

**PERANCANGAN SISTEM PROTEKSI OVER CURRENT PADA MOTOR
INDUKSI TIGA PHASA MENGGUNAKAN ESP32 BERBASIS INTERNET
of THINGS (IoT)**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta*

Oleh :

FUADI FIRDAUS
2010017111015



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS BUNG HATTA
PADANG
2025**

UNIVERSITAS BUNG HATTA

LEMBARAN PENGESAHAN
PERANCANGAN SISTEM PROTEKSI OVER CURRENT PADA MOTOR
INDUKSI TIGA PHASA MENGGUNAKAN ESP32 BERBASIS INTERNET
of THINGS (IoT)

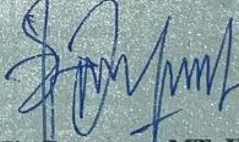
Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Sirata Satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta

Oleh :

FUADI FIRDAUS
2010017111015

Disetujui Oleh :

Pembimbing



Dr. Ir. Ija Darmana, MT, IPM.
NIK : 940 700 335

Diketahui Oleh:

Fakultas Teknologi Industri
Dekan,



Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, S.T., M.T
NIK: 990 500 496

Jurusan Teknik Elektro
Ketua,



Ir. Arzul, M.T
NIK: 941 100 396

LEMBARAN PENGUJI

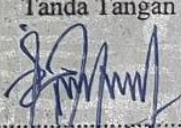

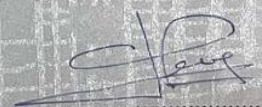
**PERANCANGAN SISTEM PROTEKSI OVER CURRENT PADA MOTOR
INDUKSI TIGA PHASA MENGGUNAKAN ESP32 BERBASIS INTERNET
of THINGS (IoT)**

SKRIPSI

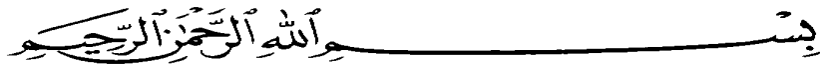
Oleh :

FUADI FIRDAUS
2010017111015

Dipertahankan di depan penguji Skripsi
Pendidikan Strata Satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta
Hari/Tanggal : Rabu 19 Maret 2025

No.	Nama	Tanda Tangan
1.	<u>(Dr. Ir. Ija Darmana, M.T., IPM.)</u> (Ketua Sidang)	
2.	<u>(Mirzazoni, S.T., M.T)</u> (Penguji)	
3.	<u>(Ir. Cahavahati, M.T)</u> (Penguji)	

HALAMAN PERSEMBAHAN



Dengan rasa syukur yang mendalam, karya sederhana ini saya persembahkan kepada:

- ❖ Kedua orang tua tercinta,
yang selalu menjadi sumber kekuatan, doa, dan cinta yang tiada habisnya. Terima kasih atas setiap pengorbanan, peluh, dan air mata yang tak pernah saya lihat langsung, namun saya tahu selalu hadir di setiap langkah perjuangan saya. Segala doa kalian adalah penopang utama yang membawa saya sampai pada titik ini.
- ❖ Dosen pembimbing saya, Dr. Ir. Ija Darmana, M.T., IPM.
yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan kesabaran dalam membimbing saya selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas ilmu, arahan, dan semangat yang diberikan meski saya seringkali lambat memahami, Bapak tetap setia membimbing saya sampai akhir.
- ❖ Seluruh dosen di Program Studi Teknik Elektro,
yang telah memberikan ilmu, wawasan, dan nilai-nilai kehidupan yang akan selalu saya bawa kemanapun saya melangkah. Terima kasih atas dedikasi dan pengabdian dalam membentuk generasi yang lebih baik.
- ❖ Teman-teman angkatan 20 TOR,
yang telah menjadi rumah kedua selama masa perkuliahan. Terima kasih atas semua momen suka dan duka, atas kerja sama, tawa, stres bersama, dan perjuangan yang kita jalani dalam satu kapal yang sama. Kita semua tahu, ini bukan proses yang mudah tapi kita telah sampai sejauh ini.
- ❖ Adik-adik angkatan yang luar biasa,
terima kasih telah menjadi penyemangat dan penerus perjuangan ini. Semoga kalian bisa terus melangkah dengan semangat, dan semoga jejak kami bisa sedikit banyak membantu kalian menemukan arah.
- ❖ Untuk sosok spesial dalam hidup saya, Millenia Dwi Tasya
yang selalu sabar menemani, mendengarkan keluh kesah, memberi semangat di saat saya ingin menyerah, dan tidak lelah mengingatkan saya untuk terus berjuang. Terima kasih telah hadir di setiap fase jatuh dan bangun saya. Kehadiranmu adalah energi yang tak tergantikan.
- ❖ Dan untuk semua orang yang telah membantu saya,
baik secara langsung maupun tidak langsung yang namanya tidak bisa saya sebutkan satu per satu. Terima kasih atas kebaikan, dukungan, informasi, bantuan teknis, motivasi, dan bahkan senyuman kecil yang memberi harapan saat saya mulai goyah.

Akhirnya,
untuk diriku sendiri,
terima kasih karena tidak menyerah, karena tetap bertahan meski berulang kali ingin berhenti. Skripsi ini mungkin bukan karya terbaik, tapi ia adalah simbol dari ketekunan, keikhlasan, dan keberanian untuk menyelesaikan sesuatu yang telah dimulai.

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa ini sebagian maupun keseluruhan Skripsi saya dengan judul **“Perancangan Sistem proteksi Over Current Pada Motor Induksi Tiga Phasa Menggunakan ESP32 Berbasis Internet of Things (IoT)”** adalah benar – benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan – bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

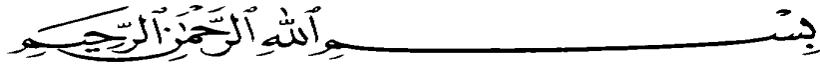
Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar Pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Padang, 12 Maret 2025



Fuadi Firdaus
2010017111015

KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan judul “*Perancangan Sistem Proteksi Over Current Pada Motor Induksi 3 Fasa Berbasis Internet of Things (IoT)*”. Proposal ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan dan memperoleh gelar kesarjanaan (Strata-1) pada jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta Padang.

Dalam menyusun skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan serta pengarahan dari berbagai pihak, karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

- Bapak Dr. Ir. Ija Darmana, MT. IPM. Selaku pembimbing Skripsi

Penulis juga tidak lupa mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah membantu dan membimbing penulis sehingga laporan ini dapat diselesaikan.

1. Orang tua yang selalu memberikan dukungan do'a dan semangat demi keselamatan, kesehatan dan kesuksesan anaknya
2. Ibu Prof. Dr. Reni Desmiarti, S.T, M.T selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta.
3. Bapak Ir. Arzul, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Bung Hatta.
4. Bapak Dr. Ir. Ija Darmana, MT, IPM. Selaku Penasehat Akademis.
5. Bapak/ibu dosen jurusan Teknik Elektro Universitas Bung Hatta.
6. Teman-teman Elektro'20 yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan dan penulisan skripsi ini.

Penulis telah berusaha melakukan yang terbaik dalam penulisan skripsi ini namun penulis menyadari masih jauh dari kesempurnaan dan keterbatasan yang ada dalam skripsi ini. Oleh karena itu sumbangan, gagasan, kritikan, saran dan masukan yang akan membangun penulis terima dengan senang hati demi kesempurnaan skripsi ini.

Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan sumbangan pengetahuan bagi pihak yang membutuhkan.

Padang, 12 Maret 2025

Fuadi Firdaus

ABSTRAK

Motor induksi 3 fasa berperan penting dalam dunia industri, hal ini karena motor induksi 3 fasa memiliki konstruksi yang sederhana, harga yang lebih murah dan mudah dalam perawatannya, salah satunya motor yang digunakan untuk pompa transfer *treated water* di PT. Indah Kiat *Pulp and Paper* Perawang. Pompa transfer tersebut beroperasi selama 24 jam *nonstop* selama proses produksi berjalan dengan jumlah yang cukup banyak untuk memenuhi kebutuhan *treated water* diseluruh area pabrik. Untuk menjamin kelangsungan operasional motor induksi pada pompa transfer *treated water* perlu diperhatikan sistem proteksi motor untuk melindungi motor tersebut maupun peralatan listrik lainnya terhadap gangguan internal atau gangguan dari motor induksi itu sendiri dan gangguan eksternal seperti gangguan beban lebih atau *overload*. Maka dari itu, motor induksi pada pompa transfer *treated water* tersebut masih perlu dilengkapi dengan sistem proteksi dan sistem monitoring, karena pada pengoperasiannya motor induksi tidak terlepas dari gangguan yang dapat terjadi, sehingga apabila motor induksi pada pompa transfer *treated water* mengalami gangguan, maka sistem proteksi yang dikendalikan oleh ESP32 memerintahkan pemutus daya untuk memutus rangkaian motor (*trip*). Selain itu pengaplikasian sistem IoT dapat digunakan agar motor induksi bisa dimonitor selama beroperasi dalam kondisi normal maupun gangguan. Kesimpulan dari penelitian ini adalah perancangan yang telah dibuat berfungsi dengan baik, dan internet of thing dan dapat di monitoring dan mensetting arus melalui aplikasi Blynk menggunakan smartphone. Dari data yang telah dihasilkan, dapat diamati bahwa karakteristik yang digunakan yaitu instant atau memutus dengan sangat cepat, pemutus cepat terjadi dengan waktu pemutusan 1 sampai 2 detik, Pengujian alat proteksi over current dengan set point 0,6A dengan tegangan pada fasa R-S-T rata-rata 220V pembacaan arus ketika motor berputar normal 0,4A dan ketika rotor di tahan arus naik menjadi 1,3A maka alat ini langsung memproteksi dengan waktu 1.93s.

Kata Kunci : ESP32, IoT, Sistem Proteksi

ABSTRACT

3-phase induction motors play an important role in the industrial world, this is because 3-phase induction motors have simple construction, lower prices and are easy to maintain, one of which is the motor used for treated water transfer pumps at PT Indah Kiat Pulp and Paper Perawang. The transfer pump operates for 24 hours non-stop during the production process runs with a large enough amount to meet the needs of treated water throughout the factory area. To ensure the operational continuity of the induction motor in the treated water transfer pump, it is necessary to pay attention to the motor protection system to protect the motor and other electrical equipment against internal disturbances or disturbances from the induction motor itself and external disturbances such as overload or overload disturbances. Therefore, the induction motor in the treated water transfer pump still needs to be equipped with a protection system and monitoring system, because in its operation the induction motor is inseparable from disturbances that can occur, so that if the induction motor in the treated water transfer pump experiences a disturbance, the protection system controlled by ESP32 commands the power breaker to disconnect the motor circuit (trip). In addition, the application of the IoT system can be used so that induction motors can be monitored while operating under normal and fault conditions. The conclusion of this study is that the design that has been made functions well, and the internet of things and can be monitored and set the current through the Blynk application using a smartphone. From the data that has been produced, it can be observed that the characteristics used are instant or breaking very quickly, fast breaking occurs with a breaking time of 1 to 2 seconds, Testing of over current protection devices with a set point of 0.6A with a voltage on the R-S-T phase an average of 220V current reading when the motor rotates normally 0.4A and when the rotor is held the current increases to 1.3A then this device immediately protects with a time of 1.93s.

Keywords: ESP32, IoT, Protection System

DAFTAR ISI

Cover	
Lembar Pengesahan	
Lembar Pengesahan Penguji	
Halaman Persembahan	
Lembar Pernyataan	
Kata Pengantar	i
Abstrak	iii
<i>Abstract</i>	iv
Daftar Isi	v
Daftar Gambar	viii
Daftar Tabel	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-3
1.3 Batasan Masalah	I-3
1.4 Tujuan Penelitian	I-3
1.5 Manfaat Penelitian	I-3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tinjauan Penelitian	II-5
2.2 Landasan Teori	II-7
2.2.1 Sistem Proteksi	II-7
2.2.2 Gangguan Arus Lebih	II-8
2.2.3 Karakteristik Relai Arus Lebih	II-8
2.2.4 <i>Mikrokontroler</i>	II-10
2.2.5 <i>Internet of Things (IoT)</i>	II-11
2.2.6 Digital	II-11
2.2.7 ESP32	II-13

2.2.8	Sensor PZEM-004T	II-15
2.2.9	Modul <i>Relay</i>	II-16
2.2.10	LCD 20 x 4 (Liquid Crystal Display) dengan I2C	II-18
2.2.11	Kontaktor	II-18
2.2.12	MCCB	II-20
2.2.13	Motor Induksi 3 Phasa	II-22
2.2.14	Buzzer	II-26
2.2.15	Potensiometer	II-29
2.3	Hipotesis	II-32

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Alat dan Bahan Penelitian	III-33
3.1.1	Alat Penelitian	III-33
3.1.2	Bahan Penelitian	III-34
3.2	Alur Penelitian	III-38
3.3	Deskripsi Sistem dan Analisa	III-39
3.4	<i>Software</i> Pendukung	III-40
3.5	Perancangan Sistem Proteksi <i>Over Current</i> pada Motor Induksi Tiga Phasa Menggunakan ESP32 Berbasis <i>Internet Of Things</i> (IoT)	III-40
3.6	Blok Diagram Sistem	III-42
3.7	Rangkaian Sistem Keseluruhan	III-43
3.8	<i>Source Code</i> ESP32	III-44
3.9	Perancangan Kontruksi	III-49

BAB IV HASIL PEMBAHASAN

4.1	Pengujian Alat	IV-50
4.1.1	Pengujian Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	IV-50
4.1.2	Pengujian Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	IV-55
4.1.3	Pengujian Monitoring Sistem Keseluruhan	IV-56
4.2	Pengambilan Data	IV-57
4.2.1	Pengujian Sistem Proteksi Dengan Nilai <i>Set Point</i> 0,6 A	IV-57

4.2.2 Pengujian Sistem Proteksi Dengan Nilai <i>Set Point</i> 1 A	IV-58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	V-61
5.2 Saran	V-62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kurva Karakteristik Waktu Seketika	II-9
Gambar 2.2	Kurva Karakteristik Waktu Tertentu	II-9
Gambar 2.3	Kurva Karakteristik Waktu Tunda	II-10
Gambar 2.4	ESP32	II-13
Gambar 2.5	Blok Diagram Fungsi ESP32	II-14
Gambar 2.6	Sensor PZEM-004T	II-15
Gambar 2.7	<i>Relay</i>	II-17
Gambar 2.8	LCD <i>Character Display</i> 20x4 dengan Modul I2C	II-18
Gambar 2.9	Kontaktor	II-19
Gambar 2.10	MCCB	II-20
Gambar 2.11	Motor Induksi 3 Phasa	II-26
Gambar 2.12	Buzzer	II-28
Gambar 2.13	Potensiometer	II-31
Gambar 3.1	ESP32	III-34
Gambar 3.2	PZEM-004T	III-35
Gambar 3.3	Modul Relay	III-35
Gambar 3.4	LCD 20x4 I2C	III-36
Gambar 3.5	MCCB	III-36
Gambar 3.6	Kontaktor Magnet	III-37
Gambar 3.7	Potensiometer	III-37
Gambar 3.8	Buzzer	III-38
Gambar 3.9	Alur Proses Penelitian	III-38
Gambar 3.10	<i>Software Arduino IDE</i>	III-40
Gambar 3.11	<i>Pemodelan perancangan Sistem Proteksi Over Current</i>	III-40
Gambar 3.12	Blok Diagram Sistem pada Perancangan Sistem Proteksi <i>Over Current</i>	III-42
Gambar 3.13	Rangkain <i>Wiring Diagram</i>	III-43
Gambar 3.14	Perancangan panel <i>Box Alat</i>	III-49
Gambar 4.1	Pengujian ESP32	IV-51

Gambar 4.2	Pengujian PZEM-004T	IV-51
Gambar 4.3	Pengujian LCD 20x4 I2C	IV-52
Gambar 4.4	Pengujian MCCB	IV-52
Gambar 4.5	Pengujian pada Kontaktor Magnet	IV-53
Gambar 4.6	Pengujian Modul <i>Relay</i>	IV-53
Gambar 4.7	Pengujian <i>Potensiometer</i>	IV-54
Gambar 4.8	Pengujian <i>buzzer</i>	IV-54
Gambar 4.9	Pengujian <i>software</i> ESP32 menggunakan Arduino IDE	IV-55
Gambar 4.10	Pengujian Sistem Keseluruhan dengan Aplikasi <i>Blynk</i>	IV-56
Gambar 4.11	Pengujian Sistem Keseluruhan dengan Aplikasi <i>Blynk</i>	IV-56
Gambar 4.12	Pengambilan data dengan nilai <i>set point</i> 0.6 <i>ampere</i>	IV-57
Gambar 4.13	Pengambilan data dengan nilai <i>set point</i> 1 <i>ampere</i>	IV-58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi ESP32	II-15
Tabel 4.1 Pengambilan data Proteksi <i>Over Current</i> dengan <i>Set Point</i> 0.6A	IV-58
Tabel 4.2 Pengambilan data proteksi <i>over current</i> dengan <i>set point</i> 1A	IV-59

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Motor induksi 3 fasa berperan penting dalam dunia industri, hal ini karena motor induksi 3 fasa memiliki konstruksi yang sederhana, harga yang lebih murah dan mudah dalam perawatannya, salah satunya motor yang digunakan untuk pompa *transfer treated water* di PT. Indah Kiat *Pulp and Paper* Perawang. Pompa *transfer* tersebut beroperasi selama 24 jam *nonstop* selama proses produksi berjalan dengan jumlah yang cukup banyak untuk memenuhi kebutuhan *treated water* diseluruh area pabrik, sedangkan teknisi yang melakukan pengecekan sangat terbatas sehingga sering mengalami kesulitan dalam *monitoring* kondisi motor induksi yang beroperasi, seperti pada saat melakukan pengecekan aktual *ampere* pada motor induksi setiap teknisi harus menggunakan alat ukur atau memeriksa *indicator ampere* disetiap panel satu persatu, dan untuk menyelesaikan pengecekan membutuhkan waktu yang cukup lama. Apabila terjadi gangguan pada motor induksi, kondisi motor induksi selama beroperasi hingga terjadi gangguan tidak dapat dimonitoring sehingga teknisi memerlukan waktu untuk menentukan indikasi gangguan pada motor induksi. Umumnya gangguan arus lebih atau *overload* pada motor induksi yang terjadi di PT. Indah Kiat *Pulp & Paper* disebabkan oleh kondisi *bearing* dan *impeller* pada pompa yang bermasalah.

Sistem proteksi merupakan segala bentuk tindakan yang dilakukan untuk melindungi peralatan-peralatan listrik pada sebuah sistem tenaga seperti generator, transformator jaringan dan lain-lain, terhadap gangguan kondisi abnormal operasi sistem itu sendiri, sehingga proses penyaluran energi listrik dari sisi pembangkit energi listrik, hingga saluran distribusi dapat disalurkan sampai pada konsumen pengguna listrik dengan aman. Sistem proteksi bekerja dengan cara melokalisir gangguan, agar penyaluran energi listrik ke jaringan yang lain tidak terganggu. (M Refhan Naparin. 2018)

Sistem proteksi *over current* pada motor induksi tiga fasa di PT. Indah Kiat *Pulp & Paper*, khususnya untuk pompa *transfer treated water* di area

Water Plant menggunakan *Relay* proteksi berupa *Over Current Relay*. Prinsip kerja dari *Over Current Relay* yaitu berdasarkan adanya arus lebih yang dirasakan relai, baik di sebabkan adanya gangguan hubung singkat atau *overload* (beban lebih) untuk kemudian memberikan perintah trip ke PMT sesuai dengan karakteristik waktunya. (Erwin Dermawan, Dimas Nugroho. 2017)

Penggunaan *Over Current Relay* pada motor induksi 3 fasa di PT. Indah Kiat *Pulp and Paper* Perawang umumnya memiliki beberapa kelemahan, memiliki pengaturan rentang *range* yang terbatas, tidak memiliki sistem pemantauan secara real-time, dan pengaturan manual yang kurang praktis.

Untuk menjamin kelangsungan operasional motor induksi pada pompa transfer *treated water* perlu diperhatikan sistem proteksi motor untuk melindungi motor tersebut maupun peralatan listrik lainnya terhadap gangguan internal atau gangguan dari motor induksi itu sendiri dan gangguan eksternal seperti gangguan beban lebih atau *overload*. Maka dari itu, motor induksi pada pompa *transfer treated water* tersebut masih perlu dilengkapi dengan sistem proteksi dan sistem *monitoring*, karena pada pengoperasiannya motor induksi tidak terlepas dari gangguan yang dapat terjadi, sehingga apabila motor induksi pada pompa *transfer treated water* mengalami gangguan, maka sistem proteksi yang dikendalikan oleh ESP32 memerintahkan pemutus daya untuk memutus rangkaian motor (*trip*). Selain itu pengaplikasian sistem IoT dapat digunakan agar motor induksi bisa dimonitor selama beroperasi dalam kondisi normal maupun gangguan. (Edo Andhika Praditya Jaya, Arif Musthofa, dan Ciptian Weriend Priananda. 2021)

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, penulis memiliki sebuah gagasan untuk diangkat sebagai proposal skripsi dengan judul **“Perancangan Sistem Proteksi *Over Current* Pada Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan ESP32 Berbasis IoT”**.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang terdapat pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana merancang sistem proteksi *over current* ?
2. Bagaimana merangkai komponen sistem proteksi *over current* ?
3. Bagaimana cara menguji alat monitoring ini dapat memperlihatkan data secara real-time?
4. Bagaimana mengimplementasikan dan menganalisis sistem proteksi *over current* pada motor induksi tiga phasa ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Jenis relay yang dirancang adalah tipe digital *over current relay*.
2. Kapasitas motor induksi yang akan di proteksi yaitu 0,62 *ampere*.
3. Implementasi dilakukan di labolatorium konversi energi elektrik.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai beerikut:

1. Merancang sistem proteksi *over current*?
2. Menguji rangkaian komponen sistem proteksi *over current*.
3. Melakukan pengujian dengan menggunakan alat monitrong arus dan tegangan bisa memperlihatkan data secara real-time.
4. Mengimplementasikan dan menganalisis sistem proteksi *over current* pada motor induksi tiga phasa.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi penulis, diharapkan penelitian ini dapat menambah pengetahuan tentang *system monitoring* pada *system* proteksi *relay*.
2. Sebagai bentuk kontribusi terhadap pengembangan dalam bidang Teknik Elektro dan Teknologi.
3. Bagi pembaca, diharapkan penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi

untuk penelitian lain serta dapat memberikan suatu Teknik alternatif dalam memonitoring *relay* proteksi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Penelitian

Dalam penulisan Skripsi ini penulis merujuk ke penelitian yang sudah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya sebagai berikut:

Tiyono. 2013 dengan judul Perancangan *Setting Rele* Proteksi Arus Lebih Pada Motor Listrik Industri, Motor listrik digunakan secara luas pada berbagai industri. Motor jenis ini rentan terhadap terjadinya arus lebih, baik yang disebabkan oleh beban lebih maupun arus lebih. Gangguan arus lebih akan menyebabkan panas pada kumparan motor sehingga dalam jangka waktu yang lama akan menurunkan kemampuan isolasi motor. Potensi terjadinya gangguan karena menurunnya kekuatan isolasi motor akan meningkat dan dapat mengakibatkan kebakaran. Perancangan proteksi motor listrik industri diharapkan dapat menentukan tipe peralatan proteksi yang diperlukan dan setelan yang sesuai untuk setiap tingkatan daya motor. Dari hasil perancangan, diharapkan dapat diperoleh sistem proteksi yang koordinatif, diskriminatif, dan selektif terhadap gangguan.

Natalis Hengky Richardo, Junaidi, Ayong Hiendro. 2017 dengan judul Rancang Bangun Sistem Proteksi Arus Lebih Motor Induksi Tiga Fasa Berbasis *Mikrokontroler* ATmega16, penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem proteksi arus lebih motor induksi tiga fasa berbasis *mikrokontroler* Atmega16. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemasangan alat terhadap *lifetime* motor induksi tiga fasa. Digunakan 1 buah modul rangkaian minimum sistem dan *timer* eksternal, 1 buah modul op-Amp, 3 buah modul sensor arus ACS712 dan 1 buah modul *relay*. Dari hasil kalibrasi menggunakan arus 0 sampai 5A, pembacaan arus ketiga sensor pada alat ini masih mengalami *error* yang besar pada saat pembacaan nilai arus <0.5A yaitu 1% sampai 34%. Cara kerja alat ini sesuai

dengan rancangan, dimana pada saat nilai arus lebih dari arus nominal dalam waktu >2 detik, maka motor akan *trip*. Sebaliknya jika nilai arus gangguan <2 detik, maka motor akan bekerja dengan normal. Sistem proteksi arus lebih berbasis *mikrokontroller* ATmega16 ini digunakan sebagai proteksi pendukung sehingga masih membutuhkan proteksi standart yang digunakan.

Abdul Wakhid. 2020 dengan judul Penerapan IoT Dalam Rancang Bangun Sistem Proteksi Motor Induksi dari Gangguan Beban Lebih Berbasis *Mikrokontroller* penelitian ini bertujuan melindungi motor pada saat bekerja sehingga meminimalisir kerusakan yang diakibatkan dari gangguan-gangguan yang muncul. Saat ini sistem proteksi motor induksi masih tergolong manual, maka diperlukan sebuah sistem proteksi otomatis sehingga dapat menjaga motor induksi tetap bekerja dan minim gangguan. Sistem ini menggunakan *mikrokontroller*, sensor arus dan sensor suhu, Modul Wifi sebagai transmisi data, *Relay SSR* sebagai pemutus daya, serta *blynk* app sebagai aplikasi pemonitornya karena memiliki keunggulan dan kemudahan dalam pengoperasiannya. Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian dan pengembangan. Hasil pengujian yang didapatkan dari pengukuran manual dan yang ditampilkan pada android memiliki persentase error kurang lebih 1,85% pada uji coba keseluruhan alat.

Wahyu Hendra Prasetya, Misbahul Munir, Novian Patria Uman Putra, Nasyith Hananur Rohiem, Ilmiatul Masfufiah. 2022 *Over Current Relay* merupakan sistem proteksi yang bekerja dengan cara mendeteksi dan membaca terjadinya gangguan secara cepat yang kemudian secara langsung mengirim sinyal ke sakelar pemutus atau PMT untuk segera memutus jaringan. *Over current Relay* akan bekerja pada dua kondisi yaitu Arus *drop off* dan arus *pick up*.

2.2 Landasan Teori

Adapun landasan teori pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut

2.2.1 Sistem Proteksi

Proteksi sistem tenaga listrik adalah sistem proteksi yang dipasang pada peralatan-peralatan listrik pada suatu sistem tenaga listrik, misalnya generator, transformator, jaringan dan lain-lain, terhadap kondisi tidak normal operasi sistem itu sendiri. Kondisi tidak normal dapat berupa hubung singkat, tegangan lebih, beban lebih, frekuensi sistem rendah, asinkron, dan lain-lain.

Suatu sistem tenaga listrik pada dasarnya terdiri dari beberapa susunan yaitu pembangkit, transmisi dan jaringan distribusi yang terhubung satu sama lain untuk membangkitkan, mentransmisikan dan mendistribusikan tenaga listrik tersebut hingga dapat dimanfaatkan oleh seluruh konsumen. Karena manfaat dan fungsi suatu sistem tenaga listrik yang sangat vital dalam kehidupan sehari-hari maka pengembangan sistem harus dilakukan dengan perancangan yang sangat matang dan mempertimbangkan semua aspek terkait secara menyeluruh dalam arti luas, oleh sebab itu sistem yang akan dibangun dapat dikelola secara optimal, aman, ekonomis serta handal.

Keandalan dan kemampuan suatu sistem tenaga listrik dalam melayani konsumen sangat tergantung pada sistem proteksi yang digunakan. Oleh sebab itu dalam perancangan suatu sistem tenaga listrik, perlu dipertimbangkan kondisi-kondisi gangguan yang mungkin terjadi pada sistem, melalui analisa gangguan. Dari hasil analisa gangguan, dapat ditentukan sistem proteksi yang akan digunakan, seperti: spesifikasi *switchgear*, *rating circuit breaker* (CB) serta penetapan besaran-besaran yang menentukan bekerjanya suatu *relay* (*setting relay*) untuk keperluan proteksi. Pada zona proteksi dalam membatasi luasnya daerah sistem tenaga yang harus diisolasi jika terjadi gangguan maka sistem proteksi tenaga listrik dibuat secara selektif berdasarkan zona atau daerah proteksi. Idealnya zona proteksi harus saling tumpang-tindih

(*overlap*) sedemikian sehingga tidak ada bagian jaringan yang tidak diamankan. Kebutuhan ini misalnya dapat diterapkan dengan meletakan dua trafo arus yang mengpait PMT.

2.2.2 Gangguan Arus Lebih

Proteksi arus lebih merupakan perlindungan sistem dan peralatan dari arus yang melebihi arus nominalnya. Gangguan yang menyebabkan arus lebih yaitu Gangguan hubung singkat merupakan gangguan arus lebih yang terjadi pada sistem tenaga listrik yang dimana penghantar yang memiliki arus listrik bersentuhan dengan penghantar lain atau tanah, hal tersebut dapat dapat mengakibatkan timbulnya arus listrik yang sangat besar dibandingkan arus nominalnya. Gangguan hubung singkat terbagi menjadi dua yaitu gangguan hubung singkat simetris dan gangguan hubung singkat tidak simetris.

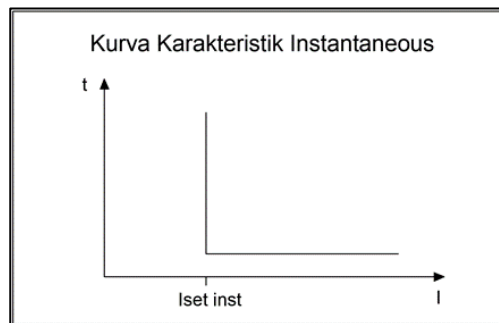
Gangguan hubung singkat simetris terjadi pada sistem tiga fasa saja. Disebut sebagai gangguan simetris dikarenakan ketika terjadi gangguan, arus dan tegangan pada ketiga saluran penghantar fasa tetap seimbang. Gangguan hubung singkat asimetris dapat terjadi pada sistem satu fasa dan juga tiga fasa. Gangguan hubung singkat asimetris terbagi menjadi tiga yaitu gangguan hubung singkat dua fasa, gangguan satu fasa ke tanah, dan gangguan dua fasa ke tanah.

2.2.3 Karakteristik Relai arus lebih

Karakteristik relai arus lebih terbagi menjadi tiga yaitu sebagai berikut :

1) Relai arus lebih Waktu Seketika

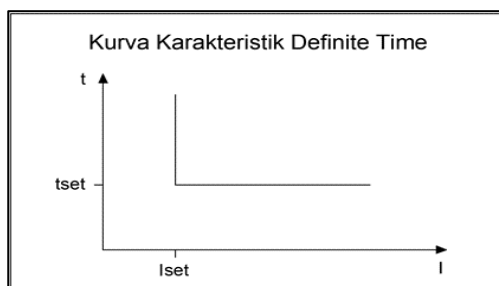
Relai arus lebih dengan karakter seketika bekerja ketika terjadi gangguan arus hubung singkat yang dimana besar arus gangguannya mencapai arus settingnya dan jangka waktu kerja relai mulai pick up sampai relai bekerja sangat singkat (20-60 ms) tanpa tunda waktu. Relai waktu seketika biasanya tidak berdiri sendiri, relai ini biasanya dikombinasikan dengan karakteristik yang lain seperti karakteristik waktu tunda.



Gambar 2.1 Kurva Karakteristik Waktu Seketika
(Sumber: Muhammad Maulana, Supriyanto, Yudi Prana Hikmat, 2022)

2) *Relay Arus Lebih Waktu Tertentu*

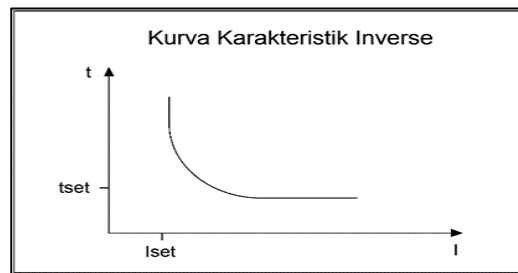
Relai arus lebih waktu tertentu bekerja ketika terjadi gangguan hubung singkat yang besar arus gangguannya melebihi arus *setting*. Jangka dari waktu *relay* mulai *pick-up* hingga selesainya kerja *relay* dapat diperpanjang dengan nilai tertentu dan tidak tergantung dari besarnya arus yang mengerjakannya.



Gambar 2.2 Kurva Karakteristik Waktu Tertentu
(Sumber: Muhammad Maulana, Supriyanto, Yudi Prana Hikmat, 2022)

3) *Relay Arus Lebih Waktu Tunda*

Merupakan *relay* yang waktu kerjanya tergantung dari arus gangguan. *Relay* ini akan memberikan perintah kepada PMT (pemutus tenaga) dan jangka waktu *relay* mulai *pick up* sampai kerja waktunya diperpanjang berbanding terbalik dengan besarnya arus.



Gambar 2.3 Kurva Karakteristik Waktu Tunda
(Sumber Muhammad Maulana, Supriyanto, Yudi Prana Hikmat, 2022)

2.2.4 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah suatu chip berupa IC (*Integrated Circuit*) yang dapat menerima sinyal *input*, mengolahnya dan memberikan sinyal *output* sesuai dengan program yang diisikan ke dalamnya. Pada dasarnya, sebuah IC *Mikrokontroler* terdiri dari satu atau lebih Inti Prosesor (CPU), Memori (RAM dan ROM) serta perangkat *INPUT* dan *OUTPUT* yang dapat diprogram. Sinyal *input mikrokontroler* berasal dari sensor yang merupakan informasi dari lingkungan sedangkan sinyal *output* ditujukan kepada aktuator yang dapat memberikan efek ke lingkungan. Jadi secara sederhana *mikrokontroler* dapat diibaratkan sebagai otak dari suatu perangkat/produk yang mampu berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya.

Mikrokontroler pada dasarnya adalah komputer dalam satu *chip*, yang di dalamnya terdapat *mikroprosesor*, memori, jalur *Input/Output* (I/O) dan perangkat pelengkap lainnya. Kecepatan pengolahan data pada *mikrokontroler* lebih rendah jika dibandingkan dengan PC. Pada PC kecepatan *mikroprosesor* yang digunakan saat ini telah mencapai orde GHz, sedangkan kecepatan operasi mikrokontroler pada umumnya berkisar antara 1–16 MHz. Begitu juga kapasitas RAM dan ROM pada PC yang bisa mencapai orde *Gbyte*, dibandingkan dengan *mikrokontroler* yang hanya berkisar pada orde *byte/Kbyte*. Meskipun kecepatan pengolahan data dan kapasitas memori pada mikrokontroler jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan komputer personal, namun kemampuan

mikrokontroler sudah cukup untuk dapat digunakan pada banyak aplikasi terutama karena ukurannya yang kompak.

2.2.5 *Internet Of Things (IOT)*

Internet of Things atau dikenal juga dengan singkatan IoT merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus. Dengan semakin berkembangnya internet di masa sekarang maupun dimasa mendatang akan membuat suatu sistem yang baru, dimana bukan hanya *smartphone* dan komputer saja yang bisa terhubung dengan internet tetapi juga berbagai macam benda nyata juga akan bisa terhubung ke internet. Sebagai contoh seperti mesin produksi, peralatan elektronik, kendaraan, dan sebagainya. Menurut Guang tahun 2017, *Internet of Things (IoT)* mengacu pada “sebuah jaringan global dari benda fisik dan barang sehari-hari yang mampu menghasilkan, bertukar dan memproses data dengan mediasi manusia”.

2.2.6 Digital

Istilah "digital" merujuk pada penggunaan teknologi komputer dan komunikasi digital untuk memproses, menyimpan, dan mentransmisikan data dalam bentuk *biner* yaitu sebagai sekumpulan angka 0 dan 1. Ini mencakup berbagai teknologi dan aplikasi seperti komputer, internet, perangkat *mobile*, media sosial, dan banyak lagi. Digital telah mengubah banyak aspek kehidupan kita, mulai dari cara kita berkomunikasi, bekerja, belajar, hingga cara kita berinteraksi dengan dunia di sekitar kita. Perkembangan teknologi digital telah membawa dampak besar dalam berbagai industri dan membuka pintu bagi inovasi baru.

Perbedaan antara digital dan analog dapat dijelaskan pada bawah ini:

1) Representasi Data

Analog data yang direpresentasikan dalam bentuk kontinu, yang

berarti nilainya dapat bervariasi secara halus antara dua titik. Misalnya, gelombang suara dalam rekaman analog direpresentasikan oleh osilasi tegangan yang kontinu. Sedangkan digital data direpresentasikan dalam bentuk diskrit atau diskret, yang berarti nilai-nilainya terbatas pada serangkaian angka diskrit, biasanya 0 dan 1 (*biner*). Misalnya, dalam rekaman suara digital, suara direkam sebagai serangkaian sampel diskrit pada interval waktu tertentu.

2) Akurasi dan presisi

Analog informasi analog cenderung memiliki presisi yang lebih rendah dan rentan terhadap gangguan atau distorsi. Sedangkan digital informasi digital memiliki presisi yang lebih tinggi karena data direpresentasikan dalam bentuk diskrit, sehingga lebih tahan terhadap gangguan dan distorsi.

3) Penyimpanan dan transmisi

Analog informasi analog disimpan dan ditransmisikan dalam bentuk kontinu, seringkali memerlukan lebih banyak ruang penyimpanan dan rentan terhadap degradasi kualitas. Sedangkan Digital informasi digital lebih efisien dalam hal penyimpanan dan transmisi karena dapat dikompresi dan direplikasi dengan mudah tanpa mengurangi kualitasnya.

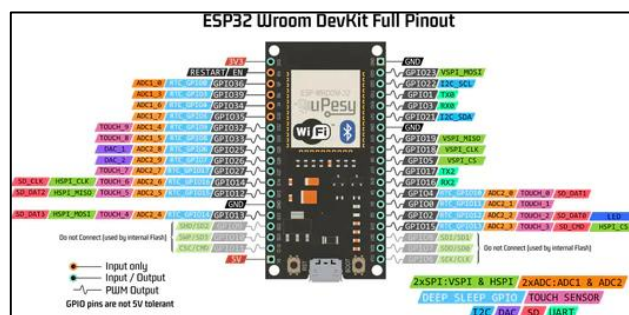
4) Teknologi dan aplikasi

Analog beberapa teknologi analog mencakup rekaman audio analog, jam analog, dan sistem pengukuran fisik. Sedangkan digital Teknologi digital mencakup komputer, internet, perangkat *mobile*, media sosial, dan banyak lagi.

Dalam praktiknya, banyak aplikasi *modern* telah beralih dari teknologi analog ke teknologi digital karena keunggulannya dalam presisi, efisiensi, dan kemampuan untuk diolah dan dikelola dengan lebih baik. Namun, beberapa aplikasi masih memanfaatkan teknologi analog terutama di bidang audio, sensor, dan komunikasi.

2.2.7 ESP32

Espressif System memperkenalkan teknologi baru sebagai penerus ESP8266 adalah ESP32 dengan biaya rendah, daya system yang rendah pada *chip* mikrikontroler dengan terintegrasi WIFI, kemampuan *mode Bluetooth* ganda dan lebih fleksibel dikarenakan hemat daya. ESP32 cocok digunakan untuk pengaplikasian Internet Of Things ternyata sebagai pilihan yang dapat diandalkan di lingkungan industri karena rentang suhu operasi yang luas. ESP32 dapat bertindak secara mandiri yang lengkap dan bias juga bertindak sebagai perangkat pendukung.



Gambar 2.4 ESP32

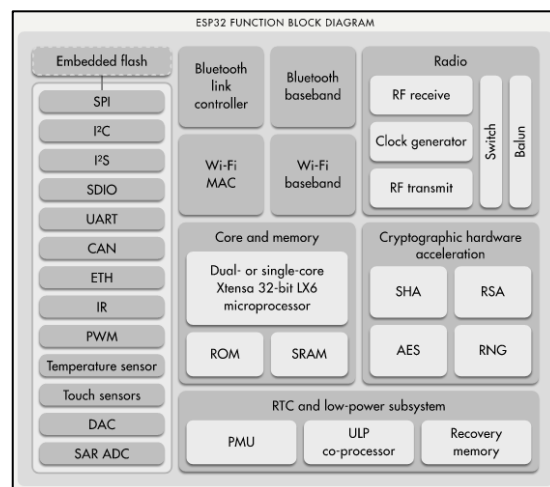
(Sumber <https://www.upesy.com>)

Pada ESP32 memiliki *detail* teknis dan fungsi seperti dan fungsi seperti dijelaskan pada bawah ini :

- 1) Sistem dan Memori ESP32 adalah sistem *dual-core* dengan dua CPU *Harvard Architecture* Xtensa LX6. Semua memori tertanam, memori eksternal dan periferal terletak di bus data dan/atau bus instruksi CPU ini. *Mikrokontroler* memiliki dua inti - PRO_CPU untuk protokol dan APP_CPU untuk aplikasi. Ruang alamat untuk data dan bus instruksi adalah 4GB dan ruang alamat periferal adalah 512KB. Selain itu, memori yang disematkan adalah 448KB ROM, 520KB SRAM dan dua memori 8KB RTC. Memori eksternal mendukung hingga empat kali 16MB Flash.
- 2) Jam dan *Timer* ESP32 dapat menggunakan *Phase Lock Loop* (PLL) internal 320MHz atau kristal eksternal. Dimungkinkan juga untuk menggunakan sirkuit berosilasi sebagai sumber clock pada

2-40MHz untuk menghasilkan *clock master* CPU_CLK untuk kedua *core* CPU.

- 3) Diagram Blok dan Fungsi Struktur *mikrokontroler* ESP32 dirancang untuk beroperasi di bawah protokol berikut - TCP / IP, MAC WLAN 802.11 b / g / n / e / i WLAN penuh, dan spesifikasi *Direct* Wi-Fi. Mikrokontroler dapat menyediakan operasi *Basic Service Set* (BSS) STA dan SoftAP di bawah protokol Fungsi Kontrol Terdistribusi (DCF). Ini juga mendukung operasi grup P2P yang sesuai dengan protokol P2P Wi-Fi terbaru. Dengan demikian, bisa beroperasi sebagai stasiun dan terhubung ke internet atau *server* dan titik akses untuk menyediakan antar muka pengguna untuk, misalnya, *smartphone* yang menjalankan aplikasi seluler.



Gambar 2.5 Blok Diagram Fungsi ESP32
(Sumber <https://www.edukasielektronika.com>)

- 4) Pemrograman ESP32. Sistem operasi waktu nyata pada ESP32 adalah FreeRTOS yang merupakan *open source*, yang dirancang untuk sistem tertanam dan menyediakan fungsi dasar untuk aplikasi tingkat yang lebih tinggi. Fungsi inti adalah manajemen memori, manajemen tugas dan sinkronisasi API. Spesifikasi ESP 32 dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Spesifikasi ESP32

	DETAIL
CPU	Tensilica Xtensa LX6 32bit <i>Dual-Core</i> di 160/240MHz
SRAM	520 KB
<i>FLASH</i>	2MB (max. 64MB)
Tegangan Kerja	2.2V sampai 3.6V
Arus	Rata-rata 80mA
Program	TA(C,C++, <i>Python</i> , Lua, dll)
<i>Open Source</i>	Ya
Konektivitas	
WIFI	802.11 b/g/n
<i>Bluetooth</i>	4.2BR/EDR+BLE
UART	3
I/O	
GPIO	32
SPI	4
I2C	2
PWM	8
ADC	18 (12-bit)
DAC	2 (8-bit)

(Sumber Kusumah & Pradana, 2019)

2.2.8 Sensor Pzem-004T



Gambar 2.6 Sensor PZEM-004T

(Sumber <https://www.nn-digital.com>)

Sensor Pzem-004T merupakan modul sensor yang multifungsi contohnya digunakan untuk pengukuran daya aktif, tegangan AC, frekuensi, energi aktif, dan arus yang terdapat pada sebuah aliran listrik.

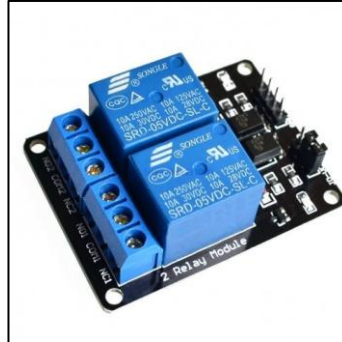
Penggunaan sensor ini khusus untuk penggunaan di dalam ruangan, selain itu beban yang terpasang tidak boleh melebihi daya yang sudah ditetapkan. Sensor PZEM-004T data dibaca melalui interface TTL dari modul ini adalah interface pasif, membutuhkan catu daya eksternal 5v artinya jika berkomunikasi keempat *port* (5V, RX, TX, GND) harus terhubung. Sensor PZEM-004T mempunyai dimensi fisik dari papan sensor PZEM-004T $3,1 \times 7,4$ cm selain itu sensor PZEM-004T dibundel dengan sebuah kumparan trafo arus diameter 3 mm digunakan untuk mengukur arus maksimal rentang pengukuran 100A untuk External Transformator, dan rentang pengukuran 10A untuk Built-in Shunt Dalam pengujian sensor PZEM dilakukan pengukuran untuk mendapatkan nilai pembacaan sensor dan nilai pengukuran manual dengan alat ukur, sehingga bisa mengetahui nilai % *error*. Tingkatan nilai error yang baik yaitu dibawah 10%, untuk mendapatkan nilai % error dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\%error = \frac{|\text{nilai pembacaan sensor} - \text{nilai pembacaan alat ukur}|}{\text{nilai pembacaan alat ukur}} \times 100\%$$

2.2.9 Modul *Relay*

Relay termasuk dalam komponen elektronika berupa sebuah saklar elektronika berupa sebuah saklar elektronik yang digerakan oleh arus listrik. Kumparan tegangan rendah yang terdapat pada *relay* dililitkan pada sebuah inti, armatur besi yang terjadi tarikan menuju inti apabila sebuah arus mengalir melewati kumparan, armatur yang terpasang berpegas akan tertarik menuju kontak jalur secara bersamaan akan merubah posisinya yang awalnya kontak normal tertutup menjadi kontak terbuka. Dapat disimpulkan prinsip relay merupakan tuas saklar dengan sebuah lilitan kawat pada *solenoid*/batang besi didekatnya. Apabila *solenoid*/batang besi ini dialiri arus listrik yang terjadi tuas akan tertarik karena timbulnya gaya magnet yang terjadi pada *solenoid*/batang besi, sehingga kontak saklar tersebut akan menutup. Apabila arus dihentikan

maka gaya magnet akan hilang, akan kembali keposisi semula pada tuas tersebut dan kontak saklarnya akan terbuka.



Gambar 2.7 Relay

(Sumber <https://images.tokopedia.net>)

1) Karakteristik *Relay*

Karakteristik *relay* diantaranya:

- a) Pada impedansi ditentukan oleh tebalnya kawat yang digunakan dan banyaknya sebuah lilitan. Pada *relay* impedansi berniali 1 – 50 K Ohm karena untuk memperoleh daya hantar yang baik;
- b) Daya yang digunakan untuk mengoperasikan *relay* besarnya sama dengan nilai tegangan dikalikan dengan arus;
- c) Terdapat kontak-kontak jangkar yang banyak dapat membuka dan menutup lebih dari satu kontak yang tergantung pada sebuah kontak dan jenis relaynya

2) Fungsi *Relay*

Fungsi *relay* pada umumnya yaitu:

- a) Berfungsi sebagai pengaman saklar dari arus yang besar.
- b) Berfungsi untuk mengendalikan sirkuit dengan tegangan tinggi yang dibantu oleh sinyal tegangan rendah.
- c) Berfungsi untuk memperkecil terjadinya penurunan tegangan menuju beban.
- d) Berfungsi menjalankan fungsi logika.
- e) Dapat digunakan untuk memberikan penundaan waktu.

2.2.10 LCD 20 x 4 (*Liquid Crystal Display*) dengan I2C

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah perangkat yang berfungsi sebagai media penampil dengan memanfaatkan kristal cair sebagai objek penampil utama. LCD tentunya sudah sangat banyak digunakan untuk berbagai macam keperluan seperti media elektronik televisi, kalkulator, atau layar komputer sekalipun.



Gambar 2.8 LCD Character Display 20x4 dengan modul I2C
(Sumber <https://www.okuelectronics.com>)

LCD yang digunakan adalah LCD berukuran 20x4 karakter dengan tambahan *chip module I2C* untuk mempermudah *programmer* nantinya dalam mengakses LCD tersebut. Sebab dengan digunakannya modul I2C akan lebih memperhemat penggunaan pin arduino yang akan digunakan, contohnya saja dengan menggunakan modul I2C maka hanya diperlukan 4 buah pin arduino, yaitu pin SCL, pin SDA, pin VCC dan pin GND.

2.2.11 Kontaktor

Kontaktor magnet atau sakelar magnet adalah sakelar yang bekerja berdasarkan kemagnetan. Artinya sakelar ini bekerja bila ada gaya kemagnetan. Magnet berfungsi sebagai penarik dan pelepas kontak-kontak. Sebuah kontaktor harus mampu mengalirkan arus dan memutuskan arus dalam keadaan kerja normal. Arus kerja normal ialah arus yang mengalir selama pemutusan tidak terjadi. Sebuah kontaktor kumparan magnetnya (*coil*) dapat dirancang untuk arus searah (arus DC) atau arus bolak-balik (arus AC). Kontaktor arus AC ini pada inti magnetnya dipasang cincin hubung singkat, gunanya adalah untuk

menjaga arus kemagnetan agar kontinu sehingga kontaktor tersebut dapat bekerja normal. Sedangkan pada kumparan magnet yang dirancang untuk arus DC tidak dipasang cincin hubung singkat.



Gambar 2.9 Kontaktor

(Sumber <https://down-id.img.susercontent.com>)

Prinsip kerja kontaktor didasarkan pada gaya elektromagnetik. Ketika kumparan (coil) kontaktor diberi arus listrik, maka akan muncul medan magnet yang menarik kontak utama agar tertutup, sehingga aliran listrik bisa mengalir ke beban. Saat arus pada kumparan diputus, medan magnet menghilang dan kontak utama terbuka kembali dengan bantuan pegas.

Rangkaian kontrol biasanya menggunakan tegangan yang lebih rendah dan aman (seperti 24V atau 110V), sementara kontak utama mengendalikan tegangan yang jauh lebih tinggi (seperti 380V atau 415V).

Fungsi kontaktor tidak hanya sekadar memutus dan menghubungkan listrik, tetapi juga mencakup beberapa peran penting lain:

- Mengendalikan arus besar menggunakan arus kecil
- Memberikan perlindungan pada sistem listrik dari beban lebih (jika dipasangkan dengan thermal overload relay)
- Memungkinkan otomatisasi proses industri
- Menyederhanakan pengendalian motor listrik 3 fasa
- Mengurangi risiko percikan api atau busur listrik saat pemutusan

Kontaktor terdiri dari beberapa bagian utama yang bekerja secara terintegrasi:

- Kumparan (Coil): Membentuk medan magnet ketika dialiri arus.

- Kontak Utama (Main Contact): Bagian yang menghubungkan atau memutuskan aliran ke beban utama.
- Kontak Bantu (Auxiliary Contact): Untuk keperluan sinyal, interlock, atau logika rangkaian kontrol.
- Inti Besi (Armature): Bagian yang bergerak ketika medan magnet terbentuk, mendorong kontak utama menutup.
- Pegas Pengembali (Return Spring): Mengembalikan posisi armature saat coil tidak diberi arus.
- Rumah Kontaktor (Housing): Pelindung keseluruhan komponen agar aman dari debu dan kerusakan mekanis.

2.2.12 MCCB

MCCB (*Moulded Case Circuit Breaker*) adalah komponen dalam instalasi listrik rumah tinggal mempunyai peran yang sangat penting. Komponen ini berfungsi sebagai sistem proteksi dalam instalasi listrik bila terjadi beban lebih dan hubung singkat arus listrik (*short circuit* atau konsleting). Dasar pemilihan *rating* arus MCCB yang ingin dipakai di instalasi rumah tinggal tentu disesuaikan dengan besarnya langganan daya listrik PLN yang terpasang. Karena PLN sendiri menetapkan besar langganan listrik sesuai rating arus dari MCB yang di produksi untuk pasar dalam negeri.



Gambar 2.10 MCCB

(Sumber <https://sc04.alicdn.com>)

Miniature Circuit Breaker memainkan peranan penting dalam hal proteksi arus lebih dan juga sebagai alat *disconnect* pada jaringan listrik. Sebuah breaker merupakan alat yang didesain untuk mengisolasi rangkaian dari gangguan arus lebih/*overload* (beban lebih)

dan *short circuit* (hubung singkat). *Miniature Circuit Breaker* atau yang lebih dikenal MCB adalah alat pemutus yang sangat baik digunakan untuk mendeteksi besaran arus lebih. Seperti halnya pada *Thermostat Load Relay*, MCB mempunyai *Bimetalic*; elemen jika terkena panas akan memuai secara langsung maupun tidak langsung yang diakibatkan dengan adanya arus mengalir, alat Bimetalic ini dibuat dan direncanakan sesuai dengan ukuran standar (arus nominal MCB), dimana dalam waktu yang sangat singkat dapat bekerja sehingga rangkaian beban terlindungi, MCB juga dilengkapi dengan magnet tripping yang bekerja secara cepat pada beban lebih atau arus hubung singkat yang besar, juga dioperasikan secara manual dengan menekan tombol. Karakteristik arus waktu untuk jenis MCB, hampir sama dengan pengaman lebur oleh karena itu sering kali MCB dan pengaman lebur digunakan secara bersamaan.

MCCB (Molded Case Circuit Breaker) adalah suatu perangkat pemutus sirkuit listrik yang dirancang untuk melindungi sistem kelistrikan dari gangguan arus lebih (overcurrent), hubung singkat (short circuit), dan kelebihan beban (overload). MCCB termasuk dalam kategori circuit breaker, namun memiliki kemampuan yang lebih besar dibanding MCB (Miniature Circuit Breaker) dalam menangani arus tinggi.

Nama “molded case” merujuk pada bahan isolator keras (biasanya plastik atau bahan termo-set) yang membungkus komponen internalnya. Casing ini berfungsi untuk melindungi bagian dalam dari debu, kelembapan, dan kerusakan mekanis.

Fungsi dari MCCB sangat penting dalam sistem kelistrikan, khususnya dalam sistem distribusi daya skala menengah hingga besar. Fungsi utamanya antara lain:

- Melindungi sirkuit listrik dari arus lebih yang bisa menyebabkan kabel panas dan terbakar.
- Memutus arus secara otomatis saat terjadi hubung singkat, yang berpotensi merusak peralatan.
- Memberikan perlindungan dari beban berlebih yang berlangsung lama.
- Memungkinkan pemutusan aliran listrik secara manual dalam kondisi darurat atau perawatan sistem.

MCCB sering digunakan dalam panel distribusi listrik untuk bangunan komersial, industri, dan fasilitas publik yang menggunakan beban listrik besar.

2.2.13 Motor Induksi 3 Phasa

Motor listrik merupakan alat elektromekanis yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi gerak (mekanik). Dalam kehidupan sehari-hari hingga dunia industri, motor listrik memainkan peranan vital. Peralatan seperti kipas angin, pompa air, mesin cuci, hingga mesin-mesin produksi di pabrik sangat bergantung pada motor ini untuk beroperasi.

a. Prinsip Dasar Kerja Motor Listrik

Prinsip dasar motor listrik mengacu pada hukum elektromagnetik. Ketika arus listrik mengalir melalui suatu penghantar (misalnya kawat tembaga) yang berada dalam medan magnet, maka akan muncul gaya yang mendorong kawat tersebut. Gaya inilah yang menyebabkan komponen berputar dalam motor.

Lebih detailnya, arus yang dialirkan ke kumparan pada stator akan menciptakan medan magnet. Medan magnet ini kemudian berinteraksi dengan konduktor di rotor, sehingga menyebabkan rotor

bergerak. Interaksi inilah yang mengubah energi listrik menjadi energi putar.

b. Bagian-Bagian Utama Motor Listrik

Motor listrik terdiri dari beberapa bagian penting yang bekerja secara terintegrasi, yaitu:

1. Stator : Bagian tetap dari motor yang menghasilkan medan magnet. Biasanya terdiri dari inti besi dan lilitan tembaga.
2. Rotor : Komponen yang berputar sebagai akibat dari gaya elektromagnetik. Rotor bisa berupa batang konduktor atau lilitan yang terinduksi.
3. Shaft (poros) : Poros yang terhubung ke rotor dan berfungsi untuk menyalurkan gerak putar ke beban.
4. Bearing (bantalan) : Menopang poros agar tetap berputar dengan lancar dan stabil.
5. Kipas pendingin : Pada beberapa motor, kipas ini digunakan untuk menjaga suhu motor tetap stabil saat bekerja.
6. Rumah motor (housing) : Melindungi bagian-bagian dalam dari kerusakan dan lingkungan luar.

c. Jenis-Jenis Motor Listrik

Motor listrik diklasifikasikan berdasarkan sumber arus yang digunakan, yaitu:

1. Motor Arus Searah (DC)

Motor jenis ini menggunakan arus searah untuk bekerja. Keunggulannya adalah kecepatan putar yang bisa dikontrol dengan mudah. Tipe-tipe motor DC antara lain:

- a) Motor DC dengan sikat (Brushed DC) : Menggunakan

komutator dan sikat karbon.

b) Motor DC tanpa sikat (Brushless DC/BLDC) : Lebih efisien dan tahan lama karena tidak memiliki komponen gesek.

2. Motor Arus Bolak-Balik (AC)

Motor AC menggunakan arus bolak-balik dan umum digunakan dalam industri karena tahan lama dan mampu bekerja secara terus-menerus. Terdiri atas:

- a) Motor induksi : Rotor tidak langsung menerima arus listrik, melainkan terinduksi dari medan magnet stator.
- b) Motor sinkron : Kecepatan rotor sama persis dengan kecepatan medan magnet stator.
- c) Motor universal : Bisa dijalankan menggunakan arus AC maupun DC.

d. Cara Kerja Motor AC Induksi

Motor induksi, khususnya motor tiga fasa, bekerja dengan menciptakan medan magnet berputar melalui kumparan stator. Medan ini menginduksi arus pada rotor, yang kemudian menciptakan medan magnet rotor. Adanya perbedaan kecepatan antara medan magnet stator dan rotor (disebut ****slip****) menghasilkan gaya yang mendorong rotor untuk berputar.

e. Aplikasi Motor Listrik

Motor listrik diaplikasikan di berbagai bidang, antara lain:

1. Rumah tangga: Blender, kipas angin, mesin cuci
2. Industri : Pompa, conveyor, kompresor, mesin bubut
3. Transportasi : Mobil listrik, kereta listrik, skuter listrik
4. Elektronik : Robotik, mainan, peralatan medis

f. Kelebihan dan Kekurangan Motor Listrik

1. Kelebihan:

- a) Tidak menghasilkan polusi udara
- b) Biaya operasional rendah
- c) Perawatan minimal, terutama tipe tanpa sikat
- d) Efisiensi tinggi dan mudah dikendalikan

2. Kekurangan:

- a) Perlu sumber listrik yang stabil
- b) Beberapa jenis motor sulit dikendalikan tanpa alat bantu (seperti inverter)
- c) Tidak semua motor cocok untuk beban berat secara langsung

g. Perkembangan dan Tren Motor Listrik

Di era modern, motor listrik mengalami banyak kemajuan. Salah satunya adalah penggunaan ****motor brushless**** pada kendaraan listrik yang menawarkan efisiensi dan durabilitas lebih tinggi. Selain itu, kontrol motor kini dapat dilakukan secara digital menggunakan mikrokontroler atau PLC, yang memungkinkan pemantauan dan pengaturan yang lebih presisi.



Gambar 2.11 Motor Induksi 3 Phasa

2.2.14 Buzzer

Buzzer adalah komponen elektronik yang digunakan untuk menghasilkan suara atau bunyi sebagai bentuk sinyal atau peringatan. Dalam penggunaannya, buzzer sering dijumpai pada berbagai alat elektronik seperti alarm, microwave, timer, hingga sistem keamanan. Fungsi utamanya adalah sebagai alat pemberi peringatan berbasis suara.

Kata "buzzer" sendiri berasal dari kata "buzz" yang menggambarkan suara berdengung atau bergetar yang dihasilkan alat ini. Buzzer dapat bekerja secara otomatis maupun dikendalikan oleh sistem elektronik seperti mikrokontroler (contohnya Arduino atau Raspberry Pi).

a. Cara Kerja Buzzer

Secara umum, buzzer bekerja dengan prinsip getaran. Ketika arus listrik mengalir ke dalam buzzer, maka akan terjadi osilasi atau getaran mekanis yang mengubah energi listrik menjadi energi suara. Getaran ini dihasilkan oleh komponen internal yang bergerak atau berosilasi cepat, sehingga menciptakan suara yang bisa didengar oleh manusia.

Jenis buzzer yang berbeda memiliki cara kerja yang sedikit bervariasi, tergantung pada konstruksi internalnya. Ada buzzer yang bekerja dengan prinsip elektromagnetik, piezoelektrik, hingga buzzer aktif yang memiliki rangkaian internal sendiri untuk menghasilkan nada tetap.

b. Jenis-Jenis Buzzer

Secara umum, buzzer terbagi menjadi dua jenis utama berdasarkan cara penggunaannya:

1. Buzzer Aktif

Buzzer aktif adalah jenis buzzer yang memiliki osilator internal. Artinya, buzzer ini hanya membutuhkan suplai tegangan DC (biasanya 3V, 5V, atau 12V) untuk dapat menghasilkan suara. Kita tidak perlu memberikan sinyal frekuensi dari luar, karena komponen internalnya sudah mengatur frekuensi bunyi sendiri.

Ciri-ciri:

- a) Mudah digunakan
- b) Cukup diberi tegangan langsung
- c) Hanya menghasilkan satu jenis suara (nada tetap)

2. Buzzer Pasif

Buzzer pasif tidak memiliki osilator internal, sehingga membutuhkan sinyal frekuensi dari luar untuk menghasilkan suara. Biasanya sinyal ini diberikan oleh mikrokontroler dalam bentuk sinyal PWM (Pulse Width Modulation). Buzzer pasif bisa menghasilkan berbagai nada atau irama tergantung sinyal yang diberikan.

Ciri-ciri:

- a) Lebih fleksibel dalam menghasilkan suara
- b) Perlu dikontrol oleh rangkaian eksternal (seperti Arduino)
- c) Cocok untuk musik atau bunyi bertingkat

c. Struktur dan Komponen Internal Buzzer

Struktur buzzer umumnya terdiri dari:

1. Pelat logam tipis atau piezoelektrik yang berfungsi sebagai elemen bergetar
2. Kubah resonator untuk memperkuat suara
3. Magnet (pada buzzer elektromagnetik)
4. Rangkaian osilator (khusus buzzer aktif)
5. Kapsul pelindung yang melindungi komponen dalam dan membantu mengarahkan suara

d. Kelebihan dan Kekurangan Buzzer

Kelebihan:

1. Ukuran kecil dan ringan
2. Konsumsi daya rendah
3. Mudah diintegrasikan ke dalam sistem digital
4. Harga relatif murah
5. Dapat digunakan di berbagai kondisi

Kekurangan:

1. Suara yang dihasilkan biasanya monoton (khusus buzzer aktif)
2. Tidak cocok untuk keperluan audio berkualitas tinggi
3. Beberapa buzzer hanya menghasilkan nada tetap



Gambar 2.12 Buzzer

2.2.15 Potensiometer

Potensiometer adalah komponen elektronik pasif yang berfungsi sebagai pengatur atau pembagi tegangan. Komponen ini termasuk dalam golongan resistor variabel, yang artinya nilai hambatannya bisa diubah-ubah secara manual. Biasanya potensiometer memiliki tiga terminal: dua terminal terhubung ke ujung elemen resistif, dan satu terminal lagi terhubung ke penyapu (wiper), yaitu bagian yang bergerak.

Dengan mengubah posisi wiper, kita bisa mengatur seberapa besar nilai tegangan atau resistansi yang diinginkan. Potensiometer sering ditemukan dalam peralatan elektronik yang memerlukan pengaturan manual seperti volume pada radio, pengaturan kecerahan lampu, atau kontrol kecepatan kipas.

a. Fungsi Utama Potensiometer

Potensiometer memiliki berbagai fungsi tergantung pada konteks penggunaannya. Fungsi utamanya antara lain:

1. Sebagai pembagi tegangan (voltage divider)

Digunakan untuk menghasilkan tegangan keluaran yang nilainya lebih kecil dari tegangan input, tergantung posisi wiper.

2. Sebagai pengatur resistansi

Dipakai untuk mengubah resistansi dalam rangkaian, misalnya pada pengaturan volume atau intensitas cahaya.

3. Sebagai sensor posisi

Dalam aplikasi robotik atau mekanik, potensiometer dapat digunakan untuk mendeteksi posisi sudut poros.

b. Prinsip Kerja Potensiometer

Prinsip kerja potensiometer cukup sederhana. Di dalamnya terdapat elemen resistif berbentuk busur atau garis, dan sebuah kontak geser (wiper) yang bisa digerakkan.

Ketika potensiometer diberi tegangan antara kedua ujung elemen resistif, dan wiper digerakkan di sepanjang elemen tersebut, maka wiper akan mengambil tegangan yang nilainya proporsional

terhadap posisi wiper itu sendiri. Nilai tegangan pada terminal wiper bisa berkisar dari nol hingga mendekati tegangan input maksimum.

Misalnya, jika potensiometer memiliki resistansi total $10\text{ k}\Omega$ dan diberi tegangan 5V , maka pada titik tengah wiper akan diperoleh tegangan sekitar 2.5V , dengan nilai resistansi ke masing-masing ujung sebesar $5\text{ k}\Omega$.

c. Struktur Fisik Potensiometer

Potensiometer terdiri dari beberapa bagian utama, yaitu:

1. Elemen resistif: Biasanya terbuat dari karbon, keramik, atau kawat logam, berbentuk setengah lingkaran atau lurus.
2. Wiper (penyapu): Komponen bergerak yang bergesekan dengan elemen resistif untuk mengambil tegangan.
3. Poros (shaft): Digunakan untuk memutar atau menggeser wiper secara manual.
4. Tiga terminal: Dua di ujung elemen resistif, satu pada wiper.
5. Casing: Pelindung bagian dalam agar tetap stabil dan terlindung dari debu atau kelembapan.

d. Jenis-Jenis Potensiometer

Potensiometer hadir dalam berbagai bentuk dan jenis sesuai dengan kebutuhan aplikasi:

1. Berdasarkan Fisiknya

a) Rotary Potentiometer (Putar)

Jenis paling umum, wiper digerakkan dengan memutar poros. Umum pada pengatur volume radio.

b) Linear Potentiometer (Geser)

Wiper digerakkan dengan menggeser batang secara lurus. Banyak digunakan di alat musik elektronik atau mixer audio.

2. Berdasarkan Sifat Perubahannya

a) Potensiometer Linier (Linear Taper)

Perubahan tegangan proporsional terhadap pergerakan wiper.

b) Potensiometer Logaritmik (Log Taper)

Perubahan resistansi tidak linier, cocok untuk aplikasi audio karena telinga manusia merespons suara secara

logaritmik.

3. Trimpot (Trimmer Potensiometer)
 - a) Potensiometer miniatur yang disetel menggunakan obeng.
 - b) Digunakan untuk pengaturan nilai resistansi secara tetap, misalnya dalam kalibrasi sensor.

4. Aplikasi Potensiometer dalam Kehidupan Sehari-hari

Potensiometer sangat banyak digunakan dalam berbagai perangkat elektronik, di antaranya:

 - a) Pengatur volume di radio, speaker, atau amplifier
 - b) Pengatur level kecerahan pada pencahayaan LED
 - c) Sensor posisi pada joystick, lengan robotik, atau servo
 - d) Kalibrasi alat ukur elektronik, misalnya pada multimeter atau sensor suhu
 - e) Pengendali kecepatan motor DC pada mainan elektronik atau kipas angin

e. Kelebihan dan Kekurangan Potensiometer

Kelebihan:

1. Mudah digunakan dan dipahami
2. Harganya murah dan tersedia luas
3. Dapat disesuaikan secara manual dengan cepat
4. Cocok untuk berbagai aplikasi pengaturan

Kekurangan:

1. Mudah aus karena gesekan wiper
2. Rentan terhadap debu dan kelembapan
3. Tidak cocok untuk aplikasi yang memerlukan presisi tinggi dan perubahan cepat secara otomatis



Gambar 2.13 Potensio Meter

2.3 Hipotesis

Berdasarkan latar belakang diatas maka diharapkan melalui penelitian ini dapat merancang alat sistem proteksi *over current* untuk motor induksi motor induksi tiga phasa berbasis IoT. Dalam perancangan sistem proteksi *over current* pada motor induksi tiga phasa berbasis IoT, dapat mendeteksi arus lebih pada motor induksi dan dapat dimonitoring melalui *smartphone* melalui aplikasi blynkn yang dapat diakses kapanpun. Alat ini bertujuan untuk menggantikan *thermal overload relay* dan supaya bisa dimonitoring dari jarak jauh.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan Penelitian

3.1.1 Alat Penelitian

Dalam penelitian ini penulis menggunakan alat untuk melakukan penelitian, peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Laptop

Laptop merupakan komputer pribadi yang dapat dipindahkan dan dibawa dengan mudah, sehingga dapat digunakan dimana saja. Pada penelitian ini laptop yang digunakan berfungsi sebagai media dalam pembuatan laporan. Tipe laptop yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Acer Aspire A514-52G* dengan spesifikasi sebagai berikut :

<i>Operating System</i>	: <i>Windows 11 Home Single Language 64-bit (10.0, Build 22621)</i>
<i>Language</i>	: <i>English (Regional Setting: English)</i>
<i>System Model</i>	: <i>Aspire A514-52G</i>
<i>Processor</i>	: <i>Intel® Core™ i5- 10210U, CPU, 1.60Ghz (8 CPUs)</i>
<i>Memory</i>	: <i>8192 MB RAM</i>

2. Handphone

Handphone digunakan sebagai alat *monitoring* dan juga mengatur setting *ampere*.

3. Multimeter

Multimeter merupakan alat ukur yang dipakai untuk mengukur tegangan listrik, arus listrik, dan tahanan (resistansi). Multimeter dibagi menjadi dua yaitu multimeter analog dan multimeter digital.

4. Perkakas

Berfungsi sebagai alat pendukung dalam pemasangan komponen seperti baut dan mur, dan sebagainya, dan juga untuk memotong komponen yang diperlukan sesuai ukuran. Perkakas ini dapat berupa

obeng, tang, lem lilin, dan lain lain.

5. *Software* Arduino IDE

Software ini berfungsi sebagai alat membuat codingan yang akan di masukkan kedalam ESP32

6. *Solder*

Berfungsi sebagai alat pelebur timah agar dapat menyambung kabel pada *board*.

7. Timah

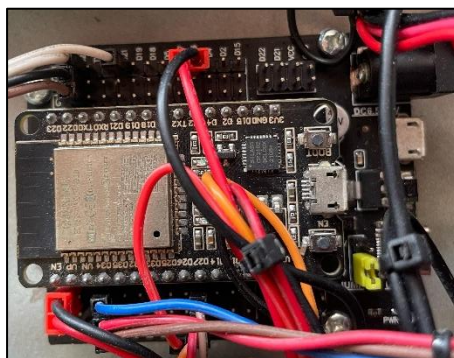
Berfungsi sebagai bahan penghantar atau konektor ke *board*.

3.1.2 Bahan Peneltian

Dalam penelitian ini penulis menggunakan alat untuk melakukan penelitian, peralatan yang digunakan dalam peneltian ini adalah :

1. ESP32

Mikrokontroler yang memiliki fungsi beragam termasuk konektivitas Wi-Fi dan *Bluetooth*, ESP32 juga dapat digunakan untuk membuat berbagai sistem dan proyek berbasis *Internet of Things* (IoT).



Gambar 3.1 ESP32

2. PZEM-004T

Modul Pzem-004T AC ini berfungsi sebagai sensor pembacaan tegangan dan arus, data akan diolah di ESP32 dan data tegangan di tampilkan pada LCD 20x4.



Gambar 3.2 PZEM-004T

3. Modul *Relay*

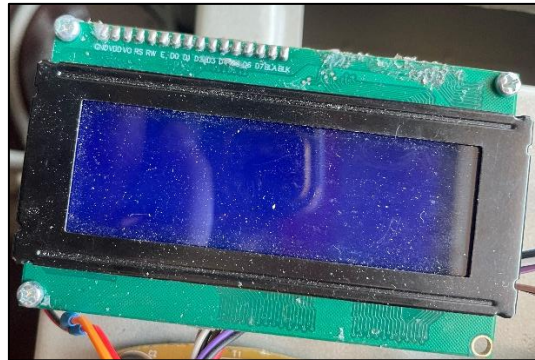
Modul *relay* merupakan rangkaian yang bersifat elektrik sederhana, tersusun dari saklar, elektromagnetik dan sebuah besi poros, fungsinya sebagai saklar otomatis atau elektrik yang dikendalikan oleh tegangan listrik. *Relay* didalamnya terdapat komponen penyusunnya berupa koil dan kontaktor. Koil merupakan gulungan kawat tembaga yang menghasilkan medan elektro magnetik jika dialiri arus listrik, dan kontaktor merupakan saklar yang bersifat mekanik dan di kendalikan medan magnet.



Gambar 3.3 Modul *Relay*

4. LCD 20x4 I2C

LCD merupakan komponen elektronika yang digunakan untuk menampilkan suatu karakter baik berupa huruf, simbol atau karakter tertentu sehingga tampilannya tersebut dapat secara visual. Kemampuan LCD tidak hanya menampilkan angka, tetapi juga huruf, kata dan sesuai perancangan suatu sistem menggunakan *mikrokontroler*. LCD berfungsi menampilkan suatu hasil nilai sensor.



Gambar 3.4 LCD 20x4 I2C

5. MCCB

MCCB (*Moulded case Circuit Breaker*) merupakan alat pengaman arus listrik dari beban lebih dan hubung singkat. Terdapat dua komponen penting pada MC yaitu *relay* elektromagnetik sebagai pengaman dari arus pendek, dan *thermis* sebagai bahan pengaman dari beban lebih.

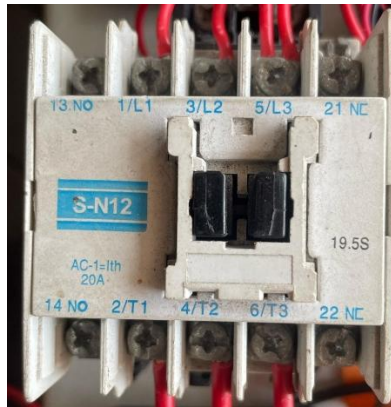


Gambar 3.5 MCCB

6. Kontaktor Magnet

Kontaktor magnet atau *Magnetic Contactor* (MC) merupakan komponen yang berfungsi sebagai penghubung kontak dengan kapasitas yang besar dengan menggunakan daya minimal. Umumnya MC terdiri dari 3 pole kontak utama dan kontak bantu. Untuk menghubungkan kontak utama koil dipergunakan untuk menghasilkan medan magnet yang akan menarik kontak utama

sehingga terhubung pada masing-masing pole.



Gambar 3.6 Kontaktor Magnet

7. Potensiometer

komponen elektronik yang berfungsi untuk mengatur resistansi, tegangan, dan arus listrik, pada perancangan ini potensio meter ini berfungsi sebagai mengatur setting arus yang akan di setting yang sesuai dengan arus pada beban.



Gambar 3.7 Potensiometer

8. *Buzzer*

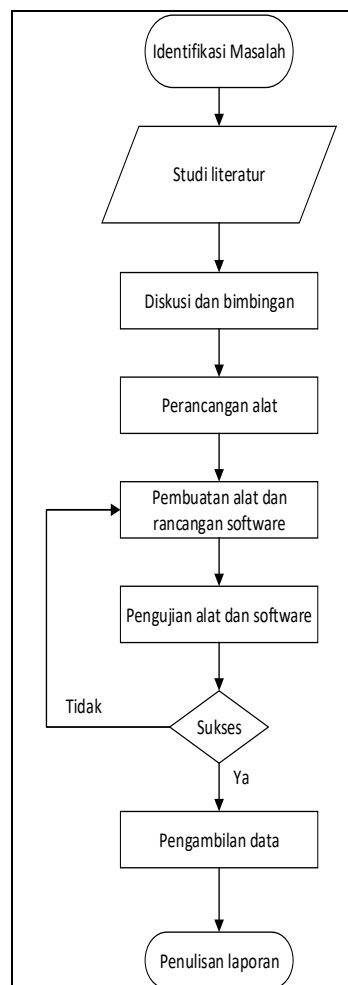
Merupakan komponen elektronik yang digunakan untuk menghasilkan suara dalam berbagai aplikasi, seperti alarm, notifikasi, dan indikator sistem. *Buzzer* bekerja dengan prinsip getaran mekanis akibat arus listrik yang menghasilkan gelombang suara.



Gambar 3.8 Buzzer

3.2 Alur Penelitian

Dalam penyusunan dan penulisan penelitian ini, penulis melakukan identifikasi masalah, pengumpulan materi dari berbagai sumber, serta diskusi dan bimbingan, adapun alur dari penelitian ini dapat kita lihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.9 Alur Proses Penelitian

3.3 Deskripsi Sistem dan Analisa

Berikut ini adalah penjelasan dari gambar 3.9 diatas, adapun penjelasan *Flowchart* penelitian pada gambar 3.9 adalah sebagai berikut :

1. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah yang penulis lakukan adalah bagaimana kita dapat memproteksi motor induksi 3 Phasa dari arus beban lebih mengukur atau mengetahui *losses* yang dihasilkan dari suatu peralatan melalui suhu atau panas yang ditimbulkan oleh suatu peralatan listrik.

2. Studi Literatur

Penulis melakukan studi pustaka untuk mendapatkan referensi yang relevan dengan tujuan penelitian yaitu merancang sebuah alat sistem proteksi Perancangan Sistem Proteksi *Over Current* Pada Motor Induksi Tiga Phasa Menggunakan ESP32 Berbasis IoT.

3. Diskusi dan Bimbingan

Penulis melakukan diskusi dan bimbingan dengan dosen pembimbing.

4. Perancangan alat

Penulis melakukan perancangan terhadap alat yang akan dibuat dengan komponen yang telah ditentukan.

5. Pembuatan Alat

Setelah perancangan alat selesai dilakukan, maka alat yang akan dibuat sesuai dengan hasil rancangan yang telah dilakukan.

6. Pengujian Alat

Dalam tahap ini akan diuji alat yang telah dirancang dan dibuat, apakah sesuai dengan kriteria yang kita inginkan.

7. Pengambilan Data

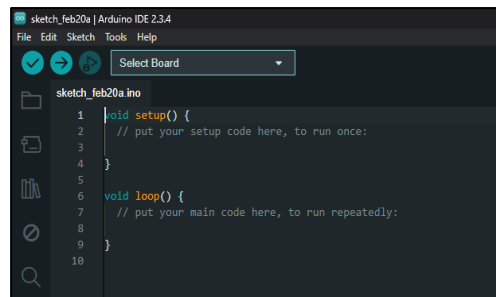
Setelah tahap pembuatan dan pengujian selesai dan hasil yang didapatkan sesuai dengan perancangan, maka selanjutnya dilakukan tahapan pengambilan data.

8. Pembuatan Laporan

Penulisan laporan berdasarkan kepada hasil pengujian sistem yang telah dilakukan pada alat yang telah dibuat.

3.4 Software Pendukung

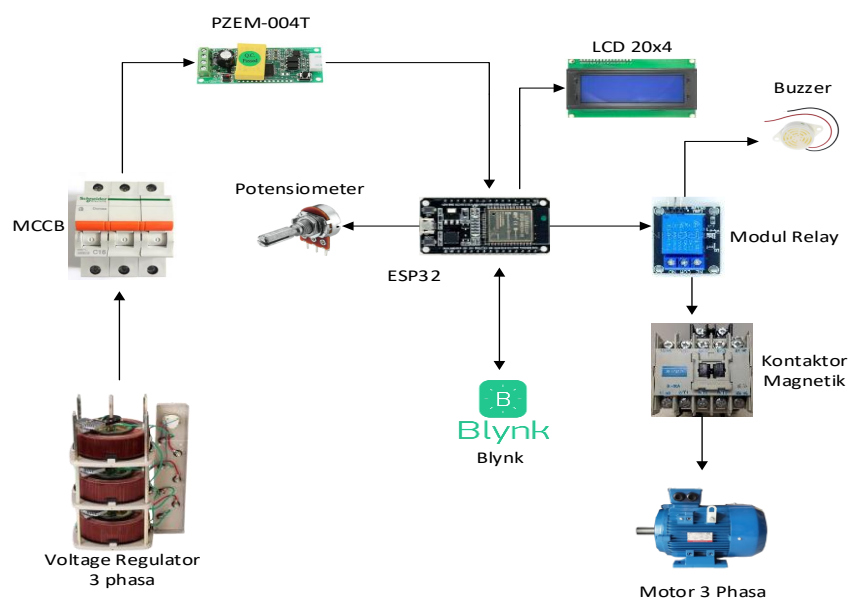
Arduino IDE (*Integrate Development Environment*) merupakan *software* yang dipakai untuk membuat, mengedit suatu kode program, memverifikasi dan menggunakan kode program ke ESP32. Arduino IDE terdiri dari teks dan *toolbar* serta tombol-tombol dengan fungsi umum. Program yang dibuat menggunakan *software* Arduino IDE dinamai *sketch* ditulis dalam teks editor dan disimpan dalam bentuk ekstensi.



Gambar 3.10 *Software* Arduino IDE
(Sumber aplikasi dari laptop fuadi Firdaus)

3.5 Perancangan Sistem Proteksi *Over Current* Pada Motor Induksi Tiga Phasa Menggunakan ESP32 Berbasis *Internet of Things* (IoT)

Pemodelan perancangan Sistem Proteksi *Over Current* Pada Motor Induksi Tiga Phasa Menggunakan ESP32 Berbasis *Internet of Things* (IoT), dapat dilihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 Pemodelan perancangan Sistem Proteksi *Over Current*

Pada gambar 3.11 dapat dilihat gambar pemodelan perancangan Sistem Proteksi *Over Current* Pada Motor Induksi Tiga Phasa Menggunakan ESP32 Berbasis *Internet of Things* (IoT)

a. Cara kerja pemodelan perancangan Sistem Proteksi *Over Current* Pada Motor Induksi Tiga Phasa Menggunakan ESP32 Berbasis *Internet of Things* (IoT)

Perancangan pada sistem proteksi ini yang diperlukan terdiri dari beberapa komponen utama. Untuk memproteksi *over current* pada arus lebih pada motor induksi 3 phasa digunakan PZEM-004T digunakan sebagai sensor untuk mengukur arus dan tegangan. Modul *relay* digunakan sebagai pemutus ketika terjadi gangguan. Potensiometer digunakan untuk mengatur atau mensetting arus yang akan di proteksi dan bisa dilihat *setting* arus tersebut pada layar LCD. Semua data seperti pengukuran arus dan tegangan serta *setting* arus akan di tampilkan pada LCD untuk memudahkan kita sebagai pekerja. Komponen lain seperti *Buzzer* berfungsi sebagai peringatan atau alarm untuk memberitahukan ketika adanya gangguan.

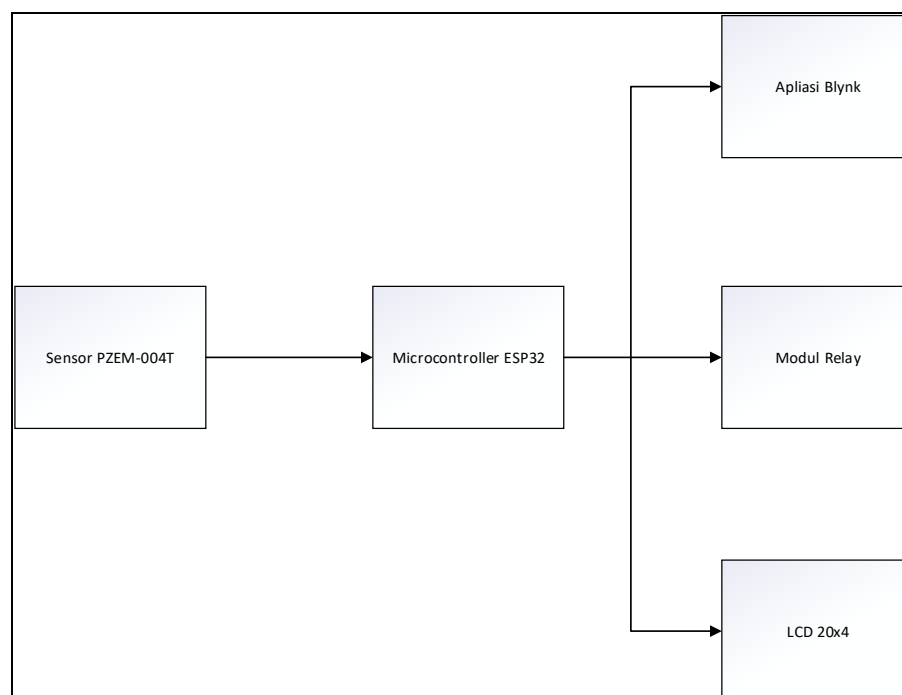
Data ditampilkan pada layar LCD serta dikirim ke ESP2 melalui komunikasi serial untuk dikirim untuk dilakukan *update* ke aplikasi yaitu Blynk. ESP32 berkomunikasi secara detail *integrated Circuit* atau I2C, yaitu sebuah cara komunikasi antara dua *device*. Pada penelitian ini memerlukan fitur dari ESP32 untuk mengaktifkan fungsi Wi-Fi. Selain itu ESP32 digunakan sebagai penerima data penerima data dan pengirim data. Data yang ditampilkan meliputi arus dan tegangan serta setting arus yang akan di proteksi.

Pemantauan dan setting arus juga dilakukan melalui aplikasi Blynk yang terhubung ke ESP32 dengan cara mengatur *setting* arus yang akan di proteksi. Pengujian dilakukan terhadap *setting* arus yang telah di setting tersebut apakah nanti telah melampaui *setting* arus yang telah ditentukan apakah alat ini akan memutus.

3.6 Blok Diagram Sistem

Blok diagram ini menggambarkan interaksi antara komponen proteksi, ESP32, dan sistem IoT untuk mendeteksi serta mengatasi arus lebih pada motor tiga fasa.

Adapun alur blok diagram Sistem pada perancangan Sistem Proteksi *Over Current* Pada Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan ESP32 Berbasis *Internet of Things* (IoT) sebagai berikut :



Gambar 3.12 Blok Diagram Sistem pada Perancangan Sistem Proteksi *Over Current*

Blok diagram sistem ini terdiri dari sensor arus, ESP32, *relay*, dan *platform* IoT yang bekerja secara terintegrasi untuk mendeteksi, melindungi, dan memantau motor induksi tiga fasa. Sistem ini memungkinkan pemantauan jarak jauh dan meningkatkan keamanan serta efisiensi.

Penjelasan alur kerja blok diagram pada sistem ini sebagai berikut.

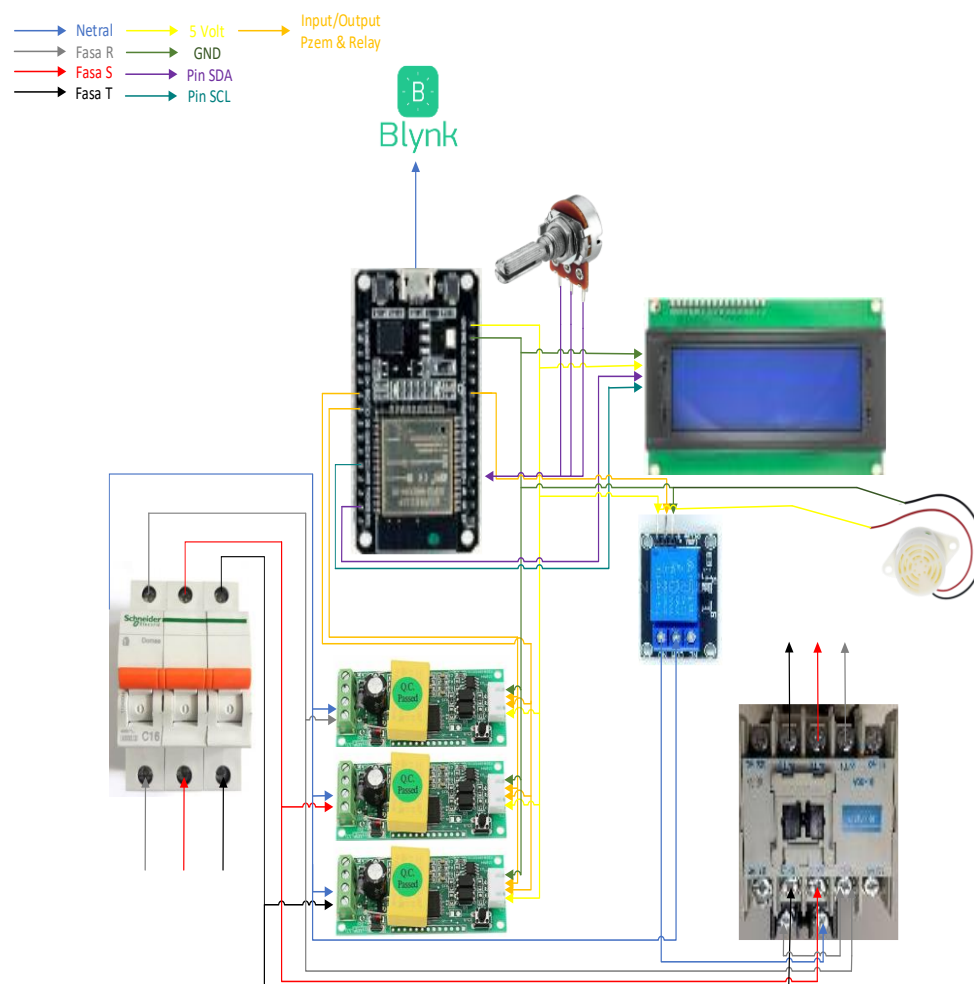
1. Sensor PZEM-004T mengukur arus dan tegangan motor induksi.
2. Data dikirim ke ESP32, yang menganalisis apakah terjadi *over current*.
3. Jika arus melebihi batas, ESP32 akan mengaktifkan *relay* untuk memutus

daya.

4. ESP32 juga mengirim data ke aplikasi *Blynk*, memungkinkan pemantauan jarak jauh.
5. LCD 20x4 menampilkan informasi *real-time*, membantu pemantauan lokal.

3.7 Rangkaian Sistem Keseluruhan

Adapun gambar rangkaian Sistem pada perancangan Sistem Proteksi *Over Current* Pada Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan ESP32 Berbasis *Internet of Things (IoT)* sebagai berikut :



Gambar 3.13 Rangkaian *Wiring Diagram*

ESP32 bertindak sebagai pengendali utama yang membaca arus dan mengontrol *relay* dengan menggunakan aplikasi *Blynk* IoT memungkinkan

pemantauan jarak jauh melalui aplikasi *mobile/web*. Adanya *relay* sebagai mengendalikan kontraktor yang bertanggung jawab atas pemutusan daya ke motor jika terjadi *over current* dan MCB berlaku sebagai proteksi awal mencegah arus lebih dari masuk ke rangkaian.

3.8 Source code ESP32

Adapun *Source code* dari ESP32 sebagai berikut :

```
#include <WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <PZEM004Tv30.h>

PZEM004Tv30 pzem1(Serial1, 16, 17, 0x01);
PZEM004Tv30 pzem2(Serial1, 16, 17, 0x02);
PZEM004Tv30 pzem3(Serial1, 16, 17, 0x03);

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);

char auth[] = "KWgxR9YQcf5gX1WVdnFaTgqACijomsX2";
char ssid[] = "hotspot";
char pass[] = "hotspot1n";

const int relayPin = 27;
float ampereSetpoint = 10;
float potValue = 0.0;
float scaledPotValue = 0.0;
bool manualRelayControl = false;
int buzzerPin = 26;
int buzz = 0;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Serial1.begin(9600, SERIAL_8N1, 16, 17);
```

```
WiFi.begin(ssid, pass);
Blynk.begin(auth, ssid, pass);

lcd.init();
lcd.backlight();
pinMode(relayPin, OUTPUT);
pinMode(buzzerPin, OUTPUT);
digitalWrite(relayPin, HIGH);

lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Connecting to WiFi");
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
  delay(500);
  lcd.print(".");
}
lcd.clear();
lcd.print("WiFi Connected");
delay(1000);
lcd.clear();
}

void loop() {
  Blynk.run();

  float volt1 = pzem1.voltage();
  float amp1 = pzem1.current();
  float volt2 = pzem2.voltage();
  float amp2 = pzem2.current();
  float volt3 = pzem3.voltage();
  float amp3 = pzem3.current();

  if (isnan(volt1) || isnan(amp1) || isnan(volt2) || isnan(amp2) ||
  isnan(volt3) || isnan(amp3)) {
    Serial.println("Error reading from PZEM sensors.");
    return;
  }
}
```

```
}  
lcd.setCursor(0, 0);  
lcd.print("P1: ");  
lcd.print(volt1, 1);  
lcd.print("V ");  
lcd.print(amp1, 1);  
lcd.print("A  ");  
  
lcd.setCursor(0, 1);  
lcd.print("P2: ");  
lcd.print(volt2, 1);  
lcd.print("V ");  
lcd.print(amp2, 1);  
lcd.print("A  ");  
  
lcd.setCursor(0, 2);  
lcd.print("P3: ");  
lcd.print(volt3, 1);  
lcd.print("V ");  
lcd.print(amp3, 1);  
lcd.print("A  ");  
  
lcd.setCursor(0, 3);  
lcd.print("Setpoint: ");  
lcd.print(ampereSetpoint, 1);  
lcd.print("A  ");  
  
Serial.println("=== PZEM Data ===");  
Serial.print("Phase 1: ");  
Serial.print(volt1, 1);  
Serial.print("V, ");  
Serial.print(amp1, 1);  
Serial.println("A  ");  
  
Serial.print("Phase 2: ");
```

```

Serial.print(volt2, 1);
Serial.print("V, ");
Serial.print(amp2, 1);
Serial.println("A  ");
Serial.print("Phase 3: ");
Serial.print(volt3, 1);
Serial.print("V, ");
Serial.print(amp3, 1);
Serial.println("A  ");

Serial.print("Setpoint: ");
Serial.print(ampereSetpoint, 1);
Serial.println("A  ");
Serial.println("=====");

String phase1Data = String(volt1, 1) + "V " + String(amp1, 1) +
"A";
String phase2Data = String(volt2, 1) + "V " + String(amp2, 1) +
"A";
String phase3Data = String(volt3, 1) + "V " + String(amp3, 1) +
"A";
Blynk.virtualWrite(V0, phase1Data);
Blynk.virtualWrite(V1, phase2Data);
Blynk.virtualWrite(V2, phase3Data);

if (amp1 > ampereSetpoint || amp2 > ampereSetpoint || amp3 >
ampereSetpoint) {
  digitalWrite(relayPin, LOW);
  delay(1000);
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  buzz = 1;
}

if (buzz == 1) {

```

```

    digitalWrite(buzzerPin, HIGH);
    delay(1000);
    digitalWrite(buzzerPin, LOW);
}
int potReading = analogRead(34);
scaledPotValue = (float)potReading / 4;
scaledPotValue = scaledPotValue / 100;
scaledPotValue= round(scaledPotValue * 2) / 2.0;

if (abs(scaledPotValue - potValue) >= 0.5) {
    potValue=scaledPotValue;
    ampereSetpoint= scaledPotValue;
}

    delay(500);
}

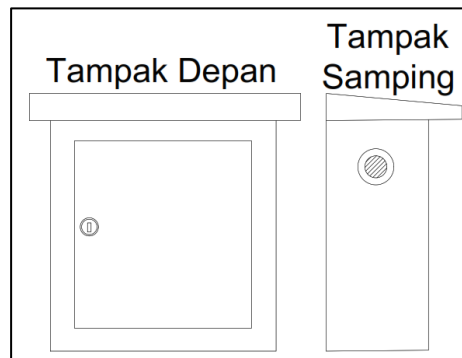
BLYNK_WRITE(V3) {
    ampereSetpoint = param.asFloat();
}

BLYNK_WRITE(V4) {
    int buttonState = param.asInt();
    manualRelayControl = (buttonState == 0);
    if (manualRelayControl) {
        digitalWrite(relayPin, HIGH);
        delay(1000);
        lcd.init();
        lcd.backlight();
    } else {
        digitalWrite(relayPin, LOW);
        delay(1000);
        lcd.init();
        lcd.backlight();
    }
}

```

3.9 Modul Konstruksi Sistem Proteksi Over Current

Adapun gambar perancangan kontruksi atau panel *box* pada perancangan sistem pada perancangan Sistem Proteksi *Over Current* Pada Motor Induksi Tiga Phasa Menggunakan ESP32 Berbasis *Internet of Things* (IoT)



Gambar 3.14 Perancangan panel *Box* Alat

Perancangan panel *box* alat ini dipertimbangkan agar sistem ini aman dan mudah diimplementasikan yang memerlukan desain fisik yang baik. Seperti pada gambar 3.6 yang menggunakan *box* panel listrik untuk melindungi rangkaian dari debu dan gangguan eksternal. Panel *box* ini didesain dengan adanya lubang ventilasi yang berguna untuk sirkulasi udara guna menghindari panas berlebih.

BAB IV

HASIL PEMBAHASAN

Pada bab ini dibahas hasil penelitian yang sudah dilakukan yaitu perancangan Sistem pada perancangan Sistem Proteksi *Over Current* Pada Motor Induksi Tiga Phasa Menggunakan ESP32 Berbasis *Internet of Things* (IoT), pengujian ini dibagi menjadi 3 bagian antara lain :

1. Pengujian *Hardware*
2. Pengujian *Software*
3. Pengujian Keseluruhan

Tujuan pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa semua peralatan dan perangkat lunak yang digunakan sesuai dengan rancangan.

4.1 Pengujian Alat

Pada pengujian alat dibagi menjadi bagian yaitu pengujian terhadap ESP32, PZEM-004T, MCCB, kontaktor, LCD, modul *relay*, *buzzer*, potensiometer. Pengujian perangkat lunak yaitu pengujian pada program Arduino IDE dan *upload* data pada pada aplikasi *Blynk* sebagai bentuk *monitoring* dan *setting* arus pada sistem proteksi *over current* pada motor listrik menggunakan ESP32 berbasis IoT.

4.1.1 Pengujian Perangkat Keras (*Hardware*)

Pengujian *Hardware* ditujukan sebagai dengan kelayakan komponen yang digunakan untuk penelitian yang dapat kita lihat sebagai berikut :

a. Pengujian ESP32

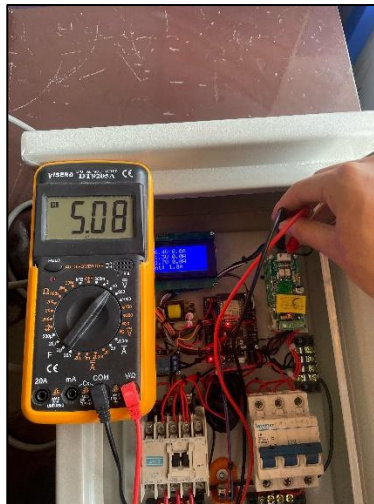
Pengujian ESP32 dengan melihat tegangan yang sampai pada pin dan gnd ESP32, dimana nilai tegangan yang sampai adalah 5.09V yang merupakan tegangan kerja dari *mikrokontroler* ESP32. Bisa dilihat pada gambar 4.1 dibawah ini.



Gambar 4.1 Pengujian ESP32

b. Pengujian PZEM-004T

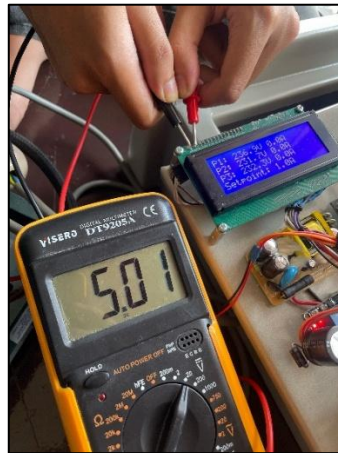
Pengujian PZEM-004T dengan melihat tegangan yang sampai pada pin vin dan gnd, dimana nilai tegangan yang sampai adalah 5.08V yang merupakan tegangan kerja dari PZEM-004T. Bisa dilihat pada gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 4.2 Pengujian PZEM-004T

c. Pengujian LCD 20x4 I2C

Pengujian LCD dengan melihat tegangan yang sampai pada pin dan gnd LCD, dimana nilai tegangan yang sampai adalah sebesar 5.01V yang merupakan tegangan kerja dari LCD 20x4 I2C. Bisa dilihat pada gambar 4.3 dibawah ini.



Gambar 4.3 Pengujian LCD 20x4 I2C

d. Pengujian MCCB

Pengujian MCCB dengan menghubungkan *probe* multimeter pada *netral* dan *output* MCCB, dengan pengukuran tegangan. Dengan menaikan tas MCCB maka multimeter akan menampilkan hasil pengukuran tahana pada MCCB. Bisa dilihat pada gambar 4.4 dibawah ini.

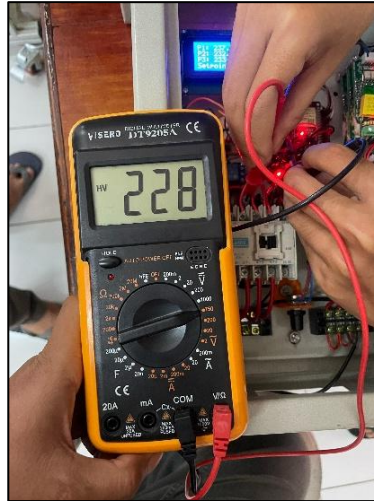


Gambar 4.4 Pengujian MCCB

e. Pengujian kontaktor Magnet

Pengujian kontaktor magnet dengan melihat tegangan pada koil A1 dan A2, dimana tegangan yang sampai adalah 228V yang

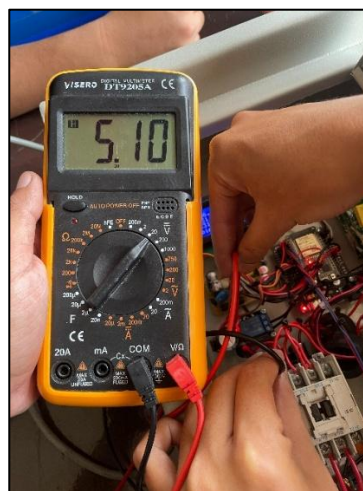
merupakan tegangan yang terdapat pada kontaktor magnet. Bisa dilihat pada gambar 4.5 dibawah ini.



Gambar 4.5 Pengujian pada Kontaktor Magnet

f. Modul *Relay*

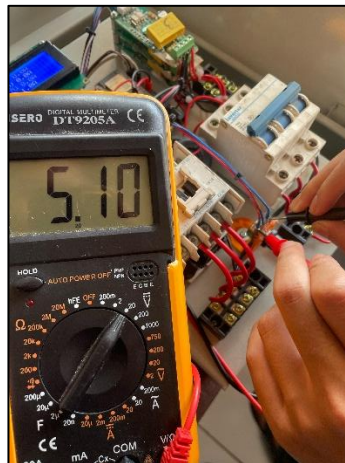
Pengujian modul *relay* melihat tegangan yang sampai pada pin vin dan gn, dimana nilai tegangan yang sampai adalah sebesar 5.10V yang merupakan tegangan kerja dari modul *relay*. Bisa dilihat pada gambar 4.6 dibawah ini.



Gambar 4.6 Pengujian Modul *Relay*

g. *Potensiometer*

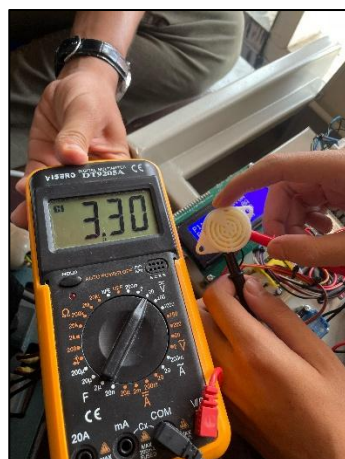
Pada pengujian *potensiometer* dengan melihat tegangan yang sampai pada tegangan *input* dan *gnd* dimana nilai tegangan yang didapat yaitu 5.10V yang merupakan tegangan kerja dari *potensiometer*.



Gambar 4.7 Pengujian *Potensiometer*

h. *Buzzer*

Pada pengujian *buzzer* dengan melihat tegangan pada kaki positif dan kaki negatif dimana nilai tegangan didapat 3.30V yang merupakan tegangan kerja pada *buzzer*.

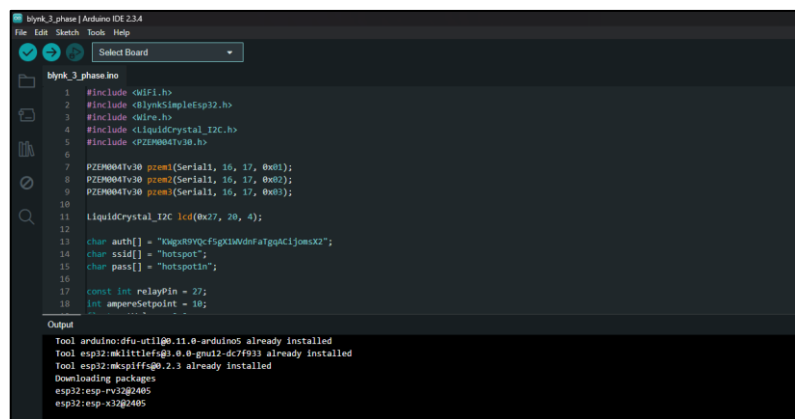


Gambar 4.8 Pengujian *buzzer*

4.1.2 Pengujian Perangkat Lunak (*Software*)

a. Pengujian *Software* ESP32

Pengujian *software* ESP32 menggunakan aplikasi Arduino IDE, dimana pada pengujian ESP32 *Sketch* program diupload ke ESP32 menggunakan kabel *micro* USB *micro* pada *port com* 4. Pengujian *software* ESP32 menggunakan Arduino IDE menunjukkan bahwa sistem proteksi *over current* berbasis IoT dapat bekerja dengan stabil, responsif, dan akurat. Sistem ini dapat digunakan untuk memonitor dan melindungi motor induksi tiga fasa dari arus berlebih secara otomatis serta memberikan notifikasi *real time* kepada pengguna melalui *platform* IoT



```

blynk_3_phase.ino
1 #include <WiFi.h>
2 #include <BlynkSimpleEsp32.h>
3 #include <Wire.h>
4 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
5 #include <PZEM004Tv30.h>
6
7 PZEM004Tv30 pzem(Serial1, 16, 17, 0x01);
8 PZEM004Tv30 pzem2(Serial1, 16, 17, 0x02);
9 PZEM004Tv30 pzem3(Serial1, 16, 17, 0x03);
10
11 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
12
13 char auth[] = "k8gsR9Yqc-fsgX1aVdnfAtgsAC1jomsX2";
14 char ssid[] = "hotspot";
15 char pass[] = "hotspot123";
16
17 const int relayPin = 27;
18 int ampereSetpoint = 10;

Output
Tool arduino:dfu-ut11@0.11.0-arduino5 already installed
Tool esp32:mk1ittlef@3.0.0-gnu12-dc7f933 already installed
Tool esp32:mkspiff@0.2.3 already installed
Downloading packages
esp32:esp-rv32@2405
esp32:esp-x32@2405
  
```

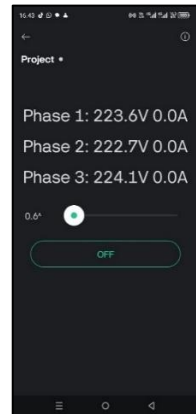
Gambar 4.9 Pengujian *software* ESP32 menggunakan Arduino IDE

Pada gambar merupakan bukti uji coba *software* pada ESP32 dengan tujuan melihat apakah *sketch* program memberikan tanda “Done Uploading” pada aplikasi *Arduino* IDE, maka proses pemrograman telah berhasil dilakukan pada *board* ESP32.

b. Pengujian Pada Aplikasi *Blynk*

Pengujian pada aplikasi *Blynk* dilakukan untuk memastikan bahwa sistem proteksi *over current* yang dikembangkan dapat mengirim, dan menampilkan data arus listrik secara *real-time*, serta dapat mengatur setting arusnya menggunakan *handphone* dimana

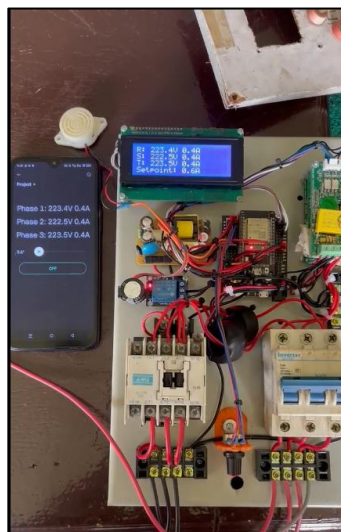
pengujian dilakukan dengan *login* terlebih dahulu kemudian membuka bagian beranda yang telah kita *project* sistem *monitoring* arus dan tegangan serta *setting* arus. Pengujian ini melibatkan komunikasi antara ESP32, sensor arus, dan *platform* IoT (*Blynk*) melalui koneksi Wi-Fi.



Gambar 4.10 Pengujian Aplikasi *Blynk*

4.1.3 Pengujian *Monitoring* Sistem Keseluruhan

Pengujian sistem keseluruhan meliputi uji coba terhadap *hardware* dan *software*. Komponen *Hardware* dan *software* pengujian perancangan Sistem Proteksi *Over Current* *Phasa* menggunakan ESP32 Berbasis *Internet of Things* (IoT) telah dirangkai pada aplikasi langsung.



Gambar 4.11 Pengujian Sistem Keseluruhan dengan Aplikasi *Blynk*

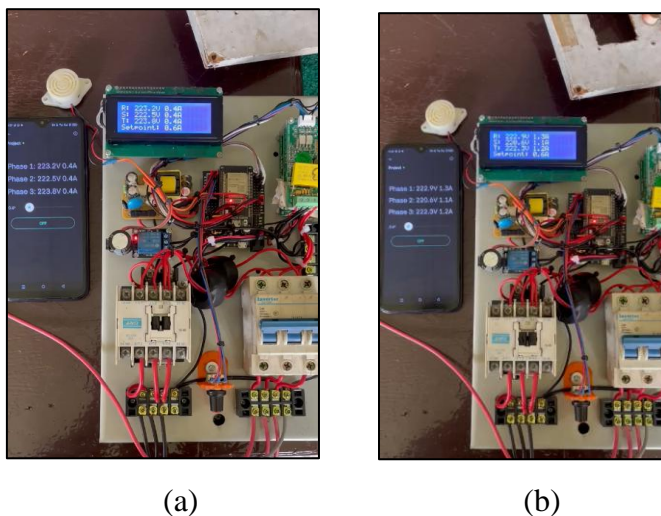
4.2 Pengambilan Data

Pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan untuk memperoleh informasi terkait kondisi arus listrik yang mengalir pada motor induksi tiga fasa serta kinerja sistem proteksi yang dirancang. Data diambil secara *real-time* menggunakan sensor arus yang terhubung ke *mikrokontroler* ESP32 yang juga dikirim pada *platform Internet of Things* (IoT) untuk keperluan pemantauan jarak jauh.

Pada pengambilan data dilakukan percobaan untuk memproteksi motor induksi 3 phasa yang ada dilabor Konversi Energi Elektrik dengan arus pada motor tersebut yaitu 0,62A maka di *setting* pada proteksi *over current* tersebut 0,62A bisa di *setting* dengan potensiometer atau bisa juga di *setting* menggunakan aplikasi Blynk dan pada aplikai blynk tersebut dapat juga memonitoring arus dan tegangan. Pengujian ini dilakukan apakah sistem proteksi yang dirancang ini dapat berfungsi atau tidak, serta dapat memproteksi dengan baik.

4.2.1 Pengambilan data Sistem Proteksi Dengan Nilai *Set Point* Proteksi Arus 0,6A.

Berikut ini adalah pengambilan data alat proteksi *over current* dengan *set point* 0,6 *ampere*, dan juga dimonitoring menggunakan aplikasi pada Blynk pada handphone.



Gambar 4.12 Pengujian dengan nilai *set point* 0.6 *ampere*

Berikut ini adalah hasil data yang diperoleh setelah dilakukan percobaan untuk *set point* 0,6 ampere

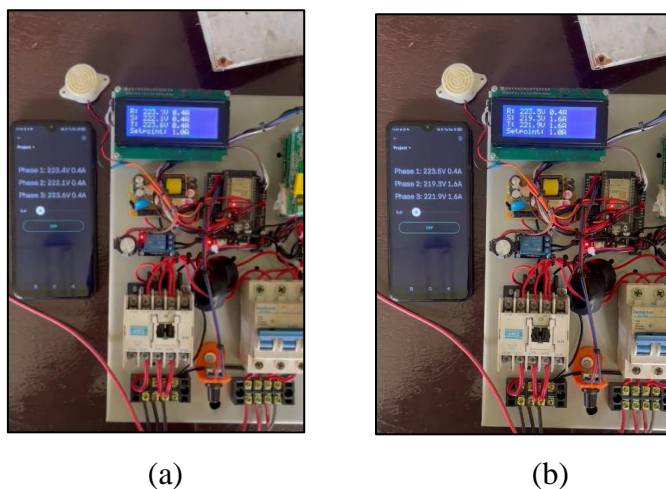
Tabel 4.1 Pengambilan data proteksi *over current* dengan *set point* 0.6 ampere

Phasa	Tegangan	Pembacaan arus ketika motor berputar normal	Pembacaan Arus ketika rotor ditahan	Pemutus Daya	Waktu Pemutusan (s)
R	223V	0.4A	1.3A	Trip	1.93
S	221V	0,4A	1.1A	Trip	
T	223V	0,4A	1.2A	Trip	

Pada gambar (a) terlihat tegangan dan arus ketika motor berputar normal, pada LCD maupun *handphone* dapat kita lihat tegangan dan *setting set point* berada pada 0,6 ampere, pada gambar (b) terlihat setelah rotor pada motor di tahan dapat kita lihat arus akan naik dan melampaui *setpoint* dan alat ini akan memproteksi.

4.2.2 Pengujian Sistem Proteksi Dengan Nilai *Set Point* Proteksi Arus 1 A.

Berikut ini adalah pengujian alat proteksi *over current* dengan *set point* 1 ampere, dan juga dimonitoring menggunakan aplikasi pada Blynk pada *handphone*.



Gambar 4.13 Pengujian dengan nilai *set point* 1 ampere

Berikut ini adalah hasil data yang diperoleh setelah dilakukan percobaan untuk *set point 1 ampere*.

Tabel 4.2 Pengambilan data proteksi *over current* dengan *set point 1 ampere*

Phasa	Tegangan	Pembacaan arus ketika motor berputar normal	Pembacaan Arus ketika rotor ditahan	Pemutus Daya	Waktu Pemutusan (s)
R	223V	0.4A	1.6A	Trip	1.65
S	222V	0,4A	1.6A	Trip	
T	223V	0,4A	1.6A	Trip	

Pada gambar (a) terlihat tegangan dan arus ketika motor berputar normal, dan pada gambar (b) bisa dilihat ketika rotor pada motor di tahan arus naik dari 0.4 ampere menjadi 1.6 ampere melewati *setpoint setting* arus yaitu 1 *ampere* maka alat akan memproteksi, alat ini memproteksi dengan waktu 1.65s.

Dari data diatas dapat diamati bahwa sistem proteksi *over current* akan aktif ketika terjadi gangguan pada arus dan akan memutus arus yang telah melewati *setpoint setting* arus yang telah di *setting*. Pada kondisi *over current*, gangguan akan terdeteksi ketika arus naik diatas set point yaitu 0,6 *ampere* maka alat akan memproteksi.

Sistem proteksi beroperasi dengan melakukan pemutusan arus saat ESP32 mendeteksi arus diatas nilai setting yang dikukur oleh sensor tegangan PZEM-004T. Saat motor diberi tegangan yang telah diatur pada potensial transformator, sensor PZEM-004T akan langsung mengukur nilai tegangan dan arus. Data tegangan dan arus yang dikukur kemudian dikirim ke ESP32 melalui pin RX dan pin TX yang terhubung antara sensor PZEM-004T dan ESP32. Kemudian ESP32 akan membandingkan dan memproses data untuk

menentukan apakah arus yang telah diukur apakah arus yang berlebih atau tidak. Melalui perbandingan ini dalam program ESP32, apabila arus yang terukur melebihi setting arus, maka ESP32 akan mengirim sinyal ke modul relay melalui pin digital D27 pada ESP32, yang dihubungkan dengan input In1 pada modul *relay*.

Sistem proteksi digital ini menggunakan modul relay sebagai perangkat untuk memutuskan aliran arus, menggunakan kontak NC (*Normaly Close*) yang terhubung dengan A1 pada kontaktor. Ketika tidak ada gangguan yang terdeteksi, arus listrik otomatis mengalir ke beban karena menerima tegangan dari kontak relay NC. Setelah menerima perintah dari ESP32 kontak pada *relay* akan aktif. Kontak relay NC yang sebelumnya terhubung dengan koil A1 pada kontaktor akan beralih ke posisi terbuka (open), karena relay telah terbuka. Akibatnya, aliran listrik menuju A1 pada kontaktor terputus, dan tegangan tidak mengalir lagi ke beban.

Sistem proteksi ini memanfaatkan layar LCD 20x4 dan aplikasi Blynk untuk menampilkan informasi yang cukup untuk memantau kondisi sistem. Pada kondisi tanpa gangguan, LCD dan Blynk pada handphone akan menampilkan tegangan dan arus setiap fasa (R-S-T). Namun, saat terjadi gangguan, tampilan LCD akan kedip-kedip dan buzzer akan berbunyi yang berarti adanya gangguan dan pada aplikasi Blynk akan terlihat arus akan terlihat 0 jika terjadinya gangguan. Dengan demikian, LCD, buzzer dan Blynk memberikan pandangan yang jelas mengenai status dalam sistem proteksi ini. Dari data yang telah dihasilkan, dapat diamati bahwa karakteristik yang digunakan yaitu instant atau memutus dengan sangat cepat, pemutus cepat terjadi dengan waktu pemutusan 1 sampai 2 detik,

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

1.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian dari hasil perancangan proteksi over current maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dalam skripsi ini telah dilakukan penelitian tentang perancangan sistem proteksi over current. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem yang dapat mendeteksi dan melindungi motor induksi dari arus berlebih. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan ESP32 sebagai dasar sistem proteksi memberikan sebuah solusi yang efektif dan ekonomis.
2. Setelah melakukan pengujian pada alat sistem proteksi over current menggunakan ESP32 berbasis IoT maka dapat disimpulkan ketika terjadi arus yang berlebih sesuai dengan set point setting arus maka alat ini akan memproteksi dan buzzer berfungsi sebagai alarm ketika adanya over current.
3. Penggunaan Sistem proteksi over current menggunakan ESP32 dan berbasis IoT ini dapat memproteksi motor 3 phasa dengan maksimal dan dapat di monitoring menggunakan aplikasi Blynk serta dapat mengatur arus yang akan di setting pada aplikasi tersebut, yang dapat mencegah terjadinya kerusakan pada motor induksi 3 phasa.

1.2 Saran

Dari penelitian tugas akhir ini ada beberapa saran yang diajukan penulis untuk pengembangan selanjutnya antara lain sebagai berikut :

1. Menambahkan fitur rekam data yang dapat merekam riwayat gangguan arus, sehingga dapat membantu dalam menganalisa dan memahami pola gangguan yang mungkin terjadi.
2. Menambahkan tombol on, off dan reset pada alat diakrenakan pada tugas akhir yang saya buat tidak memakai tombol on, off dan reset.

3. Menambahkan sistem rekam data ke sms atau aplikasi seperti telegram, ketika terjadi gangguan rekam data tersebut dapat dilihat dan diolah melalui handphone saja.

DAFTAR PUSTAKA

- Azis, Abdul, and Irine Katika Febrianti. 2019. "Analisis Sistem Proteksi Arus Lebih Pada Penyulang Cendana Gardu Induk Bungaran Palembang." *Jurnal Ampere* 4(2): 332.
- Dermawan, Erwin, and Dimas Nugroho. 2021. "Analisa Koordinasi Over Current Relay Dan Ground Fault Relay Di Sistem Proteksi Feeder Gardu Induk 20 KV Jababeka." *Jurnal Elektum* 14(2): 43–48.
<https://jurnal.umj.ac.id/index.php/elektum/article/view/1737/1464>.
- Jaya Edo Andhika Praditya, Musthofa Arif, and Priananda Ciptian Weried. 2021. "Sistem Proteksi Gangguan Thermal Dan Arus Lebih Motor Induksi 3 Fasa Pada Mesin Kompresor Menggunakan Metode Logika Fuzzy Dilengkapi Fitur Mobile App." *Jurnal Teknik ITS* 10(2): 412–19.
- Kusumah, Hendra, and Restu Adi Pradana. 2019. "Penerapan Trainer Interfacing Mikrokontroler Dan Internet of Things Berbasis Esp32 Pada Mata Kuliah Interfacing." *Journal CERITA* 5(2): 120–34.
- Naparin, M Refhan. 2018. "Analisis Koordinasi Proteksi Overcurrent Relay Pada Jaringan Distribusi 70 KV PT. Makmur Sejahtera Wisesa." *Repository Universitas Islam Indonesia*: 1–43.
- Natalis Hengky Richardo, Junaidi, Ayong Hiendro. 2017. "RANCANG BANGUN SISTEM PROTEKSI ARUS LEBIH MOTOR INDUKSI TIGA FASA BERBASIS." : 2–5.
- Tiyono. 2013. "Perancangan Seting Rele Proteksi Pada Beban Lebih." *Transmisi* 1: 40–46.
<https://www.bing.com/search?q=perancangan+setting+rele+proteksi+pada+beban+lebih&qs=n&form=QBRE&sp=1&pq=perancangan+setting+rele+proteksi+pada+beban+lebih&sc=0-50&sk=&cvid=9F1C4FDF68FD40D8B70A0E99A9CF763B>.

- Ulum, M, A, and S, I Haryudo. 2020. “Perancangan Sistem Monitoring Kecepatan Putar Motor DC Berbasis Internet Of Things Menggunakan Aplikasi BLYNK.” *Jurnal Teknik Elektro* 9(1): 855–62.
- Wahyu Hendra Prasetya et al. 2022. “Analisa Koordinasi Proteksi Over Current Relay Pada Gardu Induk Bangil.” *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan* 10(2): 1–15.
- Wakhid, Abdul. 2020. “Penerapan IoT Dalam Rancang Bangun Sistem Proteksi Motor Induksi Tiga Fasa Dari Gangguan Beban Lebih Berbasis Mikrokontroler.” : 146.
- Yulistiani, T. 2023. “Alat Pembatas Arus Adjustable Limiter Berbasis Mikrokontroler.” : 1–16. <http://repositori.unsil.ac.id/id/eprint/9137>.
- Zulfarhain, Muhammad Maulana, Supriyanto, and Yudi Prana Hikmat. 2022. “Proteksi Arus Lebih Gangguan Fasa Dan Gangguan Tanah Untuk Simulator Koordinasi Proteksi Pada Transformator Tenaga.” *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* 13(01): 275–81. <https://jurnal.polban.ac.id/ojs-3.1.2/proceeding/article/view/4271>.

LAMPIRAN

```

#include <WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <PZEM004Tv30.h>

PZEM004Tv30 pzem1(Serial1, 16, 17, 0x01);
PZEM004Tv30 pzem2(Serial1, 16, 17, 0x02);
PZEM004Tv30 pzem3(Serial1, 16, 17, 0x03);

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);

char auth[] = "KWgxR9YQcf5gX1WVdnFaTgqACijomsX2";
char ssid[] = "hotspot";
char pass[] = "hotspot1n";

const int relayPin = 27;
float ampereSetpoint = 10;
float potValue = 0.0;
float scaledPotValue = 0.0;
bool manualRelayControl = false;
int buzzerPin = 26;
int buzz = 0;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Serial1.begin(9600, SERIAL_8N1, 16, 17);
  WiFi.begin(ssid, pass);
  Blynk.begin(auth, ssid, pass);

  lcd.init();
  lcd.backlight();

```



```
pinMode(relayPin, OUTPUT);
pinMode(buzzerPin, OUTPUT);
digitalWrite(relayPin, HIGH);

lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Connecting to WiFi");
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    lcd.print(".");
}
lcd.clear();
lcd.print("WiFi Connected");
delay(1000);
lcd.clear();
}

void loop() {
    Blynk.run();

    float volt1 = pzem1.voltage();
    float amp1 = pzem1.current();
    float volt2 = pzem2.voltage();
    float amp2 = pzem2.current();
    float volt3 = pzem3.voltage();
    float amp3 = pzem3.current();

    if (isnan(volt1) || isnan(amp1) || isnan(volt2) || isnan(amp2) ||
isnan(volt3) || isnan(amp3)) {
        Serial.println("Error reading from PZEM sensors.");
        return;
    }
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("P1: ");
    lcd.print(volt1, 1);
    lcd.print("V ");
```

```
lcd.print(amp1, 1);  
lcd.print("A  ");  
  
lcd.setCursor(0, 1);  
lcd.print("P2: ");  
lcd.print(volt2, 1);  
lcd.print("V ");  
lcd.print(amp2, 1);  
lcd.print("A  ");  
  
lcd.setCursor(0, 2);  
lcd.print("P3: ");  
lcd.print(volt3, 1);  
lcd.print("V ");  
lcd.print(amp3, 1);  
lcd.print("A  ");  
  
lcd.setCursor(0, 3);  
lcd.print("Setpoint: ");  
lcd.print(ampereSetpoint, 1);  
lcd.print("A  ");  
  
Serial.println("=== PZEM Data ===");  
Serial.print("Phase 1: ");  
Serial.print(volt1, 1);  
Serial.print("V, ");  
Serial.print(amp1, 1);  
Serial.println("A  ");  
  
Serial.print("Phase 2: ");  
Serial.print(volt2, 1);  
Serial.print("V, ");  
Serial.print(amp2, 1);  
Serial.println("A  ");  
Serial.print("Phase 3: ");
```

```

Serial.print(volt3, 1);
Serial.print("V, ");
Serial.print(amp3, 1);
Serial.println("A  ");

Serial.print("Setpoint: ");
Serial.print(ampereSetpoint, 1);
Serial.println("A  ");
Serial.println("=====");

String phase1Data = String(volt1, 1) + "V " + String(amp1, 1) +
"A";
String phase2Data = String(volt2, 1) + "V " + String(amp2, 1) +
"A";
String phase3Data = String(volt3, 1) + "V " + String(amp3, 1) +
"A";
Blynk.virtualWrite(V0, phase1Data);
Blynk.virtualWrite(V1, phase2Data);
Blynk.virtualWrite(V2, phase3Data);

if (amp1 > ampereSetpoint || amp2 > ampereSetpoint || amp3 >
ampereSetpoint) {
  digitalWrite(relayPin, LOW);
  delay(1000);
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  buzz = 1;
}

if (buzz == 1) {
  digitalWrite(buzzerPin, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(buzzerPin, LOW);
}
int potReading = analogRead(34);

```

```
scaledPotValue = (float)potReading / 4;
scaledPotValue = scaledPotValue / 100;
scaledPotValue= round(scaledPotValue * 2) / 2.0;

if (abs(scaledPotValue - potValue) >= 0.5) {
    potValue=scaledPotValue;
    ampereSetpoint= scaledPotValue;
}

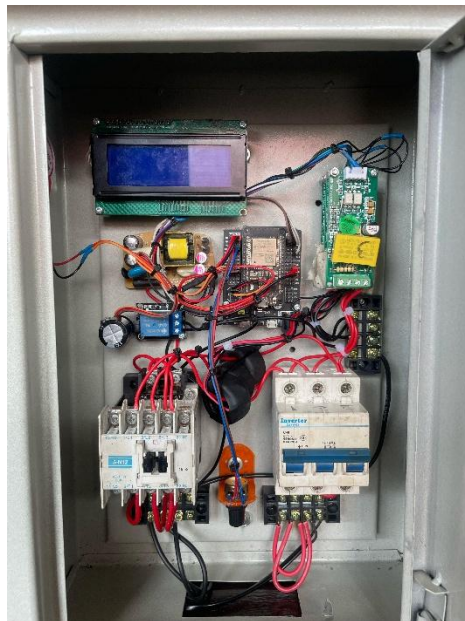
delay(500);
}

BLYNK_WRITE(V3) {
    ampereSetpoint = param.asFloat();
}

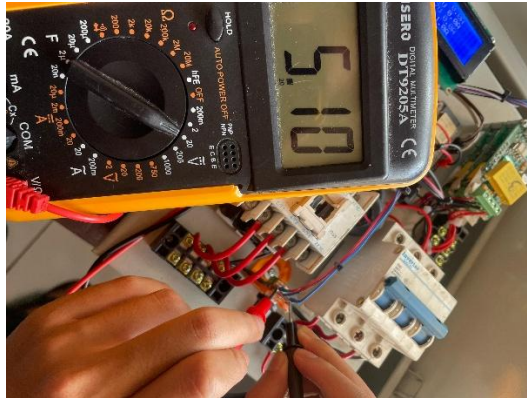
BLYNK_WRITE(V4) {
    int buttonState = param.asInt();
    manualRelayControl = (buttonState == 0);
    if (manualRelayControl) {
        digitalWrite(relayPin, HIGH);
        delay(1000);
        lcd.init();
        lcd.backlight();
    } else {
        digitalWrite(relayPin, LOW);
        delay(1000);
        lcd.init();
        lcd.backlight();
    }
}
```



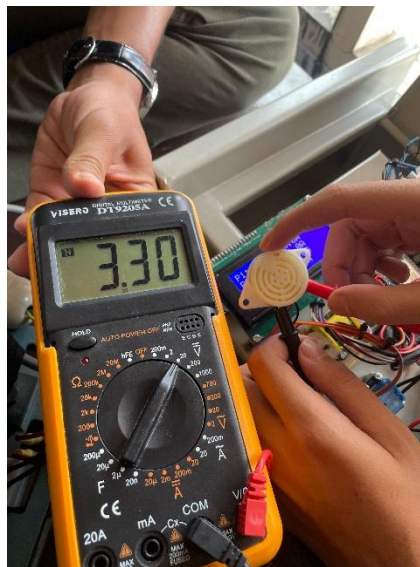
Gambar (a) Tampak Fisik



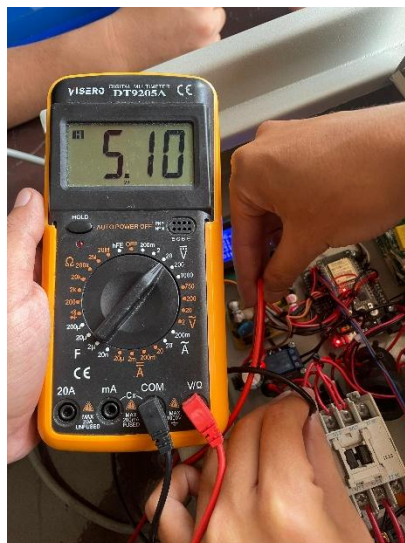
Gambar (b) Gambar rangkaian



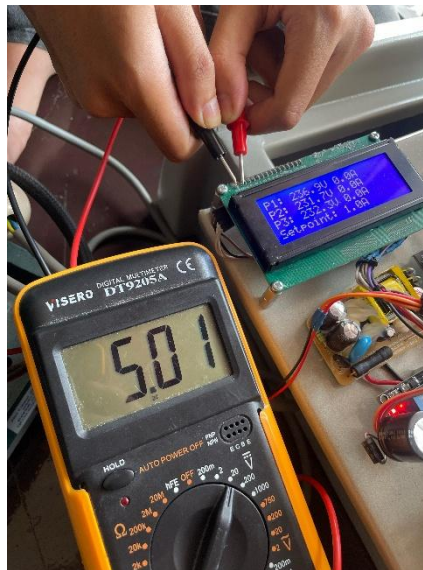
Gambar (c) Pengujian MCCB



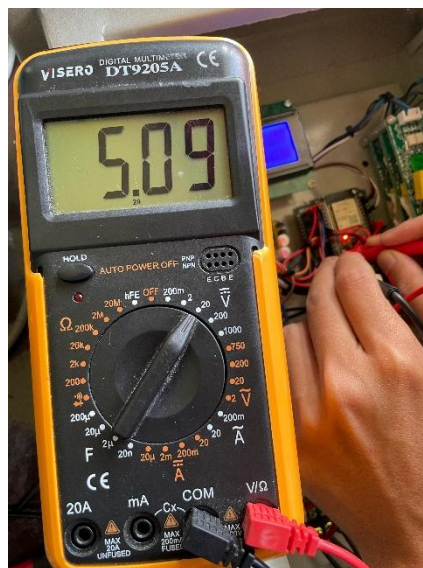
Gambar (d) Pengujian Buzzer



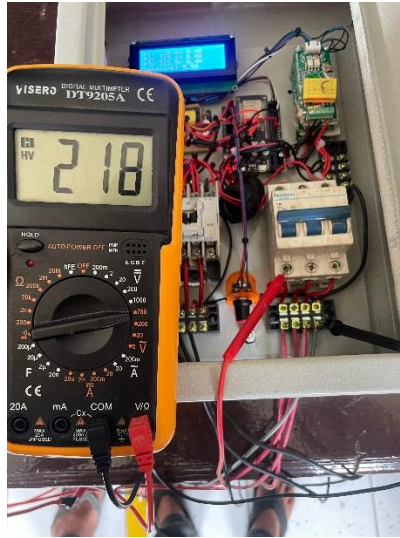
Gambar (c) Modul relay



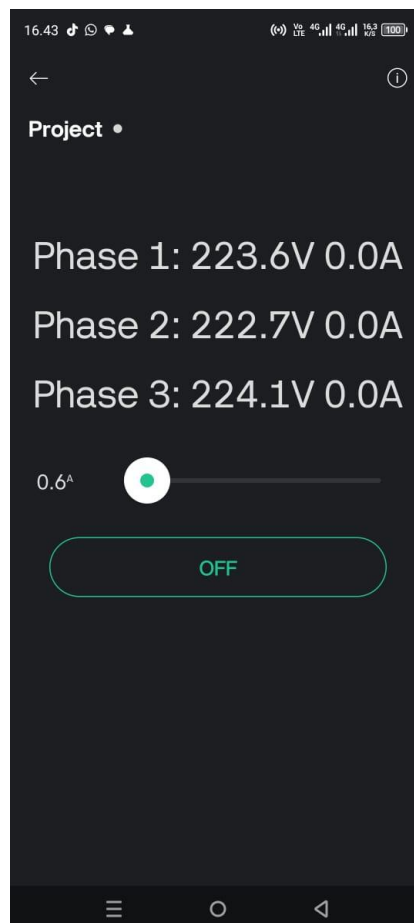
Gambar (d) Pengujian LCD



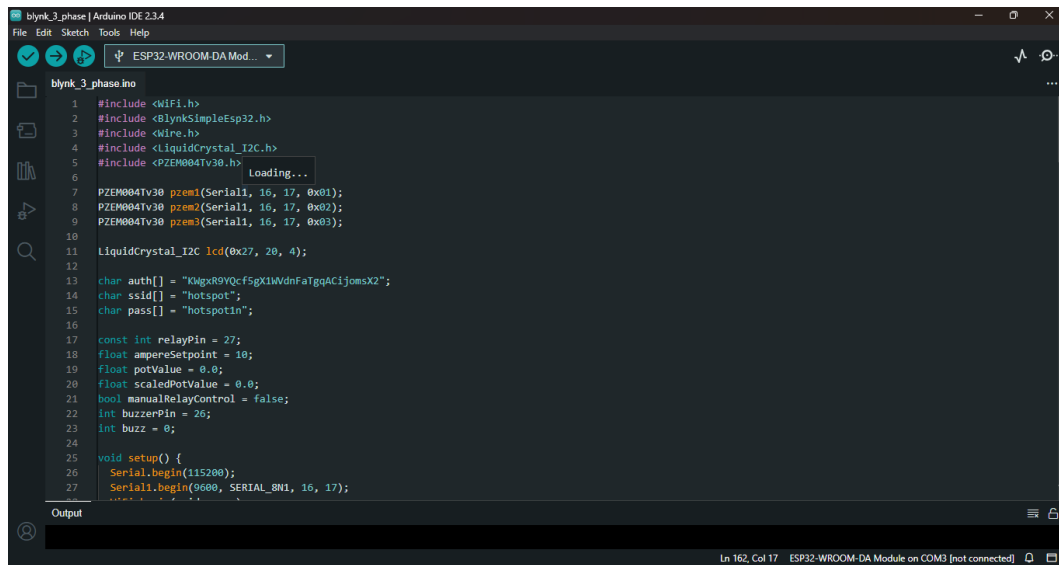
Gambar (e) Pengujian ESP32



Gambar (f) Pengujian MCCB

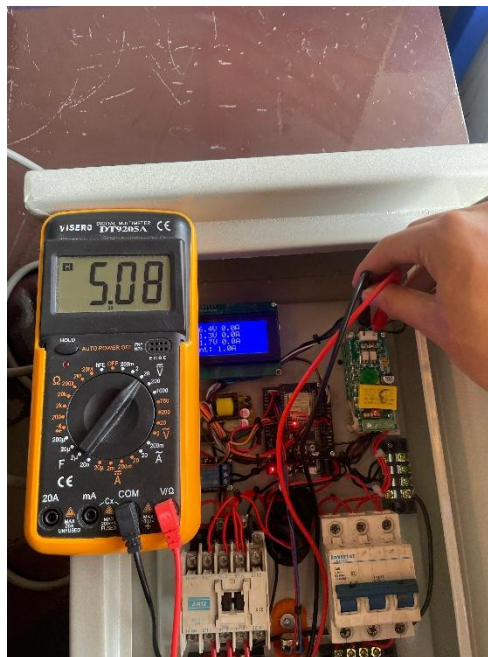


Gambar (g) Pengujian aplikasi

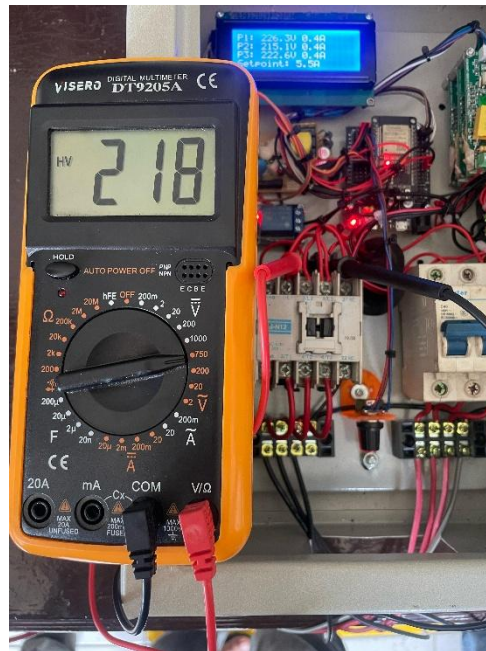


```
blynk_3_phase | Arduino IDE 2.3.4
File Edit Sketch Tools Help
ESP32-WROOM-DA Mod...
blynk_3_phase.ino
1 #include <WiFi.h>
2 #include <BlynkSimpleEsp32.h>
3 #include <Wire.h>
4 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
5 #include <PZEM004TV30.h>
6
7 PZEM004TV30 pzem1(Serial1, 16, 17, 0x01);
8 PZEM004TV30 pzem2(Serial1, 16, 17, 0x02);
9 PZEM004TV30 pzem3(Serial1, 16, 17, 0x03);
10
11 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
12
13 char auth[] = "KMGxR9VQcF5gXlWdnFaTgqACijomsX2";
14 char ssid[] = "hotspot";
15 char pass[] = "hotspot1n";
16
17 const int relayPin = 27;
18 float amperesetpoint = 10;
19 float potValue = 0.0;
20 float scaledPotValue = 0.0;
21 bool manualRelayControl = false;
22 int buzzerPin = 26;
23 int buzz = 0;
24
25 void setup() {
26   Serial.begin(115200);
27   Serial1.begin(9600, SERIAL_8N1, 16, 17);
28 }
```

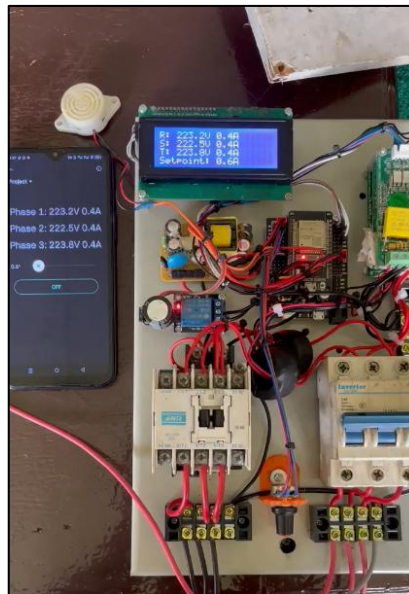
Gambar (h) Codingan pada aplikasi Arduino IDE



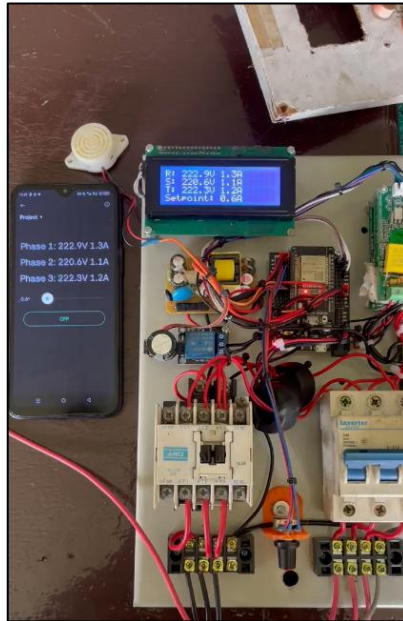
Gambar (i) Pengujian PZEM-004T



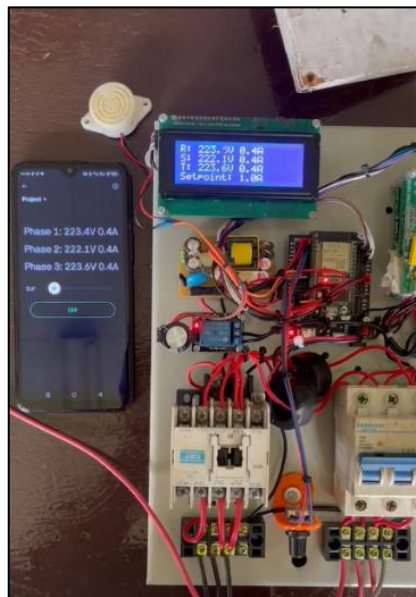
Gambar (j) Pengujian Kontaktor



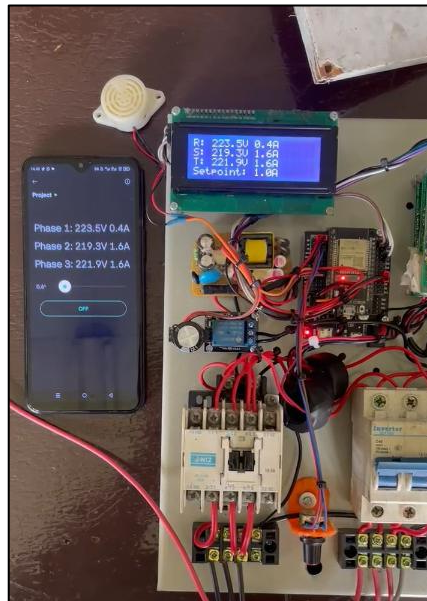
Gambar (k) Pengujian alat 0,6a



Gambar (L) Pengujian alat 0,6a



Gambar (M) Pengujian alat 1a



Gambar (N) Pengujian alat 0,6a