

TUGAS AKHIR

PERANCANGAN SISTEM PROTEKSI ARUS LEBIH MENGGUNAKAN EARTH LEAKAGE CIRCUIT BREAKER BERBASIS ARDUINO DAN MONITORING ARUS PADA TRAFU DENGAN BEBAN LAMPU

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Di susun oleh :

BAKTIANSAH RITONGA
1607220043



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

Proposal penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Baktiansah Ritonga

NPM : 1607220043

Program Studi : Teknik Elektro

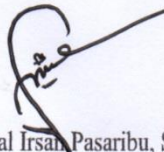
JudulSkripsi : **Perancangan Sistem Proteksi Arus Lebih Menggunakan Earth Leakage Circuit Breaker Berbasis Arduino Dan Monitoring Arus Pada Trafo Dengan Beban Lampu**

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai penelitian tugas akhir diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 23 Oktober 2021

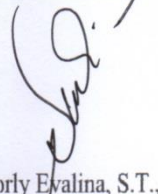
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen pembading I



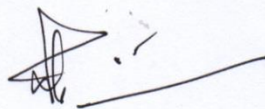
Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T.

Dosen pembading II



Noorly Evalina, S.T., M.T.

Dosen pembimbing



Ir. Abdul Aziz, MM

Program Studi Teknik Elektro



Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Baktiansah Ritonga
Tempat/ Tanggal Lahir : Suka Dame / 14 November 1995
NPM : 1607220043
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul :

“Perancangan Sistem Proteksi Arus Lebih Menggunakan Earth Leakage Circuit Breaker Berbasis Arduino Dan Monitoring Arus Pada Trafo Dengan Beban Lampu “

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 23 Oktober 2021

Saya yang menyatakan,



Baktiansah Ritonga

ABSTRAK

Sistem proteksi bekerja sebagai pengaman terhadap komponen-komponen sistem tenaga atau komponen-komponen elektronika. Sistem proteksi bertujuan untuk mengurangi/meminimalisir kerusakan baik secara faktor eksternal atau faktor internal dan dapat menyebabkan kerugian. Sistem proteksi yang umum dilihat pada penyaluran listrik setelah terpasangn KWH (*Kilo Watt Hour*) meter maka dikombinasikan dengan MCB (*Miniatur Circuit Breaker*) yang berfungsi sebagai pemutus arus secara otomatis. Untuk pengaman lebih sensitif dapat dikombinasikan dengan ELCB (*Earth Leakage Circuit Breaker*). Rancang bangun alat sistem proteksi daya listrik ini menggunakan mikrokontroler Arduino Uno sebagai sistem kontrol yang digunakan sebagai wadah mengolah sinyal input sehingga menjadi output yang berupa tampilan pada LCD. Arduino dapat diprogram sebagai pengontrol relay sebagai pemutus hubungan listrik dan menaktifkan buzzer apabila terjadi beban lebih dari yang ditentukan. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh kesimpulan Arduino bekerja berdasarkan program dengan cara mendeteksi arus menggunakan sensor ACS 712 kemudian mengkalibrasikannya menjadi nilai arus dan menampilkan nya pada display LCD. Arduino akan memberikan perintah untuk dengan mengaktifkan buzzer dengan delay waktu 3 detik untuk memutuskan arus.

Kata Kunci: Arus bocor, sistem proteksi, arduino, ELCB, ACS 712

ABSTRACT

The protection system works as a safeguard against power system components or electronic components. The protection system aims to reduce / minimize damage to both. Externally or internally and may cause losses. The protection system that is commonly seen in electricity distribution after the KWH (Kilo Watt Hour) meter is installed is combined with an MCB (Miniature Circuit Breaker) which functions as an automatic circuit breaker. For more sensitive safety, it can be combined with an ELCB (Earth Leakage Circuit Breaker). The design of this electrical power protection system tool uses the Arduino Uno microcontroller as a control system which is used as a container to process the input signal so that it becomes an output in the form of a display on the LCD. Arduino can be programmed as a relay controller as an electrical circuit breaker and activate the buzzer if there is a load that is more than the specified. Based on the test results, it can be concluded that Arduino works based on the program by detecting current. Using the ACS 712 sensor then calibrate it into a current value and display it on the LCD display. Arduino will give a command to activate the buzzer with a time delay of 3 seconds to disconnect the current.

Keywords: Leakage current, protection system, arduino, ELCB, ACS 712

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr.wb

Puji dan syukur kehadiran ALLAH SWT atas rahmat dan karunianya yang telah menjadikan kita sebagai manusia yang beriman dan insya allah berguna bagi semesta alam. Shalawat berangkaikan salam kita panjatkan kepada junjungan kita nabi besar Muhammad SAW yang mana beliau adalah suri tauladan bagi kita semua dan telah membawa kita darizaman kebodohan menuju zaman yang penuh pengetahuan.

Tulisan ini dibuat sebagai tugas akhir untuk memenuhi syarat dalam meraih gelar kesarjanaan pada Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul tugas akhir ini adalah **“Perancangan Sistem Proteksi Arus Lebih Menggunakan Earth Leakage Circuit Breaker Berbasis Arduino Dan Monitoring Arus Pada Trafo Dengan Beban Lampu”**.

Selesainya Penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Abdul Aziz.MM selaku Dosen Pembimbing Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhirini..
2. Bapak Munawar Alfansury Siregarr, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T. Ketua Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Partaonan Harahap, S.T., M.T. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu teknik elektroan kepada penulis.
6. Secara khusus saya ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada

kedua orang tua yang saya cintai dan kasihi, yaitu Ayah saya Ardiansyah Ritonga dan Ibunda saya Murni Br Munthe. Terimakasih telah berjuang dan bekerja keras serta terus mendukung dalam masa pendidikan saya sehingga saya sampai kepada jenjang pendidikan tinggi. Tanpa do'a dan dukungan Ayah dan Ibunda tercinta, saya tidak akan mampu menyelesaikan studi dengan baik.

7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Teman-teman seperjuangan Elektro A3 Malam Stambuk 2016 yang memberi dukungan dan motivasi kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih memiliki kekurangan dan jauh dari kata sempurna, hal ini disebabkan kerbatasan kemampuan penulis, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik & saran yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tulisan ini dapat menambah dan memperkaya lembar khazanah penegetahuan bagi para pembaca sekalian dan khususnya bagipenulis sendiri. Sebelum dan sesudahnya penulis mengucapkan terimakasih.

Wassalamu'alaikum wr.wb

Medan, 23 Oktober 2021



Baktiasah Ritonga
1607220043

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Perancangan Sistem Proteksi Arus Bocor Menggunakan Earch Leakage Circuit Breaker Berbasis Arduino Dan Monitoring Arus Pada Trafo Dengan Beban Lampu

Nama : Baktiansah. Ritonga

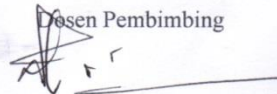
NPM : 1607220043

Dosen Pembimbing : Ir. Abdul Aziz MM

NO	Tanggal	Uraian	Paraf
1	23/3-'21	Lanjutan Pengumpulan Bab III	[Signature]
2	17/4-'21	Ass. Bab IV dan di lengkapi dan perbaikan data	[Signature]
3	2/5-'21	Pengumpulan alat	[Signature]
4	20/6-'21	Pengumpulan data beban	[Signature]
5	05/7-'21	Ass. Bab IV dan Bab V	[Signature]
6	10/9-'21	Pengumpulan Bab I s.d Bab V	[Signature]

Jess Suci

Dosen Pembimbing



(Ir. Abdul Aziz MM)

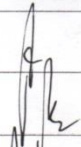
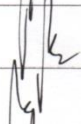
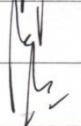
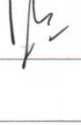
LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

**Perancangan Sistem Proteksi Arus Bocor Menggunakan Earch Leakage
Circuit Breaker Berbasis Arduino Dan Monitoring Arus Pada Trafo Dengan
Beban Lampu**

Nama : Baktiansah. Ritonga

NPM : 1607220043

Dosen Pembimbing : Ir. ABDUL AZIZ MM

NO	Tanggal	Uraian	Paraf
	20/9-'21	Ass Evaluasi hasil Selesai	
	25/9-'21	Penyempurnaan Bab IV dan V	
	8/10-'21	Evaluasi akhir Bab I & II	
	12/10-'21	Ass. Mengikuti Sidang	

Dosen Pembimbing



(Ir. ABDUL AZIZ MM)

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Ruang Lingkup Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	6
2.2 Sistem Proteksi	7
2.2.1 Relay	9
2.2.2 Pengamanan Pentanahan.....	13
2.2.3 MCB (Miniature Circuit Breaker)	14
2.2.4 ELCB (<i>Earth Leakage Circuit Breaker</i>).....	15
2.2.5 Pemutus Tenaga (PMT).....	17
2.2.6 GIS (<i>Gas Insulated Switchgear</i>).....	18
2.3 Arus Hubung Singkat	19
2.4 Transformator	22
2.5 Sistem kendali	25

2.6	Microcontroller.....	26
2.6.1	Jenis-jenis Arduino	27
2.6.2	Arduino Uno R3.....	27
2.6.3	Arduino Uno	28
2.6.4	Arduino Nano	30
2.6.5	Arduino Mega.....	30
2.7	<i>Sensor arus ACS 712</i>	31
2.8	LCD	33
2.9	BUZZER	34
BAB III METODE PENELITIAN.....		35
3.1	Lokasi Penelitian	35
3.2	Bahan dan Alat Penelitian	35
3.3	Metode Penelitian.....	36
3.4	Gambar Rangkaian	37
3.5	Flowchart Perancangan	37
BAB IV HASIL DAN PENGUJIAN		39
4.1.	Hasil Penelitian.....	39
4.2.	Pengujian Sistem	40
4.2.1	Pengujian Mikrokontroler Arduino Uno.....	44
4.2.2	Pengujian Sensor Tegangan.....	47
4.2.3	Pengujian sensor Arus ACS712.....	49
4.2.4	Pengujian display LCD.....	52
4.2.5	Pengujian Catu Daya Sistem.....	53
4.2.6	Pengujian Alat Secara Keseluruhan.....	54
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		57
5.1	Kesimpulan.....	57

5.2	Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA		59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 MCB 1 Phase.....	14
Gambar 2.2 MCB 3 Phase.....	15
Gambar 2.3 Rangkaian pada ELCB	16
Gambar 2.4 ELCB Pada Sumber Tegangan.....	16
Gambar 2. 5 Arduino Uno R3	28
Gambar 2.6 Board Arduino Uno.....	29
Gambar 2.7 Arduino Nano.....	30
Gambar 2. 8 Sensor ACS 712	31
Gambar 2. 9 Gambar kaki sensor ACS712	32
Gambar 2. 10 Modul LCD display.....	33
Gambar 2. 11 Konfigurasi PIN Modul LCD.....	34
Gambar 2. 12 Modul Buzzer	34
Gambar 3.1 Rangkaian Rancangan	37
Gambar 3.2 Diagram alir Perancangan	38
Gambar 4. 1 Rangkaian Pembatas arus lebih.....	40
Gambar 4. 2 Pengukuran tegangan pin Arduino Uno.....	47
Gambar 4.3 Grafik V Sensor vs Tegangan input	32
Gambar 4. 4. Pengukuran output sensor tegangan.....	49
Gambar 4. 5. Grafik Arus Beban vs Jumlah Lampu.....	49
Gambar 4. 6 Pengukuran output sensor arus.....	52
Gambar 4. 7 Hasil Pengujian display LCD.....	53
Gambar 4. 8 Pengukuran output catu daya	54
Gambar 4.9 Foto pengujian secara keseluruhan.	55
Gambar 4.10 Grafik Arus vs jumlah lampu untuk lampu LED dan lampu pijar	55

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1. Hasil pengukuran pin arduino Uno	45
Tabel 4. 2. Hasil pengukuran sensor tegangan.....	47
Tabel 4. 3. Data pengukuran Sensor arus.....	50
Tabel 4. 4. Hasil pengukuran tegangan catu daya.....	36
Tabel 4. 5 Hasil pengujian dengan beban lampu LED 10 WATT	56
Tabel 4. 6. Hasil pengujian dengan beban lampu Pijar 40 WATT	56

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada bulan Januari 2017 telah terjadi suatu gangguan yaitu trip PMT 150kV dan 20 kV Tranformator 4 di GI Jatiragon. Pada gangguan tersebut menggunakan sistem rele differetial Fasa T dan REF 20kV. Adapun dampak yang di akibatkan oleh gangguan tersebut yaitu mengakibatkan padamnya beban sebesar 1550A, 35 MW dan 5 Mvar. Gangguan dapat terjadi karena terjadinya Breakdwon pada kabel tanah 20kV core I. Hal tersebut yang mengakibatkan terjadinya hubung singkat ke tanah, sehingga rele proteksi defferential REF 20 kV, rele tersebut bekerja karena mendeteksi adanya gangguan (Sofwandan & Kusuma, 2018).

Arus bocor dapat terjadi disebabkan adanya arus dari kawat fasa (yang bertegangan) ke tanah, hal tersebut dapat terjadi karena kebocoran isolasi yang di akibatkan oleh pengkabelan yang buruk atau alat-alat yang dipakai salah sehingga menimbulkan percikan api yang dapat merusak instalasi listrik. Arus bocor juga sangat berbahaya bagi manusia, bahkan dapat mengakibat kan resiko kematian

(Burhan & W, 2018).

Sentuhan pada bagian listrik aktif yang bertegangan ini juga dapat terjadi secara langsung maupun tidak langsung, yang dapat mengakibatkan mengalirnya arus melalui tubuh manusia ke tanah. Sentuhan listrik aktif juga dapat mengkitabkan kerusakan pada beberapan alat kelistrikan(Syukriyadin, 2017)

Arus bocor bukan saja hanya merusak alat elektronik tetapi bisa juga menghilangkan nyawa manusia, baik secara sengaja di sentuh ataupun tidak. Agar sistem tetap berjalan dengan baik dan aman, maka beberapa perusahaan bekerja sama dengan teknisi sebagai memonitoring ataupun melakukan perbaikan secara cepat. Tetapi hal tersebut menimbulkan beberapa kerugian pada perusahaan. Hal tersebut terjadi karena pendeteksian secara manual tentu membutuhkan waktu lebih banyak dalam hal perbaikan yang menghambat sistem kerja pada perusahaan.

Permasalahan yang terjadi ialah tidak dapat memonitoring arus secara langsung, yang bisa saja menghambat sistem operasi dan memperlambat kinerja teknisi. Agar dapat mempermudah teknisi dan mempersingkat waktu perbaikan maka di perlukan alat pendeksi arus bocor secara dini. Dimana perancangan alat ini menggunakan sensor ACS 712 sebagai sensor pendeteksi arus dengan bahasa pemograman arduino (C/ C++) sebagai bahasa pemograman mikrocontrollernya. Sehingga alat tersebut dapat mempermudah terknisi dalam melakukan perbaikan, dan memonitoring arus secara langsung menggunakan tampilan LCD, hal tersebut juga dapat mengurangi terjadinya kecelakaan kerja pada terknisi

Berdasarkan beberapa pembahasan di atas, maka penulisan melakukan sebuah perancangan alat pendeteksi arus bocor secara dini pada trafo. Pendeteksian arus bocor yang dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan pada trafo, serta mampu memonitor arus yang bertuliskan berbahaya atau normal. Salah satunya dengan menambahkan sistem proteksi berbasis arduino uno, dimana arduino sebagai pengaman dan monitoring arus. Jika arus melebihi batas normal. Maka program arduino akan memberi isyarat ke ELCB agar memutus beban arus

listrik sebelum terjadinya lonjakan arus berlebih yang mengakibatkan kerusakan yang cukup parah. Dimana dalam khusus ini agar mengurangi kerusakan berlebih pada saat percobaan maka pengujian alat menggunakan rangkaian pengganti (Miniatur Percobaan) dengan menggunakan trafo watt minidengan beban beberapa bola lampu.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari perancangan alat tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana prinsip kerja arduino pada ELCBB sebagai alat pemutus pada arus lebih pada trafo ?
2. Bagaimana fungsi arduino pada rangkaian sebagai sistem control pada trafo?
3. Bagaimana arduino memberi peringatan pada sistem sehingga mampu memproteksi terjadinya arus lebih pada rangkaian ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan di lakukan penelitian tugas akhir tersebut sebagai berikut:

1. Mengetahui cara control berbasis arduino pada rangkaian sebagai pengaman ganda dengan batasan beban yang dapat di tentukan.
2. Menganalisa prinsip kerja arduino pada rangkaian dengan melakukan pengujian beban yang berbeda pada trafo.
3. Mengetahui fungsi arduino sebagai alat control untuk ELCBB yang terhubung langsung ke buzzer sebagai alarm arus lebih/ arus bocor.

1.4 Ruang Lingkup Masalah

Untuk memperjelas masalah yang akan di bahas dan agar tidak menjadi pembahasan yang meluas atau menyimpang, maka perlu kiranya ruang lingkup masalah yaitu sebagai berikut :

1. Pada perancangan alat monitoring ini menggunakan alat miniatur (alat pengganti) yang di aplikasikan pada sebuah sirkuit.
2. Penelitian di lakukan di Laboratorium distribusi dan transmisi FT UMSU di karenakan masih sebuah rancangan yang belum tentu dapat di aplikasi pada trafo secara langsung, menghindarkan terjadinya kerusakan yang mengakibatkan kerugian yang cukup besar.
3. Pengaplikasian arduino sebagai alat monitoring dan program batas wajar arus, namun pemutus tetap menggunakan ELCB. Monitor sendiri akan di program sebagai alat baca beban pada rangkaian yang terhubung langsung kepada buzzer.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat Penelitian skripsi ini adalah di harapkan dapat memberikan suatu penyelesaian masalah pada arus bocor yang mengakibatkan ledakan pada sebuah trafo, yang dapat mengakibatkan kerugian cukup besar pada perusahaan :

1. Mempermudah cara control arus serta memberi rasa aman pada saat pengecekan yang dilakukan oleh teknisi.
2. Mengurangi kesalahan pada saat pengecekan arus bocor pada sebuah rangkaian serta pendeteksian lebih efektif mengurangi kerusakan yang cukup besar.

3. Meningkatkan serta memperpanjang masa pemakaian peralatan listrik karena dampak arus bocor.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini di uraikan secara singkat sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang pendahuluan, latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan tentang tinjauan pustaka relevan, yang mana berisikan tentang teori-teori penunjang keberhasilan di dalam masalah pembuatan tugas akhir ini. Ada juga teori dasar yang berisikan tentang penjelasan dari dasar teori dan penjelasan komponen utama yang digunakan dalam perancangan sistem proteksi berbasis arduino tersebut.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang letak lokasi penelitian, fungsi-fungsi dari alat dan bahan penelitian, tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pengerjaan, tata cara dalam pengujian, dan struktur dan langkah-langkah pengujian.

BAB IV ANALISIS DAN HASIL PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang analisis hasil dari penelitian, serta penyelesaian masalah yang terdapat didalamnya.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dan saran dari penelitian dan penulisan tugas akhir ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Sistem pentanahan merupakan salah satu faktor penting dalam penyaluran kualitas listrik dan secara kontinyu. Salah satu tujuan utama dalam pentanahan adalah menciptakan jalur yang *low-impedance* (tahanan rendah) terhadap permukaan bumi untuk gelombang listrik dan *transient voltage*. Sistem pentanahan yang efektif akan meminimalkan efek tersebut. Sistem pentanahan juga sangat penting dalam sistem proteksi, dimana sistem pentanahan digunakan sebagai jalur pelepasan arus gangguan ke dalam tanah. Berdasarkan fungsinya sistem pentanahan terbagi dua, yaitu pentanahan titik netral sistem tenaga dan pentanahan netral peralatan. Tujuan pentanahan sama menyalurkan arus gangguan ke dalam tanah, pentanahan netral sistem tenaga berfungsi sebagai pengamanan sistem jaringan sedangkan pentanahan peralatan berfungsi sebagai pengamanan terhadap tegangan sentuh (Hamid & Abubakar, 2016).

Bahaya listrik merupakan ancaman yang sangat membayakan bagi nyawa makhluk hidup terutama bagi manusia sebagai pengguna aktif listrik, serta dapat mengakibatkan kebakaran yang tidak terduga. Keselamatan adalah faktor paling penting yang harus diterapkan dalam pemakaian tenaga listrik. Manusia hanya dapat merasakan sengatan listrik dengan maksimal arus yang melalui tubuh 30 mA, *Earth Leakage Circuit Breaker* (ELCB) pada suatu sistem instalasi listrik merupakan salah satu solusi yang dapat digunakan untuk melindungi dari bahaya tegangan sentuh pada manusia (Sukardi & Zain, 2019).

Tetapi tidak jarang pula *Earth Leakage Circuit Breaker* (ELCB) mengalami kegagalan sistem, sehingga membuat tertanggungnya sistem kerja menjadi tidak sesuai keinginan perusahaan. Maka di perlukan lah alat ukur dapat didefinisikan sebagai suatu alat yang dapat mengetahui besarnya nilai yang digunakan dalam sebuah satuan berdasarkan tingkat ketelitian. Sensor dapat digunakan sebagai alat pendeteksi, dengan menggunakan sensor acs 712 sebagai alat ukur arus yang di tampilkan ke dalam minitor (Ratnasari & Senen, 2017).

2.2 Sistem Proteksi

Sistem proteksi tidak pernah lepas dari sistem tenaga baik dalam jenis pembangkit apapun. Sistem proteksi berfungsi sebagai pengaman dari berbagai gangguan yang terjadi mulai dari pembangkit hingga ke konsumen/pelanggan. Gangguan terjadi dari dua faktor yaitu gangguan internal dan gangguan eksternal. Gangguan internal merupakan gangguan yang terjadi akibat kerusakan pada komponen atau peralatan pada pembangkit itu sendiri. Gangguan eksternal yaitu gangguan yang berasal dari luar komponen pembangkit yang berasal dari alam ataupun manusia. Dari jenis gangguan tersebut diperlukan suatu peralatan pengaman untuk menjaga keberlangsungan sistem tenaga listrik. Sistem proteksi yang digunakan harus memiliki sensitifitas yang akurat dengan waktu yang tepat sehingga mampu mencegah kerusakan yang terjadi pada saat gangguan, ataupun pendeteksian dini pada peralatan yang sedang terjadi kerusakan agar tidak terjadi pemadaman bagi pelanggan.

Relay proteksi adalah susunan komponen yang dirancang untuk merasakan adanya kebocoran arus ataupun ketidaknormalan pada peralatan maupun sistem tenaga listrik dengan secara otomatis memberi perintah pemutus arus.

Dalam hal ini perlu di lakukan langkah untuk mendapatkan kontinyuitas dibutuhkan sistem pengamanan yang baik pada sistem penyaluran listrik. Sistem proteksi atau sering juga disebut sebagai sistem pengamana yaitu merupakan suatu alat yang mengamankan sistem penyaluran arus arus bocor maupun gangguan arus listrik lainnya. Hal tersebut di lakukan dengan cara memisahkan bagian sistem tenaga listrik yang terganggu dengan sitem tenaga yang tidak terganggu, sehingga sistem tenaga yang tidak terganggu masih dapat bekerja.

Sistem proteksi sendiri memiliki beberapa fungsi sebagai berikut :

1. Sebagai pengaman untuk menghindari atau mengurangi kerusakan pada peralatan akibat terjadinya gangguan (kondisi abnormal) semangkin cepat reaksi perangkat proteksi yang di gunakan, maka akan semangkin sedikit pula pengaruh terhadap kemungkinan kerusakan alat.
2. Untuk mempercepat melokalisir luas/zone daerah yang terganggu sehingga memperkecil area kerusakan.
3. Sebagai pengaman manusia terhadap bahaya yang di timbulkan oleh listrik.
4. Merupakan salah satu cara untuk dapat memberikan pelayanan listrik dengan keandalan yang tinggi kepada konsumen dengan mutu listrik yang baik.

Sistem proteksi dapat di katakana baik dan benar jika dapat bereaksi dengan, tepat dan murah, dengan memeperhatikan faktor-faktor sebagai berikut :

1. Jenis saluran yang diamankan.

2. Keutamaan saluran yang akan di amankan.
3. Kemungkinan besarnya terjadi gangguan.
4. Tekno ekonomis yang yang sistem digunakan.

Sistem proteksi dibagi menjadi dua yaitu sistem utama dan proteksi cadangan. Proteksi utama bekerja segera apabila terjadi gangguan sedangkan proteksi cadangan akan bekerja jika proteksi utama gagal bekerja.

Kegagalan pengamanan dapat di kelompokkan sebagai berikut:

1. Kegagalan pada relainya sendiri.
2. Kegagalan suplai arus maupun suplai tegangan ke relai.
3. Kegagalan suplai arus searah untuk tripping pemutus beban.
4. Kegagalan pada pemutus tenaga.

Hal tersebut dapat di sebabkan karena kumparan trip tidak menerima suplai, kerusakan mekanis ataupun kegagalan pemutus arus karena besarnya arus hubung singkat melampaui kemampuan dari pemutus bebannya.

2.2.1 Relay

Relay merupakan satu bagian dari sistem proteksi, peralatan yang dirancang untuk merasakan, mendeteksi, mengukur apabila terjadinya gangguan dan mulai merasakan arus yang tidak normal pada arus listrik. Relay bekerja secara otomatis membuka pemutus tenaga untuk memisahkan bagian dari sistem yang terjadi gangguan, serta memberi isyarat berupa bel atau lampu. Pada sistem tenaga listrik mempunyai fungsi seperti berikut:

1. Merasakan, mengukur dan menentukan bagian sistem yang terjadi gangguan serta memisahkan secepatnya, sehingga dapat mengamankan sistem yang tidak terganggu agar dapat beroperasi secara normal.
2. Mampu mengurangi kerusakan yang lebih luas dari peralatan yang sedang terjadi gangguan
3. Mengurangi pengaruh gangguan pada sistem yang lain yang tidak terganggu didalam sistem. Disamping itu dapat mencegah meluasnya gangguan dan memperkecil bahaya bagi manusia/pengguna.

Beberapa Syarat-syarat pada *relay* pengaman.

- a. Cepat bereaksi

Relay yang di gunakan harus mampu bereaksi atau bekerja secara cepat dan tepat bila sistem mengalami gangguan atau arus listrik yang berlebih. Maka relay yang digunakan cepat bereaksi. Sehingga mengurangi kerusakan pada alat-alat dan mampu membatasi daerah yang mengalami gangguan. Mengingat suatu sistem tenaga mempunyai batas-batas stabilitas serta kadang-kadang terjadi gangguan yang bersifat sementara, maka relay yang semestinya bekerja dengan cepat maka perlu di perlambat dengan (time delay), yang dapat ditunjukkan sebagai berikut:

$$t_{op} = t_p + t_{cb} \dots\dots\dots (pers1)$$

Dimana :

t_{op} = Total waktu yang dipergunakan untuk memutuskan hubungan

t_p = Waktu bereaksinya unit relay

t_{cb} = Waktu yang diperlukan untuk pelepasan CB

t_{op} = Yang umumnya di gunakan sekitar 0,1 detik kerja peralatan proteksi

yang di anggap bekerja dengan baik.

b. Selektif

Selektif dapat diartikan sebagai kecermatan dalam pemilihan, dimana hal ini mengadakan pengamanan yang menyangkut koordinasi pengamanan dari sistem secara keseluruhan untuk mendapatkan keandalan yang lebih tinggi. Dengan demikian segala tindakan akan tepat dan akibatnya gangguan dapat di perkecil. Terdapat dua jenis relai yang bekerja pada saat hubung singkat yaitu *Over Current Relay* (OCR) dimana relai bekerja apabila terjadi hubung singkat yang berdapak pada kenaikan arus, dan relai gangguan tanah *Grund Fault Relay* (GFR). Relai arus lebih dapat di koordinasikan dengan relai lain atau GFR dengan memberikan tunda waktu yang sebenarnya merupakan inti dari setelan relai dan perhitungan setelan arus.

Adapun beberapa peralatan yang berfungsi sebagai sistem proteksi/ pemutus sebagai berikut :

PMT = Pemutus (CB)

DC = Sumber tahanan DC

CT = Current Transformator

RR = Relay

PT = Potensio Transformator (Dermawan & Nugroho, 2017).

Relay arus lebih yaitu sistem proteksi yang digunakan untuk memutuskan saat terjadi gangguan hubung sikat pada (dua fasa maupun tiga fasa) atau terjadi gangguan satu fasa ketanah. Relay memiliki banyak keunggulan yang bisa digunakan sebagai pengaman utama maupun pengaman cadangan namun tidak terlepas dari keuntungan dan kerugianny.

Perhitungan setting relay arus lebih pada sistem tenaga listrik memiliki beberapa parameter yang digunakan untuk menghitung nilai dari *impedansi (Z)*, *nilai resistansi (R) dan reaktansi (X)* dimana nilai dari reaktansi bisa didapat dari dua parameter yaitu nilai kapasitansi dan induktansi. Dapat dijabarkan pada persamaan berikut :

$$Z = \sqrt{R^2 + XL(\Omega)} \dots\dots\dots (pers 2)$$

Keterangan :

Z = impedansi (Ω)

R²= resistansi (Ω)

XL = reaktansi (Ω)

Relay pada sistem arus lebih memiliki batas arus minimum dan maksimum. Batas arus pada sistem proteksi dapat di setting dengan batasan yang di inginkan. Perhitungan dasar dan data-data yang akurat mengenai sistem tenaga sangat dibutuhkan untuk keakuratan penyetelan atau setingan batas minimal dan maksimal pada relay yang akan digunakan. Langkah awal yang dilakukan yaitu dengan menganalisa data-data suatu jaringan tempat relay pengaman. Data yang sudah diukur maka dapat dihitung batas minimum dari persamaan (3) dan untuk perhitungan batas arus maksimum dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (4).

Batas setting arus *pick-up* minimum

$$I_{pp} = \frac{k_s}{k_d} I_{fl} \dots\dots\dots (pers 3)$$

I_{pp}: setting arus (A)

I_{fl} : arus beban penuh (A)

KS : faktor keamanan (1,05 - 1,3)

KD : faktor arus kembali (0,7 - 0,95)

Untuk perhitungan batas maksimum dapat menggunakan persamaan berikut ini :

$$I_{pp} = \frac{I_{scem\min}}{K_s} \dots\dots\dots \text{(pers 4)}$$

I_{pp} : setting arus (A)

$I_{scem\min}$: arus hubung singkat dua fasa (A)

K_s : faktor sensitifitas (1,3 - 1,5)

2.2.2 Pengamanan Pentanahan

Sistem proteksi tanpa memiliki sistem pentanahan yang baik memberi dampak tidak mendeteksinya bila terjadi arus bocor untuk dihilangkan. Tujuan dilakukannya pentanahan pada listrik adalah untuk mendapatkan resistansi /impedansi yang sekecil mungkin. Impedansi yang kecil akan dapat mengurangi arus bocor yang mengalir melalui tubuh. Pengamanan pentanahan dapat dilakukan dengan sistem pentanahan TN / Pembumian Netral. Pengamanan dengan mendapatkan resistansi $\leq 5(\Omega)$. Sistem TN terbagi 3 jenis berdasarkan kebutuhan sebagai berikut :

1. Sistem TN-S digunakan penghantar proteksi terpisah di seluruh sistem.
2. Sistem TN-C-S dimana fungsi netral dan proteksi tergabung dalam penghantar tunggal disebagian sistem.
3. Sistem TN-C netral dan proteksi tergabung dengan fungsi sebagai penghantar tunggal diseluruh sistem.

2.2.3 MCB (Miniature Circuit Breaker)

Seperti halnya circuit breaker pada umumnya MCB berfungsi untuk memutus jalanya arus gangguan yang terjadi pada peralatan agar kerusakan tidak menyebar keperalatan lain atau terjadi kerusakan yang lebih fatal lagi. Adapun perbedaanya dengan sekering yang hanya dapat beroperasi untuk memutus aliran arus kemudian harus di ganti, sedangkan untuk Miniature Circuit Breaker sendiri pemutus rangkaian dapat diriset (baik secara manual atau secara otomatis) sehingga dapat melanjutkan operasi normal tanpa terjadi kerusakan pada circuit breaker tersebut sehingga mempermudah perbaikan. MCB terbagi dua

dalam hal fungsi nya yaitu 1 phase dan 2 phase. Dapat dilihat pada gambar 2.1 dan 2.3 di bawah ini.



Gambar 2.1 MCB 1 Phase



Gambar 2.2 MCB 3 Phase

2.2.4 ELCB (*Earth Leakage Circuit Breaker*)

ELCB yaitu salah satu alat pemutus yang peka terhadap arus bocor, yang dapat memutuskan circuit termasuk penghantar netralnya secara otomatis dalam waktu tertentu. Alat ini juga dapat dipergunakan sebagai pengaman bila terjadi arus bocor pada salah satu penghantar yang melalui alat tersebut. ELCB merupakan singkatan dari Earth Leakage Circuit Breaker merupakan salah satu komponen listrik yang berfungsi sebagai alat pengaman, yang lebih akrab dengan sebutan saklar pengaman arus sisa (SPAS). ELCB dapat memutus jika terjadi kebocoran arus listrik ke gronding (Tanah) dan memutuskan jika terjadi kontak tubuh dengan arus bocor yang bersentuhan dengan ground. Spesifikasi ELCB yaitu : Tegangan (volt), kemampuan kontak di alisri listrik (Amper), arus bocor sebagai syarat proteksi bekerja (Amper). Maka untuk gambar rangkaian dapat dilihat pada gambar 2.3 dan 2.4 gambaran pengaplikasian pada sumber PLN.

2.2.5 Pemutus Tenaga (PMT)

Pemutus tenaga atau sering disingkat dengan sebutan PMT memiliki cara kerja yang sama dengan CB dimana alat tersebut bekerja sebagai saklar atau switching mekanis yang mampu menutup, mengalirkan dan memutus arus beban kondisi normal. PMT berfungsi untuk mengalirkan dalam periode atau waktu tertentu, dan memutus arus beban dengan spesifik kondisi abnormal atau disebut dengan gangguan shot circuit (hubungan singkat). Batasan tahanan pada isolasi PMT minimum pada suhu operasi di hitung $1 \text{ kV} = 1 \text{ M}\Omega$ dengan catatan :

$1 \text{ kV} =$ besarnya tegangan fasa terhadap tanah dan kebocoran yang diijinkan setiap $\text{kV} = 1 \text{ Ma}$

PMT memiliki klasifikasi berdasarkan dengan kelas tegangan PMT dapat dibedakan menjadi 4 yaitu :

PMT tegangan rendah (low voltage), PMT tegangan rendah sering ditemukan pada panel pembagi beban dengan besaran yang efektif berkisar 15 A sampai 1500 A. Jenis PMT ini adalah tegangan yang efektif tertinggi dan frekuensi daya jaringan dimana pemutus daya itu akan dipasang. Dengan nilai terngatung pada jenis pentanahan titik netral. PMT ini mempunyai range tegangan 0.1 sampai 1kV.

PMT tegangan menengah (Medium Voltage) PMT tegangan menengah terdapat pada gardu indu, pada kabel masuk ke busbar tegangan (incoming cubicle) ataupun pada setiap rel busbar keluar (out going cubicle). PMT ini mempunyai range tegangan 1 sampai 35 kV

PMT tegangan Tinggi (High Voltage) Dengan range tegangan 35 sampai 245 kV (SPLN 1.1995-3.5). PMT untuk tegangan tinggi berdasarkan media isolator dan material dielektriknya.

PMT tegangan extra tinggi (Extra Hight Voltage) dengan range tegangan lebih besar dari 245 kVAC (SPLN 1.1995-3.6)

Maka sistem proteksi berhubungan dengan ukuran Impedansi. Impedansi adalah ukuran hambatan pada listrik dengan sumber arus bolak-balik. Resistansi yaitu merupakan kemampuan suatu benda untuk mencegah aliran listrik. Pada dasarnya impedansi lebih kompleks daripada resistansi karena adanya efek kapasitansi dan induksi yang bervariasi berdasarkan frekuensi arus yang melewati rangkaian (Aribowo & Permata, 2018).

2.2.6 GIS (*Gas Insulated Switchgear*)

Gas insulated switchgear (GIS) merupakan salah satu dari sistem proteksi yang di gunakan pada sistem pembangkit. Gas Insulated Switchgear ialah suatu sistem Koneksi dan pemutus jaringan listrik yang berada dalam tabung *non-ferrous* mengandung bahan *sulfurhexaflouride* gas (SF₆) sebagai media isolasi GIS digunakan pada sistem transmisi dan distribusi. GIS bekerja dengan bantuan gas (SF₆) yang dapat berfungsi sebagai media isolasi atau pengaman percikan arus dari busur yang dapat terjadi ketika *switchgear* di aktifkan. Gas SF₆ digunakan mengatasi dari keterbatasan Konvensional swich gear dengan area yang lebih kecil dan tidak terpengaruh cuaca. Partial discharger pada gas perlu dideteksi agar tidak terjadi kerusakan atau kegagalan pada komponen GIS. Partial dischager dapat diketahui posisi pada isolasi SF₆ dengan menggunakan alat bantu yang disebut dengan *Acoustic Insulation Analyzer* (A/A). Alat ukur tersebut

digunakan sebagai penghitung kualitas insulasi pada GIS dan dapat mengetahui jangka/waktu layak pakai dengan metode stokastik yaitu metode markov.

2.3 Arus Hubung Singkat

Arus Listrik tidak dapat langsung bisa digunakan oleh konsumen. Arus listrik yang mengalir berasal dari sebuah pembangkit. Pembangkit listrik yaitu PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air), PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap), PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) dan banyak jenis pembangkit lain nya. Penyalurkan arus listrik menuju konsumen menggunakan jaringan atau jala-jala listrik. Pada saat perjalanan banyak rugi-rugi yang terjadi sehingga dibutuhkan trafo *step-up* untuk tetap menaikkan arus yang bocor. Mengalirnya arus pada jaringan listrik dapat terjadi gangguan arus yang mengakibatkan gangguan hubung singkat. Gangguan hubung singkat terbagi pada dua jenis, Yaitu hubung singkat simetris dan hubung singkat tidak simetris. Gangguan simetris yaitu gangguan yang sering terjadi pada tiga fasa simetris, untuk gangguan tidak simetris yaitu gangguan yang di sebabkan alam dan gangguan satu fasa ke tanah. Hubung singkat dapat disebabkan terjadinya beban lebih yang memberi dampak panas pada penampang arus yang disebabkan terjadinya peningkatan penggunaan arus. Dengan demikian dibutuhkan lah sistem proteksi untuk memutus secara otomatis menghindarkan kerusakan pada peralatan elektronik serta mencegar meluasnya kerusakan yang memberi dampak kerugian.

Arus listrik yaitu terjadinya pergerakan elektron-elektron secara terus menerus (kontinyu) pada konduktor yang disebabkan oleh perbedaan jumlah elektronnya tidak sama pada setiap lokasi. Arus listrik tersebut memiliki satuan

Ampere. Mengalirnya elektron sebanyak 628×10^{16} dapat dikatakan satu coulomb per detik atau satu ampere arus yang melewati suatu konduktor penampang. Arus listrik dapat dihitung melalui persamaan berikut :

$$I = \frac{Q}{t} \text{ [ampere] (pers 5)}$$

Dimana :

I = kuat arus (A)

Q= banyaknya muatan listrik (C)

t= waktu (s)

Arus listrik memiliki dua perbedaan arus yaitu :

A. Arus AC (*Alternating Current*)

Arus AC yaitu merupakan arus yang memiliki sifat dua arah sehingga sering disebut dengan arus bolak-balik, arus bolak-balik hanya mempunyai ground (bumi) tidak memiliki sisi negatif. Pemakaian arus AC umumnya digunakan pada PLN dan pembangkit listrik yang digerakkan dengan generator listrik. Pada penggunaan tegangan standart Indonesia 220volt 50hezh, namun bisa berbeda dengan standart negara lain. Dari faktor ini lah ala-alat elektronika Indonesia belum tentu dapat digunakan di negara yang berbeda tegangan listrik yang digunakan. Arus AC memiliki bentuk gelombang sinusoidal, dapat berubah bentuk menjadi gelombang segitiga atau gelombang persegi empat. Perubahan gelombang terjadi pada pengamplifikasian tertentu.

B. Arus DC (*Direct Current*)

Direct Current yaitu merupakan arus searah yang memiliki kutub positif dengan simbol (+) dengan kutub negatif dengan simbol (-). Arus DC disearahkan dengan alat bantu yang disebut dengan adaftor, adaftor berfungsi sebagai

penyearah pada rangkaian elektronika seperti: Capacitor, Resistor, IC dan banyak komponen-komponen lain yang digunakan sebagai penyearah arus.

Tegangan sering disebut juga dengan beda potensial atau voltage yang berfungsi sebagai penggerak arus sebesar satu coulomb elemen dari satu terminal ke kutub lainnya yang mempunyai perbedaan potensial. Sehingga tegangan dapat disimpulkan sebagai energy persatu muatan. Tegangan sendiri dapat dihitung secara sistematis dengan persamaan sebagai berikut :

$$V = \frac{dw}{dq} \dots\dots\dots (pers 6)$$

Dimana :

V = tegangan listrik (V)

W= usaha (N.m.)

Q= muatan listrik (C)

Sedangkan daya yaitu berupa arus yang umumnya terbagi dua jenis arus serah dan arus bolak balik, pada arus bolak balik terdapat 3 macam daya yaitu daya aktif, daya reaktif, dan daya nyata.

Arus hubung singkat adalah arus lebih yang dihasilkan boleh gangguan dengan mengabaikan impedansi antara titik-titik pada potensial yang berbeda dalam kondisi normal, Arus hubung singkat juga merupakan suatu besaran yang unik, dimana besaran nya tidak tetap atau berubah-ubah tergantung kondisi lingkungan pada saat pengukuran dilakukan sehingga monitoring secara terus menerus sangat penting dilakukan untuk mengetahui kondisi actual dari permukaan isolator. Kondisi lingkungan yang dimaksud adalah kelembapan dan temperature suhu dimana kedua parameter ini sangat erat korelainya dengan perubahan arus bocor. Sehingga dapat dikatakan terjadinya arus bocor jika sudah

melebihi batas normal yang telah ditetapkan pada suatu isolator. Gangguan arus bocor pada objek material konduktor dapat juga terjadi karena terjadinya bagian listrik yang aktif bertegangan berhubungan ke tanah. Dapat terjadi secara langsung karena adanya suatu objek konduktor yang menyentuh bagian sumber tegangan, seperti tubuh yang menyentuh kawat fasa listrik aktif yang mengalami kegagalan isolasi.(Fauziah & Khaidir, 2019).

Maka arus hubung singkat tiga fasa dapat di hitung dengan cara yang dapat diasumsikan sebagai berikut :

$$\text{Tegangan gangguan } (V_f) = 1,0 \text{ pu}$$

Dengan persamaan :

$$I_{ns3\phi} = \frac{V_f}{Z_{ekif}} \dots\dots\dots(\text{pers 7})$$

Dimana :

$I_{ns3\phi}$: Arus hubung singkat tiga fasa (pu)

V_f : Tegangan pada saat gangguan (pu)

Z_{ekif} : Impedansi ekivalen (pu)

Arus bocor sering terjadi akibat tegangan sentuh yang telah melebihi 50volt (Hasibuan, Abdurrozzaq Yusmartato, 2018).

2.4 Transformator

Transformator yaitu merupakan suatu komponen penting dalam sistem pembangkit. Dimana trafo tersebut berfungsi mengubah tegangan arus bolak-balik dari tegangan satu ke tegangan yang lain, melalui suatu gandengan magnet dan

berdasarkan prinsip-prinsip induksi elektromagnetik. Transformator terdiri atas sebuah inti, inti tersebut terbuat dari besi berlapis dan dua kumparan, yaitu kumparan primer dan kumparan skunder. Trafo juga memiliki dua jenis yaitu step up dan step down, step up yang berfungsi untuk menaikkan tegangan sedangkan step down sebagai menurunkan tegangan dari tegangan menengah ke tegangan rendah.

Transformator juga dapat dikatakan sebagai sistem proteksi. Transformator merupakan peralatan utama yang diperlukan dalam suatu pembangkit maupun gardu induk. Transformator dapat berfungsi sebagai media penyalur energy listrik ke distribusi harus diproteksi dengan baik, hal tersebut dilakukan untuk mengurangi rugi-rugi listrik dalam penyaluran dan berkualitas yang baik. Bila terjadi kerusakan pada transformator maka akan mengakibatkan terputusnya aliran listrik pada penyaluran distribusi. Terdapat beberapa relay pada transformator, relay tersebut dapat berfungsi untuk mengidentifikasi gangguan yang terjadi pada transformator yang diakibatkan oleh alam atau non alam. Jika terjadi sebuah gangguan atau terjadinya abnormal maka rele proteksi akan memberi perintah kepada PMT untuk trip, trip tersebut akan mengurangi gangguan arus pada trafo mengurangi kerusakan yang terjadi pada sistem.

Relay pada transformator terbagi dalam dua type yaitu :

- a. Relay mekanik
- b. Relay elektrik

Kedua relay ini memiliki fungsi yang sama yaitu untuk mengamankan transformator. Relay mekanik biasa digunakan sebagai relay proteksi utama, dapat dikatakan demikian karena relay tersebut bekerja tanpa waktu tunda. Sedangkan

relay elektrik yaitu merupakan relay yang memiliki waktu tunda yang bisa ditentukan pemakainya. Maka untuk perhitungan impedansi pada transformator dapat diambil harga reaktansinya, resistansinya dapat diabaikan karena harganya jauh lebih kecil sehingga nilai reaktansi tranformator dalam Ohm dihitung dengann persamaan sebagai berikut :

$$X_T = j \frac{KV^2}{MVA} (Ohm) \dots\dots\dots (pers 3)$$

Dimana :

X_T : Reaktansi transformator (ohm)

KV :Tegangan sisi primer(kV)

MVA : Kapasitas transformator (MVA)

Tetapi pada transformator daya pada umumnya nilai reaktansi menggunakan nilai per unit. Maka reaktansi transformator daya dengan dasar baru yaitu :

$$X_{Tbaru} = X_{T lama} \times \frac{MVA_{baru}}{MVA_{lama}} \times \frac{k_{baru}^2}{k_{lam}^2} = pu \dots\dots\dots (pers 4)$$

Dimana :

X_{Tbaru} = Reaktansi transformator baru (ohm)

$X_{T lama}$ = Reaktansi tranformator lama(ohm)

MVA_{baru} = Daya dasar baru (MVA)

MVA_{lama} = Daya dasar lam(MVA)

kV_{baru}^2 =Tegangan dasar baru (kV)

kV_{lam}^2 = Tegangan dasar lama(kV) (Yumartato,dkk:2018)

Transformator digunakan dengan pemilihan tegangan yang sesuai agar lebih ekonomis pada setiap keperluan. Tranformator merupakan bagian penting karena arus bolak-balik banyak digunakan dalam pembangkit ataupun dalam penyaluran tenaga listrik. Prinsip kerja transformator berdasarkan hukum Ampere dan hukum Fareday : arus listrik dapat menimbulkan medan magnet dan medan

magnet dapat menimbulkan arus listrik. Jika arus listrik bolak-balik mengalir pada satu kumparan saja maka gaya magnet berubah-ubah. Mengakibatkan sisi skunder induksi antara dua ujung yang berbeda tegangan.

Rumus Beban arus penuh pada Transformator.

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \dots\dots\dots (\text{pers 5})$$

Dimana :

S = daya transformator (kVA)

V = Tegangan sisi primer transformator (kV)

I = Arus jala-jala (A)

Arus beban penuh (full load) dapat menggunakan rumus:

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} \dots\dots\dots (\text{Pers 6})$$

Dimana :

I_{FL} = Arus beban penuh

S = Daya transformator

V = 2

2.5 Sistem kendali

Sistem kendali yaitu berupa sistem kontrol yang digunakan pada rangkaian atau komponen untuk tujuan hasil atau output sesuai dengan yang diinginkan. Sistem kontrol dapat dilakukan dengan proses pemasangan instalasi. Sistem kontrol dapat berbentuk perangkat atau struktur yang dirancang sebagai pengendali yang mengelolah perintah, mengarahkan dan dapat digunakan sebagai pengatur pada sistem atau perangkat. Sistem kontrol yang baik dan benar tidak terlepas dari proses multiwariabel input dan output.

Sistem kontrol terbagi dari beberapa jenis yaitu :

1. Sistem kendali terbuka (*Open-loop*) yaitu sistem kendali yang tidak memiliki pengaruh atau efek output pada saat aksi kontrol.

2. Sistem kendali tertutup (*Closed-loop*) memiliki beberapa jenis yang berbeda yaitu sistem kendali yang dapat membuka (*open*) dan tertutup (*close-loop*). *Feedback-loop* dapat terjadi pada saat terjadi *closed loop*

2.6 Microcontroller

Microcontroller merupakan salah satu sistem komputer fungsional dalam sebuah chip. Didalam sebuah mikrokontroler terdapat sebuah prosesor, memori (sejumlah kecil RAM, memori program, atau keduanya), dan perlengkapan *input dan output*. Maka dengan kata lain, *microcontroller* adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus, cara kerja *microcontroller* sebenarnya membaca dan menulis data. Microcontroller merupakan komputer di dalam chip yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik yang menekankan efisiensi dan efektifitas biaya. Microcontroller dapat dikatakan sebagai “pengendali kecil” dimana sebelumnya sistem memerlukan komponen-komponen pendukung yang banyak. Tetapi jika menggunakan sistem controller maka alat-alat pendukung lainnya dapat direduksi/diperkecil dan akhirnya terpusat dan dikendalikan oleh microcontroller ini. Microcontroller sering terdapat pada sebuah perusahaan sebagai sistem kontrol otomatis, seperti pada sistem kontrol mesin, *remote controls*, mesin kantor, dan berbagai macam alat lainnya (Simanjuntak & Mangindaan, 2017).

2.6.1 Jenis-jenis Arduino

Arduino merupakan salah satu sistem kontrol yang mudah dan cepat dalam pemasangan baik dalam alat elektronik ataupun dalam robotik. Arduino memiliki hardware dan software open source, dengan menggunakan chip AVR ATmega 168/328 berfasilitas PWM, komunikasi serial, ADC, timer, interrupt, SPI dan I2C. Dengan kelengkapan tersebut memudahkan arduino dalam pemakaian untuk dikombinasikan bersama modul ataupun alat lain dengan program atau perintah yang berbeda-beda. Cara menggunakan arduino sendiri menggunakan dengan bahasa program bahasa C/C++ serta penambahan library dengan fungsi-fungsi standard dalam pembuatan program sehingga memberi kemudahan untuk dipahami.

Arduino atau mikrokontroler mempunyai beberapa jenis yang umum digunakan pada alat kontrol dengan berbagai kelebihan dan kekurangan dari jenis-jenis arduino yang ada. Adapun beberapa diantaranya yaitu Arduino Uno, Arduino Nano, Arduino Mega. Beberapa penjelasan dari arduino.

2.6.2 Arduino Uno R3

Arduino yaitu pengendali mikro single-board yang bersifat open-source, diturunkan dari wiring platform, sehingga dapat digunakan dengan mudah dalam berbagai bidang. Hardware arduino terdiri dari mikrokontroler unit (MCU) yang memiliki prosesor AVR dan software-nya mempunyai bahasa pemrograman sendiri yang disebut dengan Integrated Development Environment (IDE). Arduino Uno R3 salah satu board yang sering digunakan dalam prototipe kendali maupun

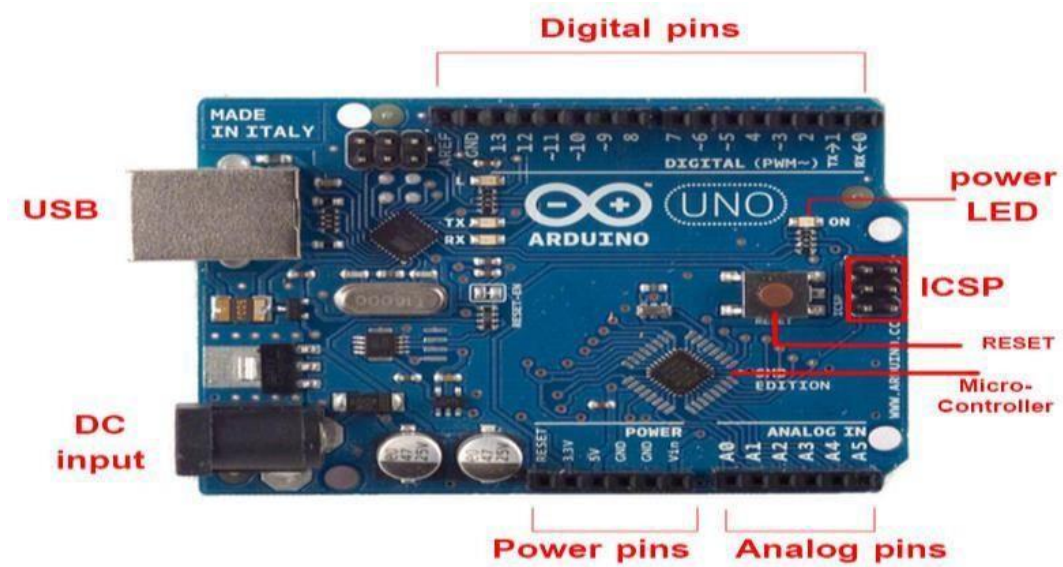
monitoring, dimana arduino Uno R3 memiliki prosesor Atmega 16u2 dan antar muka USB yang akan digunakan unruk pemograman arduino IDE sketch Arduino.



Gambar 2. 5 Arduino Uno R3

2.6.3 Arduino Uno

Arduino Uno merupakan sebuah board yang didasarkan dengan jenis Atmega328. Penampilan umum pada Arduino jenis ini yaitu memiliki 14 pin digital input dan output (6 dari pin diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 pin input analog, yang di rangkai dengan osilator Kristal 16 MHz, Koneksi USB, power jack, ISCP header, dan sebuah tombol riset yang tersusun pada papan rangkaian. Arduino Uno dapat digunakan setelah penulisan program dan terkoneksi dengan computer melalui kabel USB atau mensuplainya dengan adaptor AC ke DC menggunakan baterai untuk memulai. Arduino Uno adalah dasar untuk merancang jenis Arduino dengan versi yang baik untuk kedepannya. Arduino Uno memiliki board merupakan papan yang kuat sehingga banyak digunakan sebagai bahan percobaan bagi pemula yang belajar menggunakan coding untuk menjalankan program sebagai alat control. Adapun bentuk detail pada arduino seperti gambar 2.6.



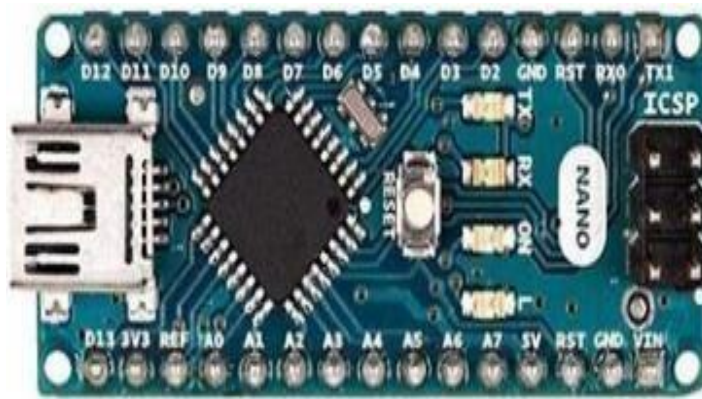
Gambar 2.6 Board Arduino Uno

Tegangan Operasi	5 V
Tegangan Input	(disarankan) 7-12 Volt
Batas Tegangan Input	6-20 Volt
Pin Digital I/O	14 (Dimana 6 pin output PWM)
Pin Input	6
Arus Dc pada Pin I/O	40Ma
Arus Dc untuk Pin	3.3V 50Maq
Flash Memory	32 KB (ATMEGA 328) dimana 0,5 KB digunakan oleh <i>boot loader</i>
SRAM	1 KB (Atemega 328)
EEPROM	2KB (Atemega328)
CLOCK	16 HZ

Tabel 2.1 Spesifikasi Board Arduino Uno

2.6.4 Arduino Nano

Arduino nano Memiliki bentuk *board* yang lebih kacil dari Arduino Uno sehingga arduino ini diberinama arduino nano. Dengan bentuk yang lebih kecil sudah dilengkapi dengan FTDI yaitu pemograman lewar Micro USB. Arduino tersebut memiliki 14 pin Input/Output Digital, dan 8 pin input analog lebih banyak dibandingkan dengan Arduino Uno. Lebih Nyaman digunakan pada papan proyek karena ukuran nya yang kecil dan kokoh. Bentuk permukaan ArduinoNano dapat dilihat pada gambar 2.7



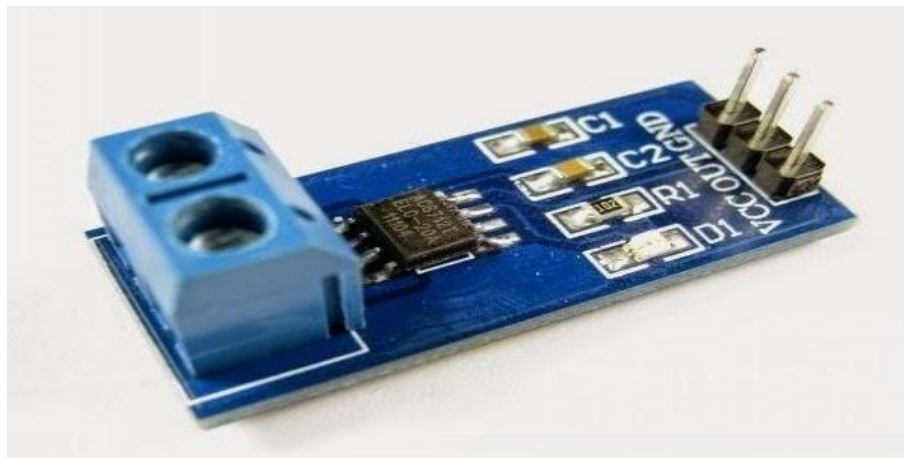
Gambar 2.7 Arduino Nano

2.6.5 Arduino Mega

Arduino Mega Memiliki kesamaan dengan Arduino Uno yaitu sama-sama masih menggunakan USB type A to B untuk pemogramannya. Perbedaan terdapat pada type chip yang lebih tinggi dari Arduino Uno. Arduino Mega menggunakan chip ATMEGA2560 dengan jumlah pin I/O dan pin digital/ analog lebih banyak dari Arduino Uno. Arduino Mega umum digunakan pada pengengontrolan suatu proyek.

2.7 Sensor arus ACS 712

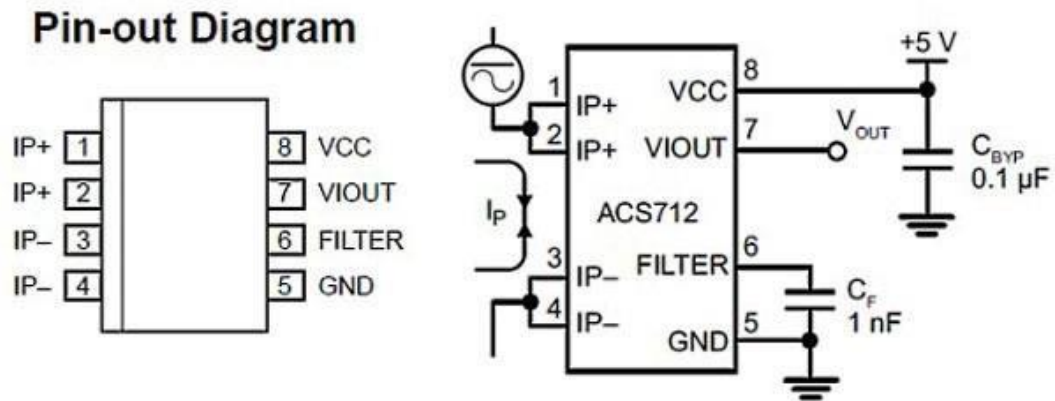
Sensor arus ACS 712 merupakan suatu sensor yang mampu memantau pemakaian arus listrik dan dapat memberikan nilai analog, sehingga penggunaan tenaga listrik lebih mudah untuk di kontrol dan diatur dalam pemakaiannya. Sensor ACS 712 bekerja berdasarkan prinsip hall effect, Hall effect sendiri bekerja berdasarkan prinsip gaya Lorenz. Sensor ACS712 memiliki tegangan kerja 5 volt dan memiliki resistansi internal sebesar 1.2 m Ω . Bentuk fisik Sensor ACS712 dapat di lihat pada gambar 2.7. Sensor arus terdapat beberapa jenis, untuk sensor ACS712 ini merupakan salah satu sensor yang dapat membaca arus AC atau DC dengan nilai ukur yang akurat, linieritas yang lebih baik. Input sensor 5 Volt DC dengan tegangan Output 4,5 Volt dengan lebih sedikit rangkaian untuk pengolahan data



Gambar 2. 8 Sensor ACS 712

Sensor ACS712 atau sensor arus tersebut memiliki beberapa bagian yang memiliki beberapa fungsi dan tujuan yang berbeda dalam pemasangannya. Untuk memperjelas rangkaian dan fungsi kaki-kaki pada sensor ACS712 dapat di lihat pada gambar 2.8

Typical Application



Gambar 2. 9 Gambar kaki sensor ACS712

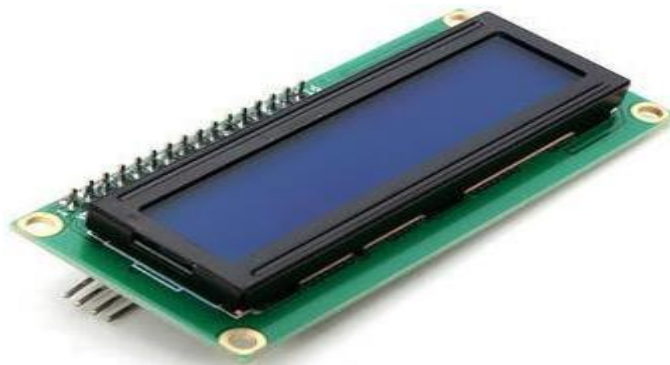
Adapun bagian-bagian dari sensor ACS712 yaitu :

- Pin 1 : IP+ sebagai arus input
- Pin 2 : IP+ sebagai arus input
- Pin 3 : IP- sebagai output arus
- Pin 4 : IP- sebagai output arus
- Pin 5 : Ground
- Pin 6 : Terminal untuk kapasitor eksternal
- Pin 7 : Output tegangan analog
- Pin 8 : Power supply 5 volt

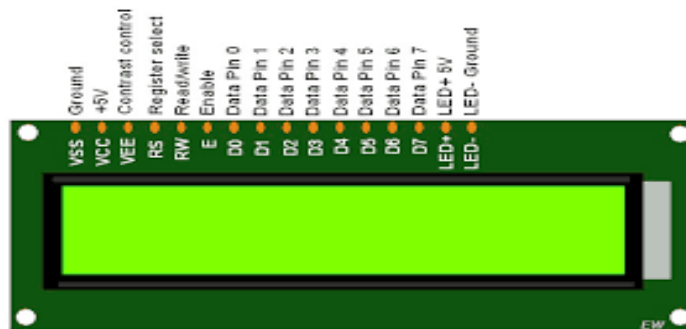
Komponen tersebut umumnya pabrik merancang rangkaian dalam bentuk IC agar mudah dalam penggunaannya pada suatu rancangan. Sensor arus ACS 712 tersebut memiliki tingkat akurasi yang tinggi dapat dipastikan demikian disebabkan IC yang bekerja berdasarkan kombinasi fungsi resistor shunt dan current transformer sebagai sensor arus yang dapat digunakan pada arus searah Direct Current (DC) dan arus bolak balik sering disebut Alternating Current (AC).

2.8 LCD

LCD (*Liquid Crystal Display*) salah satu bagian alat elektronik yang sudah dirancang oleh pabrik dalam berbentuk chip. Untuk mempermudah pemasangan dan penggunaannya. LCD yaitu salah satu media yang berupa tampilan dengan menggunakan kristal cair sebagai penampil utama yang berfungsi untuk menampilkan baik berupa gambar ataupun tulisan. Tulisan atau gambar dapat dilihat berdasarkan banyaknya jumlah titik cahaya atau *pixel* yang digunakan dengan kerapatan agar tulisan dapat di lihat secara jelas. LCD memiliki pin dengan fungsinya masing-masing, bertujuan agar lebih mudah dipahami dalam pemasangan dan penggunaannya. Bentuk modul LCD dan ilustrasi PIN dapat dilihat pada gambar 2.9 dan 2.10.



Gambar 2. 10 Modul LCD display



Gambar 2. 11 Konfigurasi PIN Modul LCD

LCD memiliki berbagai fungsi yang dapat digunakan pada suatu perancangan sistem kontrol dengan kombinasi mikrokontroler sebagai alat. LCD pada perancangan ini dapat digunakan sebagai alat monitoring arus hasil sensor dengan menampilkan teks. LCD yang digunakan pada rangkaian yaitu LCD 6×2 . LCD 6×2 artinya modul LCD dengan konfigurasi 16 karakter dengan 2 baris untuk setiap bentuk karakter.

2.9 BUZZER

Buzzer merupakan sebuah bagian komponen yang dirancang agar dapat merubah energy listrik menjadi suara yang dapat digunakan sebagai alarm. Bentuk bazzer yang digunakan dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 2. 12 Modul Buzzer

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Dalam pelaksanaan penulisan tugas akhir ini dilakukan perancangan dan pengerjaan alat yang berbentuk pada pengontrolan sistem proteksi pada trafo menggunakan ELCB berbasis arduino ini di Laboratorium distribusi dan transmisi FT UMSU. Penelitian ini dilakukan pada Agustus sampai Oktober 2020.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1. Bahan

Adapun bahan penelitian yang di gunakan oleh penulis di dalam perancangan alat Perancangan Sistem Proteksi Arus Bocor Menggunakan Earch Leakage Circuit Breaker Berbasis Arduino Dan Monitoring Arus Pada Trafo yaitu:

1. Kabel
2. ELCB
3. Saklar
4. Bola lampu
5. Arduino Uno
6. Sensor Arus (ACS 712)
7. Buzzer
8. LCD
9. Relay

3.2.2. Alat

Peralatan yang di gunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Solder yang berfungsi sebagai pemanas untuk menirukan timah.
2. Multitester berfungsi sebagai pengukur tegangan dan arus keluaran pada tangkai.
3. Bor berfungsi sebagai alat melubangi papan rangkaian.
4. Timah berfungsi sebagai perekat pada komponen rangkaian.
5. Papan rangkaian berfungsi sebagai body tempat komponen rangkaian terpasang.
6. Laptop sebagai pembaca dan penulisan coding pada arduino.
7. Kabel arduino berfungsi sebagai penghubung arduino ke laptop untuk pemasukan bahasa program.

33 Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan cara-cara teknik atau merupakan penjabaran suatu analisa/perhitungan yang di lakukan dalam rangka mencapai suatu tujuan dalam perancangan. Adapun Langkah-langkah metode penelitian ini, yaitu :

1. Study Literatur

Meliputi study definisi Sistem proteksi baik dari pentanahan, MCB, arduino, sensor arus Acs 712, buzzer, Lcd dan beberapa alat yang di perlukan pada perancangan ini.

2. Input Program

Pemrograman yang pada arduino bahasa program yang di rangkai dengan Koneksi USB, power jack, dan sebuah tombol riset yang tersusun pada

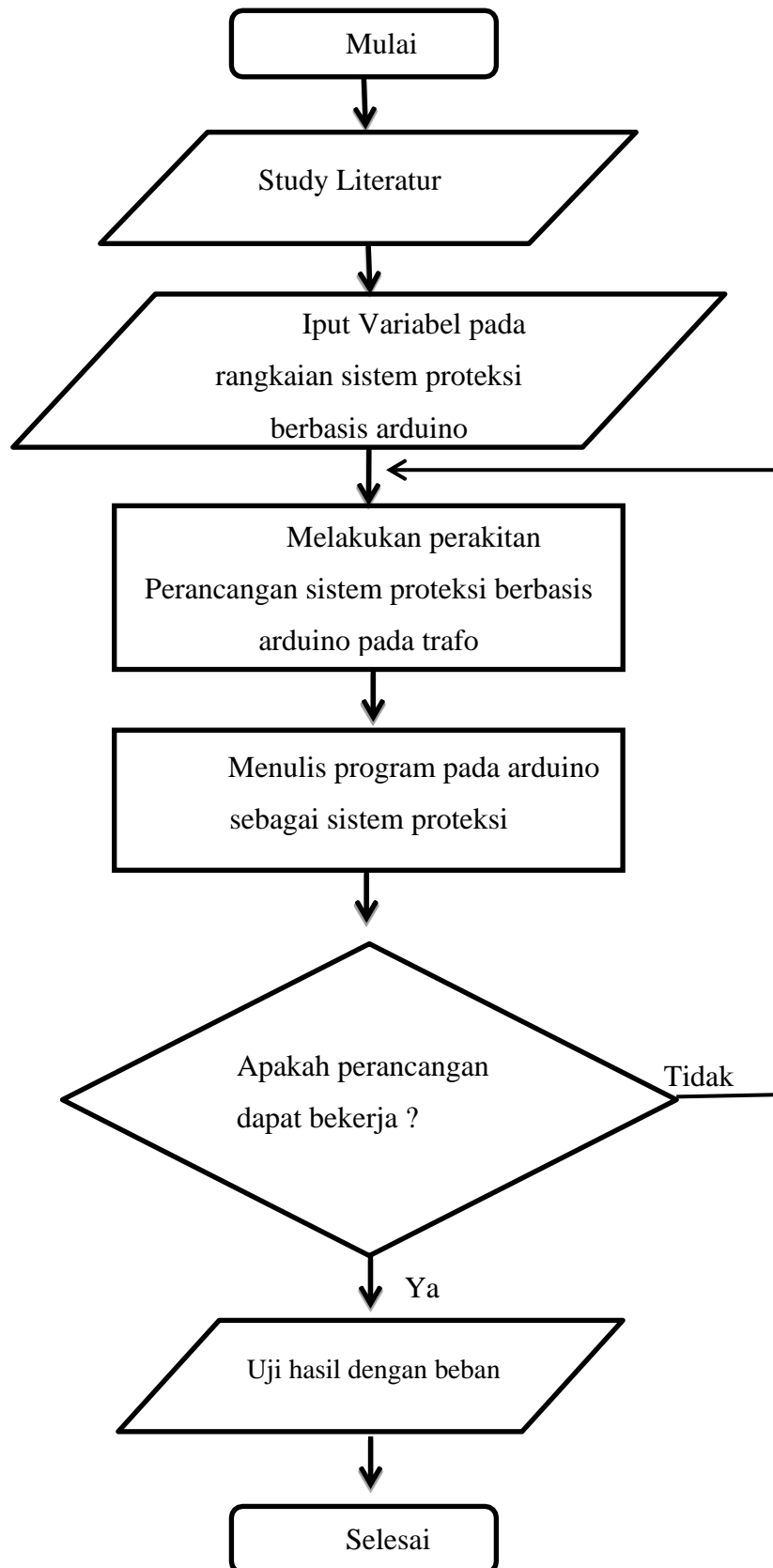
papan rangkaian. Coding yang di lakukan untuk mengatur kesesitipa sistem proteksi yang dapat di monitor melalui Lcd dan trhubung ke Buzzer

34 Gambar Rangkaian

Gambar 3.1 Rangkaian Rancangan

35 Flowchart Perancangan

Adapun proses berlangsung nya pelaksanaan perancangan ini di jelaskan dalam bentuk alur diagram *flowchat* sebagai berikut :



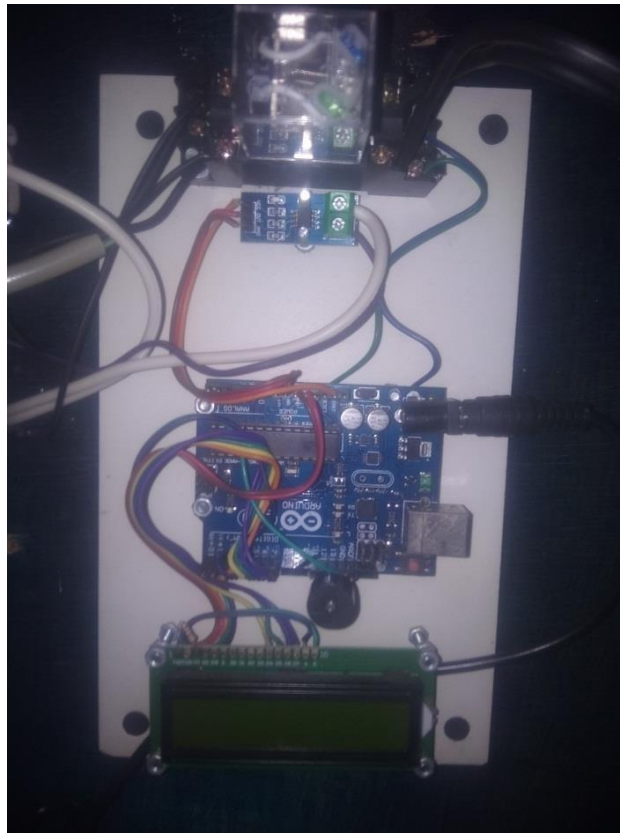
Gambar 3.2 Diagram alir Perancangan

BAB IV

HASIL DAN PENGUJIAN

4.1. Hasil Penelitian

Sebuah alat pembatas arus dan pengaman arus lebih berhasil dirancang dan dibangun pada penelitian ini. Konsep yang dibuat adalah mengukur arus listrik secara elektronik dan melakukan proteksi jika arus melebihi batas maksimal yang ditentukan. Alat bekerja berdasarkan program yang dibuat yaitu membaca sensor arus kemudian mengkalibrasikannya ke nilai arus kemudian membandingkannya dengan batas yang telah ditentukan dalam program. Jika arus yang mengalir melebihi arus acuan maka program akan menonaktifkan relay untuk memutus arus. Dengan konsep ini diharapkan sistem pengaman lebih maksimal dalam mengamankan instalasi listrik dirumah sehingga terhindar dari resiko misalnya korsleting yang dapat mengakibatkan kebakaran. Kelebihan alat yang dirancang adalah selain respon dan akurasi dalam membaca arus, alat ini juga dilengkapi oleh sebuah display LCD yang dapat menampilkan nilai arus yang terdeteksi. Lcd juga akan menampilkan pesan jika terjadi arus lebih dan sebagainya. Alhasil, alat berhasil direalisasikan dengan baik pada sebuah miniatur instalasi berupa panel untuk mensimulasikan kerjandan fungsi alat seperti ditunjukkan pada gambar 4-1 dibawah ini. Terdiri dari sebuah sensor arus ACS 712, sebuah display LCD ukuran 2x16 karakter ,sebuah relay dan mikrokontroler Arduino Uno.



Gambar 4. 1 Rangkaian Pembatas arus lebih

4.2 Pengujian Sistem

Pengujian bertujuan untuk mengetahui fungsi dan unjuk kerja alat yang telah dirancang. Pengujian dilakukan setelah semua komponen telah terpasang/terhubung pada rangkaian utama yaitu mikrokontroler Arduino Uno. Beberapa pengujian yang dilakukan meliputi pengujian sensor, pengujian kontroler, pengujian hasil kalibrasi dan output . Pengujian dilakukan dengan mengukur ,menghitung dan menganalisa data hasil pengukuran. Berikut adalah data hasil pengukuran yang dilakukan pada masing-masing komponen. Dengan bahasa program (*coding*) keseluruhan sebagai berikut.

```
#include <LiquidCrystal.h>

float I,V,Offset=0.03;

int

P,H,mVperAmp=185,n;

const byte Relays = A1;

const byte Buzzer = 12;

bool Status;

LiquidCrystal lcd(2, 3, 4, 5, 6, 7);

void Buzz(int delays){

digitalWrite(Buzzer,

HIGH);delay(delays);

digitalWrite(Buzzer, LOW);}

void setup()

{

lcd.begin(16, 2);

Serial.begin(960

0);
```

```

pinMode(Relays,OUTPUT);

pinMode(Buzzer,OUTPUT); lcd.clear();
lcd.print(" Alat deteksi");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(" ARUS LEBIH
"); delay(2000);
digitalWrite(Relays,
HIGH);

}

float getVPP(char AD)
{
float result;

int readValue; //value read from the
sensor int maxValue = 0; // store max
value here int minValue = 1024; // store
min value here

uint32_t start_time = millis();
while((millis()-start_time) < 1000) //sample for 1 Sec
{
readValue = analogRead(AD);

```



```
if (readValue>maxValue){maxValue = readValue;}
```

```

if (readValue<minValue){minValue = readValue;}

}

result = ((maxValue - minValue) *
5.0)/1024.0; return result;

}

void loop()

{

V = getVPP(A0);
V = (V/2.0)*0.707-Offset; //root 2 is
0.707 I = (V * 1000)/mVperAmp ;
if(I < 0.03){I=0;}
if(I > 0.40){H++;}
if(I <= 0.40){H=0;}

if(I > 0.40 && H==3 && Status == 0){digitalWrite(Relays, LOW);Status
=
1;}

if(Status ==
1){lcd.clear(); lcd.print("
PROTEKSI ");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(" ARUS
LEBIH..."); tone(Buzzer,
2000, 1000);

```

```
delay(1000);noTone(Buzzer);lcd.clear();  
}
```

```
lcd.clear();lcd.print(" ARUS : ");lcd.print(I);lcd.print(" A");  
lcd.setCursor(0,1);lcd.print(" Vsensor =  
");lcd.print(V);lcd.print(" V"); delay(1000);}
```

4.2.1 Pengujian Mikrokontroler Arduino Uno

Arduino uno merupakan mikrokontroler yang bekerja dengan bahasa pemrograman C, untuk itu Arduino dapat diuji dengan memprogramnya terlebih dahulu dan membandingkan hasilnya apakah sesuai dengan yang dibuat atau tidak. Untuk itu Arduino diprogram untuk memberikan output berupa logika pada port. Setelah itu logika keluaran diukur dengan voltmeter digital apakah logika keluaran port tersebut sesuai dengan program atau tidak . Berikut adalah hasil pengujian yang dilakukan untuk pengujian tersebut.

Penggalan program untuk menguji adalah sebagai berikut:

```
Void setup ()
```

```
{
```

```
Pinmode(0,Output);digitalWrite(0,HIGH);
```

```
Pinmode(1,Output);digitalWrite(1, HIGH);
```

```
Pinmode(2,Output);digitalWrite(2,HIGH);
```

```

Pinmode(3,Output);digitalWrite(3, HIGH);

Pinmode(4,Output);digitalWrite(4, LOW);

Pinmode(5,Output);digitalWrite(5, LOW);

Pinmode(6,Output);digitalWrite(6, LOW);

Pinmode(7,Output);digitalWrite(7, LOW);

Pinmode(8,Output);digitalWrite(8, HIGH);

Pinmode(9,Output);digitalWrite(9,HIGH);

Pinmode(10,Output);digitalWrite(10, HIGH);

Pinmode(11,Output);digitalWrite(11, HIGH);

Pinmode(12,Output);digitalWrite(12,LOW);

}

```

Setelah diunggah pada board arduino kemudian dijalankan dan diukur, maka hasil pengukuran tiap pin adalah sebagai berikut:

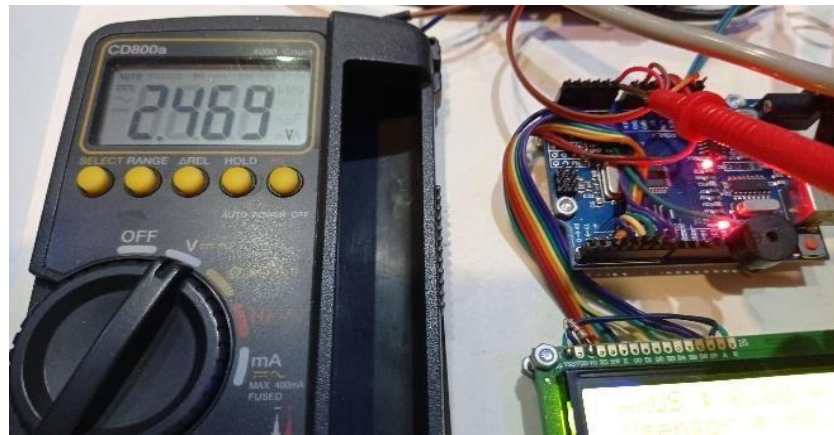
Tabel 4. 1.
Hasil Pengukuran Pin Arduino Uno

Pin	Pin Vout(V)
0	4,98 Volt
1	4,99 Volt
2	4,99 Volt

3	5,00 Volt
4	0,00 Volt
5	0,01 Volt
6	0,00 Volt
7	0,01 Volt
8	5,01 Volt
9	4,99 Volt
10	5,01 Volt
11	5,00 Volt
12	0,02 Volt
13	5,01 Volt

Keterangan :

Pin mode pada perintah diprogram adalah untuk menentukan port sebagai output sedangkan digital write adalah untuk membuat logika pada port menjadi High atau Low. Setelah dilakukan pengunggahan dan diukur maka hasil perbandingan dinyatakan cocok sehingga dapat disimpulkan bahwa Arduino telah bekerja sesuai program yang dibuat.



Gambar 4. 2 Pengukuran tegangan pin Arduino Uno.

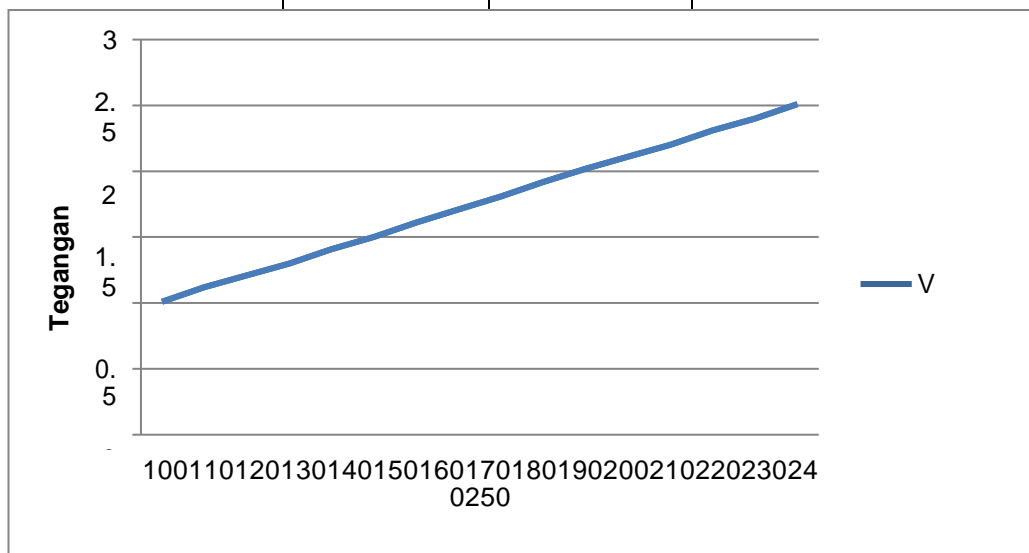
4.2.2 Pengujian Sensor Tegangan

Sensor memberikan informasi tegangan dari line PLN yang ada pada saat itu. Penurunan dilakukan oleh stepdown dan disearahkan oleh dioda penyearah. Output penyearah kemudian dibagi oleh resistor pembagi tegangan agar sesuai dengan level pembacaan adc yaitu 0 hingga 5V. Pengujian sensor dapat dilakukan dengan memberikan variasi input melalui sebuah auto trafo . Pengukuran dilakukan pada masukan dan keluaran sensor. Data hasil pengukuran sensor adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 2.
Hasil Pengukuran Sensor Tegangan.

Vin (PLN)	Vout(sensor)
100V	1.01V
110V	1.12V
120V	1.21V
130V	1.30V

140V	1.41V
150V	1.50V
160V	1.61V
170V	1.71V
180V	1.81V
190V	1.92V
200V	2.02V
210V	2.11V
220V	2.20V
230V	2.31V
240V	2.40V
250V	2.51V



Grafik 4.3 V sensor vs Tegangan input.

Analisa data :

Dari hasil pengukuran diatas dapat dilihat bahwa perbandingan nilai input dengan ouput cukup linear sehingga tidak membutuhkan linearisasi pada program.

Konstanta kalibrasi dapat diperoleh dari perbandingan tersebut yaitu :

$$K = V_{in} / V_{out}$$

Dimana:

K : konstanta

V_{in} : tegangan masukan dari PLN

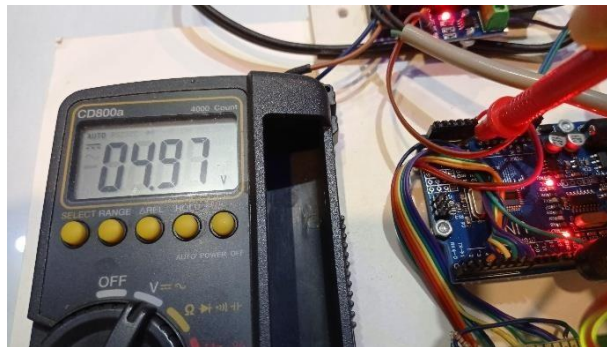
V_{out} : tegangan keluaran sensor

Contoh : jika PLN = 220V dan sensor = 2,2V maka,

$$K = 220V / 2,2V$$

$$K = 100.$$

Dengan menggunakan konstanta $K = 100$ maka program dapat menghitung nilai tegangan sebenarnya dari data yang terbaca oleh sensor.



Gambar 4. 4. Pengukuran output sensor tegangan.

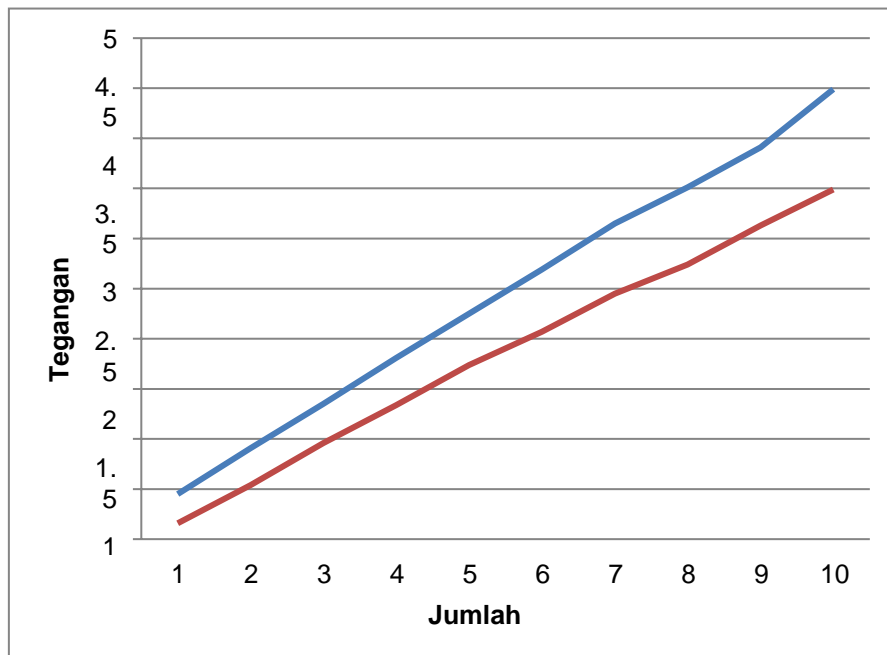
4.2.3 Pengujian sensor Arus ACS712

Pengujian dilakukan dengan mengukur arus yang mengalir pada sensor, dan mengukur output tegangan sensor. Masukan sensor adalah arus beban yang melalui kumparan sensor . Sedangkan output sensor adalah besar tegangan yang dihasilkan oleh sensor akibat beban tersebut. Tabel berikut adalah hasil pengukuran arus dan tegangan keluaran sensor, dari data tersebut dapat dicari karakteritik sensor dan konstanta kalibrasinya.

Pengujian menggunakan beban linear yaitu lampu pijar 100 Watt sebanyak 10 buah yang dihidupkan satu persatu pada tegangan 220V.

Tabel 4. 3.
Data Pengukuran Sensor Arus

Arus(A)	Vout (V)	jumlah lampu daya terukur(w)
0,45	0,16	1 lampu, daya 100,1 watt
0,91	0,54	2 lampu, daya 200,9 watt
1,35	0,96	3 lampu, daya 301,1 watt
1,81	1,34	4 lampu, daya 401,2 watt
2,25	1,74	5 lampu, daya 499,8 watt
2,69	2,07	6 lampu, daya 600,2 watt
3,15	2,45	7 lampu, daya 699,7 watt
3,51	2,74	8 lampu, daya 800,1 watt
3,91	3,12	9 lampu, daya 900,3 watt
4,49	3,49	10 lampu, daya 1000.1 watt



Grafik 4.5. Arus beban vs jumlah lampu.

Data keluaran tegangan tersebut kemudian dikonversi ke digital oleh adc,yang ada pada atmega 328. Dengan persamaan berikut dapat dihitung data hasil konversi.

$$\text{Data adc} = \text{Vout}/\text{Vref} \times 1023;$$

Dimana : $\text{Vref} = 5\text{V}$

dan : 1023 adalah jumlah kombinasi 10 bit dari biner.

Misalkan Vout sensor : $\text{Vout} = 0,16\text{V}$

$$\text{maka: Data} = 0,16\text{V}/5\text{V} \times 1023 = 32$$

Untuk mencari konstanta kalibrasi dapat dilakukan dgn rumus perbandingan yaitu:

$$K = \text{Data ADC}/\text{arus sebenarnya}$$

Untuk itu ,maka:

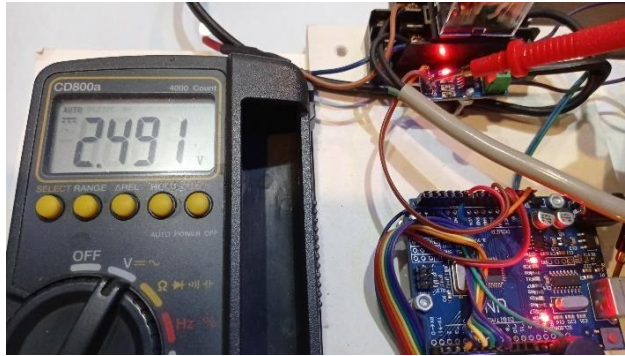
$$K1 = 32/0,45\text{A} = 71/\text{A}.$$

Oleh karena itu misalkan data yang terbaca oleh sensor adalah 100 satuan data maka arus dapat dihitung sebagai berikut:

$$I = \text{data} /K;$$

$$I = 100/71;$$

$$I = 1,40 \text{ A}$$



Gambar 4. 6 Pengukuran output sensor arus.

4.2.4 Pengujian display LCD

Pengujian display LCD dilakukan dengan membuat program yang dibuat khusus untuk menampilkan sebuah pesan pada LCD tersebut . Program dibuat dengan bahasa C, kemudian diunggah pada kontroler . Berikut adalah list program yg dibuat untuk pengujian tersebut.

```
Init_lcd();  
  
while(1)  
{  
  
    lcd_clear();  
  
    lcd_putsf("Alat deteksi");  
  
    lcd_gotoxy(0,1);  
  
    lcd_putsf(" ARUS LEBIH")}
```

Setelah diunggah dan dijalankan pada kontroler , maka pada display LCD akan muncul kata " alat deteksi" pada baris pertama dan " ARUS LEBIH" pada baris kedua, Kemudian berkedip secara teratur. Dengan tampilan seperti itu maka pengujian display LCD telah telah bekerja dengan baik sesuai dengan yang diprogramkan.



Gambar 4. 7 Hasil Pengujian display LCD.

4.2.5 Pengujian Catu Daya Sistem

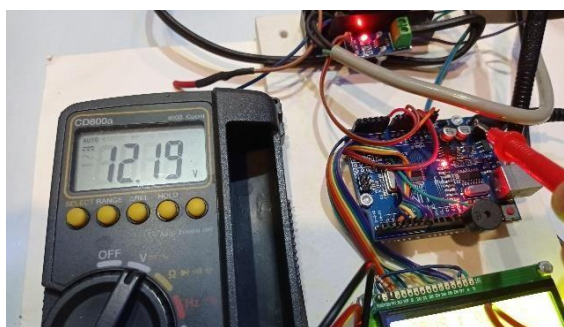
Catudaya yang digunakan adalah trafo stepdown. Pengujian dilakukan dgn mengukur tegangan keluaran catu daya saat berbeban dan tanpa beban . Terdapat 2 testpoint output yaitu output setelah penyearah dan output setelah regulator 7805. Berikut adalah data hasil pengukuran catu daya :

Tabel 4. 4.
Hasil Pengukuran Tegangan Catu Daya

Output dc Output regulator
Tanpa beban 12,57 V dan 5,01 V
Dgn beban 12,19 V dan 5,00 V

Pembahasan:

Dari pengukuran diatas dapat diambil kesimpulan bahwa tegangan yang dihasilkan telah memenuhi kebutuhan rangkaian yang dibuat yaitu 12V dan 5V. Dengan demikian pengujian ini dinyatakan berhasil.



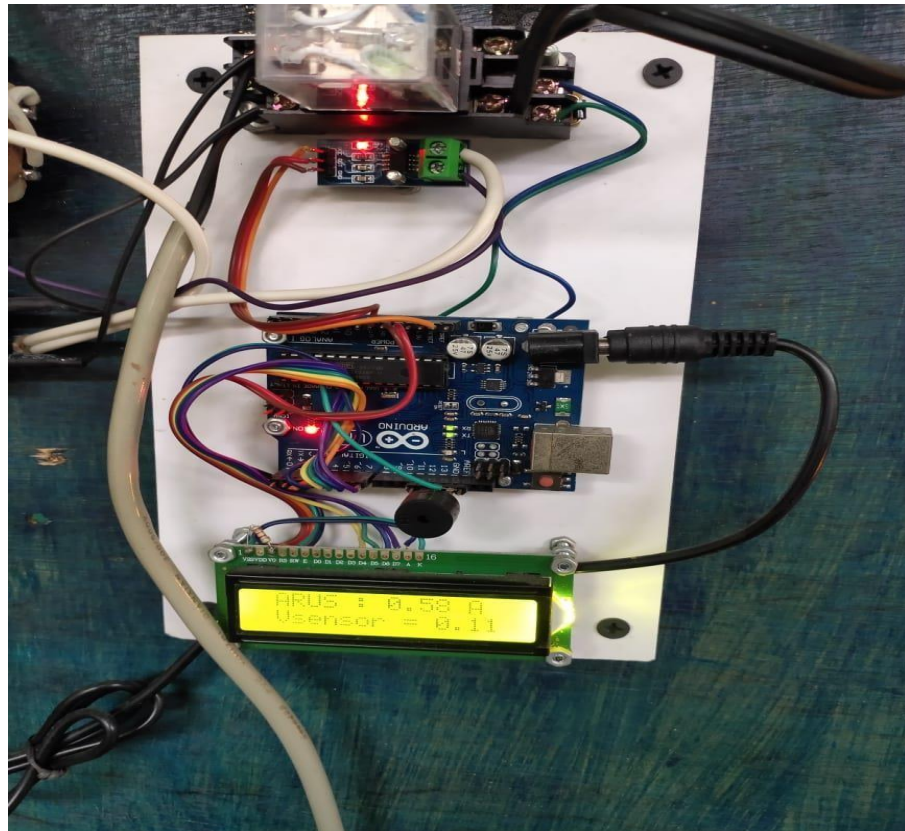
Gambar 4. 8 Pengukuran output catu daya.

4.2.6 Pengujian Alat Secara Keseluruhan

Setelah semua komponen disatukan dan dirakit pada panel percobaan maka uji ukur alat secara keseluruhan dapat dilakukan yaitu dengan melakukan uji coba dengan beban. Beban yang diberikan ada 2 jenis yaitu lampu LED 10 watt sebanyak 3 buah dan lampu pijar 40 watt juga 3 buah. Pertama di uji dengan 3 buah lampu LED dengan dihidupkan satu persatu. Pada kondisi jenis lampu LED alat bekerja normal artinya tidak ada proteksi atau peringatan apapun karena batas arus masih jauh. Kemudian pengujian dilanjutkan dengan mengganti beban menjadi lampu pijar 40 watt. Lampu satu persatu dinyalakan, saat lampu pertama dan kedua nyala masih normal, namun saat lampu ke 3 dinyalakan proteksi langsung terjadi dan relay akan off serta buzzer peringatan akan aktif. Tampilan di LCD juga memberikan pesan bahwa sistem telah proteksi. Pada rancangan tersebut menggunakan sistem proteksi berbasis arduino. Percobaan untuk sistem proteksi pada trafo tersebut dilakukan dengan beban yang kecil sehingga arduino sendiri di program dengan batas arus maksimal 0,4 ampere. Dengan 3 buah lampu pijar, sudah terbaca 0,5 ampere maka sistem secara otomatis

mebunyikan buzzer/alaram dengan waktu delay satu detik untuk mengaktifkan sistem proteksi yaitu ELCB (Earch Lakage Circuit Breaker)

Berikut adalah hasil dari pengujian sistem pada saat di nyalakan nya beban



Gambar 4. 9 Foto pengujian secara keseluruhan.

Tabel 4. 5.

Hasil pengujian dengan beban lampu LED 10 WATT

Jumlah lampu	Arus (A)	Daya (W)	Relay	Proteksi
1	0,041	10	On	Non aktif
2	0,082	20	On	Non aktif
3	0,123	30	On	Non aktif

Tabel 4. 6.

Hasil pengujian dengan Beban Lampu Pijar 40 WATT

Jumlah lampu	Arus (A)	Daya (W)	Relay	Proteksi
1	0,186	41	On	Non aktif
2	0,367	82	On	Non aktif
3	0,545	121	On	Aktif

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Arduino bekerja sebagai alat kontrol tambahan yang dikombinasikan untuk mengatur batas arus pada *Earth Leakage Circuit Breaker*. ELCB yaitu salah satu alat pemutus yang peka terhadap arus bocor, yang dapat memutuskan circuit termasuk penghantar netralnya secara otomatis dalam waktu tertentu. Kekurangan dari ELCB yaitu mudah jebol/rusak sehingga Arduino dapat dikatakan sebagai pengaman ganda atau sebagai sistem kontrol untuk mengatur batas arus maksimal dengan rangkain pendukung untuk mengurangi terjadinya kerugian lebih besar. Arduino dapat bekerja dengan memasukan bahasa program yang digunakan sebagai perintah, untuk program yang tertulis dapat dirubah atau di hapus dengan sesuai kebutuhan rancangan.
2. Arduino atau *Microcontroller* merupakan salah satu sistem komputer fungsional dalam sebuah chip. Didalam sebuah mikrokontroler terdapat sebuah prosesor, memori (sejumlah kecil RAM, memori program, atau keduanya), dan perlengkapan *input dan ouput*. Maka dengan kata lain, *microcontroller* adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus, cara kerja *microcontroller* sebenarnya membaca dan menulis data.
3. Arduino yang telah di program sebagai sistem kontrol. Dari pengujian penulisan tersebut arduino sudah di program dengan batas arus maksimal

0,40 watt. Sistem yang membaca arus menggunakan alat sensor arus yang digunakan ACS712. VoltSensor ACS 712 bekerja berdasarkan prinsip hall effect, Hall effect sendiri bekerja berdasarkan prinsip gaya Lorenz. Sensor ACS712 memiliki tegangan kerja 5 volt dan memiliki resistansi internal sebesar 1.2 mΩ. Hasil pembacaan akan pada sensor akan di tampilkan pada LCD yang digunakan pada rangkaian yaitu LCD 6 × 2. LCD 6×2 artinya modul LCD dengan konfigurasi 16 karakter dengan 2 baris untuk setiap bentuk karakter yang hubungkan melalui program bahasa C pada arduino. Waktu delay yang gunakan untuk memutuskan arus pada rangkaian ini dengan delay 3 detik setelah terjadinya arus lebih. Sistem kontrol tersebut berkerja otomatis tetapi tetap perlu di kontrol manusia pada saat keadaan tertentu, sehingga penambahan buzzer di perlukan agar dapat memberi tanda atau alarm telah terjadi kesalahan pada sistem sehingga dapat memperbaiki atau mengganti komponen yang rusak.

5.2 Saran

1. Sistem pengaman dapat dilengkapi dengan alat deteksi temperature kabel sehingga dapat mencegah pelelehan kabel akibat arus lebih.
2. Menambahkan aplikasi IoT dan sebagainya agar arus dapat dipantau dari jarak jauh dan dapat memberi peringatan saat terjadi overload atau arus lebih.

DAFTAR PUSTAKA

- Aribowo, D., & Permata. (2018). *Analisis Hasil Uji PMT 150 kV pada Gardu Induk Cilegon Baru BAY KS 1*. 59–65.
- Burhan, P., & W, H. (2018). Efektivitas Penggunaan Residual Current Circuit Breaker Sebagai Pengaman Manusia Terhadap Arus Bocor Akibat . Kegagalan Isolasi. *Jurnal INTEKNA : Informasi Teknik Dan Niaga*, 18(1), 13–17.
- Dermawan, E., & Nugroho, D. (2017). Analisa Koordinasi Over Current Relay Dan Ground Fault Relay Di Sistem Proteksi Feeder Gardu Induk 20 kV Jababeka. *Elektum : Jurnal Teknik Elektro*, 14(2), 43–48.
- Fauziah, D., & Khaidir, I. M. (2019). *Studi Pola Arus Bocor Isolator Keramik Selama Waktu Pemakaian 24 Jam*. 3(3), 233–239.
- Hamid, M. K., & Abubakar, S. (2016). Sistem Pentanahan Pada Transformator Distribusi 20 kV di PT . PLN (Persero) Area Lhokseumawe Rayon Lhoksukon. *Journal of Electrical Technology*, Vol. 1(2), 13–16.
- Hasibuan, Abdurrozzaq Yusmartato, R. (2018). Penentuan Nilai Arus Pemutusan Pemutus Tenaga Sisi 20 KV pada Gardu Induk 30 MVA Pangururan. *Journal of Electrical Technology*, 1099(3), 53–58.
- Ratnasari, T., & Senen, A. (2017). *BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO DENGAN SENSOR*. 7(2), 28–33.
- Ruliyanto, R. (2020). Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Arus Ground pada Trafo 1 dan Trafo 2 pada Beban Puncak Sesaat. *Jurnal Ilmiah Giga*, 23(1), 27–32. <https://doi.org/10.47313/jig.v23i1.867>

Simanjuntak, T. B. O., & Mangindaan. (2017). Rancang Bangun Sistem Kontrol Otomatis Dan Pengamatan Kondisi Baterai Pada Sistem Pembangkit Listrik Berbasis Microcontroller. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 6(2), 63–68. <https://doi.org/10.35793/jtek.6.2.2017.16655>

Sofwandan, A., & Kusuma, S. A. (2018). PENDETEKSIAN DINI TERHADAP ARUS BOCOR KABEL TANAH TEGANGAN MENENGAH PADA TRANSFORMATOR 150 / 20kV. *Sinusoida*, XX(2), 69–71.

1

Sukardi, F. D., & Zain. (2019). Prototipe Pengaman Peralatan Instalasi Listrik dan Tegangan Sentuh Bagi Manusia dengan ELCB (Earth Leakege Circuit Breaker). *Jurnal Teknologi Elekterika*, 16(2), 56. <https://doi.org/10.31963/elekterika.v16i2.2010>

Syukriyadin, S. (2017). Sistem Proteksi Arus Bocor Menggunakan Earth Leakage Circuit Breaker Berbasis Arduino. *Jurnal Rekayasa Elekrika*, 12(3), 111–118.