

PERANCANGAN SISTEM PENGUKURAN ARUS DAN PROTEKSI ARUS LEBIH PADA SISTEM KONTROL DAN MONITORING STOP KONTAK

Adhieka Danniswara^{*)}, Yuli Christyono, dan Sukiswo

Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)E-mail: dikaswara78@gmail.com}

Abstrak

Penggunaan energi yang semakin meningkat menyebabkan ketersediaan dari sumber energi yang ada semakin menurun. Salah satunya adalah penggunaan dari sumber energi listrik. Namun penggunaan secara tidak teratur dan bahkan secara berlebihan dapat menyebabkan pemborosan pada sumber energi dan kerusakan pada perangkat sumber tenaga listrik. Tujuan dari Penelitian ini adalah melakukan perancangan sistem stop kontak terkontrol yang dapat memberikan informasi maupun mengontrol parameter arus pada peralatan rumah yang terhubung dengan socket tersebut secara real time dengan sistem pengaman arus lebih dan pengatur tegangan masukan berupa dimmer. Dengan menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler, sensor ZMCT103C sebagai pembaca arus, dan aktuator berupa relay. Sistem stop kontak dapat diatur daya masukan pada peralatan listrik menggunakan rangkaian dimmer. Hasil dari pengukuran arus ZMCT103C menunjukkan bahwa selisih antara pembacaan sistem dengan amperemeter konvensional memiliki selisih yang sedikit. Pengujian relay arus lebih dapat bekerja sesuai kondisi yang disetting yaitu apabila arus lebih dari 3 Ampere. Pengujian dimmer menunjukkan bahwa besar tegangan dapat diatur menggunakan resistor variabel.

Kata kunci: ESP32, ZMCT103C, Relay, Dimmer

Abstract

Increasing energy use causes the availability of energy sources to decrease. One of them is the use of electrical energy sources. However, irregular and even excessive use can cause waste of energy sources and damage to electrical power source devices. The purpose of this thesis is to design a controlled socket system that can provide information and control the flow parameters on home appliances connected to the socket in real time with an overcurrent safety system and an input voltage regulator in the form of a dimmer. By using ESP32 as a microcontroller, ZMCT103C sensor as a current reader, and the actuator is a relay. The power outlet system can be adjusted to the input power on the electrical equipment using a dimmer circuit. The results of ZMCT103C current measurements show that the difference between the reading of the system and conventional amperemeter has a small difference. Over current relay testing can work according to the conditions set if that is more than 3 Amperes of current. Dimmer testing shows that the voltage can be adjusted using a variable resistor.

Keywords: ESP32, ZMCT103C, Relay, Dimmer

1. Pendahuluan

Penggunaan energi yang semakin meningkat menyebabkan ketersediaan dari sumber energi yang ada semakin menurun. Salah satunya adalah penggunaan dari sumber energi listrik. Pemakaian energi listrik pada rumah tangga sebagian besar adalah untuk penerangan, sisanya digunakan untuk keperluan lainnya seperti TV, AC, kipas angin, Kulkas, dispenser, mesin air dan lain sebagainya[1]. Namun penggunaan secara tidak teratur dan bahkan secara berlebihan dapat menyebabkan pemborosan pada sumber energi dan kerusakan pada perangkat sumber tenaga listrik[2]. Perkembangan teknologi saat ini mendorong manusia untuk terus berpikir kreatif, tidak hanya menggali penemuan-

penemuan baru, tapi juga memaksimalkan kinerja teknologi yang ada untuk meringankan kerja manusia dalam kehidupan sehari-hari seperti pemantauan penggunaan arus listrik agar tidak digunakan secara berlebihan dikarenakan rentan menyebabkan terjadinya hubungan pendek arus listrik yang dapat berakibat fatal seperti kebakaran pada rumah[3]. Pemanfaatan teknologi membuat tindakan-tindakan tersebut dapat dilakukan secara semi-otomatis dan otomatis. Dengan teknologi yang ada saat ini sangat memungkinkan bagi pengguna untuk melakukan pemantauan pada peralatan listrik dan di rumah secara tidak langsung[4]. Penerapan teknologi yang ada juga dapat membuat peralatan listrik di rumah bekerja dengan aman dan efisien. Selain meringankan beban pengguna dalam pengecekan peralatan listrik di rumah

secara manual juga dapat meringankan biaya penggunaan alat listrik. Salah satunya adalah penerapan sensor sebagai alat ukur penggunaan daya pada peralatan listrik. Sensor dapat bekerja dengan mikrokontroler sebagai pengolah data dan berbagai interface pengguna baik berupa monitor, LCD, bahkan melalui internet yang dapat diakses melalui website maupun android[5].

2. Metode

2.1 Deskripsi Sistem

Tujuan Penelitian adalah membuat sebuah alat yang dapat membantu masyarakat untuk menghemat penggunaan listrik pada rumah yang dapat bekerja secara otomatis dalam kondisi tertentu sesuai keinginan pengguna serta dapat meningkatkan efisiensi konsumsi daya pada perangkat elektronik. Purwarupa dapat membaca arus konsumsi, melakukan proteksi dengan batas arus yang dapat disetting oleh pengguna dan mengatur besar tegangan yang dapat masuk pada peralatan elektronik yang terhubung pada stop kontak. Apabila terjadi arus pendek maupun gangguan arus lebih, melebihi batas yang diatur pada mikrokontroler maka relay akan melakukan trip. Purwarupa Stop Kontak memiliki tiga bagian utama yaitu sistem pembacaan menggunakan Sensor Arus ZMCT103C, sistem proteksi menggunakan aktuator berupa relay dengan batas aman kerja 10 Ampere, dan pengatur daya masukan berupa rangkaian dimmer yang terhubung dengan stop kontak. Sistem ini bekerja dengan mikrokontroler ESP32 sebagai pengolah data dan eksekusi perintah sesuai keinginan pengguna.

2.2. Analisa Kebutuhan

2.2.1. Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional merupakan gambaran mengenai fungsi-fungsi yang dapat dilakukan oleh sistem ini. Kebutuhan fungsional sistem meliputi:

- a. Sistem yang dirancang dapat membaca arus yang mengalir pada peralatan listrik yang terhubung pada stop kontak.
- b. Adanya sistem proteksi berupa relay yang akan melakukan trip apabila terdeteksi arus melebihi setting.
- c. Adanya fasilitas untuk melihat channel stop kontak yang aktif maupun tidak aktif berupa lampu LED.
- d. Adanya fasilitas untuk melihat besar arus yang mengalir pada setiap peralatan listrik yang akan dideteksi sebagai logika untuk relay.
- e. Adanya fasilitas untuk melakukan kontrol pada peralatan listrik yang dideteksi mengalami gangguan.
- f. Fasilitas untuk mengontrol tegangan masuk ke peralatan listrik secara manual menggunakan rangkaian dimmer yang terhubung dengan stop kontak.

2.2.2. Kebutuhan Non-Fungsional

Kebutuhan non-fungsional adalah kebutuhan sistem meliputi kinerja, kelengkapan operasi pada fungsi-fungsi yang ada, serta kesesuaian dengan lingkungan penggunaannya. Kebutuhan non-fungsional meliputi beberapa kebutuhan yang mendukung, diantaranya :

- a. kebutuhan operasional
 - Sistem dapat mendeteksi besar arus yang mengalir sesuai dengan besar arus yang dideteksi melalui amperemeter konvensional.
 - Sistem dapat melakukan deteksi secara aman dan tidak adanya kegagalan rangkaian atau mengalami hubungan singkat di titik tertentu.
 - Sistem hanya dapat mendeteksi arus dan melakukan proteksi arus lebih pada 4 peralatan listrik berbeda yang terhubung pada stop kontak.
 - Sistem proteksi dan monitoring mampu mendeteksi tiap channel stop kontak dan memberikan hasil sesuai dengan peralatan listrik yang terpasang
 - Sistem ini dibangun dengan menggunakan aplikasi IDE Arduino.
 - Dimmer dapat bekerja menaikkan dan menurunkan tegangan yang masuk pada peralatan listrik.

- b. Performansi Sistem

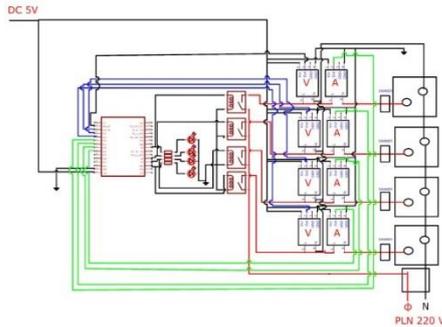
Sistem yang dibangun merupakan sistem yang hanya melakukan monitor dan control pada alat listrik yang tersambung pada sistem . Terdapat beberapa keterbatasan yang ditemui pada perangkat. Oleh karena itu perlu diperhatikan guna menjadi acuan dalam pengembangan sistem, diantaranya:

- Sumber daya untuk menjalankan perangkat ini dengan menggunakan adaptor 5 volt DC, dengan kata lain perangkat harus selalu tersambung dengan aliran listrik.
- Sistem hanya mampu mendeteksi arus yang mengalir pada 4 peralatan yang terhubung dengan stop kontak.
- Sistem hanya mampu melakukan proteksi pada peralatan yang terpasang pada stop kontak sesuai dengan batas arus yang telah di setting pada ESP32.
- memiliki 4 channel stop kontak yang masing-masing terhubung dengan rangkaian dimmer sebagai sistem pengaturan, dengan data pengujian dari jenis peralatan listrik yang berbeda sebagai bahan uji coba.
- Rangkaian dimmer diatur melalui resistor variabel berupa poros potensiometer secara manual.

2.3. Perancangan Sistem

Konsep yang dibahas adalah bagaimana sistem ini menampilkan informasi yang terbaca pada sensor ZMCT103C dan mengolahnya dengan kalibrasi tertentu

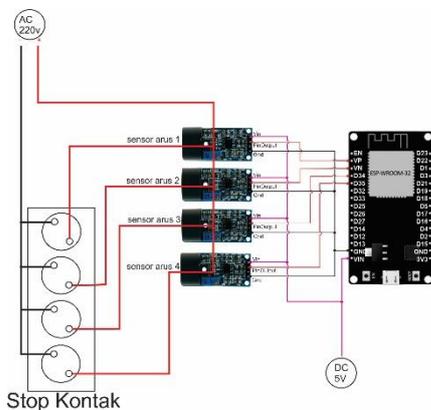
yang didasarkan pada pembacaan amperemeter konvensional setiap variabel pengukuran yang terpasang pada 4 channel stop kontak yang dapat ditampilkan secara realtime dengan akurasi yang akan dibandingkan dengan amperemeter dan perhitungan Irms manual. Data yang terbaca pada sensor arus ZMCT103C merupakan data angka digital yang harus diolah terlebih dahulu menggunakan logika perhitungan pada program yang akan dimasukkan ke dalam ESP32, hal inilah yang disebut dengan kalibrasi.



Gambar 1. Rangkaian Utama Sistem

Gambar 1 Menunjukkan rangkaian utama sistem. Pada Rangkaian Hardware utama Sistem Monitoring dan Kontrol pada Stop Kontak terdapat beberapa bagian utama sistem, yaitu sistem pembacaan arus menggunakan sensor ZMCT103C, sistem pembacaan tegangan menggunakan sensor ZMPT101B, mikrokontroler ESP32 sebagai bagian utama pemrosesan sistem pembacaan sensor, relay sebagai aktuator hasil dari pemrosesan yang dilakukan oleh ESP32 dan stop kontak yang terhubung dengan rangkaian dimmer sebagai variasi pengujian dalam memberikan input daya pada peralatan listrik yang terpasang pada stop kontak.

Rangkaian Pengukuran Arus



Gambar 2. Rangkaian Pengukuran Arus

Gambar 2 menunjukkan rangkaian pengukuran arus yang merupakan bagian dari sistem utama. Perancangan dan

pembuatan Rangkaian pengukuran arus menggunakan sensor ZMCT103C keluaran Nanjing Zeming Electronics Co., Ltd., di China. Sensor tersebut merupakan trafo dengan bentuk ring-core rasio 1000:1 serta keluaran arus maksimal sebesar 5 mA. Sensor ZMCT103C mampu mengukur arus tegangan AC satu fase. Adapun kelebihanannya di antaranya dimensi kecil, akurasi tinggi, mampu mengukur sampai dengan 5A dan keluaran yang proporsional berupa arus AC[6].

2.3.1. Kalibrasi Sensor ZMCT103C

Data output hasil pembacaan sensor yang akan dikirimkan ke ESP32 merupakan data analog. Data analog merupakan data berbentuk sinyal gelombang kontinyu yang akan membawa informasi dengan mengubah karakteristik gelombang[11]. Kalibrasi diperlukan untuk mengubah informasi mentah dari sensor arus menjadi nilai arus yang sesuai dengan pengukuran sesungguhnya. Kalibrasi sensor menggunakan analisis regresi linier. Analisis regresi linier sederhana adalah hubungan secara linear antara satu variabel independen (X) dengan variabel dependen (Y)[12]. Analisis ini untuk mengetahui arah hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen apakah positif atau negatif dan untuk memprediksi nilai dari variabel dependen apabila nilai variabel independen mengalami kenaikan atau penurunan. Data yang digunakan biasanya berskala interval atau rasio.

Rumus regresi linear sederhana sebagai berikut[7]:

$$Y' = a + bX$$

Keterangan:

Y' = Variabel dependen (nilai yang diprediksikan)

X = Variabel independen

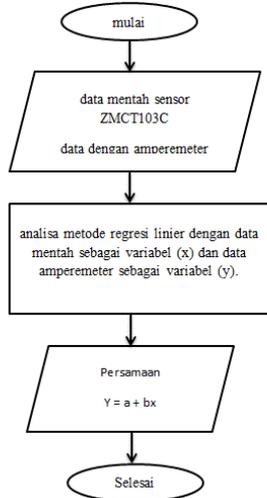
a = Konstanta (nilai Y' apabila X = 0)

b = Koefisien regresi (nilai peningkatan ataupun penurunan)

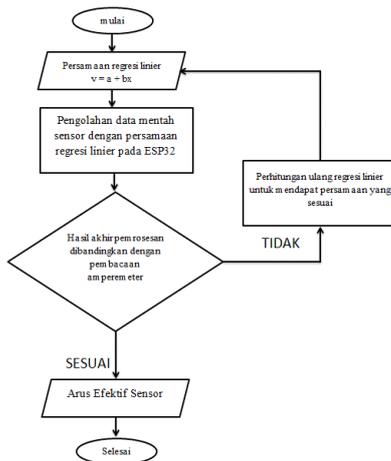
Dengan mengambil sample data pembacaan arus dan membandingkannya dengan pembacaan arus melalui amperemeter maka akan diperoleh rumus regresi yang akan digunakan sebagai perhitungan kalibrasi sensor untuk menunjukkan arus efektif yang mengalir sesuai dengan pembacaan amperemeter[13].

Data mentah (raw data) dari hasil pembacaan sensor arus dijadikan variabel independen (x) dan pembacaan dengan amperemeter dijadikan variabel dependen (y) dimana analisa ini bertujuan untuk memprediksi hasil selanjutnya yang sesuai dengan variabel independen dengan persamaan agar sesuai dengan nilai sesungguhnya yang terbaca pada amperemeter. Persamaan tersebut akan menjadi dasar perhitungan kalibrasi sensor untuk mendapatkan data arus efektif (Irms). Setelah mendapat persamaan $y = a + bx$ hasil dari pembacaan data mentah 4

sensor berbeda, persamaan tersebut akan diterjemahkan kedalam bahasa pemrograman IDE arduino sebagai perintah untuk ESP32 menerjemahkan data mentah dari sensor menjadi data arus efektif.



Gambar 3. Diagram Alir Analisis Regresi Linier



Gambar 4. Diagram Alir Analisis Regresi Linier

Persamaan $y = a + bx$ diubah menjadi bahasa pemrograman yang dapat dibaca oleh ESP32 dan di masukan sebagai program perintah ke dalam memory ESP32 menggunakan aplikasi IDE arduino. Setelah dilakukan pemrograman maka ESP32 akan melakukan analisa menggunakan persamaan tersebut untuk menghitung data nilai mentah sensor arus yang masuk selanjutnya untuk diubah ke dalam bentuk nilai Arus Efektif (I_{rms}). Nilai arus efektif selanjutnya dibandingkan dengan nilai hasil pembacaan amperemeter. Apabila nilai sudah sesuai dengan amperemeter maka nilai Arus Efektif akan digunakan, apabila tidak maka perlu dilakukan perhitungan ulang pada persamaan regresi linier. Hal tersebut dilakukan agar mendapatkan nilai yang sesuai dengan angka real. Selanjutnya dilakukan hal yang sama

untuk 3 sensor arus untuk mendapatkan hasil yang linear antar sensor. Pengambilan data untuk kalibrasi menggunakan serial monitor yang terdapat pada IDE arduino untuk menampilkan data angka mentah hasil pembacaan sensor arus.

Pengambilan data dilakukan sebanyak 5 kali pada masing-masing sensor dengan variabel test berupa lampu bholam pijar 100watt, 200watt, 300watt, 400watt, dan 500watt. Untuk kemudian dikalibrasikan dengan metode regresi linier ADC dengan daya konsumsi lampu pijar. Selanjutnya dilakukan pengukuran menggunakan amperemeter untuk angka peerbandingan dan koreksi hasil kalibrasi sensor.

Tabel 1. Data ADC (bit)

Lampu pijar (watt)	ADC (bit)	Desimal (bit)
100	00001010	10
200	00011110	30
300	00110011	51
400	01001001	73
500	01011101	93

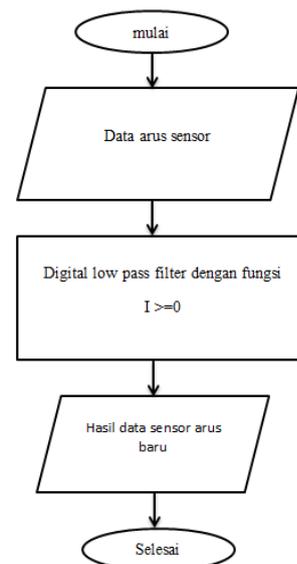
Data yang didapat melalui pengujian keempat sensor memiliki kesamaan pada nilai ADC namun berubah naik turun. Setelah melakukan pengambilan data sample maka dilakukan perhitungan menggunakan analisa regresi linier. Sehingga diperoleh rumus hasil perhitungan sebagai berikut

$$\text{Daya} = \text{nilaiADC} * 4.7835 + 54.129$$

$$\text{I}_{rms} = \text{Daya} / 220$$

Rumus tersebut akan diubah menjadi coding dan di masukan ke dalam ESP 32 menggunakan IDE Arduino.

2.3.2. Digital Low Pass Filter

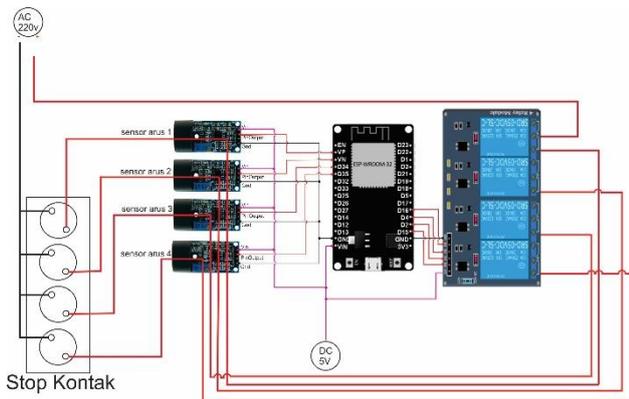


Gambar 5. Flowchart Digital Low Pass Filter

Setelah dilakukan kalibrasi hingga mendapatkan angka yang linear atau mendekati setara dengan pembacaan alat ukur amperemeter, arus yang terbaca masih menunjukkan angka naik turun. Hal ini disebabkan karena arus yang diukur merupakan arus AC dimana memiliki bentuk gelombang sinusoidal, sehingga perlu dilakukan filtering agar Arus yang terbaca memiliki angka positif atau diatas 0[8]. Filtering dilakukan menggunakan digital low filter dimana filtering dilakukan menggunakan logika pemrograman pada ESP32, sehingga tidak memerlukan rangkaian fisik untuk melakukan filter. [9]

2.3.3. Perancangan Sistem Proteksi Arus Lebih

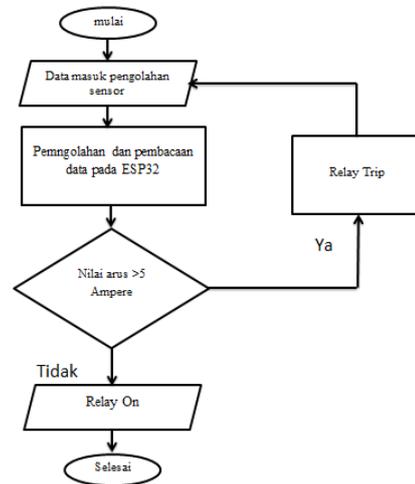
Sistem Proteksi Arus Lebih pada Purwarupa Sistem Monitoring dan Kontrol pada Stop Kontak berbasis Internet of Things menggunakan ESP32 sebagai sistem pemrosesan utama dengan data yang didapat dari hasil pengolahan data sensor yang masuk dan menggunakan relay sebagai aktuator untuk memutus aliran daya pada peralatan listrik dengan kondisi yang telah diprogram pada ESP 32. Relay yang digunakan adalah modul Relay 4 Channel dengan kapasitas operasi maksimal sebesar 10 Ampere[15].



Gambar 6. Rangkaian Sistem Proteksi Arus Lebih

rangkaian proteksi arus menggunakan relay 4 channel yang terhubung dengan ESP32 sebagai control utama. Pada rangkaian terdapat LED yang terhubung dengan masing-masing saluran pin dari ESP2 ke relay[10]. LED berfungsi sebagai indikator terjadinya trip, atau berhentinya aliran listrik dari sumber AC 220v ke channel stop kontak sehingga arus tidak lagi mengalir pada peralatan listrik yang terhubung pada channel stop kontak tersebut. Relay akan di setting pada pemrograman ESP32. Output dari pin ESP32 menuju ke relay berupa output analog, pada pemrograman menggunakan perintah Low untuk relay pada posisi aktif (Normaly Close) atau daya listrik mengalir ke channel stop kontak, dan perintah High untuk membuat relay dalam keadaan non aktif (Open) dna memutus kontak kabel fasa dari sumber AC 220v pada channel stop kontak. Relay akan bekerja apabila ESP32 mengirimkan perintah dalam bentuk tegangan yang akan

membuat kontaktor pada relay membuka atau menutup sesuai dengan kondisi yang telah diatur. Perancangan sistem proteksi arus lebih menggunakan setting lebih dari 5A maka ESP32 akan mengirimkan perintah Trip pada relay[14].

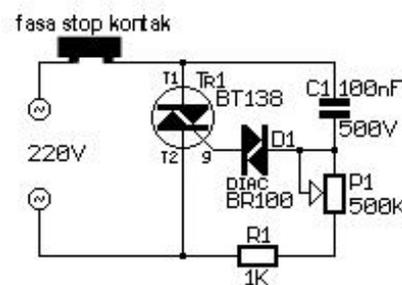


Gambar 7. Flowchart Sistem Proteksi

Pada flowchart Gambar 5, ditunjukkan sensor sebagai penyedia variabel arus dan di analisa oleh ESP32 menggunakan logika if dimana jika arus melebihi 5 ampere maka relay akan melakukan trip atau pemutusan daya. Pemrograman dilakukan menggunakan IDE Arduino dan akan ditampilkan dalam Serial Monitor apabila terjadi trip.

2.3.4. Perancangan Beban Dimmer AC 220v

Perancangan pengatur beban dengan menggunakan dimmer menggunakan TRIAC sebagai pengatur utama. Rangkaian dimmer ditunjukkan pada gambar 6.



- Keterangan :
- Tr1 = TRIAC BT138
 - D1 = DIAC BR100
 - P1 = Potensiometer 500K Ohm
 - C1 = Capasitor 100nF
 - R1 = Resistor 1K Ohm

Gambar 8. Rangkaian Dimmer.

Rangkaian Dimmer merupakan rangkaian pengatur keluaan tegangan RMS yang akan masuk pada alat listrik. Umumnya rangkaian dimmer digunakan sebagai pengatur nyala lampu. Dengan rangkaian dimmer, nyala lampu bisa diatur dari yang paling gelap (mati), remang-remang sampai yang paling terang. Dimmer adalah alat yang digunakan untuk memvariasikan kecerahan cahaya. Dengan memperkecil atau memperbesar tegangan RMS, karena cahaya dari lampu pijar sesuai dengan masukan tegangan dari sumber pada lampu tersebut[8]. Dimmer pada purwarupa akan berfungsi sebagai pengatur variabel test pada stop kontak agar dapat di atur tegangan yang masuk ke dalam alat listrik yang akan di uji. Dimmer menggunakan TRIAC BT138 sebagai komponen utama pengatur tegangan masuk. BT138 memiliki parameter yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Parameter TRIAC BT138

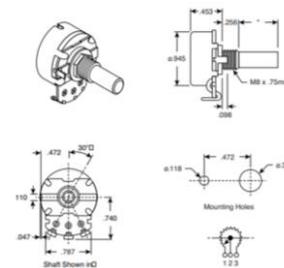
Parameter	Kondisi	MIN	MAX
VRMS (tegangan aktif)	Full wave (AC)	-	600v-800v
IRMS (Arus Aktif)	Full wave (AC)	-	12 A
Temperatur lingkungan	-	-40°C	150°C
Temperatur Operasi	-	-	125°C

Pada rangkaian purwarupa dimmer, DIAC berfungsi sebagai bias TRIAC yang mengatur titik on dan off pada komponen TRIAC tersebut, dengan tegangan breakdown tertentu DIAC bekerja menghantarkan arus listrik, sehingga DIAC menjadi trigger TRIAC agar dapat bekerja. Pemilihan komponen DIAC BR100 dikarenakan memiliki tegangan output minimal paling kecil yaitu 7 volt.

Tabel 3. Parameter DIAC BR100

Parameter	MIN	MAX
BreakOver Voltage (Vbo)	28 Volt	38 Volt
Tegangan Output (Vo)	7 Volt	-
Arus Balik Repetitive Peak (Ifm)	-	2 Ampere

Pada rangkaian purwarupa dimmer, variabel resistor yang digunakan adalah potensiometer. Potensiometer merupakan jenis Variable Resistor yang nilai resistansinya dapat berubah-ubah dengan cara memutar porosnya melalui sebuah Tuas yang terdapat pada Potensiometer. Nilai Resistansi Potensiometer biasanya tertulis di badan Potensiometer dalam bentuk kode angka. Pada purwarupa dimmer, potesniometer yang digunakan sebesar 500K Ohm, dikarenakan mencegah rambatan arus pada poros potensio dikarenakan adanya arus balik dari sistem. Pada gambar 7 ditunjukkan bentuk potensiometer 500K Ohm seri RV24AF-10-40R1-B10K-ALPHA



Gambar 9. Potensiometer 500K Ohm[.]

3. Hasil dan Analisis

3.1. Pengujian Sistem Pembacaan Arus

Pada Penelitian ini, pengujian dilakukan dengan melakukan pengujian dengan mengukur beberapa peralatan listrik untuk kemudian dibandingkan dengan Amperemeter sebagai tolak ukur keberhasilan pengukuran sensor pada masing-masing peralatan listrik. Amperemeter yang digunakan adalah tang ampere winner model DT-87. Dengan spesifikasi range pengukuran arus AC 0.01A sampai dengan 400A tang ampere winner DT-47 dapat digunakan sebagai tolak ukur perbandingan pembacaan arus dengan sensor pada sistem purwarupa. Alat listrik yang akan digunakan sebagai bahan uji coba pengukuran sistem ditampilkan pada tabel 4 berikut dengan spesifikasi alat listrik tersebut.

Tabel 4. Sample Pengujian Sistem Pengukuran Arus

Peralatan listrik	Daya nameplate (watt)	Arus nameplate (A)
Lampu Pijar 5 watt	5 watt	0,02
Lampu SL 8 watt	8 watt	0,03
Lampu LED 3 watt	3 watt	0,01
Kipas Angin miyako 927	35 watt	0,15

Dari pengujian dengan alat listrik pada tabel 4, pada masing-masing chanel maka didapatkan data hasil pembacaan sensor dan data hasil pengukuran amperemeter yang tertera pada tabel 5.

Tabel 5. Data Pengujian Sistem

Sensor	Sample pengujian	Data amperemeter (A)	Data pembacaan sistem (A)
Sistem Sensor 1	Lampu Pijar 5 watt	0,02	0,0235
	Lampu SL 8 watt	0,03	0,0278
	Lampu LED 3 watt	0,01	0,0128
	Kipas Angin	0,14	0,1035
Sistem Sensor 2	Lampu Pijar 5 watt	0,02	0,0378
	Lampu SL 8 watt	0,03	0,0354
	Lampu LED 3 watt	0,01	0,0156
	Kipas Angin	0,14	0,1348
Sistem Sensor 3	Lampu Pijar 5 watt	0,02	0,0243
	Lampu SL 8 watt	0,03	0,0356
	Lampu LED 3 watt	0,01	0,0156
	Kipas Angin	0,14	0,1245
Sistem Sensor 4	Lampu Pijar 5 watt	0,02	0,0257
	Lampu SL 8 watt	0,03	0,0356
	Lampu LED 3 watt	0,01	0,0190
	Kipas Angin	0,14	0,1290

Dari tabel 5 dapat dilihat data yang dihasilkan dari pembacaan masing-masing alat ukur telah mendekati pembacaan alat ukur amperemeter dengan selisih rata-rata masing-masing alat ukur sudah terbilang kecil. Hal ini dikarenakan adanya gangguan alat listrik yang aktif di dekat sensor sehingga mempengaruhi sensitivitas sensor. Sensor arus ZMCT103C menggunakan ringcore yang memanfaatkan medan magnet dari kumparan pada ring tersebut untuk membaca arus yang mengalir pada kabel yang ditempatkan pada tengah ring tersebut. Sehingga apabila terdapat peralatan listrik aktif yang memiliki medan magnet, akan dapat mengganggu sensitivitas dari ringcore tersebut.

3.2. Pengujian Sistem Proteksi Arus lebih

Pengujian sistem proteksi dilakukan dengan memberikan beban pada sistem dengan arus diatas 3 Ampere sehingga apabila terdeteksi arus yang lebih dari 3 Ampere maka sistem akan melakukan trip pada relay dan memutuskan sambungan listrik pada peralatan tersebut. Sample pengujian menggunakan lampu Lampu Halogen dengan merk Osram 1000 watt. Pada tabel 6 menunjukkan parameter keberhasilan pengujian sistem proteksi.

Tabel 6. Bentuk Pengujian Sistem Proteksi

Bentuk Pengujian	Indikator keberhasilan
Pemasangan alat listrik dengan arus beban lebih dari 5 Ampere	Sistem melakukan Trip dan memutuskan aliran listrik
Waktu yang dibutuhkan relay untuk mendeteksi dan melakukan trip	Sistem bekerja minimal 1 detik setelah terdeteksi gangguan
Indikator LED pada Sistem apabila terjadi gangguan	LED yang semula hidup menjadi mati apabila terjadi gangguan
Kinerja relay proteksi	Listrik tidak mengalir pada peralatan apabila relay telah trip

Sesuai dengan tabel 6 dilakukan pengujian dengan parameter yang sudah tertera sebagai tolak ukur apakah sistem telah bekerja dengan baik atau belum. Pengujian dilakukan pada masing masing sistem proteksi setiap channel stop kontak. Setelah dilakukan pengujian dengan parameter keberhasilan seperti yang ditampilkan pada tabel 6 maka didapatkan hasil pengujian masing-masing sistem yang tertera pada tabel 7 berikut.

Tabel 7. Data Hasil Pengujian

No Channel Stop Kontak	Bentuk Pengujian	Indikator keberhasilan	Hasil Pengujian	
			Hasil indikator	Arus Terbaca (A)
1	Pemasangan alat listrik dengan arus beban lebih dari 5 Ampere	Sistem melakukan Trip dan memutuskan aliran listrik	Berhasil	4,3567
	Waktu yang dibutuhkan relay untuk melakukan trip	Sistem bekerja minimal 1 detik setelah terdeteksi gangguan	Berhasil	
	Indikator LED	LED yang	Berhasil	

	pada Sistem apabila terjadi gangguan	semula hidup menjadi mati apabila terjadi gangguan		
	Kinerja relay proteksi	Listrik tidak mengalir pada peralatan apabila relay telah trip	Berhasil	
2	Pemasangan alat listrik dengan arus beban lebih dari 5 Ampere	Sistem melakukan Trip dan memutuskan aliran listrik	Berhasil	4,2901
	Waktu yang dibutuhkan relay untuk melakukan trip	Sistem bekerja minimal 1 detik setelah terdeteksi gangguan	Berhasil	
	Indikator LED pada Sistem apabila terjadi gangguan	LED yang semula hidup menjadi mati apabila terjadi gangguan	Berhasil	
	Kinerja relay proteksi	Listrik tidak mengalir pada peralatan apabila relay telah trip	Berhasil	
3	Pemasangan alat listrik dengan arus beban lebih dari 5 Ampere	Sistem melakukan Trip dan memutuskan aliran listrik	Berhasil	4,1356
	Waktu yang dibutuhkan relay untuk melakukan trip	Sistem bekerja minimal 1 detik setelah terdeteksi gangguan	Berhasil	
	Indikator LED pada Sistem apabila terjadi gangguan	LED yang semula hidup menjadi mati apabila terjadi gangguan	Berhasil	
	Kinerja relay proteksi	Listrik tidak mengalir pada peralatan apabila relay telah trip	Berhasil	
4	Pemasangan alat listrik dengan arus beban lebih dari 5 Ampere	Sistem melakukan Trip dan memutuskan aliran listrik	Berhasil	4,8956
	Waktu yang dibutuhkan relay untuk melakukan trip	Sistem bekerja minimal 1 detik setelah terdeteksi gangguan	Berhasil	
	Indikator LED pada Sistem apabila terjadi gangguan	LED yang semula hidup menjadi mati apabila terjadi gangguan	Berhasil	
	Kinerja relay proteksi	Listrik tidak mengalir pada peralatan apabila relay telah trip	Berhasil	

Dari hasil pengujian pada tabel 7 menunjukkan bahwa masing masing bentuk pengujian serta parameternya telah berhasil dicapai.

3.3. Pengujian Rangkaian Beban Dimmer

Pengujian Dimmer dilakukan dengan memasang beban berupa lampu pijar dan kipas angin sebagai motor listrik pada masing – masing channel Stop Kontak kemudian melakukan variasi putaran pada poros potensiometer. Pada tabel 8 ditunjukkan hasil pengujian rangkaian dimmer pada masing-masing channel dengan beban lampu yang berbeda.

Tabel 8. Pengujian Rangkaian Beban Dimmer dengan Beban lampu

Channel Stop Kontak	Beban lampu	Arus awal yang terbaca (A)	Arus terbaca dengan 3 kali variasi putaran (A)	Nyala lampu
1	Lampu pijar 5 watt	0,0235	0,0235	Terang
			0,0105	Sedang
			0,0020	Redup
	Lampu SL 8 watt	0,0278	0,0278	Terang
			0,0098	Sedang
			0,0080	Redup
Lampu LED 3 watt	0,0128	0,0128	Terang	
		0,0070	Terang	
		0,0020	Terang	
2	Lampu Pijar 5 watt	0,0378	0,0378	Terang
			0,0190	Sedang
			0,0070	Redup
	Lampu SL 8 watt	0,0354	0,0354	Terang
			0,0190	Sedang
			0,0088	Redup
Lampu LED 3 watt	0,0156	0,0156	Terang	
		0,0090	Terang	
		0,0031	Terang	
3	Lampu Pijar 5 watt	0,0243	0,0243	Terang
			0,0101	Sedang
			0,0021	Redup
	Lampu SL 8 watt	0,0356	0,0356	Terang
			0,0134	Sedang
			0,0089	Redup
Lampu LED 3 watt	0,0156	0,0156	Terang	
		0,0067	Terang	
		0,0013	Terang	
4	Lampu Pijar 5 watt	0,0257	0,0257	Terang
			0,0109	Sedang
			0,0032	Redup
	Lampu SL 8 watt	0,0356	0,0356	Terang
			0,0101	Sedang
			0,0078	Redup
Lampu LED 3 watt	0,0190	0,0190	Terang	
		0,0089	Terang	
		0,0018	Terang	

Dari data pada tabel 8 menunjukkan bahwa nilai arus berubah ketika potensiometer di putar dengan 3 variasi berbeda. Nyala lampu juga telah berubah sesuai dengan variasi putaran, selain dengan lampu LED, dikarenakan LED yang digunakan adalah jenis lampu LED non dimmable. LED non dimmable memiliki circuit yang disebut driver yang berfungsi untuk mengubah arus input

AC menjadi DC, sehingga lampu LED tidak dapat diatur menggunakan dimmer dengan resistor variabel. hal ini menunjukkan bahwa rangkaian dimmer telah bekerja sesuai dengan teori untuk lampu dengan daya dan jenis yang berbeda. Selanjutnya beban diganti dengan kipas angin. Hal ini dilakukan untuk melakukan pengujian dengan mengatur variasi putaran motor listrik pada kipas angina menggunakan potensiometer pada rangkaian dimmer. Tabel 9 menunjukkan data hasil pengujian rangkaian dimmer dengan beban berupa motor listrik pada kipas angin.

Tabel 9. Pengujian Rangkaian Dimmer Dengan Beban Motor Listrik Pada Kipas Angin

Channel Stop Kontak	Arus Awal Kipas angin (A)	Arus terbaca dengan 3 kali variasi putaran (A)	Kecepatan Kipas Angin
1	0,1035	0,1035	Cepat
		0,0579	Sedang
		0,0190	Lambat
2	0,1348	0,1348	Cepat
		0,0890	Sedang
		0,0120	Lambat
3	0,1245	0,1245	Cepat
		0,0678	Sedang
		0,0180	Lambat
4	0,1290	0,1290	Cepat
		0,0690	Sedang
		0,0130	Lambat

Dari data pada tabel 9 menunjukkan bahwa nilai arus berubah ketika potensiometer di putar dengan 3 variasi berbeda. Selain itu putaran kipas angina juga berubah ketika terjadi variasi pada dimmer. Hal ini menunjukkan bahwa rangkaian dimmer telah bekerja dengan baik dan dapat digunakan baik pada beban lampu 3 jenis maupun motor listrik sesuai dengan teori.

4. Kesimpulan

Hasil dari pembacaan masing-masing alat ukur sensor ZMCT 103C telah mendekati pembacaan alat ukur amperemeter dengan selisih rata-rata masing-masing alat ukur sudah terbilang kecil. Hal ini dikarenakan adanya gangguan alat listrik yang aktif di dekat sensor sehingga mempengaruhi sensitivitas sensor. Parameter keberhasilan pada pengujian sistem proteksi arus lebih menunjukkan bahwa masing masing bentuk pengujian serta parameternya telah berhasil dicapai. Pada pengujian rangkaian dimmer, lampu LED tidak dapat di redupkan. Hal ini dikarenakan LED yang digunakan merupakan LED non-dimmable. LED non-dimmable memiliki circuit yang disebut driver berfungsi untuk mengubah arus input AC menjadi DC, sehingga tidak dapat diatur menggunakan dimmer dengan resistor variabel. Diharapkan pada penelitian selanjutnya, sistem Stop Kontak memiliki beberapa parameter dan fitur-fitur tambahan agar menjadi sistem yang lebih kompleks dan memiliki nilai jual maupun daya tarik yang lebih baik

Referensi

- [1] V. Masinambow, M. E. I. Najoan, and A. S. M. Lumenta, "Pengendali Saklar Listrik Melalui Ponsel Pintar Android," *E-Journal Tek. Elektro Dan Komput.*, vol. 3, no. 1, pp. 27–35, 2014, doi: 10.35793/jtek.3.1.2014.3772.
- [2] R. A. Dalimunthe, "Pemantau Arus Listrik Berbasis Alarm Dengan Sensor Arus Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno," *Semin. Nas. R. 2018*, vol. 9986, no. September, 2018.
- [3] A. Al-Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari, dan M. Ayyash. "Internet of Things : A survey on enabling technologies, protocols, and applications." *IEEE Communications Survey & Tutorials*, vol.17, no. 4, hal 2347-2376, 2015
- [4] R. Buyya dan A. Vahid Dastjerdi, Ed., *Internet of Things Principles and Paradigms*. Morgan Kaufmann, 2016
- [5] William D. Stevenson. JR, "Si\$tem," *Anal. Sist. Tenga*, vol. 1, no. 1, p. 1, 1983.
- [6] T. Ansori, I. M. A. Nrartha, and A. S. Rachman, "Rancangan Energi Meter Dan Sistem Monitring Berbasis Node MCU ESP8266 Wireless Based Moniring System Using Node MCU ESP8266," 2018. 1689–1699.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- [7] Francisco, A. R. L. (2013). 濟無No Title No Title. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), "濟無No Title No Title," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [8] Q. Zeming and L. Electronic, "ZMCT103C C urrent Transformer," pp. 85–86.
- [9] S. Irmalawati, "Studi Pengaruh Beban Lebih Terhadap Kinerja Relai Arus Lebih Pada Transformator Daya (studi kasus transformator daya 1 150/20 kv (30 MVA) di Gardu Induk Batu Besar PT.PLN Batam," pp. 1–13, 2012.
- [10] D. I. G. Induk, "Simulasi Proteksi Daerah Terbatas... (Setiono dan Arum)," pp. 12–17, 2014.
- [11] J. Wahyudi and G. Ahmad, "Desain dan Karakterisasi Penggunaan Sensor Efek Hall UGN3503 untuk Mengukur Arus Listrik pada Kumparan Leybold P6271 Secara Non Destruktif," *Teor. dan Apl. Fis.*, vol. 01, no. 02, pp. 185–190, 2013.
- [12] M. A. Paun, J. M. Sallese, and M. Kayal, "Hall effect sensors design, integration and behavior analysis," *J. Sens. Actuator Networks*, vol. 2, no. 1, pp. 85–97, 2013, doi: 10.3390/jsan2010085.
- [13] A. Ro and Z. Saufy, "Karakterisasi Sensor Efek Hall UGN3503 Untuk Mengukur Kemiringan," *IJEIS (Indonesian J. Electron. Instrum. Syst.)*, vol. 1, no. 1, pp. 25–30, 2013, doi: 10.22146/ijeis.1918.
- [14] H. Wicaksono, "Relay – Prinsip dan Aplikasi," *Univ. Kristen Petra*, pp. 1–12, 2009.
- [15] M. F. Kotb, M. El-Saadawi, and E. H. El-Desouky, "Over Current Protection Relay using Arduino Uno for Future Renewable Electric Energy Delivery and Management (FREEDM) System," *Eur. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 2, no. 5, pp. 38–44, 2018, doi: 10.24018/ejece.2018.2.5.39.