berikut[23] :

$$\%error = \frac{\text{Hasil nilai alat proteksi} - \text{Hasil nilai alat ukur}}{\text{Hasil nilai alat ukur}} \times 100 \quad (4)$$

- Uji Fungsional Alat

Pengujian alat di lakukan tiga kali tahap untuk mengetahui respon alat dalam memutuskan arus listrik pada beban jika terjadi beban lebih. Uji tahap pertama dilakukan untuk mengetahui respon alat dalam memutuskan beban yang

terhubung pada jalur terminal output beban 3. Tahap ke dua untuk mengetahui respon alat dalam memutuskan beban yang terhubung pada jalur terminal output beban 2. Tahap terakhir untuk mengetahui respon alat dalam memutuskan beban yang terhubung pada jalur terminal output beban 1.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perakitan Alat

1. Hasil Perakitan Sensor PZM004T

Hasil perakitan sensor PZEM004T di tunjukan pada gambar 2. sebagai berikut :



Gambar 2. Hasil Perakitan Sensor PZM004T

2. Hasil Perakitan LCD 20x4

Hasil perakitan LCD 20x4 di tunjukan pada gambar 3. sebagai berikut :



Gambar 3. Hasil Perakitan LCD 20x4

3. Hasil Perakitan Keypad

Hasil perakitan keypad di tunjukan pada gambar 4. sebagai berikut :



Gambar 4. Hasil Perakitan Keypad

4. Hasil Perakitan Catu Daya

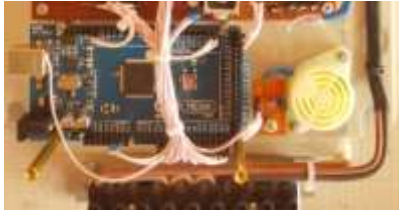
Hasil perakitan catu daya di tunjukan pada gambar 5. sebagai berikut :



Gambar 5. Hasil Perakitan Catu Daya

5. Hasil Perakitan Buzzer

Hasil perakitan buzzer di tunjukkan pada gambar 6. sebagai berikut :



Gambar 6. Hasil Perakitan Buzzer

6. Hasil Perakitan Keseluruhan

Hasil perakitan dan tampilan keseluruhan di tunjukkan pada gambar 7. sebagai berikut :



Gambar 7. Hasil Perakitan Keseluruhan

B. Pengujian Alat

1. Uji Keseluruhan Alat

- Hasil Uji Beban Resistif

Pengujian ini menggunakan beban bersifat resistif yaitu *rice cooker* merk PHILIPS dengan daya 400 Watt, *dispenser* merk ARISA dengan daya 350 Watt, solder merk DECO daya 40 Watt dengan tegangan kerja untuk keseluruhan beban 220 Volt.

Menghubungkan beban pada terminal output alat rancangan, misalnya: *rice cooker* di hubungkan pada terminal output alat beban 1, dispenser dihubungkan pada terminal output alat beban 2, dan solder di hubungkan pada terminal output alat beban 3. Setelah itu, melakukan pengukuran beban menggunakan alat ukur berstandarisasi berupa tang ampere dengan merk ANENG DT3266F dan *wired power monitor* P06S-20. Hasil pengukuran ini kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran dari alat rancangan, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Pengukuran Beban Resistif

No	Beban	Hasil Pengukuran	Hasil Pengukuran
----	-------	------------------	------------------

		Alat Proteksi				Alat Ukur			
		P	V	I	cos φ	P	V	I	cos φ
1	<i>Rice cooker</i>	414	225	1,84	1	408	224	1,81	0,99
2	<i>Dispenser</i>	525	225	2,33	1	511	224	2,28	0,99
3	Solder	32,1	225	0,14	1	32,6	224	0,14	0,99
Total		972	-	4,33	1	952	-	4,23	1

Selanjutnya melakukan perhitungan perbandingan persentase error menggunakan persamaan (4).

a) Persentase Error Total Daya Beban

$$\%error = \frac{Hasil\ nilai\ alat\ proteksi - Hasil\ nilai\ alat\ ukur}{Hasil\ nilai\ alat\ ukur} \times 100$$

$$\%error = \frac{972\ Watt - 952\ Watt}{952\ Watt} \times 100$$

$$\%error = 2,1\%$$

Jadi, hasil perbandingan persentase error total daya beban antara hasil pengukuran alat proteksi dengan hasil pengukuran alat ukur adalah 2,10 %.

b) Persentase Error Tegangan Kerja

$$\%error = \frac{Hasil\ nilai\ alat\ proteksi - Hasil\ nilai\ alat\ ukur}{Hasil\ nilai\ alat\ ukur} \times 100$$

$$\%error = \frac{225\ Volt - 224\ Volt}{224\ Volt} \times 100$$

$$\%error = 0,45\%$$

Jadi, hasil perbandingan persentase error tegangan kerja antara hasil pengukuran alat proteksi dengan hasil pengukuran alat ukur adalah 0,45 %.

c) Persentase Error Total Arus Beban

$$\%error = \frac{Hasil\ nilai\ alat\ proteksi - Hasil\ nilai\ alat\ ukur}{Hasil\ nilai\ alat\ ukur} \times 100$$

$$\%error = \frac{4,33\ Ampere - 4,23\ Ampere}{4,23\ Ampere} \times 100$$

$$\%error = 2,36\%$$

Jadi, hasil perbandingan persentase error total arus beban antara hasil pengukuran alat proteksi dengan hasil pengukuran alat ukur adalah 2,36 %.

d) Persentase Error Total Cos φ Beban

$$\%error = \frac{Hasil\ nilai\ alat\ proteksi - Hasil\ nilai\ alat\ ukur}{Hasil\ nilai\ alat\ ukur} \times 100$$

$$\%error = \frac{1\ pf - 1\ pf}{1\ pf} \times 100$$

$$\%error = 0\%$$

Jadi, hasil perbandingan persentase error total cos φ beban antara hasil pengukuran alat proteksi dengan hasil pengukuran alat ukur adalah 0%.

- Hasil Uji Beban Induktif

Pengujian ini menggunakan beban bersifat induktif yaitu bor listrik merk MAKTEC dengan daya 500 Watt, gerinda merk KRISBOW dengan daya 350 Watt, dan kipas angin merk SEKAI daya 40 Watt dengan tegangan kerja untuk keseluruhan beban 220 Volt.

Menghubungkan beban pada terminal output alat rancangan, misalnya : bor listrik di hubungkan pada terminal output alat beban 1, gerinda dihubungkan pada terminal output alat beban 2, dan kipas angin di hubungkan pada terminal output alat beban 3. Ketiga beban tersebut masing-masing diukur daya nyata, tegangan, arus, dan cos φ-nya, masih menggunakan tang ampere dan *wired power monitor* yang digunakan pada uji sebelumnya. Hasil pengukurannya dibandingkan dengan hasil pengukuran alat rancangan dan perbandingannya dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Pengukuran Beban Induktif

No	Beban	Hasil Pengukuran Alat Proteksi				Hasil Pengukuran Alat Ukur			
		P	V	I	cos φ	P	V	I	cos φ
1	Mesin Bor	175	227	0,79	0,98	175	227	0,79	0,98
2	Gerinda	325	227	1,44	0,99	323	227	1,44	0,99
3	Kipas Angin	26,2	227	0,14	0,83	26,2	227	0,14	0,83
Total		527	-	2,37	0,98	525	-	2,37	0,97

Selanjutnya melakukan perhitungan perbandingan persentase eror menggunakan persamaan (4).

a) Persentase Error Total Daya

$$\%error = \frac{\text{Hasil nilai alat proteksi} - \text{Hasil nilai alat ukur}}{\text{Hasil nilai alat ukur}} \times 100$$

$$\%error = \frac{527 \text{ Watt} - 525 \text{ Watt}}{525 \text{ Watt}} \times 100$$

$$\%error = 0,38\%$$

Jadi, hasil perbandingan persentase eror total daya beban antara hasil pengukuran alat proteksi dengan hasil pengukuran alat ukur adalah 0,38 %.

b) Persentase Error Tegangan Kerja

$$\%error = \frac{\text{Hasil nilai alat proteksi} - \text{Hasil nilai alat ukur}}{\text{Hasil nilai alat ukur}} \times 100$$

$$\%error = \frac{227 \text{ Volt} - 227 \text{ Volt}}{227 \text{ Volt}} \times 100$$

$$\%error = 0\%$$

Jadi, hasil perbandingan persentase eror tegangan kerja antara hasil pengukuran alat proteksi dengan hasil pengukuran alat ukur adalah 0%.

c) Persentase Error Total Arus

$$\%error = \frac{\text{Hasil nilai alat proteksi} - \text{Hasil nilai alat ukur}}{\text{Hasil nilai alat ukur}} \times 100$$

$$\%error = \frac{2,37 \text{ Ampere} - 2,37 \text{ Ampere}}{2,37 \text{ Ampere}} \times 100$$

$$\%error = 0\%$$

Jadi, hasil perbandingan persentase eror total arus beban antara hasil pengukuran alat proteksi dengan hasil pengukuran alat ukur adalah 0%.

d) Persentase Error Total Cos φ

$$\%error = \frac{\text{Hasil nilai alat proteksi} - \text{Hasil nilai alat ukur}}{\text{Hasil nilai alat ukur}} \times 100$$

$$\%error = \frac{0,98 \text{ pf} - 0,97 \text{ pf}}{0,97 \text{ pf}} \times 100$$

$$\%error = 1,03\%$$

Jadi, hasil perbandingan persentase eror total cos phi beban antara hasil pengukuran alat proteksi dengan hasil pengukuran alat ukur adalah 1,03%.

2. Uji Fungsional Alat

Alat rancangan terlebih dahulu di *setting* daya maksimal masing-masing jalur sebesar 150 watt. Sehingga total daya maximal yang dibatasi sebesar 450 watt. Adapun kondisi alat sebelum pengujian dapat dilihat pada gambar 8. sebagai berikut :



Gambar 8. Kondisi Alat sebelum Pengujian

Beban yang digunakan yaitu rice cooker merk PHILIPS dengan daya 400 watt, lampu pijar merk PHILIPS dengan daya 9 watt, dan solder merk DECO daya 40 watt dengan tegangan kerja untuk keseluruhan beban 220 volt.

• Hasil Uji Tahap Pertama

Hubungkan beban pada terminal output alat rancangan. Misalnya : rice cooker dihubungkan pada terminal output beban 1, lampu pijar dihubungkan pada terminal output beban 2, dan solder di hubungkan pada terminal output beban 3. Hasil pengujian beban dapat di lihat pada gambar 9. sebagai berikut :



Gambar 9. Kondisi Uji Tahap 1

Analisis hasil pengujian dapat di lihat pada tabel 3 sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Pengujian Jalur Output Beban 3

No	Beban	Daya Beban Terukur	Setting Daya Alat Proteksi	Terminal Output	Kondisi Alat	Ket
1	Rice Cooker	433 watt	150 Watt	Beban 1	Tidak Trip	Berfungsi
2	Lampu Pijar	8,7 watt	150 Watt	Beban 2	Tidak Trip	Berfungsi
3	Solder	34 watt	150 Watt	Beban 3	Trip	Berfungsi
Total Daya		475 watt	450 Watt	-	-	-

Berdasar tabel 3 jalur terminal output beban 3 mengalami pemutusan arus listrik pada beban. Pemutusan beban terjadi, karena total daya beban yang terukur melebihi total daya yang dibatasi. Jalur terminal output beban1 dan 2 tidak mengalami pemutusan beban, karena daya beban yang terukur hanya sebesar 441,7 watt.

• Uji Tahap Kedua

Hubungkan beban pada terminal output alat rancangan. Misalnya : rice cooker dihubungkan pada terminal output beban 1, lampu pijar dan solder dihubungkan pada terminal output beban 2. Jalur terminal output beban 3 diabaikan, karena sudah di uji. Hasil pengujian beban dapat di lihat pada gambar 1. sebagai berikut :



Gambar 10. Kondisi Uji Tahap 2

Analisis hasil pengujian dapat di lihat pada tabel 4 sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Pengujian Jalur Output Beban 2

No	Beban	Daya Beban Terukur	Setting Daya Alat Proteksi	Terminal Output	Kondisi Alat	Ket
1	Rice Cooker	433 watt	150 Watt	Beban 1	Tidak Trip	Berfungsi
2	Lampu Pijar, dan Solder	42,7 watt	150 Watt	Beban 2	Trip	Berfungsi
3	Tidak Ada Beban	0	150 Watt	Beban 3	Trip	Berfungsi
Total Daya		475 watt	450 Watt	-	-	-

Berdasar tabel 4 jalur terminal output beban 2 mengalami pemutusan beban, karena total daya beban yang terukur melebihi total daya yang dibatasi. Jalur terminal output beban 1 tidak mengalami pemutusan beban, karena daya beban yang terukur hanya sebesar 433 watt.

- Uji Tahap Ketiga

Hubungkan beban pada terminal output alat rancangan. Misalnya : rice cooker, lampu pijar, dan solder dihubungkan pada terminal output beban 1. Jalur terminal output beban 2 dan 3 diabaikan, karena sudah di uji. Hasil pengujian beban dapat di lihat pada gambar 10. sebagai berikut :



Gambar 10. Kondisi Uji Tahap 3

Analisis hasil pengujian dapat di lihat pada tabel 5 sebagai berikut :

Tabel 5. Hasil Pengujian Jalur Output Beban 1

No	Beban	Daya Beban Terukur	Setting Daya Alat Proteksi	Terminal Output	Kondisi Alat	Ket
1	Rice Cooker, Lampu Pijar, dan Solder	475 watt	150 Watt	Beban 1	Trip	Berfungsi
2	Tidak Ada Beban	0	150 Watt	Beban 2	Trip	Berfungsi
3	Tidak Ada Beban	0	150 Watt	Beban 3	Trip	Berfungsi
Total Daya		475 watt	450 Watt	-	-	-

Berdasar tabel 5 jalur terminal output beban 1 mengalami pemutusan beban, karena total daya beban yang terukur melebihi total daya yang dibatasi.

IV. KESIMPULAN

Simpulan dari artikel ini adalah 1). Telah terealisasi rancangan *hardware* dan *software* prototipe pengatur beban pintar skala prioritas berbasis mikrokontroler Arduino Mega 2560 dengan sensor arus PZEM004T; 2). Setelah dibandingkan hasil penelitian rancang bangun prototipe pengatur beban pintar skala prioritas berbasis mikrokontroler Arduino Mega 2560 dengan sensor arus PZEM004T dengan alat uji yang sudah terstandarisasi bahwa hasil pengukuran alat rancangan sangat akurat, karena hasil pebandingan persentase eror yang diperoleh paling besar hanya 2,36 %; 3). Cara kerja rancang bangun prototipe pengatur beban pintar skala prioritas berbasis mikrokontroler Arduino Mega 2560 dengan sensor arus PZEM004T adalah memutuskan beban dengan prioritas rendah (dan prioritas menengah) jika terjadi beban melebihi batasan daya yang telah ditentukan sebelumnya.

REFERENSI

- [1] P. Darsana, "Sistem Proteksi Daya Listrik Berbasis Mikrokontroler Atmega 16 Dengan Sensor Arus," *CNR-ISTI Tech. Rep.*, vol. 3, no. 2, pp. 356–369, 2015.
- [2] M. Zainuddin, D. Program, S. Teknik, F. Teknik, U. Gardu, and I. Isimu, "Setting Koordinasi Proteksi Distance Relay pada Saluran Transmisi 150 KV Gardu Induk Isimu ke Gardu Induk Botupingge PT . PLN (Persero) Sistem Gorontalo," *Radial*, vol. 1, no. 2, pp. 78–89, 2011.
- [3] S. L. Priestnall *et al.*, *Analisis Tingkat Penggunaan Daya Listrik Dan Lama Waktu Pemakaian Terhadap Total Energi Listrik Di Aceh Besar*, vol. 9, no. May. 2020.
- [4] A. A. Pamungkas, "analisis kebutuhan daya listrik di pt asia pasific fibers pada bagian doubling menggunakan software etap power station 12.6," 2018.
- [5] Lisiani, A. Razikin, and Syaifurrahman, "Identifikasi dan Analisis Jenis Beban Listrik Rumah Tangga Terhadap Faktor Daya (Cos Phi)," *J. Untan*, vol. 1, no. 3, pp. 1–9, 2020.
- [6] Jumadi, "Analisis pengaruh jenis beban listrik terhadap kinerja pemutus daya listrik di gedung cyber jakarta," *J. Energi Kelistrikan*, vol. 7, no. 2, pp. 108–117, 2015.
- [7] M. Majid, "Implementasi arduino mega 2560 untuk kontrol miniatur elevator barang otomatis," *Skripsi*, p. 76, 2016.
- [8] M. Ismail, R. K. Abdullah, and S. Abdussamad, "Tempat Sampah Pintar Berbasis Internet of Things (IoT) Dengan Sistem Teknologi Informasi," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 7–12, 2021, doi: 10.37905/jjee.v3i1.8099.
- [9] S. Adriansyah Hulukati, T. Pratiwi Handayani, R. Jaya, and S. Abdussamad, "A prototype of solar-powered automatic ablution tap," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 486, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/486/1/012078.
- [10] A. W. A. Antu, S. Abdussamad, and I. Z. Nasibu, "Rancang Bangun Running Text pada Dot Matrix

- 16X160 Berbasis Arduino Uno Dengan Update Data System Menggunakan Perangkat Android Via Bluetooth,” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 8–13, 2020, doi: 10.37905/jjee.v2i1.4321.
- [11] Y. H. Kanoi, S. Abdussamad, and S. W. Dali, “Perancangan Jam Digital Waktu Sholat Menggunakan Arduino Uno,” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 1, no. 2, pp. 32–39, 2019, doi: 10.37905/jjee.v1i2.2880.
- [12] I. Mardjun, S. Abdussamad, and R. K. Abdullah, “Rancang Bangun Solar Tracking Berbasis Arduino Uno,” *Tek. Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 19–24, 2018.
- [13] M. R. Wirajaya, S. Abdussamad, and I. Z. Nasibu, “Rancang Bangun Mesin Penetas Telur Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno,” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 24–29, 2020, doi: 10.37905/jjee.v2i1.4579.
- [14] W. Ridwan, I. Z. Nasibu, R. D. R. Dako, and I. Wiranto, “Sistem Pemantauan Dan Pengendalian Penerangan Rumah Berbasis Web Menggunakan Raspberry Pi,” *Semin. Nas. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, p. 225, 2017.
- [15] S. K. Sawidin, T. M. Kereh, Y. S. Rompon, and D. S. Pongoh, “Sistem Kontrol Peralatan Listrik Dengan Aplikasi Android Voice Controller,” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 213–217, 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i2.14725.
- [16] Aggista and J. Luthfi, “Rancang Bangun System Monitoring Daya Menggunakan Sensor PZEM-004T Berbasis Internet Of Things,” *Univ. Negeri Yogyakarta*, pp. 1–36, 2020.
- [17] N. S. T. Ely P. Sitohang, Dringhuzen J. Mamahit, “Rancang Bangun Catu Daya Dc Menggunakan Mikrokontroler Atmega 8535,” *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 7, no. 2, pp. 135–142, 2018.
- [18] Eko Kustiawan, “Meningkatkan Efisiensi Peralatan dengan Menggunakan Solid State Relay (SSR) dalam Pengaturan Suhu Pack Pre-Heating Oven (PHO),” *CIR J. SIT YUPPEN TEK*, vol. 9, no. 1, pp. 1–6, 2018.
- [19] I. Anugrah, “Pengukur Daya Listrik Menggunakan Sensor Arus ACS712-05A dan Sensor Tegangan ZMPT101B,” pp. 1–80, 2017.
- [20] Efrianto, Ridwan, and I. Fahrudi, “Sistem Pengaman Motor Menggunakan Smartcard Politeknik Negeri Batam Electrical Engineering study Program,” *Integrasi*, vol. 8, no. 1, pp. 1–5, 2016.
- [21] A. Syarief, “Aplikasi Alat Peraga Analisa Gangguan Pengendali Elektromagnetik Pada Mata Pelajaran Mengoperasikan Sistem Pengendali Elektromagnetik,” pp. 1–125, 2014.
- [22] F. Rahmadayanti, “Aplikasi Android Lampu Led Berbasis Arduino,” *J. Ilm. Betrik*, vol. 7, no. 03, pp. 114–127, 2016, doi: 10.36050/betrik.v7i03.82.
- [23] A. Marlinda Yuspita Ningsih, “Rancang Bangun Sistem Proteksi Beban Lebih pada Perangkat Elektronik Berbasis Arduino,” pp. 270–276, 2016.