

RELAY PROTEKSI ARUS LEBIH BERBASIS MIKROKONTROLLER ARDUINO

Aria Kharisma¹, Galang Nazharullah²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Samarinda

galangnazhrullah20642005@gmail.com

Abstrak- Peralatan listrik menggunakan pengaman berupa Fuse untuk menghindari terjadinya kerusakan akibat terjadinya arus hubung singkat atau beban lebih. Ketika putus, Fuse perlu diganti. Jika Fuse pengganti tidak tersedia, maka perlu waktu untuk membeli yang baru. Selain itu, sebuah Fuse hanya dirancang untuk suatu kapasitas tertentu. Pada paper ini rancang bangun relay proteksi arus hubung singkat dan beban lebih berbasis Berbasis Microcontroller Arduino yang dapat mengganti Fuse agar tidak harus membeli yang baru. Kelebihan lainnya, arus maksimum alat ini juga dapat diseting sesuai dengan yang diinginkan dan ditampilkan pada layar LCD OLED. Sensor arus menggunakan resistor Shunt dan Op-Amp Pengujian dilakukan dengan membandingkan alat ini dengan alat ukur ampere meter, dilakukan sepuluh kali pengujian dengan nilai arus yang berbeda dan dihasilkan rata-rata error sebesar 0,969%. Selain itu, pengujian kerja alat ini juga dilakukan dengan memberikan beban melebihi batas arus settingan. Hasilnya, relay memutuskan arus listrik ke beban ketika nilai arus yang terukur berada di atas arus seting.

Kata kunci: relay proteksi, Arduino Nano, sensor arus, arus lebih

I. PENDAHULUAN

Peralatan listrik umumnya dilengkapi dengan pengaman arus hubung singkat berupa Fuse. Arus hubung singkat yang cukup besar akan memutuskan kawat pada Fuse agar arus besar tadi tidak merusak peralatan elektronik. Arus berlebih dapat disebabkan oleh beban yang terlalu besar atau jika rangkaian mengalami kegagalan fungsi. Jika Fuse putus, maka diperlukan Fuse baru untuk menggantikannya karena Fuse merupakan pengaman sekali pakai. Seringkali orang tidak memiliki persediaan Fuse sehingga memerlukan waktu untuk membelinya. Selain itu, sebuah Fuse bernilai tetap dan tidak dapat diseting.

Pada penelitian ini dirancang bangun sebuah relay proteksi arus hubung singkat dan beban lebih berbasis mikrokontroler Arduino yang dapat mengganti Fuse yang hanya sekali pakai, dan dapat pula diseting arus kerjanya. Dengan menggunakan peralatan ini, relay akan memutuskan hubungan listrik ke beban jika terjadi hubung singkat atau arus beban lebih. Jika gangguan telah diatasi maka relay proteksi dapat direset untuk digunakan kembali.

II. LANDASAN TEORI

A. Penelitian Sebelumnya

Terdapat beberapa referensi yang digunakan pada proses perancangan Relay Proteksi Arus Lebih Berbasis Mikrokontroler Arduino ini.

Dari penelitian yang dilakukan oleh Deni Almada dan Habil Yusuf dengan judul “Perancangan Prototype Proteksi Arus Beban Lebih Pada Beban DC Menggunakan Mikrokontroler” sistem proteksi arus lebih yang dirancang menggunakan microcontroller berupa Arduino Nano serta menggunakan sensor arus ACS 712 5A, sistem yang dirancang telah dapat bekerja dengan baik dalam memproteksi arus lebih [1].

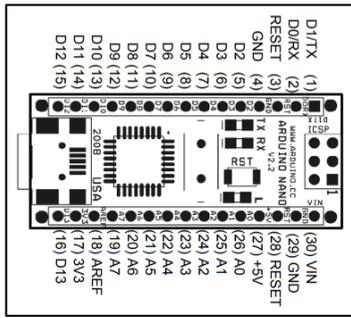
Dari penelitian yang dilakukan oleh Trias Prima Satya .dkk dengan judul “Perancangan Dan Analisis Sistem Alat Ukur Arus Listrik Menggunakan Sensor ACS712 Berbasis Arduino Uno Dengan Standard Clampmeter” dari penelitian ini disimpulkan bahwa sensor ACS712 memiliki error dan ketidakpastian relative yang terbilang besar, sehingga nilai yang dihasilkan oleh sensor ACS712 berbeda dengan nilai standarnya [2].

Dari penelitian yang dilakukan oleh Lilik Eko Nuryanto dengan judul Penerapan Dari Op-Amp (Operational Amplifier) menunjukkan penerapan Op-Amp dalam Penguat Tegangan Non-Pembalikan (*Non-inverting Voltage Amplifier*) yang dapat digunakan pada penelitian ini [3].

Dikarenakan penelitian yang dilakukan oleh Trias Prima Satya.dkk dengan judul “Perancangan Dan Analisis Sistem Alat Ukur Arus Listrik Menggunakan Sensor ACS712 Berbasis Arduino Uno Dengan Standard Clampmeter” menunjukkan bahwa sensor arus ACS712 memiliki error dan ketidakpastian relative yang terbilang besar, sehingga pada penelitian ini menggunakan sensor arus yang menggunakan Op-Amp untuk mengatasi kekurangan pada sensor arus ACS712.

B. Mikrokontroler Arduino Nano

Mikrokontroler merupakan perangkat elektronik yang bekerja berdasarkan program yang dibuat dan sinyal *input* yang diterima lalu proses untuk menghasilkan keluaran atau output yang diinginkan. Tampilan dan pin yang ada pada Arduino ini ditunjukkan pada [Gambar 1](#) [4].



Gambar 1. Pin Arduino Nano [4]

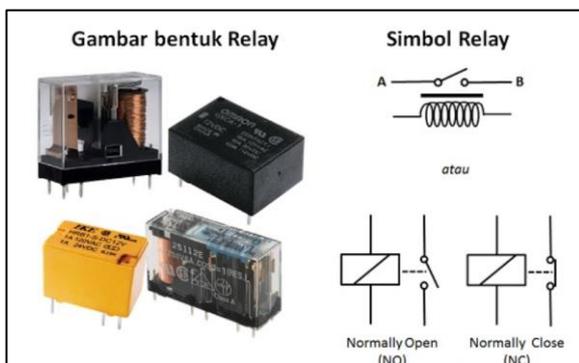
Pada [Tabel 1](#). bisa dilihat untuk pin yang terdapat pada Arduino Nano. [4]

TABEL 1
PIN ARDUINO NANO [4]

Pin No.	Name	Type	Description
1-2, 5-16	D0-D13	I/O	Digital <i>input/output</i> port 0 to 13
3, 28	RESET	<i>Input</i>	Reset (active low)
4, 29	GND	PWR	Supply ground
17	3V3	Output	+3.3V output (from FTDI)
18	AREF	<i>Input</i>	ADC reference
19-26	A7-A0	<i>Input</i>	Analog <i>input</i> channel 0 to 7
27	+5V	Output or <i>Input</i>	+5V output (from on-board regulator) or +5V (<i>input</i> from external power supply)
30	VIN	PWR	Supply Voltage

C. Relay

Relay merupakan komponen saklar (*switch*) yang dikendalikan menggunakan listrik dan merupakan salahsatu komponen Electromechanical (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni kumparan magnet (coil) dan bagian mekanik (kontak saklar/*switch*). Relay bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontaknya sehingga hanya dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Bentuk dan simbol pada relay dapat dilihat pada [Gambar 2](#) berikut ini.

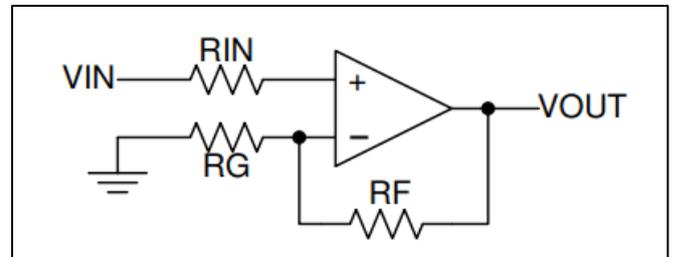


Gambar 2. Bentuk dan symbol relay [5]

D. Op-Amp LM358

OP-Amp (Operational Amplifier) adalah sebuah komponen elektronik yang digunakan dalam berbagai aplikasi rangkaian elektronik. Op-Amp terdiri dari transistor-transistor logika (TTL) atau transistor bipolar pada suatu sirkuit terintegrasi.

LM358 mencakup dua Op-Amp tegangan tinggi (36 V). Perangkat ini memberikan nilai luar biasa untuk aplikasi sensitif, dengan fitur termasuk offset rendah (300 μV, tipikal), rentang input mode umum ke arde, dan kemampuan tegangan input diferensial tinggi



Gambar 3. Rangkaian Op-amp *non-inverting* [6]

E. Perhitungan Sensor Arus

Di karenakan pada resistor pada rangkaian sensor arus menggunakan Op-Amp sebagai penguat tegangan yang terdapat pada *current sensing resistor*, besar tahanan pada RS ini sebesar 0,1 Ohm sehingga jika menggunakan persamaan hukum Ohm yang di tunjukkan pada persamaan (1) adalah.

Keterangan:

- V : Tegangan (Volt)
- I : Arus (Ampere)
- R : Tahanan (Ohm)

$$V = R \times I \tag{1}$$

Sedangkan tegangan *Output* pada Op-Amp dapat dihitung menggunakan persamaan (2) adalah.

Keterangan:

- R_{ref} : Tahanan Refrensi (Ohm)
- R_{gnd} : Tahanan Groun (Ohm)
- V_{in} : Tegangan *Input* (Volt)
- V_{out} : Tegangan *Output* (Volt)
- A_v : Faktor Penguatan

$$V_{out} = \left(\frac{R_{ref}}{R_{gnd}} + 1 \right) V_{in} \tag{2}$$

Berdasarkan persamaan (2) dapat di ketahui penguatan dari penguatan *non inverting* menggunakan persamaan (3) yaitu adalah.

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R_{ref}}{R_{gnd}} + 1 \tag{3}$$

F. LCD Oled 128x32

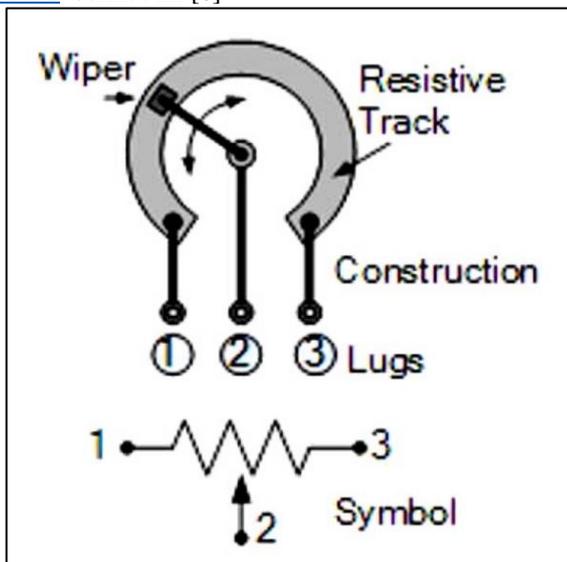
LCD Oled 128x32 dinamakan demikian karena; ini memiliki Pixel sebanyak 128x32. Layar terhubung ke Arduino hanya menggunakan empat kabel – dua untuk *power*, satu untuk clock dan satu untuk data, membuat pengkabelan menjadi sangat ringkas. Layar ini menggunakan koneksi data adalah I2C (I²C, IIC atau *Inter-Integrated Circuit*). Serial Komunikasi ini disebut TWI (Two Wire Interface). Bentuk layar LCD Oled ini ditunjukkan pada [Gambar 4](#). di bawah ini [7].



Gambar 4. LCD Oled 128x32 [7]

G. Potensiometer

Potensiometer adalah komponen resistor yang memiliki tiga terminal yang berfungsi untuk mengatur resistensi, tegangan, dan arus listrik dalam sebuah rangkaian, potensiometer (POT) ini termasuk ke dalam jenis resistor variabel. Hal itu dikarenakan cara kerja potensiometer dapat mengubah nilai resistensi secara variatif dengan memutar knob pada potensiometer, struktur potensiometer dapat dilihat pada [Gambar 5](#). berikut ini [8]



Gambar 5. Rangkaian Potensiometer [8]

H. Momentary Tectile Push Button

Push Button (PB) / Saklar Tombol Tekan merupakan komponen yang berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan suatu aliran listrik dengan cara ditekan dan dilepas. *Push Button* banyak digunakan pada rangkaian kontrol, karena komponen ini merupakan salah satu komponen yang penting dalam suatu sistem kontrol untuk memberi sinyal. Kata momentary bisa diartikan dengan sesaat. Jadi *Push Button* yang beroperasi secara momentary bisa diartikan bahwa *Push Button*

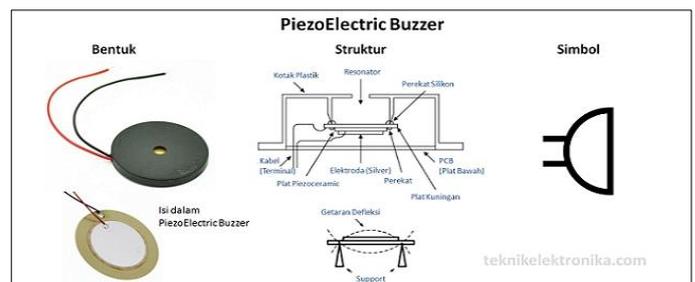
tersebut bekerja hanya sesaat saja ketika di tekan, bentuk fisik dari komponen ini dapat dilihat pada [Gambar 6](#). berikut ini.



Gambar 6. Momentary tactile push button [9]

I. Piezoelectric

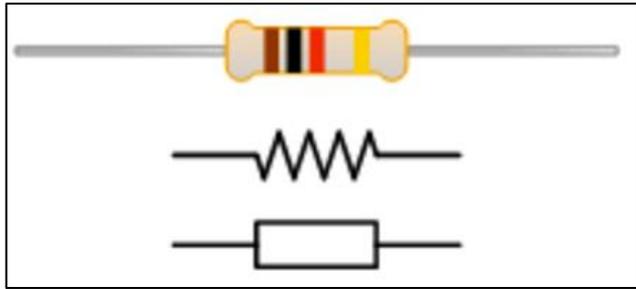
Piezoelectric buzzer adalah jenis buzzer yang menggunakan efek piezoelektrik untuk menghasilkan bunyi. Bunyi yang dihasilkan oleh buzzer ini dihasilkan oleh getaran mekanis yang diinduksi oleh kristal piezoelektrik di dalamnya. Sumber Listrik DC yang dihubungkan ke bahan Piezoelectric akan mengakibatkan gerakan mekanis, gerakan tersebut kemudian menghasilkan suara atau bunyi yang dapat didengar oleh telinga manusia dengan menggunakan diafragma dan resonator, dapat dilihat pada [Gambar 7](#). merupakan bentuk, struktur, dan simbol dari komponen *buzzer*.



Gambar 7. Piezoelectric Buzzer

J. Resistor

Resistor adalah salah satu komponen dasar dalam rangkaian elektronik yang digunakan untuk mengatur aliran arus listrik. Resistor merupakan komponen pasif yang memiliki dua terminal dan memiliki resistansi tertentu. Resistansi mengukur seberapa besar hambatan yang diberikan oleh resistor terhadap aliran arus listrik, semakin besar daya resistor maka semakin besar bentuk fisik resistor, komponen resistor dapat di dilihat pada [Gambar 7](#) berikut ini.



Gambar 8. Bentuk dan simbol resistor [10]

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Lokasi

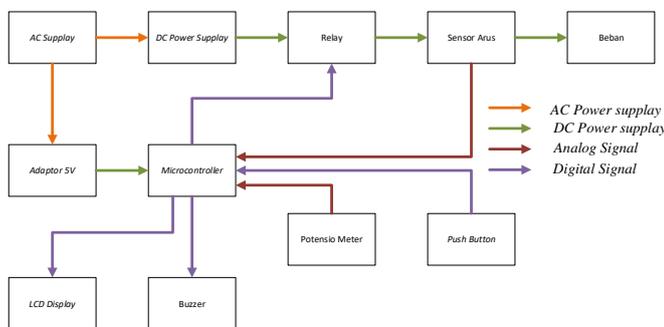
Waktu yang digunakan untuk perancangan PBL ini dilaksanakan pada bulan Februari 2023 sampai dengan bulan Maret 2023 di laboratorium mikrokontroler.

B. Jenis Data dan Sumber Data

Pada perancangan PBL ini ada tiga tahapan yaitu saat pra perancangan, perancangan, dan parameter operasi. Jenis dan sumber data yang digunakan pada saat pra perancangan adalah datasheet atau yang lebih dikenal sebagai spesifikasi dari komponen. Jenis sumber data yang digunakan pada saat perancangan adalah buku-buku, *website*, dan jurnal serta simulasi rangkaian menggunakan perangkat lunak Proteus. Parameter operasi adalah data yang didapat dari implementasi dari pelaksanaan PBL Relay Proteksi Arus Lebih Berbasis Mikrokontroler Arduino Di Laboratorium Mikrokontroler.

C. Gambaran Umum Sistem

Gambaran umum sistem yang akan dirancang pada PBL Relay Proteksi Arus Lebih Berbasis Mikrokontroler Arduino yang dapat dilihat pada [Gambar 9](#). sistem mikrokontroler mendapatkan suplai tegangan dari adaptor 5V sementara itu untuk beban mendapat suplay tegangan dari DC Power supply, pada mikrokontroler terdapat tiga buah Output dan terdapat enam *input* yang terdiri dari empat buah *push button*, sensor arus, dan potensio meter, untuk penjelasan *input* dan *output* dapat di lihat pada Tabel 2.



Gambar 9. Gambar umum sistem relay proteksi arus lebih berbasis mikrokontroler arduino

TABEL 2
INPUT DAN OUTPUT YANG DIGUNAKAN

Pin Mode	No Pin	Nama pin	Keterangan
Input	3	Reset	Berfungsi sebagai tombol reset ketika relay proteksi aktif dan sebagai tombol kembali saat setting menu.
Input	4	Enter	Berfungsi sebagai tombol enter ketika menyimpan settingan dan ketika masuk ke sub menu
Input	5	Down	Berfungsi sebagai tombol memilih menu ke bawah
Input	6	UP	Berfungsi sebagai tombol memilih menu ke bawah
Input	A0	sensorArus	Input yang berfungsi membaca sinyal dari sensor arus sebagai arus yang sedang di ukur
Input	A1	potensio	Input yang berfungsi membaca sinyal dari potensio sebagai arus yang sedang di ukur
Output	9	buzz	Sebagai output yang menghasilkan bunyi sebagai sinyal ketika relay aktif
Output	8	relay	Sebagai output yang mengontrol relay untuk memutus arus ke bebantetika arus yang terbaca melebihi arus setting
Output	A4,5	Display	Sebagai monitor yang menampilkan data yang terbaca oleh sensor

D. Parameter Operasi

Parameter operasi pada relay peroteksi arus lebih berbasis microcontroller ini antara lain:

- Tegangan**
 Sinyal yang dihasilkan oleh sensor arus adalah dalam bentuk tegangan, tegangan ini diterima oleh microcontroller dalam bentuk sinyal analog dari tegangan 0 Volt hingga 5 Volt dan diubah menjadi sinyal digital 10 bit dari nilai 0 hingga 1023, lalu nilai digital ini dikonversi menjadi satuan arus yang di tampilkan pada layar. Pada sensor arus terdapat *current sensing resistor*, dengan mengukur tegangan yang jatuh pada resistor RS tersebut. maka dapat dihitung nilai arus yang mengalir pada beban dan resistor RS.
- Arus**
 Sebagai alat peroteksi arus, parameter arus sangat penting pada alat ini agar berfungsi dengan baik, kemampuan alat ini dalam mengukur arus yang mengalir menyesuaikan dengan kemampuan hantar arus pada sensor arus yang digunakan dan relay yang digunakan, sehingga di dapatkan nilai arus maksimum yang dapat di proteksi.

E. Peralatan Dan Material

Peralatan dan material yang digunakan dapat dilihat pada [Tabel 3](#) berikut ini:

TABEL 3
PERALATAN DAN MATERIAL

Peralatan	Material
Power supply CC CV	Arduino Nano / Uno
Ampere Meter	Layar Oled 32 × 128
Laptop	Relay (Active Low)
Adaptor 12 Volt	Kabel jumper
Solder	Resistor
Jepit Buaya	Buzzer
	Push Button
	Bread Board
	Papan PCB bolong
	Timah
	Op – Amp LM358

F. Simulasi sensor arus

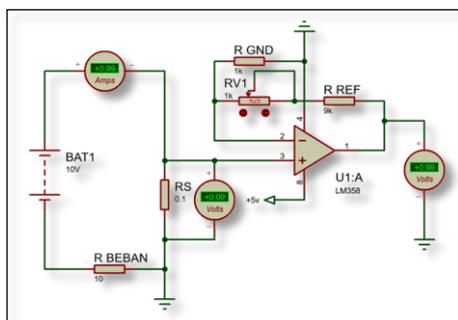
Pada praktel ini digunakan perangkat lunak sebagai referensi sebelum melakukan pengujian secara langsung terhadap komponen. Adapun perangkat lunak yang digunakan yaitu Proteus yang digunakan untuk membuktikan teori perhitungan yang mengacu pada dasar teori Op-Amp yang digunakan.

Dapat dilihat pada [Gambar 11](#), merupakan rangkaian sensor arus, tegangan pada RS (*current sensing resistor*) menghasilkan tegangan sebesar 0,09 Volt dan arus yang mengalir sebesar 0,99 Ampere, tegangan pada RS dapat di buktikan dengan menggunakan persamaan (1) sehingga di dapatkan.

$$V = 0,1\Omega \times 0,99A = 0,09 \text{ Volt}$$

Dengan menggunakan Op-Amp tagangan yang dihasilkan dari RS dapat di tingkatkan sebesar ×10 berdasarkan rumus perhitungan pada (2) sehingga menghasilkan tegangan output sebesar 0,99 Volt

$$V_{out} = \left(\frac{9000}{1000} + 1\right) 0,09 = 0,99 \text{ Volt}$$

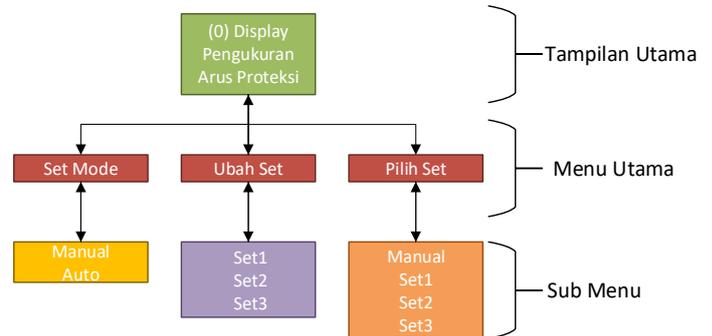


Gambar 11. Rangkaian Sensor Arus Pada Relay Proteksi Arus Lebih Berbasis Mikrokontroler Arduino

Sehingga pada rangkaian sensor arus ini jika arus yang mengalir pada RS sebesar 1 Ampere maka tegangan yang dihasilkan oleh Op-Amp adalah sebesar 1 Volt.

G. Pengaturan Menu Pada Layar

Pada alat Relay Proteksi Arus Lebih ini terdapat beberapa fitur yang di sediakan pada menu pengaturan untuk dapat mengaksesnya dengan menggunakan empat buah tombol yang telah di jelaskan pada Tabel 2 alur pengaturan pada menu dapat di lihat pada [Gambar 12](#), berikut ini.



Gambar 12. Alur pengaturan menu pada relay proteksi arus lebih berbasis mikrokontroler arduino

Terdapat tiga fitur yang di sediakan pada menu pengaturan yaitu berupa:

- Pilih Set**
Pada fitur ini berfungsi untuk menampilkan pilihan pengaturan arus proteksi yang tersedia, sehingga pengguna tinggal memilih nilai arus yang akan di proteksi tanpa perlu melakukan pengaturan manual dengan memutar potensio, namun masih terdapat pilihan untuk pengaturan secara manual.
- Ubah Set**
Pada fitur ini berfungsi untuk mengubah nilai pilihan pada fitur pertama (Pilih Set) sehingga membuat alat ini lebih fleksibel untuk digunakan.
- Set Mode**
Pada fitur ini berfungsi untuk mengatur mode reset ketika relay dalam keadaan memproteksi rangkaian, ketika mode manual, maka relay hanya akan kembali ke kondisi normal apabila tombol reset di tekan, ketika mode Auto, maka relay akan kembali ke kondisi normal dalam waktu tertentu, dan akan kembali memproteksi apabila arus melebihi settingan arus yang di atur.

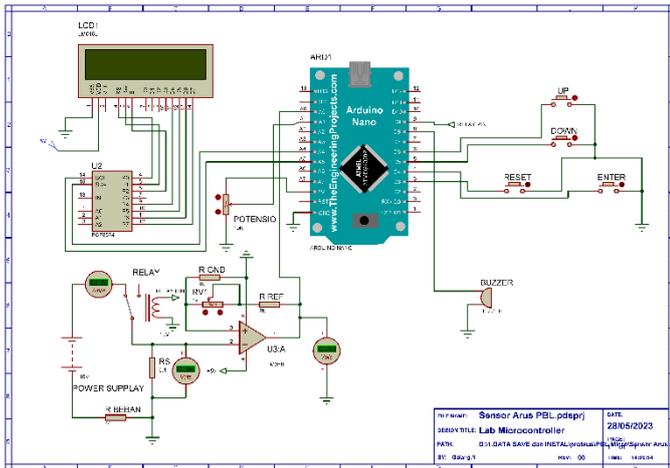
H. Perancangan Sistem Catu Daya

Perancangan sistem catu daya dibuat untuk memberikan tegangan suplai pada komponen microcontroller dan sensor arus. Catu daya utama yang digunakan pada sistem sensor arus adalah catu daya DC yang berasal dari USB, dan juga catu daya yang mensuplai beban yang berasal dari *power supply variable*. Untuk melakukan pengujian microcontroller dan sensor arus di suplay tegangan 5V oleh USB, lalu untuk beban di suplay menggunakan *power supply variable* yang di atur untuk menghasilkan arus konstan (*constan current*).

I. Perancangan Sistem Regulator Tegangan DC

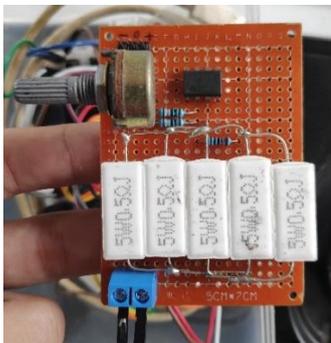
Sebelum melakukan perakitan terlebih dahulu melakukan perancangan pada software proteus, seperti yang ditunjukkan

pada [Gambar 13](#). untuk menentukan jalur pemasangan komponen dan menentukan pin pada kaki komponen yang akan dipasang



Gambar 13. Skema Rangkaian Relay Proteksi Arus Lebih Berbasis microcontroller arduino

Selanjutnya Rangkaian akan diimplementasikan pada papan PCB seperti pada [Gambar 14](#). rangkaian pada papan PCB ini merupakan rangkaian sensor arus.



Gambar 14. Perakitan sensor arus pada papan PCB

J. Rancangan Pengujian dan Analisis Data

Peralatan yang akan digunakan pada rancangan pengujian dan analisis data antara lain sebagai berikut:

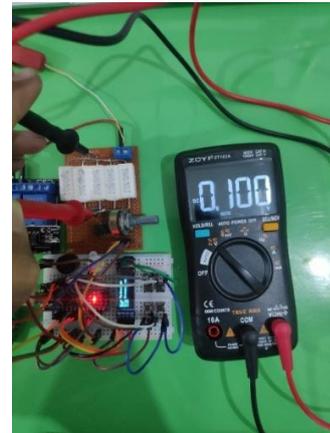
1. Power supply DC variabel
Power supply DC variable digunakan untuk mensuplai arus pada sensor arus sehingga nilai arus dapat diubah dengan mudah untuk pengujian.
2. Multitester
Multitester digunakan untuk mengukur arus dan tegangan pada sensor arus, dan juga sebagai pembanding akurasi dari sensor arus yang mengalir, serta menjadi acuan pada saat proses kalibrasi sensor arus.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Proses Kalibrasi Sensor Arus

Sebelum melakukan pengujian perlu dilakukan proses kalibrasi agar nilai arus yang dihasilkan oleh sensor arus sesuai dengan nilai arus yang sebenarnya, proses ini dilakukan dengan

cara mengukur tegangan pada kaki *current sensing resistor* seperti yang di ditampilkan pada [Gambar 15](#) dan mengatur nilai tegangan yang dihasilkan Op-Amp seperti yang di ditampilkan pada [Gambar 16](#). sehingga menghasilkan nilai arus yang di tampilkan pada [Gambar 17](#).



Gambar 15. Tegangan yang terukur pada *current sensing resistor*.



Gambar 16. Tegangan yang dihasilkan oleh Op-Amp.

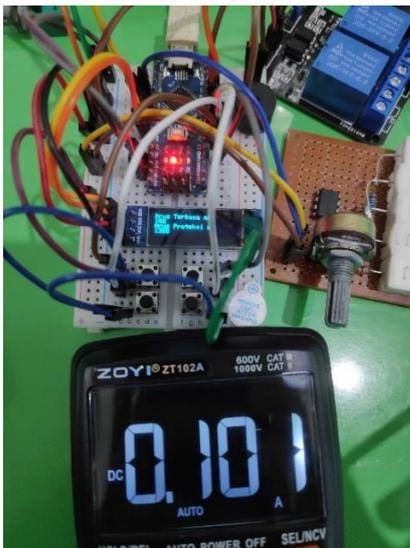


Gambar 17. Nilai arus yang di tampilkan pada layar.

Pada proses kalibrasi arus yang mengalir pada *current sensing resistor* adalah sebesar 1 Ampere sehingga didapatkan nilai tegangan pada resistor sebesar 0,1 Volt, nilai tegangan ini kemudian dikuatkan oleh Op-Amp sebesar 10 kali penguatan sehingga di hasilkan tegangan sebesar 1 Volt, dan nilai tegangan ini dikonversi oleh microcontroller menjadi nilai arus yang di tampilkan pada layar sebesar 1001 mA

B. Pengujian Akurasi Sensor Arus

Pada proses pengujian ini menggunakan alat ukur ampere meter sebagai pembanding nilai arus yang dihasilkan oleh sensor arus, pengujian ini dilakukan sebanyak sepuluh kali dengan nilai arus yang berbeda – beda, proses pengujian dapat dilihat pada [Gambar 18](#) berikut ini, dan hasil pengujian dapat dilihat pada [Tabel 4](#).



Gambar 18. Pengujian akurasi sensor arus

TABEL 4
HASIL PENGUJIAN AKURASI SENSOR ARUS

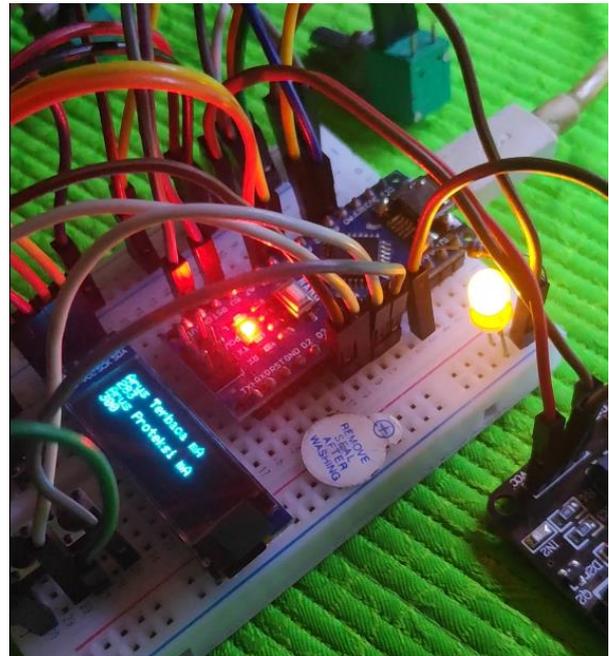
No	Alat Ukur (A)	Sensor Arus (A)	Error (%)
1	0.101	0.102	0.990
2	0.202	0.205	1.485
3	0.300	0.293	2.333
4	0.401	0.395	1.496
5	0.503	0.508	0.994
6	0.600	0.606	1
7	0.700	0.698	0.285
8	0.803	0.806	0.373
9	0.903	0.899	0.442
10	1.004	1.001	0.298
Rata-rata error			0.969

Berdasarkan hasil pengujian pada [Tabel 4](#) nilai arus yang diperoleh dari alat ukur dan sensor arus tidak jauh berbeda sehingga menghasilkan persentase error yang kecil.

C. Pengujian Relay Proteksi Arus

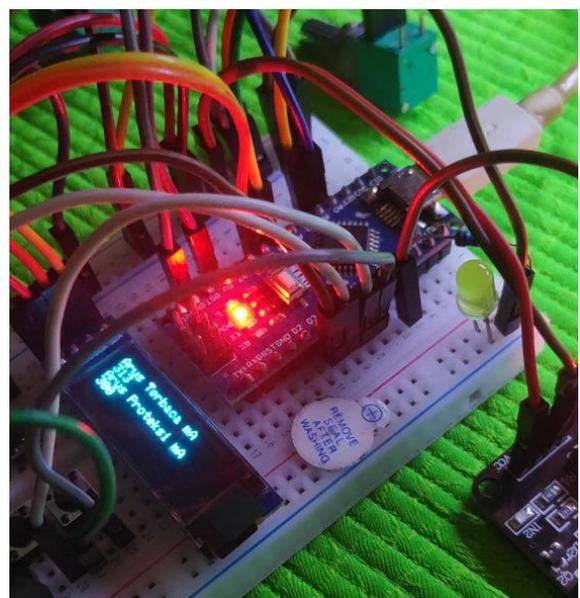
Pada pengujian relay proteksi dilakukan dengan mengatur nilai arus proteksi dan nilai arus yang terbaca, perlu diketahui bahwa relay yang digunakan adalah jenis relay *active low* sehingga pada saat diberi sinyal *low* maka relay akan bekerja,

dapat di lihat pada [Gambar 19](#) saat nilai arus terbaca yaitu 283 mA lebih rendah dibandingkan nilai arus proteksi 300 mA, relay proteksi dalam keadaan normal, dapat dilihat dari lampu LED yang menyala, menandakan sinyal yang diterima relay dalam keadaan *high*.



Gambar 19. Pengujian relay proteksi kondisi normal

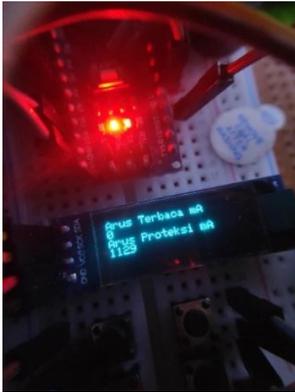
Lalu pada [Gambar 20](#), dapat dilihat saat nilai arus terbaca yaitu 313 mA lebih tinggi dibandingkan nilai arus proteksi 300 mA, relay proteksi dalam keadaan memproteksi, dapat dilihat dari lampu LED yang mati, menandakan sinyal yang diterima relay dalam keadaan *low*.



Gambar 20. Pengujian relay proteksi kondisi memproteksi

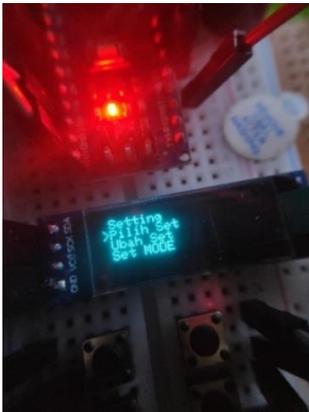
D. Pengujian Pengaturan Pada Menu layar

Berikut ditampilkan hasil pengujian pengaturan pada fitur menu yang ditampilkan pada layar LCD



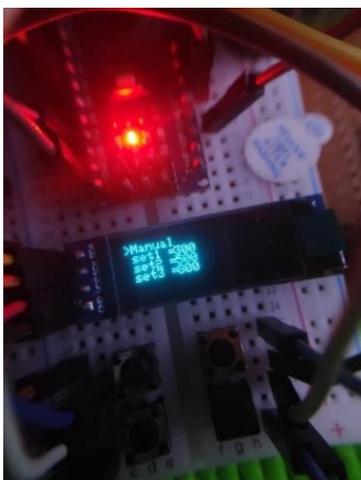
Gambar 21. Tampilan utama pembacaan arus

Pada [Gambar 21](#), menampilkan hasil pengujian pengaturan fitur LCD yang dimana menampilkan arus terbaca dari relay proteksi dan arus proteksi yang di *setting* untuk relay proteksi bekerja.



Gambar 22. Tampilan menu *setting* utama

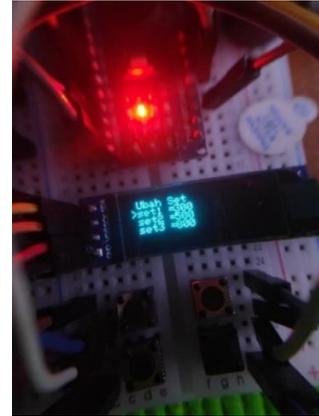
Pada [Gambar 22](#), menampilkan tampilan menu *setting* utama yaitu tampilan untuk memilih pengaturan yang ingin diubah atau di atur. Ada 3 pengaturan yang dapat di pilih, yaitu : Pilih set, Ubah set, dan Set MODE.



Gambar 23. Tampilan sub menu pada (Pilih Set)

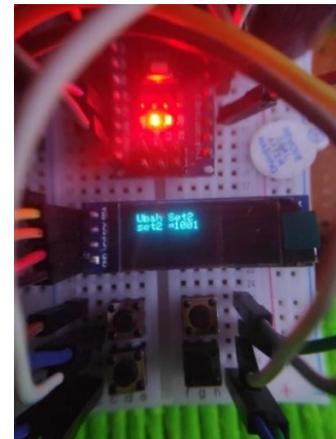
Submitted: 07/06/2023; Revised: 11/06/2023;
Accepted: 14/11/2023; Online first: 17/11/2023
<https://doi.org/10.46964/poligrid.v4i1.9>

Pada [Gambar 23](#), menampilkan tampilan sub menu pada Pilih Set, yaitu untuk memilih pengaturan nilai arus proteksi yang diinginkan.



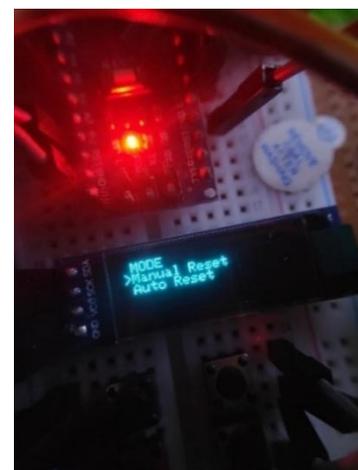
Gambar 24. Tampilan sub menu pada (Ubah Set)

Pada [Gambar 24](#), menampilkan tampilan sub menu pada Ubah Set, yaitu untuk mengatur nilai proteksi yang diinginkan dengan mengubah nilai pada *settingan* awal ke *settingan* yang diinginkan



[Gambar 24](#). Tampilan pengaturan pada sub menu (Ubah Set)

Pada [Gambar 24](#), menampilkan tampilan pengaturan pada sub menu Ubah Set, yaitu pengaturan nilai proteksi yang diinginkan.



Gambar 25. Tampilan sub menu pada (Set Mode)

Pada [Gambar 25](#), menampilkan tampilan menu pada Set Mode yaitu tampilan untuk mengatur mode yang diinginkan. Ada dua mode yang akan dijalankan, Manual reset dan *Auto* reset

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari Project Based Learning tentang rancang bangun Relay Proteksi Berbasis Arduino Di Laboratorium Microcontroller, maka dapat diambil kesimpulan:

1. Berdasarkan hasil pengujian alat ini bekerja dengan baik dalam memproteksi arus lebih dan memiliki akurasi yang baik, dan menghasilkan rata-rata persentase *error* yang rendah yaitu 0.969%.
2. Percobaan relay proteksi arus lebih berbasis sensor arus op-amp merupakan sebuah metode yang digunakan untuk melindungi peralatan listrik dari kerusakan akibat arus lebih yang berlebihan. Metode ini menggunakan sensor arus yang dapat mendeteksi arus listrik yang melewati suatu jalur atau kabel, dan kemudian mengaktifkan relay proteksi untuk memutus aliran listrik jika arus melebihi batas yang telah ditentukan.
3. Sensor arus yang digunakan merupakan sensor arus yang menggunakan current sensing resistor sebagai komponen yang mendeteksi arus pada beban, lalu dilengkapi dengan Op-Amp sebagai penguat agar sinyal tegangan yang dihasilkan oleh current sensing resistor dapat terbaca dengan baik oleh microcontroller
4. Sensor arus menggunakan Op-Amp memiliki kelebihan dibandingkan dengan sensor arus konvensional, karena mampu memberikan output yang lebih akurat dan stabil.
5. Dalam percobaan ini, sensor arus op-amp dihubungkan dengan rangkaian elektronik yang terdiri dari beberapa komponen seperti resistor, LED Display, dan relay proteksi. Ketika arus yang melewati sensor arus mencapai batas yang telah ditentukan pada microcontroller, maka microcontroller akan memberikan sinyal output yang akan mengaktifkan relay proteksi untuk memutus aliran listrik.
6. Dengan demikian, penggunaan sensor arus dilengkapi dengan op-amp dalam percobaan relay proteksi arus lebih dapat meningkatkan keandalan dan keakuratan sistem proteksi listrik, sehingga dapat melindungi peralatan listrik dari kerusakan akibat arus lebih yang berlebihan.
7. LCD display pada percobaan ini berfungsi untuk menampilkan informasi terkait arus listrik, seperti nilai arus yang mengalir dan nilai arus yang di proteksi, serta menampilkan menu pengaturan, sehingga memudahkan pengguna dan membuat alat ini lebih fleksibel dalam penggunaannya.

B. Saran

Dari Project Based Learning tentang rancang bangun Relay Proteksi Berbasis Arduino Di Laboratorium Microcontroller, maka dapat diperoleh saran;

1. Alat ini memiliki batas kemampuan daya yang dapat diterima sensor arus yaitu sebesar 25 Watt

2. Pada alat ini dapat menyimpan data pengaturan yang telah di buat, namun hanya dapat tersimpan ketika alat dalam keadaan menyala, jika dimatikan maka akan reset ke *settingan* awal, untuk dapat menyimpannya di butuhkan suatu penyimpanan memori.
3. Pada alat ini masih memiliki *Ripple* berkisaran $\pm 15\text{mA}$ dari nilai arus sesungguhnya.
4. Diharapkan pembaca dapat menjadikan laporan ini sebagai refrensi dalam mengembangkan suatu rangkaian yang menyerupai.
5. Alat ini hanya dapat digunakan untuk memproteksi arus DC.

REFERENSI

- [1] H. Y. Deni Almanda, "eLEKTUM," 2017. [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/elektum/article/view/1735>. [Accessed 05 Juni 2023].
- [2] T. P. S. dkk, "SIMETRIS," April 2020. [Online]. Available: <https://jurnal.umk.ac.id/index.php/simet/article/view/3548/2059>. [Accessed 05 Juni 2023].
- [3] L. E. Nuryanto, "ORBITH," Maret 2017. [Online]. Available: <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/orbith/article/view/950>. [Accessed 05 Juni 2023].
- [4] "Arduino Nano (V2.3)," [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoNanoManual23.pdf>. [Accessed 18 April 2023].
- [5] D. Kho, "Teknik elektronika," [Online]. Available: <https://teknikelektronika.com/pengertian-relay-fungsi-relay/>. [Accessed 13 February 2023].
- [6] TI and community contribution, "LM385," Texas Instruments, [Online]. Available: <https://www.ti.com/product/LM385>. [Accessed 5 May 2023].
- [7] "Starting Electronics," 1 Desember 2020. [Online]. Available: <https://startingelectronics.com/tutorials/arduino/modules/OLED-128x32-I2C-display/>. [Accessed 13 February 2023].
- [8] R. Abadi, "Thecityfoundry," 12 January 2023. [Online]. Available: <https://thecityfoundry.com/potensiometer/>. [Accessed 14 February 2023].
- [9] A. Wahyudi, "TPTUMETRO," 30 June 2021. [Online]. Available: <https://www.tptumetro.com/2021/06/push-button-momentary-dan-alternate.html>. [Accessed 14 February 2023].
- [10] S. G. Anindita, "Pengertian Resistor, Fungsi, Rumus, dan Jenisnya," KOMPAS.COM, Jakarta, 2022.