

***PROTOTYPE MONITORING POWER METER DAN RELAY***  
**PROTEKSI UNTUK MENDETEKSI GANGGUAN LISTRIK BERBASIS**  
**ARDUINO UNO SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN DI**  
**POLTEKBANG MEDAN**

**PROPOSAL PROYEK AKHIR**



Oleh :

**RIZA JULYANTI LUMBAN RAJA**  
**NIT. 35041220165**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK LISTRIK BANDAR UDARA**  
**POLITEKNIK PENERBANGAN MEDAN**  
**2025**

***PROTOTYPE MONITORING POWER METER DAN RELAY***  
**PROTEKSI UNTUK MENDETEKSI GANGGUAN LISTRIK BERBASIS**  
**ARDUINO UNO SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN DI**  
**POLTEKBANG MEDAN**

**PROPOSAL PROYEK AKHIR**

Diajukan sebagai Syarat Menempuh Mata Kuliah Proyek Akhir pada Program  
Studi Diploma III Teknik Listrik Bandar Udara



Oleh :

**RIZA JULYANTI LUMBAN RAJA**  
**NIT. 35041220165**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK LISTRIK BANDAR UDARA**  
**POLITEKNIK PENERBANGAN MEDAN**  
**2025**

## LEMBAR PERSETUJUAN

*PROTOTYPE MONITORING POWER METER* DAN *RELAY* PROTEKSI UNTUK  
MENDETEKSI GANGGUAN LISTRIK BERBASIS ARDUINO UNO SEBAGAI  
MEDIA PEMBELAJARAN DI POLTEKBANG MEDAN

Oleh :  
RIZA JULYANTI LUMBAN RAJA  
NIT. 35041220165

Disetujui untuk diujikan pada :  
Medan, Mei 2025

Pembimbing I : ALBERT PANJAITAN, S.T., M.M. .....  
NIP. 197007201992031002

Pembimbing II : INDA TRI PASA, S.S.T., M.M. .....  
NIP. 199012102010122001

## LEMBAR PENGESAHAN

*PROTOTYPE MONITORING POWER METER DAN RELAY* PROTEKSI UNTUK  
MENDETEKSI GANGGUAN LISTRIK BERBASIS ARDUINO UNO SEBAGAI  
MEDIA PEMBELAJARAN DI POLTEKBANG MEDAN

Oleh :

RIZA JULYANTI LUMBAN RAJA

NIT. 35041220165

Telah dipertahankan dan dinyatakan lulus pada Ujian Proyek Akhir  
Program Pendidikan Diploma III Teknik Listrik Bandar Udara  
Politeknik Penerbangan Medan  
Pada tanggal : 23 Mei 2025

Panitia Penguji :

- |               |  |       |
|---------------|--|-------|
| 1. Ketua      | : <u>WAHYU KURNIAWAN, M.M</u><br>NIP. 197610111999031001 | ..... |
| 2. Sekretaris | : <u>ZAHRUL ULUM, S.T., M.T.</u><br>NIDN. 8983290024     | ..... |
| 3. Anggota    | : <u>FAUZIAH NUR, M.Kom</u><br>NIP. 199111192022032006   | ..... |

Ketua Program Studi  
Teknik Listrik Bandar Udara

ROSSI PETER SIMANJUNTAK , S.Si., S.Pd., M.Si.  
NIP. 198207152009121002

## KATA PENGANTAR

Penulis panjatkan puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya, proposal proyek akhir dengan judul "**PROTOTYPE MONITORING POWER METER DAN RELAY PROTEKSI UNTUK MENDETEKSI GANGGUAN LISTRIK BERBASIS ARDUINO UNO SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN DI POLTEKBANG MEDAN**" penulis dapat menyelesaikan dengan tepat pada waktunya.

Proposal proyek akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan di Politeknik Penerbangan Medan dan sebagai kontribusi dalam memberikan pengetahuan khususnya di bidang Teknik Listrik Bandara kepada pembaca. Penulisan proposal proyek akhir ini tidak lepas dari dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Agus Pramuka S.T., M.T., selaku Direktur Politeknik Penerbangan Medan.
2. Bapak Rossi Peter Simanjuntak, S.Si., S.Pd., M.Si., selaku Kaprodi Teknik Listrik Bandar Udara (TLB)
3. Bapak Albert Panjaitan, S.T., M.M., selaku Dosen Pembimbing I, yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya dalam proses penulisan Proposal Proyek Akhir ini.
4. Ibu Inda Tri Pasa, S.S.T., M.M., selaku Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan motivasi yang sangat berharga selama proses penulisan Proposal Proyek Akhir ini.
5. Bapak Riduan Lumban Raja dan Ibu Elfrida Sirait, selaku orangtua saya yang selalu memberikan doa dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal ini dengan baik.
6. Rekan-rekan mahasiswa/i dari course TLB XX dan TLB XXI, yang telah memberikan dukungan selama proses penulisan proposal proyek akhir ini.

Penulis memahami bahwa masih terdapat kesenjangan dan keterbatasan dalam menyusun tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan proposal proyek akhir ini di masa yang akan datang. Semoga proposal proyek akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membutuhkan dan dapat menjadi referensi yang berguna bagi perkembangan ilmu pengetahuan khususnya di bidang Teknik Listrik Bandara.

Medan, 23 Mei 2025

**Riza Julyanti Lumban Raja**  
**NIT. 35041220165**

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>vii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
<b>BAB 2 LANDASAN TEORI .....</b>	<b>6</b>
2.1 Teori Penunjang.....	6
2.1.1 <i>Prototype</i> .....	6
2.1.2 <i>Sistem Monitoring</i> .....	7
2.1.3 <i>Sistem Proteksi</i> .....	7
2.1.4 <i>Hukum Ohm</i> .....	8
2.1.5 <i>Arduino Uno</i> .....	9
2.1.6 <i>Arduino Ethernet Shield</i> .....	10
2.1.7 <i>Power Meter PZEM-004T</i> .....	11
2.1.8 <i>Relay Proteksi 5V</i> .....	12
2.1.9 <i>Power Supply</i> .....	13
2.1.10 <i>Modul LM2596</i> .....	14
2.1.11 <i>Ethernet</i> .....	14
2.2 Kajian Pustaka Terdahulu yang Relevan .....	15
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN.....</b>	<b>16</b>
3.1 Desain Penelitian .....	16
3.2 Perancangan Alat .....	17
3.2.1 <i>Desain Alat</i> .....	18
3.2.2 <i>Cara Kerja Alat</i> .....	19
3.2.3 <i>Komponen Perangkat Keras</i> .....	21
3.2.4 <i>Komponen Perangkat Lunak</i> .....	23
3.3 Teknik Pengujian Alat.....	24
3.4 Teknik Analisa Data.....	25
3.5 Tempat dan Waktu Penelitian .....	25
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>27</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>29</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kegiatan Praktek Sistem Proteksi .....	3
Gambar 1.2 Trainer Praktikum .....	3
Gambar 2.1 Tipe <i>Personal Computer</i> .....	7
Gambar 2.2 Arduino Uno .....	9
Gambar 2.3 Arduino <i>Ethernet Shield</i> .....	10
Gambar 2.4 PZEM 004T .....	11
Gambar 2.5 Modul <i>Relay</i> 5 V .....	12
Gambar 2.6 Power <i>supply</i> 12V .....	13
Gambar 2.7 Modul LM2596 .....	14
Gambar 2.8 <i>Ethernet</i> .....	14
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Metode Penelitian .....	17
Gambar 3.2 Wiring Diagram Alat .....	18
Gambar 3.3 Blok Diagram Cara Kerja Alat .....	21

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi <i>Board</i> Arduino Uno.....	10
Tabel 2. 2 Spesifikasi PZEM-004T .....	12
Tabel 2. 3 Kajian Pustaka Terdahulu.....	15
Tabel 3. 2 Waktu Penelitian.....	26



## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Menurut Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2022 menyebutkan Kementerian Perhubungan Republik Indonesia adalah Kementerian dalam pemerintahan Indonesia yang membidangi urusan transportasi (Nomor et al., 2022). Kementerian perhubungan ini dibagi dalam beberapa institusi, yaitu bidang Sekretariat Jenderal, Inspektorat Jenderal, Direktorat Jenderal perhubungan Darat, Direktorat Jenderal Perhubungan Laut, Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, Badan Penelitian, Pengembangan Sumber Daya Manusia Perhubungan, dan Direktorat Jenderal Perhubungan Perkeretaapian. Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Perhubungan Udara ialah salah satu instansi dibawah Badan Pengembangan Sumber Daya Perhubungan yang bertugas untuk memfasilitasi dan menghasilkan tenaga handal dan profesional dibidang udara.

Politeknik Penerbangan Medan merupakan Perguruan Tinggi Negeri dilingkungan Kementerian Perhubungan yang berada dibawah Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Perhubungan. Politeknik Penerbangan Medan melaksanakan tugas menyelenggarakan program Pendidikan vokasi, penelitian, dan pengabdian kepada masyarakat dibidang penerbangan serta Diklat Transportasi Udara. Politeknik Penerbangan Medan memiliki komitmen yang kuat dalam menyelenggarakan bidang fasilitas dan tenaga pengajar yang profesional untuk mendukung tercapainya keselamatan penerbangan. Hal ini mendasari dibentuknya Program Studi Diploma III Teknik Listrik Bandar Udara, Teknik Telekomunikasi dan Navigasi Udara, Pemanduan Lalu Lintas Udara, Teknik Pemeliharaan Pesawat Udara dan Non Diploma Teknik Pesawat udara.

Program Studi Diploma III Teknik Listrik Bandar Udara merupakan Program Studi yang bertujuan untuk menghasilkan tenaga kerja yang handal dan profesional untuk bidang kelistrikan pada Bandar Udara. Dalam proses pembelajaran, Program Studi ini tidak hanya menekankan teori, tetapi juga praktik langsung di

laboratorium untuk membekali Mahasiswa dengan keterampilan teknis yang relevan dengan dunia kerja.

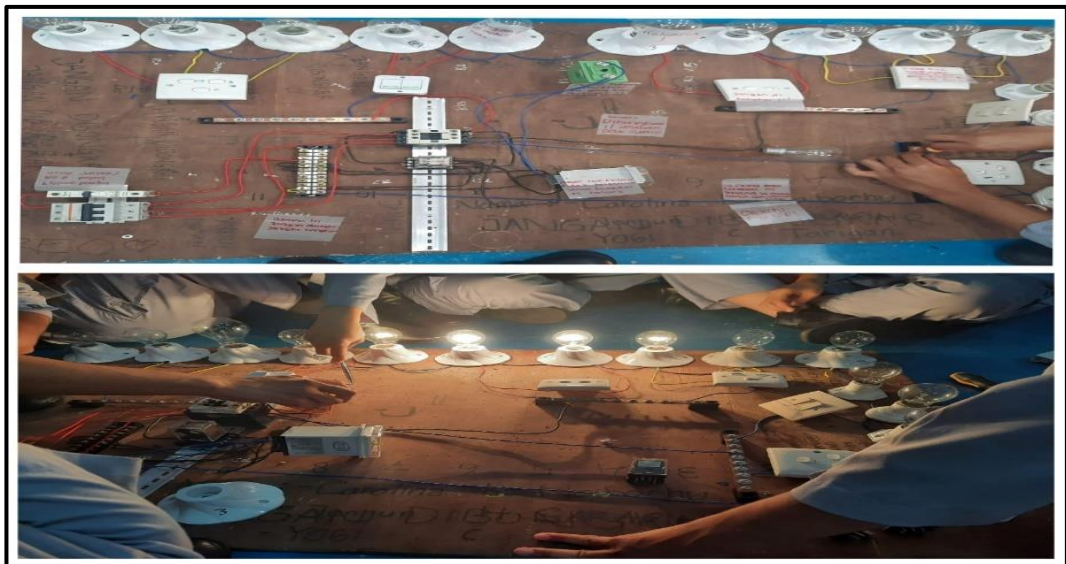
Salah satu kompetensi penting yang harus dimiliki oleh Mahasiswa Program Studi Teknik Listrik Bandar Udara adalah pemahaman dan kemampuan dalam mengaplikasikan sistem proteksi kelistrikan. Kompetensi ini diajarkan secara khusus melalui mata kuliah Sistem Proteksi yang dipelajari pada semester IV. Dalam mata kuliah ini, Mahasiswa mempelajari berbagai konsep dasar dan lanjutan mengenai perlindungan sistem tenaga listrik, termasuk teknik mendeteksi dan mengatasi gangguan seperti arus lebih (*overcurrent*), hubung singkat (*short circuit*), dan tegangan tidak stabil (*undervoltage* atau *overvoltage*).

Adapun media pembelajaran yang digunakan sebagai penunjang wawasan bagi Mahasiswa dalam mata kuliah sistem proteksi yaitu mencakup modul pembelajaran teori dan *trainer* praktikum. *Trainer* atau *prototype* dalam kegiatan praktik biasanya dirakit oleh Mahasiswa untuk mengetahui sistem proteksi listrik. Namun, *prototype* saat ini masih terbatas dikarenakan hanya menampilkan visual cara kerja alat saja atau belum menggunakan *Personal Computer* (PC) untuk menampilkan data parameter listrik. Oleh karena itu, diperlukan suatu alat bantu praktikum berupa *prototype* yang dapat di monitor secara *real-time* menggunakan PC atau Laptop, sehingga *prototype* ini bisa menjadi media pembelajaran interaktif dan mudah dipahami oleh Mahasiswa (Alamsyah et al., 2022).

Dalam rangka mendukung kegiatan belajar mengajar yang lebih aplikatif di Program Studi TLB Politeknik Penerbangan Medan, khususnya bagi mahasiswa tingkat awal atau junior yang akan mempelajari mata kuliah Sistem Proteksi, dirancanglah sebuah **“*Prototype Monitoring Power Meter dan Relay Proteksi untuk Mendeteksi Gangguan Listrik Berbasis Arduino Uno*”**. Rancangan ini bertujuan sebagai media pembelajaran bagi Mahasiswa dalam memahami sistem proteksi kelistrikan. *Prototype* ini dirancang untuk memantau parameter listrik seperti arus secara *real-time*, serta memberikan proteksi otomatis saat terjadi gangguan. Dengan adanya *prototype* ini, diharapkan Mahasiswa dapat mempelajari dan memahami konsep sistem proteksi dan *monitoring* kelistrikan dengan mudah.



Gambar 1.1 Kegiatan Praktek Sistem Proteksi  
Sumber : Penulis, 2025



Gambar 1.2 *Trainer* Praktikum  
Sumber : Penulis, 2025

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari permasalahan yang telah disampaikan di latar belakang perlunya rumusan masalah agar tujuan penelitian dan proses pengembangan ***“Prototype Monitoring Power Meter dan Relay Proteksi untuk Mendeteksi Gangguan Listrik Berbasis Arduino Uno”*** dapat tercapai. Rumusan masalah tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana cara merancang *prototype monitoring power meter* dan *relay* proteksi berbasis Arduino Uno untuk mendeteksi gangguan listrik sebagai media pembelajaran di Poltekbang Medan?
- b. Bagaimana cara kerja sistem *monitoring* dan proteksi gangguan listrik dengan menggunakan *prototype* tersebut?
- c. Bagaimana hasil data dari proses *monitoring* dapat ditampilkan secara *real-time* melalui *Personal Computer* (PC) atau Laptop?

### 1.3 Batasan Masalah

Dikarenakan keterbatasan waktu, biaya dan kemampuan serta untuk memastikan penelitian ini tetap fokus dan dapat diselesaikan dengan baik, beberapa batasan masalah perlu ditetapkan. Batasan masalah ini membantu dalam menentukan ruang lingkup penelitian serta meminimalkan variabel yang tidak relevan. Adapun beberapa poin batasan masalah yaitu :

- a. Sistem proteksi hanya difokuskan untuk mendeteksi arus lebih (*overcurrent*).
- b. *Prototype* ini ditujukan sebagai media pembelajaran bagi Mahasiswa prodi TLB di Poltekbang Medan, bukan untuk implementasi industri skala besar.
- c. Pengujian sistem dilakukan dalam skala kecil (simulasi beban) di laboratorium, bukan pada instalasi listrik dilapangan.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun beberapa tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Merancang *prototype monitoring power meter* dan *relay* proteksi berbasis Arduino Uno untuk mendeteksi gangguan listrik.
- b. Menganalisis cara kerja sistem *monitoring* dan proteksi dalam mendeteksi gangguan listrik.
- c. Mengembangkan media pembelajaran praktikum kelistrikan berbasis *monitoring real-time* di Poltekbang Medan.
- d. Memenuhi salah satu syarat lulus program Diploma III Teknik Listrik Bandar Udara di Politeknik Penerbangan Medan.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan memberikan berbagai manfaat, baik secara praktis maupun teoritis, dalam mendukung operasional dan sistem pengelolaan penerangan.

### **a. Manfaat Praktis**

Menjadi media pembelajaran interaktif bagi Mahasiswa dalam memahami konsep sistem proteksi dan *monitoring* kelistrikan. Membantu dosen dalam menjelaskan materi sistem proteksi listrik secara aplikatif.

### **b. Manfaat Teoritis**

Menambah referensi akademik tentang perancangan sistem proteksi listrik berbasis mikrokontroler Arduino. Memberikan kontribusi bagi pengembangan metode pembelajaran praktikum kelistrikan di lingkungan Poltekbang Medan.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Dari latar belakang, identifikasi masalah, pembatasan masalah, perumusan masalah dan tujuan penulisan, maka sistematika penulisan dari proposal tugas akhir ini adalah :

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini berisi tentang Latar Belakang, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan Penulisan, Hipotesis, Manfaat Penelitian, dan Sistematika Penulisan.

### **BAB II : LANDASAN TEORI**

Pada bab ini berisi tentang teori-teori penunjang dan kajian pustaka dari penelitian sejenis yang telah dilakukan sebelumnya. Teori-teori tersebut mendukung metode penelitian yang relevan terkait rancangan pembuatan alat untuk proyek akhir ini.

### **BAB III : METODE PENELITIAN**

Pada bab ini metode penelitian pada Proposal Proyek Akhir menjelaskan tentang perencanaan, metode, bahan atau materi, alat yang digunakan, dan data yang dibutuhkan, serta gambaran analisis hasil yang diinginkan.

## **BAB 2**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Teori Penunjang**

Pada teori penunjang yang akan penulis bahas berguna untuk mempermudah pemahaman dalam merancang dan mengembangkan *prototype monitoring power meter* dan *relay* proteksi berbasis Arduino Uno. Untuk menyediakan dasar teori yang kokoh, beberapa konsep akan diuraikan pada bagian ini.

##### **2.1.1 *Prototype***

*Prototyping* menurut Ogedebe dan Peter Jacob (2012) merupakan metode pengembangan perangkat lunak, yang berupa model fisik kerja sistem dan berfungsi sebagai versi awal dari *system* (Sugiharti & Mujiastuti, 2023). Dalam konteks pendidikan, khususnya dalam bidang teknik, *prototype* berfungsi sebagai media pembelajaran interaktif yang memungkinkan mahasiswa untuk memahami cara kerja sistem secara langsung melalui praktik. *Prototype* juga menjadi alat bantu untuk mengevaluasi dan menyempurnakan desain, baik dari sisi perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*).

Dalam dunia desain, *prototype*, yang juga dikenal sebagai purwarupa atau arketipe, merupakan representasi awal atau model standar dari suatu produk. *Prototype* ini dibuat sebelum pengembangan lebih lanjut atau sebagai langkah khusus dalam proses pengembangan sebelum produksi skala besar. Selain itu, *Prototype* juga merujuk pada sebuah *framework* Javascript yang bertujuan untuk menyederhanakan pembuatan aplikasi web. Metode *prototyping* dalam pengembangan sistem informasi bukan hanya sekadar perkembangan dari metode yang sudah ada, melainkan juga merupakan perubahan mendasar dalam pengembangan sistem informasi manajemen (Muhyidin et al., 2020).

### 2.1.2 Sistem *Monitoring*



Gambar 2.1 Tipe *Personal Computer*  
Sumber : quicklearncomputer.com

Sistem *monitoring* adalah suatu mekanisme atau rangkaian yang digunakan untuk mengamati, merekam, dan menampilkan data atau kondisi dari suatu proses, sistem, atau peralatan secara *real-time* agar dapat diketahui status dan performanya. Dengan memantau perubahan pada proses dan keluaran, kita mendapatkan informasi berkelanjutan mengenai status dan kecenderungan program. Tujuan utama *monitoring* adalah untuk mengevaluasi kemajuan atau kondisi terhadap target yang ditetapkan, serta memberikan umpan balik yang berguna untuk pengelolaan program yang efektif. Selain itu, *monitoring* bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan program saat ini, sehingga pelaksanaan program dapat segera memenuhi kebutuhan tersebut (A. D. Pangestu et al., 2019).

Sistem *monitoring* melalui *Personal Computer* (PC) merujuk pada penggunaan komputer pribadi sebagai pusat untuk mengumpulkan, memproses, menampilkan, dan menganalisis data dari berbagai sumber atau sistem yang dipantau. PC dalam konteks ini berfungsi sebagai *workstation* atau *dashboard* terpusat bagi pengguna untuk mendapatkan visibilitas terhadap kinerja, status, atau kondisi dari sistem yang diawasinya.

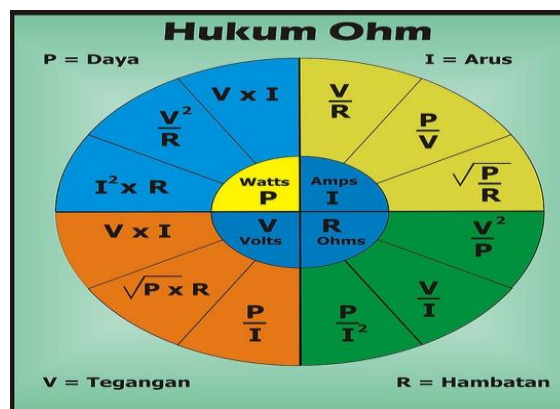
### 2.1.3 Sistem Proteksi

Sistem proteksi yaitu sebuah sistem pengamanan untuk perangkat listrik, yang terjadi akibat gangguan teknis, gangguan alam, kesalahan operasi, dan penyebab yang lainnya (A. B. Pangestu & Dwifanto, 2022). Sistem ini dipasang pada berbagai komponen seperti distribusi, transformator, transmisi, dan generator listrik. Tujuan utamanya adalah mengamankan sistem dari gangguan listrik maupun

beban berlebih. Ketika terjadi masalah, sistem proteksi akan memisahkan bagian yang terganggu agar bagian lain tetap berfungsi dan aliran listrik ke konsumen tidak terputus. Dengan demikian, keandalan seluruh sistem tenaga listrik dapat dipertahankan.

Gangguan arus lebih ditandai dengan lonjakan arus di atas batas beban maksimal. Kondisi ini terbagi menjadi dua jenis yaitu arus beban lebih dan arus hubung singkat. Arus beban lebih muncul akibat penambahan beban yang menyebabkan kenaikan arus yang tidak terlalu signifikan dan masih dapat ditoleransi sistem dalam waktu tertentu. Sementara itu, arus hubung singkat terjadi karena melemahnya isolasi sistem tenaga yang mengakibatkan arus melonjak jauh melebihi batas normal. Jika tidak segera ditangani, arus hubung singkat dapat merusak sistem dengan cepat. Salah satu alat pelindung terhadap arus lebih akibat hubung singkat adalah *Over Current Relay* (OCR), yang berfungsi sebagai proteksi cadangan lokal pada penghantar dan mengamankan penghantar dari gangguan antar fase (Azis & Febrianti, 2019).

#### 2.1.4 Hukum Ohm



Gambar 2.2 Rumus Hukum Ohm

Sumber : Pelajaran.co.id

Hukum Ohm adalah kuat arus yang mengalir didalam suatu penghantar berbanding lurus dengan beda potensial ujung-ujung penghantar itu, semakin besar tegangan listrik semakin besar pula arus yang mengalir dalam rangkaian (Nasution, 2023). Dari penjelasan tersebut menjabarkan hubungan erat antara arus, tegangan, dan hambatan. Intinya, hukum ini menjelaskan bahwa semakin tinggi tegangan



yang diterapkan, semakin besar pula arus listrik yang mengalir. Sebaliknya, jika hambatan dinaikkan, arus listrik yang mengalir akan berkurang. Rumus matematis dari Hukum Ohm adalah:

$$V=I \times R$$

Keterangan:

V = Tegangan (Volt)

I = Arus listrik (Ampere)

R = Hambatan listrik (Ohm)

Selain itu, hukum Ohm juga menjelaskan tentang daya listrik. Daya listrik mengukur seberapa cepat energi dihantarkan dalam suatu sirkuit. Ini menunjukkan jumlah energi listrik yang bergerak per satuan waktu. Hukum ini menyatakan bahwa daya (P) dalam suatu rangkaian listrik merupakan hasil kali antara tegangan (V) dan arus listrik (I). Rumus dasarnya adalah:

$$P=V \times I$$

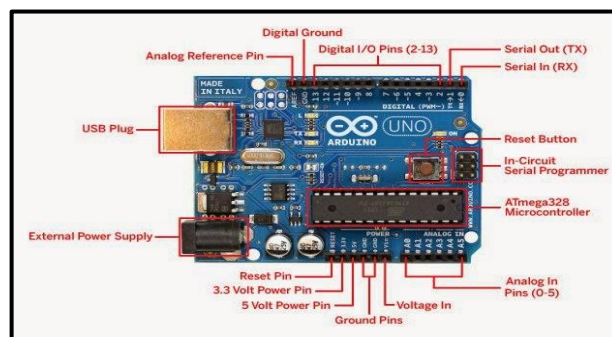
Keterangan:

P= Daya listrik (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus listrik (Ampere)

### 2.1.5 Arduino Uno



Gambar 2.3 Arduino Uno

Sumber : [arduinoindonesia.id](http://arduinoindonesia.id)

Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang didalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel(Y. A. Pangestu, 2021). Mikrokontroler sendiri adalah chip IC (*integrated circuit*) yang didalamnya terdapat mikroprosesor,

memori, *input/output* (I/O), dan komponen pendukung lainnya. Fungsinya adalah menerima input, memprosesnya, dan memberikan output sesuai program yang ditanamkan.

Tabel 2.1 Spesifikasi *Board* Arduino Uno

Chip Mikrokontroler	Atmega328
Tegangan Operasi	5V
Tegangan Input	(disarankan) 7-12V
Batas Tegangan Input	6-20V
Pin Digital I/O	14 (di mana 6 pin <i>output</i> PWM)
Pin Analog Input	6
Arus DC per I/O Pin	40 mA
Arus DC untuk Pin	3.3 V 50 mA
<i>Flash Memory</i>	32 KB (Atmega328), di mana 0,5 KB digunakan oleh <i>bootloader</i>
SRAM	2 KB (Atmega328)
EEPROM	1 KB (Atmega328)
<i>Clocks</i> peed	16 MHz

Sumber : (Elektronika et al., 2018)

### 2.1.6 Arduino *Ethernet Shield*



Gambar 2.4 Arduino *Ethernet Shield*

Sumber : arduinoindonesia.id

*Ethernet shield* adalah modul yang digunakan untuk menghubungkan Arduino ke jaringan komputer menggunakan kabel RJ45 (Gani et al., 2024). Cara penggunaannya cukup sederhana, yaitu dengan memasangnya langsung ke papan Arduino. Perangkat ini dibangun menggunakan *chip Ethernet* Wiznet W5100. Agar program dapat berjalan dan Arduino terhubung ke jaringan, kita perlu menambahkan *library* yang sesuai terlebih dahulu.

### 2.1.7 Power Meter PZEM-004T



Gambar 2.5 PZEM 004T

Sumber : (Prabowo et al., 2023)

*Power meter* adalah alat ukur listrik yang digunakan untuk mengukur dan memantau parameter kelistrikan seperti tegangan (*volt*), arus (*ampere*), daya (*watt*), daya reaktif (VAR), daya semu (VA), faktor daya (*power factor*), dan frekuensi secara *real-time*. *Power meter* biasanya digunakan untuk mengetahui seberapa besar konsumsi listrik pada suatu instalasi atau peralatan, serta memantau kualitas daya listrik.

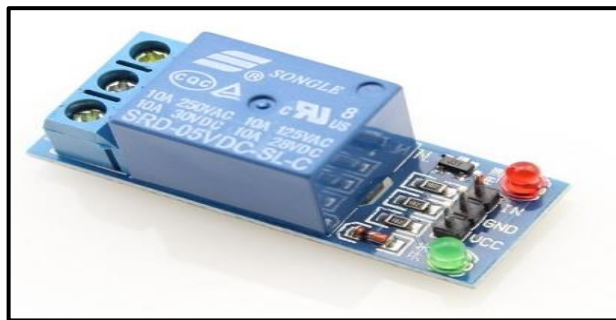
PZEM-004T adalah sebuah modul pengukur daya listrik AC (*Alternating Current*) yang populer digunakan dalam berbagai proyek elektronika, terutama yang melibatkan monitoring konsumsi energi. Modul ini dirancang untuk mengukur beberapa parameter penting dalam sistem kelistrikan AC satu fasa. Modul PZEM-004T memudahkan pengukuran parameter listrik seperti arus, tegangan, daya, dan energi. *Output* datanya berupa serial, yang berarti kontroler lain perlu menggunakan komunikasi serial untuk menerima informasi ini. Kemudahan integrasi menjadi salah satu keunggulan PZEM-004T karena kontroler dapat langsung membaca keluarannya. Akan tetapi, penting untuk dicatat bahwa modul ini kurang akurat dalam mengukur arus pada level miliampere. Dengan dimensi 3.1 cm × 4 cm, PZEM-004T juga dilengkapi dengan *current transformer* 3.3 cm yang mendukung pengukuran arus maksimal 100A (Prabowo et al., 2023).

Tabel 2.2 Spesifikasi PZEM-004T

Fungsi	Rentang Pengukuran	Resolusi	Ketepatan
<i>Voltase</i>	80-260 V	0,1 V	0,5%
<i>Current</i>	0-10 A atau 0-100 A	0,01 A atau 0,02 A	0,5%
Daya Aktif	0-2,3 kW atau 0-23 kW	0,1 W	0,5%
Energi Aktif	0-9999,99 kWh	1 jam	0,5%
Frekuensi	45-65 Hz	0,1 Hz	0,5%
Faktor Daya	0,00-1,00	0,01	1%

Sumber : github.com

### 2.1.8 Relay Proteksi 5V



Gambar 2.6 Modul Relay 5 V

Sumber : ecadio.com

*Relay* merupakan komponen saklar (*switch*) yang dikendalikan menggunakan listrik dan merupakan salah satu komponen *Electromechanical* yang terdiri dari 2 bagian utama yakni kumparan magnet (*coil*) dan bagian mekanik (kontak saklar/*switch*) (Nazhrullah & Aria Kharisma, 2023). Komponen ini sering digunakan dalam sistem proteksi elektronik dan IoT karena kemampuannya mengisolasi rangkaian kontrol (*low voltage*) dengan beban listrik (*high voltage*).

Meskipun tegangan kontrolnya 5V, *relay* proteksi dapat digunakan untuk mendeteksi berbagai jenis gangguan atau kondisi abnormal, tergantung pada rangkaian eksternal dan sensor yang terhubung dengannya. *Relay* Proteksi 5V juga berfungsi untuk pemutus arus otomatis saat terdeteksi gangguan (*overcurrent*, *short circuit*), isolator listrik antara rangkaian kontrol serta beban, dan saklar pengaman untuk mencegah kerusakan perangkat.

Prinsip kerja *relay* serupa dengan kontaktor magnet, yaitu mengandalkan medan magnet yang timbul dari kumparan (*coil*) ketika dialiri arus listrik. *Relay* dibedakan menjadi tipe DC dan AC berdasarkan sumber listriknya, dengan variasi

tegangan DC pada kumparan (seperti 6V, 12V, 24V, 48V) dan tegangan AC yang umum sebesar 220V. *Relay* terdiri dari kumparan yang berfungsi sebagai penghasil medan magnet saat berarus, dan kontak yang bertindak sebagai saklar yang statusnya dikendalikan oleh keberadaan arus pada kumparan. Kontak memiliki dua kondisi awal: *Normally Open* (terbuka sebelum aktif) dan *Normally Closed* (tertutup sebelum aktif). Secara sederhana, ketika kumparan dialiri listrik (*energized*), akan muncul gaya elektromagnet yang menarik *armature* yang memiliki pegas, sehingga menyebabkan kontak menjadi tertutup (Sinulingga, 2020).

### 2.1.9 Power Supply



Gambar 2.7 Power supply 12V  
Sumber : indonesian.alibaba.com

*Power supply* adalah perangkat keras yang berfungsi untuk menyuplai tegangan langsung ke komponen dalam casing yang membutuhkan tegangan. *Input power supply* berupa arus bolak-balik (AC) sehingga *power supply* harus mengubah tegangan AC menjadi DC (arus searah) (Triawan & Sardi, 2020).

Power supply 12V 3A, yang tampak pada Gambar 2.6, menerima *input* tegangan bolak-balik (AC) antara 110 hingga 240 Volt dan menghasilkan *output* tegangan searah (DC) sebesar 12 Volt. Perangkat ini mampu menyalurkan daya hingga 3 Ampere atau setara dengan 36 Watt. Dimensinya adalah panjang 8,5 cm, lebar 3,5 cm, dan tinggi 5,8 cm, serta terdiri dari beberapa komponen yang menjalankan fungsi spesifik. Terminal L/N berfungsi sebagai *input* DC dari jaringan listrik PLN. Di samping terminal L/N terdapat konektor untuk kabel *ground*. Sementara itu, terminal -v (negatif) dan +v (positif) adalah output yang akan disambungkan ke rangkaian elektronik.

#### 2.1.10 Modul LM2596

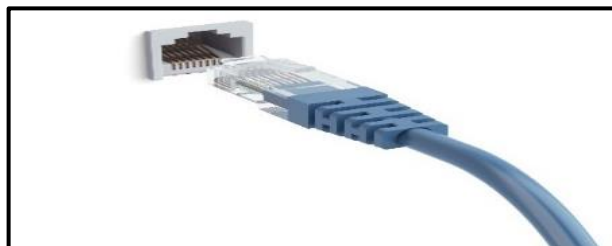


Gambar 2.8 Modul LM2596

Sumber : jumia.com.ng

Modul *stepdown* LM2596 adalah modul yang memiliki IC LM 2596 sebagai komponen utamanya. IC LM2596 adalah sirkuit terpadu/*integrated circuit* yang berfungsi sebagai *Step-Down DC converter* (Sumardi, 2019). LM2596 menurunkan tegangan *input* tinggi misalnya 12V atau 24V DC ke tegangan *output* rendah yang bisa disesuaikan misalnya 5V atau 3.3V, sesuai dengan kebutuhan perangkat seperti Arduino, sensor, *relay*, dan modul komunikasi. Karena menggunakan sistem *switching regulator*, LM2596 memiliki efisiensi tinggi hingga 80–90% dibandingkan dengan regulator linier seperti 7805 yang cenderung membuang energi dalam bentuk panas.

#### 2.1.11 Ethernet



Gambar 2.8 Ethernet

Sumber : TechTerms.com

*Ethernet* adalah teknologi jaringan yang menggunakan kabel untuk menghubungkan perangkat komputer, biasanya dalam jaringan area lokal (*Local Area Network*) atau jaringan area luas (*Wide Area Network*). Ini memungkinkan perangkat untuk mengirim dan menerima data melalui kabel, baik untuk komunikasi antar perangkat dalam jaringan lokal maupun untuk mengakses

jaringan yang lebih luas seperti internet. Kabel *Ethernet* biasanya memiliki konektor RJ45 dan tersedia dalam berbagai jenis, seperti UTP (*Unshielded Twisted Pair*). *Ethernet* menawarkan kecepatan tinggi, keandalan yang lebih baik, dan keamanan yang lebih mudah dikelola dibandingkan dengan jaringan nirkabel (Pratiwi et al., 2024).

## 2.2 Kajian Pustaka Terdahulu yang Relevan

Tabel 2. 3 Kajian Pustaka Terdahulu

Judul	Tahun	Peneliti	Keterangan
<i>Relay</i> Proteksi Arus Lebih Berbasis Mikrokontroller Arduino	2023	Aria Kharisma dan Galang Nazharullah	a. Menggunakan <i>Relay</i> Proteksi untuk memutuskan arus lebih pada beban b. Mikrokontroler yang digunakan yaitu Arduino Nano
Rancang Bangun <i>Prototype</i> Otomatisasi Proteksi dan <i>Monitoring</i> Listrik Rumah Tangga dengan IoT ESP 32	2022	Mangara Mual dan Gunawan Lubis	a. PZEM-004T digunakan untuk mengukur tegangan rms, arus rms dan daya aktif yang dapat dihubungkan melalui arduino ataupun <i>platform opensource</i> lainnya.
<i>Prototype</i> Pengawas Sistem Proteksi Arus Lebih Elektronik secara Nirkabel	2020	Arif Rahmadi Anwar dan Diky Siswanto	a. Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno b. Data yang diterima oleh Arduino uno akan dikirimkan ke <i>online database</i> dengan menggunakan <i>wifi shield</i> ESP8266, kemudian data tersebut akan ditampilkan pada aplikasi dalam ponsel Android.

Sumber : Penulis, 2025

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode R&D (*Research and Development*). R&D merupakan pendekatan penelitian yang bertujuan untuk menciptakan produk spesifik sekaligus menguji efektivitasnya. Proses menghasilkan produk dilakukan melalui analisis kebutuhan, sementara pengujian efektivitas bertujuan agar produk dapat berfungsi dengan baik di masyarakat luas.

Prosedur penelitian ini menggunakan model pengembangan ADDIE yang dikembangkan oleh Dick and Carry (1996). Menurut Dick and Carry, ADDIE adalah metode penelitian yang menggunakan lima tahap pengembangan, yaitu *Analyze* (Analisa), *Design* (Perancangan), *Development* (Pengembangan), *Implement* (Implementasi) dan *Evaluate* (Evaluasi).

a. *Analyze*

Tahap ini bertujuan untuk memahami kebutuhan dan masalah yang akan diselesaikan. Dalam proses pembuatan *prototype* ini, alat akan digunakan sebagai kebutuhan pembelajaran Mahasiswa program studi TLB di Poltekbang Medan, sehingga Mahasiswa mampu dalam memahami sistem kelistrikan.

b. *Design*

*Design* yang dimaksud yaitu fokus pada perancangan sistem atau *prototype* berdasarkan hasil analisis yaitu menentukan spesifikasi alat dan skema sistem, mendesain diagram alur serta komponen perangkat keras dan perangkat lunak.

c. *Development*

Tahap pengembangan ialah tahap pembuatan alat dan perangkat lunak berdasarkan desain sebelumnya. Kegiatan pada tahap ini mencakup perakitan komponen *hardware* yang akan menjadi satu kesatuan perangkat kerja serta pengembangan perangkat lunak atau *software*.

d. *Implement*

Implementasi merupakan tahap penggunaan dan penerapan *prototype* di lingkungan nyata atau simulasi pembelajaran. Salah satu contoh kegiatan pada

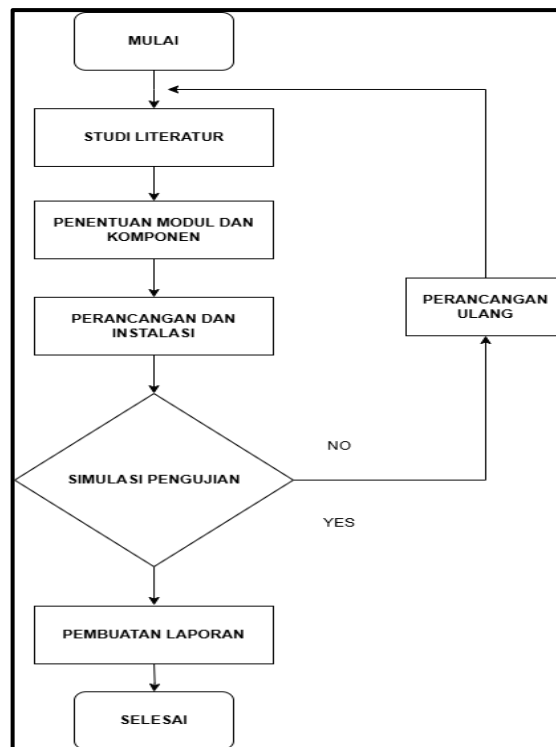


tahap ini yaitu Mahasiswa mengoperasikan prototype di laboratorium atau digunakan sebagai media praktikum.

e. *Evaluate*

Evaluasi adalah tahap menilai efektivitas sistem yang dikembangkan. Tahap ini dilakukan setelah implementasi untuk menilai seberapa baik *prototype* membantu pembelajaran.

Tahapan metode penelitian tersebut digunakan untuk proses merancang alat yaitu sebuah *prototype* yang berguna sebagai media pembelajaran Mahasiswa di kampus. Dalam proses perancangan *prototype* ini hanya fokus menggunakan tiga tahapan dari metode penelitian ADDIE yaitu *Analyze*, *Design*, dan *Development*.



Gambar 3.1 *Flowchart* Metode Penelitian

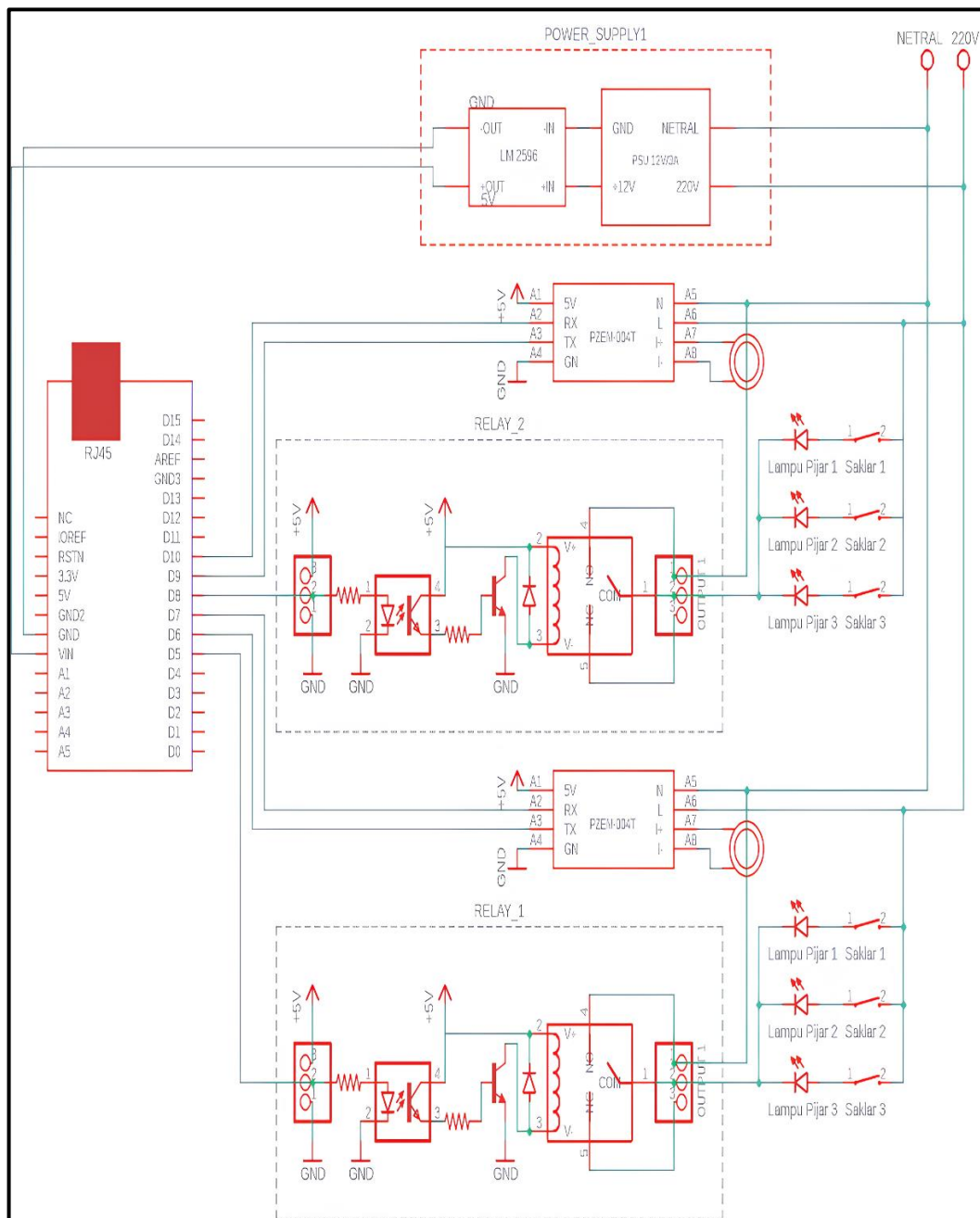
### 3.2 Perancangan Alat

Perancangan *prototype monitoring power meter* dan *relay* proteksi dalam proyek ini dimulai dengan menganalisis kebutuhan dan spesifikasi teknis yang diperlukan untuk memastikan alat dapat berfungsi secara optimal dalam mengetahui gangguan pada sistem kelistrikan. Perancangan juga berguna untuk merencanakan, mengembangkan serta membuat desain alat atau instrumen. Hasil

dari perancangan alat akan menjadi bagian dari pengembangan produk atau penelitian, di mana alat yang dibuat dapat digunakan untuk mengukur atau memfasilitasi aktivitas tertentu.

### 3.2.1 Desain Alat

Berikut ini merupakan *wiring* diagram rancangan desain alat yang akan dikerjakan, yaitu :



Gambar 3.2 *Wiring* Diagram Alat

- a. *Power Supply* berfungsi untuk mengubah tegangan PLN 220V menjadi 12V DC. Tegangan 12V ini masuk ke modul LM2596, sebuah *buck converter* yang menurunkan tegangan menjadi 5V DC untuk mensuplai Arduino Uno, PZEM-004T, dan modul *relay*.
- b. Arduino Uno menjadi pusat pengendali (mikrokontroler) dalam sistem ini. Pin-pin digital (seperti D2, D3, D4, dst.) digunakan untuk mengendalikan modul *relay* dan membaca data dari modul sensor PZEM-004T.
- c. Ada dua modul PZEM-004T yang masing-masing mengukur arus dari beban (lampu). Modul ini menerima *input* listrik dari sumber PLN, lalu data pengukuran dikirim ke Arduino melalui pin TX dan RX.
- d. Terdapat dua unit *relay*, masing-masing untuk tiga beban/lampu. *Relay* dikontrol oleh Arduino berdasarkan data pengukuran dari PZEM-004T. Jika terdeteksi gangguan misalnya arus lebih, Arduino akan memutuskan aliran listrik ke lampu dengan memutuskan kontak *relay*.
- e. Terdapat masing-masing 3 lampu pijar pada *power meter* yang berfungsi sebagai beban simulasi. Lampu akan menyala jika tidak ada gangguan dan diputus oleh *relay* jika terjadi gangguan.
- f. Arduino terhubung ke jaringan melalui *Ethernet Shield* (melalui RJ45), yang kemudian terhubung ke PC untuk *monitoring*. Data parameter listrik ditampilkan secara *real-time* di PC sebagai media pembelajaran interaktif.

### 3.2.2 Cara Kerja Alat

*Prototype Monitoring Power Meter dan Relay* Proteksi untuk Mendeteksi Gangguan Listrik Berbasis Arduino Uno ini dirancang untuk memberikan pemahaman praktis kepada Mahasiswa Politeknik Penerbangan Medan dalam hal sistem proteksi listrik. Proses kerja alat dimulai dari sumber arus listrik yang melewati *power supply* untuk mengubah tegangan PLN 220V menjadi 12V DC. Tegangan 12V ini masuk ke modul LM2596, sebuah *buck converter* yang menurunkan tegangan menjadi 5V DC untuk mensuplai Arduino Uno, PZEM-004T, dan modul *relay*. Setelah itu, *Power Meter* PZEM-004T mengukur parameter listrik utama yaitu arus. Data pengukuran dikirimkan ke Arduino Uno, yang berfungsi sebagai pusat pengolahan data dan pengontrol sistem. Arduino Uno memproses

data tersebut dan kemudian membandingkannya dengan batas-batas aman yang telah diprogram.

Beban yang digunakan pada *prototype* ini yaitu berupa lampu pijar. Ada sebanyak tiga lampu pijar yang dipasang pada setiap *power meter* PZEM-004T. Kapasitas daya masing-masing lampu di *power meter* pertama yaitu 5 watt, 25 watt dan 40 watt, sehingga total daya yang dihasilkan adalah 70 watt. Sedangkan, total beban pada *power meter* kedua adalah 30 watt, dengan kapasitas daya masing-masing lampu yaitu 5 watt, 10 watt dan 15 watt. Pada *power meter* pertama ditetapkan arus maksimal yaitu 0,29A dan *power meter* kedua yaitu 0,11A. Berikut merupakan perhitungan total arus yang dihasilkan beban pada masing-masing *power meter* menggunakan persamaan berikut :

$$P = V \times I \quad (3.1)$$

Dari persamaan tersebut dapat kita ketahui rumus untuk mencari arus pada beban yaitu :

$$I = \frac{P}{V} \quad (3.2)$$

Setelah mengetahui rumus arus dapat kita ketahui total arus pada beban di *power meter* pertama yaitu :

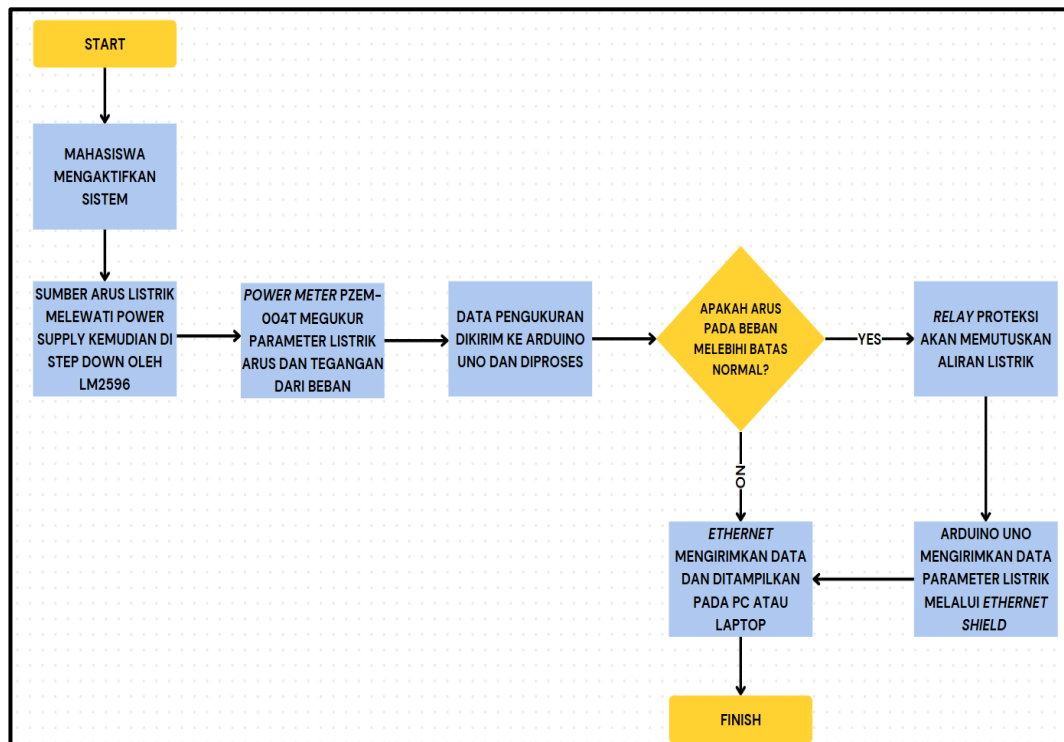
$$I_1 = \frac{P}{V} = \frac{70}{220} = 0,31 \text{ A} \quad (3.3)$$

Dengan menggunakan rumus yang sama, dapat diketahui total arus pada beban di *power meter* kedua yaitu :

$$I_2 = \frac{P}{V} = \frac{30}{220} = 0,13 \text{ A} \quad (3.4)$$

Hasil perhitungan arus listrik ( $I_1$  dan  $I_2$ ) ini menjadi acuan dalam pengaturan batas arus maksimal pada sistem proteksi yang terhubung ke *power meter*. Jika arus aktual yang terdeteksi oleh Arduino Uno melebihi batas yang telah ditetapkan yaitu 0,29A dan 0,11A, maka *relay* proteksi akan aktif untuk memutus aliran listrik, mencegah kerusakan atau risiko lain akibat gangguan listrik. Selain itu, Arduino Uno juga mengirimkan data parameter listrik melalui *Ethernet Shield* ke jaringan. Data ini kemudian disebarkan ke PC atau laptop, di mana *local server* akan menampilkan informasi tersebut secara visual. Dengan demikian, Mahasiswa atau

pengguna dapat melakukan *monitoring* kondisi listrik secara *real-time* dan memahami konsep-konsep kelistrikan melalui data yang tersaji, menjadikannya media pembelajaran yang efektif.



Gambar 3.3 Blok Diagram Cara Kerja Alat

### 3.2.3 Komponen Perangkat Keras

#### a. *Power Supply* 12V

*Power supply* adalah perangkat yang digunakan untuk menyediakan sumber daya listrik ke komponen elektronik. Pada rangkaian ini *power supply* digunakan untuk memberikan tegangan *input* melalui LM2596 ke Arduino Uno, PZEM-004T, dan *relay*.

#### b. LM2596

LM2596 adalah modul *step-down (buck) voltage regulator* yang digunakan untuk menurunkan tegangan dari sumber listrik yang lebih tinggi ke tingkat tegangan yang lebih rendah dan stabil. Modul ini digunakan untuk mengubah tegangan dari *power supply* 12V menjadi 5V. Tegangan output dari LM2596 ini akan disalurkan ke komponen-komponen seperti Arduino Uno, PZEM-004T, dan *relay*.

c. *Power Meter* PZEM-004T

Setelah melewati MCB, arus listrik diukur oleh *power meter*. PZEM-004T berfungsi mengukur parameter kelistrikan yaitu tegangan dan arus. *Power meter* ini mengirim data pengukuran ke Arduino Uno melalui komunikasi serial TTL.

d. Arduino Uno

Arduino Uno berfungsi menerima data pengukuran dari *power meter*. Selain itu, Arduino Uno memproses data serta mengecek apakah parameter listrik melebihi ambang batas yang sudah diprogram. Jika parameter normal, sistem tetap berjalan. Sedangkan, apabila terjadi *overcurrent/overvoltage* pada beban, Arduino mengaktifkan *relay* proteksi untuk memutus aliran listrik secara otomatis.

e. *Relay* Proteksi 5V

*Relay* proteksi dikendalikan oleh Arduino berdasarkan hasil *monitoring* parameter listrik. Jika terjadi gangguan sebagai contoh yaitu arus lebih, tegangan rendah/tinggi, Arduino akan mengaktifkan *relay* proteksi dan memutuskan aliran listrik untuk melindungi sistem. Setelah kondisi normal, *relay* bisa diaktifkan kembali secara otomatis/manual. *Relay* juga berfungsi sebagai proteksi tambahan otomatis selain proteksi dari MCB.

f. Arduino *Ethernet Shield*

Arduino *Ethernet Shield* bertugas menghubungkan Arduino Uno ke jaringan *Ethernet*. Data hasil *monitoring* yaitu tegangan dan arus dari Arduino dikirimkan melalui *Ethernet Shield* ke jaringan lokal (LAN).

g. *Ethernet*

Kabel *Ethernet* menghubungkan Arduino *Ethernet Shield* ke PC. *Ethernet* mengatur distribusi data ke komputer (PC) yang terhubung di jaringan lokal.

h. PC (*Personal Computer*) atau Laptop

PC menerima data dari Arduino Uno melalui jaringan *Ethernet*. Data ditampilkan dalam aplikasi *monitoring* berbasis *web* atau *software* khusus. Pada PC akan menampilkan data dari tegangan dan arus beban.

Operator atau mahasiswa dapat memonitor parameter listrik secara *real-time*.

### 3.2.4 Komponen Perangkat Lunak

a. Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan Lingkungan Pengembangan Terintegrasi adalah sebuah perangkat lunak aplikasi yang memberikan fasilitas lengkap untuk pengembangan perangkat lunak. Arduino IDE ini memiliki fungsi utama untuk menulis, mengedit, kompilasi, dan mengunggah kode program ke papan Arduino. Arduino IDE juga menyediakan fitur-fitur seperti *editor* teks untuk menulis kode, *compiler* untuk mengubah kode menjadi bahasa mesin, dan *uploader* untuk mengirimkan kode ke papan Arduino.

b. Local Server

Pada *prototype* ini, *local server* berfungsi sebagai media tampilan atau antarmuka untuk memantau parameter listrik secara *real-time*. *Local server* dibuat menggunakan perangkat lunak yang dijalankan pada komputer lokal (PC) dan dihubungkan melalui jaringan *Ethernet* menggunakan *Ethernet Shield* yang terpasang pada Arduino Uno. *Local server* memungkinkan pengguna, dalam hal ini mahasiswa atau instruktur, untuk mengakses data melalui *browser web* tanpa memerlukan koneksi internet, cukup dengan IP *address* dari perangkat Arduino. Tampilan yang disajikan bersifat interaktif dan mudah dibaca, sehingga memudahkan dalam proses pembelajaran maupun analisis gangguan listrik. Dengan adanya *local server* ini, *prototype* dapat berfungsi tidak hanya sebagai alat proteksi tetapi juga sebagai media pembelajaran yang mendukung kegiatan praktikum sistem proteksi di laboratorium.

### 3.3 Teknik Pengujian Alat

Pada tahap pengujian alat yang akan di uji berguna untuk mengetahui apakah alat dapat bekerja dengan akurat, efisien, dan aman digunakan. Adapun beberapa komponen yang harus di uji dari *prototype* ini yaitu :

a. *Power Supply* 12V

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa *power supply* memberikan tegangan yang stabil dan sesuai kebutuhan komponen dalam sistem seperti Arduino Uno, PZEM-004T, dan *relay*. Teknik pengujian dilakukan dengan menggunakan *multimeter*. Sambungkan *multimeter* ke *output power supply* misalnya ke LM2596, kemudian cek apakah tegangan *output* sesuai dengan yang dibutuhkan yaitu 5V.

b. *Power Meter* (PZEM-004T)

Pengujian PZEM-004T dilakukan untuk menguji keakuratan dan fungsi sensor dalam mengukur arus. Teknik pengujiannya yaitu dengan menyambungkan PZEM-004T ke beban dan Arduino. Kemudian gunakan alat ukur eksternal seperti *multimeter* sebagai pembanding. Bandingkan data *output* PZEM-004T dengan alat ukur *multimeter*.

c. Arduino Uno

Pengujian dilakukan agar memastikan Arduino menerima dan memproses data serta memberikan logika kendali ke *relay* dan komunikasi ke PC. Untuk Teknik pengujian dilakukan dengan meng-*upload* program melalui serial monitor. Lalu, lakukan simulasi perubahan nilai arus. Kemudian, periksa apakah Arduino merespons kondisi tertentu dengan benar.

d. *Relay* Proteksi 5V

Menguji apakah *relay* bekerja sesuai perintah dari Arduino untuk memutus/menghubungkan beban listrik. Teknik pengujian pada *relay* dilakukan dengan menghubungkan *relay* ke Arduino dan beban. Buat program sederhana untuk mengaktifkan dan menonaktifkan *relay*. Kemudian, uji kemampuan *relay* dalam memutuskan daya saat arus lebih.



### 3.4 Teknik Analisa Data

Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan sebuah media pembelajaran berbasis Arduino Uno untuk materi sistem proteksi. Media ini diharapkan dapat meningkatkan pemahaman Mahasiswa mengenai cara kerja dan pengoperasian sistem proteksi secara langsung dan interaktif. Guna memastikan media pembelajaran ini berhasil, penulis menggunakan analisis data sebagai metode validasi terhadap temuan yang diperoleh selama pengujian alat dan penerapan media pembelajaran.

Teknik analisa data dalam metode penelitian R&D (*Research and Development*) terbagi menjadi dua yaitu metode kuantitatif dan metode kualitatif. Analisis data kuantitatif dilakukan untuk mengukur hasil uji coba produk secara objektif menggunakan angka-angka atau data numerik. Sedangkan, analisis data kualitatif dilakukan untuk menggali pendapat, tanggapan, dan masukan dari pengguna atau responden, seperti dosen dan mahasiswa.

Proyek akhir ini menggunakan analisis data kuantitatif, dimana data kuantitatif bisa diperoleh dari pengujian parameter listrik seperti arus saat terjadi gangguan. Data tersebut dianalisis menggunakan statistik deskriptif, seperti rata-rata dan persentase untuk melihat kinerja alat. Analisis ini membantu menilai apakah *prototype* sudah berfungsi sesuai tujuan dan apakah hasilnya konsisten serta dapat diandalkan.

### 3.5 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat dan waktu penelitian adalah dua elemen penting dalam sebuah penelitian. Keduanya memberikan konteks yang jelas tentang bagaimana dan kapan penelitian itu dilakukan. Berikut penjelasan singkat tentang tempat dan waktu penelitian :

- a. Tempat penelitian : Tempat penelitian mengacu pada lokasi pengumpulan data atau pelaksanaan eksperimen, yang dapat berupa tempat fisik seperti laboratorium, lapangan, atau institusi. Kegiatan penelitian dan perancangan ini dilakukan di Politeknik Penerbangan Medan.

- b. Waktu penelitian : Periode waktu penelitian mencakup seluruh proses penelitian, mulai dari pengumpulan data hingga penulisan laporan. Informasi yang perlu dicantumkan adalah tanggal mulai penelitian, durasi penelitian, dan tanggal selesai pengumpulan data.

Tabel 3. 1 Waktu Penelitian

No.	Kegiatan	Tahun 2025					
		Feb	Mar	April	Mei	Juni	Juli
1.	Penentuan judul Proyek Akhir						
2.	Penyusunan Proposal						
3.	Seminar Proposal						
4.	Perancangan dan pembuatan alat						
5.	Pengujian alat dan Analisa data						
6.	Seminar hasil Proyek Akhir						

## DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, N., Muhayddin, R., & Darmawansyah, A. (2022). Media Pembelajaran Pada Mata Kuliah Robotika. *JTEK: Jurnal Teknologi Komputer*, 2(2), 190–195.
- Azis, A., & Febrianti, I. K. (2019). Analisis Sistem Proteksi Arus Lebih Pada Penyulang Cendana Gardu Induk Bungaran Palembang. *Jurnal Ampere*, 4(2), 332. <https://doi.org/10.31851/ampere.v4i2.3468>
- Elektronika, T., Studi, P., Elektro, T., & Jakarta, F. (2018). *Pendistribusian Air Berbasis Mikrokontroler*. XX(2), 85–91.
- Gani, M., Kusuma, F., & Prakosa, B. A. (2024). *Vending machine snack dengan pemanfaatan kartu rfid*. 8(6), 11491–11498.
- Muhyidin, M. A., Sulhan, M. A., & Sevtiana, A. (2020). Perancangan Ui/Ux Aplikasi My Cic Layanan Informasi Akademik Mahasiswa Menggunakan Aplikasi Figma. *Jurnal Digit*, 10(2), 208. <https://doi.org/10.51920/jd.v10i2.171>
- Nasution, F. H. (2023). Pengaruh Penguasaan Hukum Ohm Terhadap Hasil Belajar Fisika Siswa Pada Materi Pokok Daya Listrik Kelas Ix Mts Padang Lawas Utara. *JURNAL PhysEdu (PHYSICS EDUCATION)*, 5(1), 10–14. <https://doi.org/10.37081/physedu.v5i1.4931>
- Nazhrullah, G., & Aria Kharisma. (2023). Relay Proteksi Arus Lebih Berbasis Mikrokontroler Arduino. *PoliGrid*, 4(1), 32–40. <https://doi.org/10.46964/poligrid.v4i1.9>
- Nomor, P., Tahun, / P, Pembentukan, T., Negara, K., & Pengangkatan, D. (2022). *Menimbang Mengingat PRESIDEN ELIK INDONES PERATURAN PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA RAHMATTUHAN YANG MAHA ESA PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA, bahwa sebagai tindak lanjut ditetapkan Keputusan*. 1346544.
- Pangestu, A. B., & Dwifanto, F. (2022). *SISTEM PROTEKSI JARINGAN LISTRIK I FASA BERBASIS IoT*. 5(2), 196–205. <https://doi.org/10.32493/epic.v5i2.28418>
- Pangestu, A. D., Ardianto, F., & Alfaresi, B. (2019). Sistem Monitoring Beban Listrik Berbasis Arduino Nodemcu Esp8266. *Jurnal Ampere*, 4(1), 187. <https://doi.org/10.31851/ampere.v4i1.2745>
- Pangestu, Y. A. (2021). Sistem Kendali Kecepatan Kursi Roda. (*Doctoral Dissertation, Universitas Komputer Indonesia*), 21–32.
- Prabowo, Y., Narendro, A., Wisjhnuadji, T., & Siswanto, S. (2023). Uji Akurasi Modul Kwh Meter Digital Pzem-004T Berbasis Pengendali Digital Esp32. *SKANIKA: Sistem Komputer Dan Teknik Informatika*, 6(2), 85–96. <https://doi.org/10.36080/skanika.v6i2.3064>
- Pratiwi, J. A., Utami, S., & Rahardjo, A. H. (2024). Rancang Bangun Lampu Pintar Menggunakan Kontrol Fuzzy Logic dengan Teknologi Power Over Ethernet (PoE) berbasis PLTS. *Prosiding the 15th Industrial Research Workshop and National Seminar*, 3, 555–562. <https://jurnal.polban.ac.id/proceeding/article/view/6318>

- Sinulingga, R. K. (2020). Rancang Bangun Prototipe Over Current Relay Sebagai Sistem Proteksi Dan Monitoring Arus Berbasis Internet Of Things. *Universitas Medan Area*, 1–59. <https://repositori.uma.ac.id/>
- Sugiharti, T. I., & Mujiastuti, R. (2023). Pembuatan Prototype Aplikasi Mimopay Dengan Metode Design Thinking. *Just IT: Jurnal Sistem Informasi, Teknologi Informasi Dan Komputer*, 13(3), 191–198. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/just-it/index>
- Sumardi. (2019). Sistem Keamanan Kendaraan Bermotor Menggunakan SMS dengan GPS Tracking Berbasis Arduino. *Metik Jurnal*, 3(1), 1–9.
- Triawan, Y., & Sardi, J. (2020). Perancangan Sistem Otomatisasi Pada Aquascape Berbasis Mikrokontroller Arduino Nano. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 1(2), 76–83. <https://doi.org/10.24036/jtein.v1i2.30>

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

No.	Komponen Pembiayaan	Volume		Biaya (Rp)
		Jumlah	Harga Satuan (Rp)	
A. Komponen Utama				
1.	MCB 1 phase	1 pcs	91.000	91.000
2.	<i>Power Meter</i> PZEM-004T	2 pcs	125.000	250.000
3.	Arduino Uno	1 pcs	97.000	97.000
4.	<i>Relay</i> 5V	2 pcs	20.000	40.000
5.	Arduino <i>Ethernet Shield</i>	1 pcs	160.000	160.000
6.	Kabel <i>Ethernet</i>	1 pcs	35.000	35.000
7.	Power Supply 12V 3A	1 pcs	35.000	35.000
8.	LM2596	1 pcs	11.000	11.000
9.	Lampu Pijar	6 pcs	5.000	30.000
10.	<i>Switch ON/OFF</i>	6 pcs	3.000	18.000
B. Komponen Pendukung				
1.	Kabel <i>Jumper</i>	2 pack	10.000	20.000
2.	Papan Akrilik	40x60 cm	50.000	50.000
Total Keseluruhan				837.000