

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pada era perkembangan zaman yang semakin maju, energi listrik telah menjadi kebutuhan utama dalam berbagai aspek kehidupan, baik di sektor rumah tangga, industri, maupun pendidikan. Perkembangan teknologi yang pesat menyebabkan tingkat ketergantungan terhadap sistem tenaga listrik semakin tinggi. Kondisi ini menuntut adanya sistem yang mampu menjamin keamanan dan keandalan instalasi listrik agar terhindar dari berbagai gangguan yang dapat merugikan pengguna. Dengan demikian, dibutuhkan suatu sistem proteksi dengan kemampuan menjaga peralatan listrik agar tetap aman dan beroperasi secara optimal (Kiswantono, 2025).

Sistem proteksi dalam kelistrikan merupakan suatu mekanisme yang berfungsi untuk mendeteksi adanya gangguan serta melakukan tindakan pengamanan seperti pemutusan arus listrik secara otomatis. Secara umum, sistem proteksi yang banyak digunakan masih bersifat konvensional, seperti *Miniature Circuit Breaker* (MCB) atau *relay* elektromagnetik. Sistem tersebut bekerja dengan prinsip sederhana, yaitu memutus arus ketika terjadi beban berlebih (*overcurrent*). Namun, sistem proteksi konvensional masih memiliki keterbatasan, seperti belum mampu mendeteksi gangguan tegangan lebih (*overvoltage*) secara optimal serta tidak memiliki fitur monitoring yang informatif dan fleksibel bagi pengguna (Nursalim et al., 2022).

Sejalan dengan kemajuan teknologi yang semakin canggih, sistem proteksi berbasis mikrokontroler mulai dikembangkan untuk meningkatkan efektivitas dan akurasi dalam mendeteksi gangguan listrik. Sistem proteksi yang baik tidak hanya mampu memutus arus saat terjadi gangguan, tetapi juga dapat melakukan monitoring secara *real-time*, memiliki respons yang cepat, serta menyediakan kemudahan dalam pengaturan batas proteksi sesuai kebutuhan pengguna. Selain itu, sistem proteksi modern juga perlu dilengkapi dengan antarmuka yang mampu menyajikan informasi dengan isi yang jelas sehingga mudah dipahami oleh pengguna (Hasibuan et al., 2025).

Selain digunakan sebagai sistem proteksi, *prortotype* sistem proteksi yang dikembangkan juga memiliki potensi menjadi media pembelajaran praktikum pada mata kuliah sistem proteksi. Selama ini proses pembelajaran sistem proteksi masih menggunakan metode teori atau simulasi yang belum menunjukkan proses monitoring dan mekanisme kerja sistem proteksi secara langsung. Solusi yang diperlukan yaitu membuat media pembelajaran yang mampu memberikan pengalaman praktikum secara interaktif sehingga mahasiswa dapat memahami konsep arus lebih, tegangan lebih, pemantauan parameter listrik, serta mekanisme pemutusan arus listrik secara kontekstual.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem proteksi *overcurrent* dan *overvoltage*, namun masih memiliki berbagai keterbatasan. Penelitian oleh (Nazhrullah & Aria Kharisma, 2023),

menghasilkan sistem proteksi arus lebih, tetapi hanya dapat digunakan pada arus DC dan belum memiliki fitur penyimpanan pengaturan. Penelitian lain oleh (Gunawan & Sahar, 2024), mengembangkan sistem proteksi yang mampu mendeteksi *overcurrent* dan *overvoltage*, namun hanya difokuskan pada motor tiga fasa. Selain itu, penelitian oleh (Azmy & Gunawan, 2021), telah mampu melakukan perekaman data, tetapi belum menyediakan pengaturan batas proteksi yang fleksibel. Sementara itu, penelitian (Nugroho Aries Faisal, 2025), telah menampilkan monitoring menggunakan *Liquid Crystal Display* (LCD), tetapi masih menggunakan *Liquid Crystal Display* (LCD) karakter yang kurang interaktif dan belum fleksibel dalam pengaturan batas limit.

Berdasarkan berbagai keterbatasan tersebut, diperlukan pengembangan sistem proteksi yang lebih unggul, khususnya dari segi interface. Penggunaan *Human Machine Interface* (HMI) berbasis *Liquid Crystal Display* (LCD) *Thin Film Transistor* (TFT) menjadi solusi yang lebih modern karena mampu menampilkan data secara visual, berwarna, dan interaktif. Selain itu, *Human Machine Interface* (HMI) memungkinkan pengguna untuk melakukan pengaturan batas proteksi secara langsung tanpa harus mengubah program secara manual, sehingga sistem menjadi lebih fleksibel dan mudah digunakan (Haryanto & Hidayat, 2016).

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini mengembangkan sebuah sistem proteksi *overcurrent* dan *overvoltage* dengan *Human Machine Interface* (HMI) berbasis *Liquid Crystal Display* (LCD) *Thin Film*

Transistor (TFT) 2.4 inch. Sistem ini dirancang untuk mampu melakukan monitoring arus dan tegangan secara *real-time*, memberikan peringatan saat terjadi gangguan, serta memungkinkan pengguna mengatur batas proteksi secara langsung melalui layar sentuh. Dengan adanya pengembangan ini, diharapkan sistem proteksi menjadi lebih efektif, interaktif, dan mudah digunakan dibandingkan sistem konvensional yang telah ada. Serta menjadi media pembelajaran berbasis *prototype* yang interaktif.

B. Rumusan Masalah

Berikut rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana merancang sistem proteksi *overcurrent* dan *overvoltage* dengan *Human Machine Interface* (HMI) berbasis *Liquid Crystal Display* (LCD) *Thin Film Transistor* (TFT) 2.4 inch ?
2. Bagaimana hasil validasi ahli media terkait pengembangan sistem proteksi *overcurrent* dan *overvoltage* dengan *Human Machine Interface* (HMI) berbasis *Liquid Crystal Display* (LCD) *Thin Film Transistor* (TFT) 2.4 inch ?
3. Bagaimana hasil respon masyarakat terkait pengembangan sistem proteksi *overcurrent* dan *overvoltage* dengan *Human Machine Interface* (HMI) berbasis *Liquid Crystal Display* (LCD) *Thin Film Transistor* (TFT) 2.4 inch ?
4. Bagaimana respon mahasiswa terkait *prototype* sistem proteksi menjadi media pembelajaran praktikum pada mata kuliah sistem proteksi ?

C. Tujuan Penelitian

1. Untuk merancang sistem proteksi *overcurrent* dan *overvoltage* dengan *Human Machine Interface* (HMI) berbasis *Liquid Crystal Display* (LCD) *Thin Film Transistor* (TFT) 2.4 inch.
2. Untuk mengetahui hasil validasi ahli media terkait pengembangan sistem proteksi *overcurrent* dan *overvoltage* dengan *Human Machine Interface* (HMI) berbasis *Liquid Crystal Display* (LCD) *Thin Film Transistor* (TFT) 2.4 inch.
3. Untuk mengetahui hasil uji kelayakan respon masyarakat terkait pengembangan sistem proteksi *overcurrent* dan *overvoltage* dengan *Human Machine Interface* (HMI) berbasis *Liquid Crystal Display* (LCD) *Thin Film Transistor* (TFT) 2.4 inch.
4. Untuk mengetahui respon mahasiswa terkait *prototype* sistem proteksi sebagai media pembelajaran praktikum pada mata kuliah sistem proteksi.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

Hasil dari penelitian ini diharapkan bisa menambah pengetahuan dan wawasan dibidang sistem proteksi kelistrikan berbasis *mikrokontroler*. Selain itu, dapat menjadi bahan referensi dalam pengembangan teknologi proteksi listrik khususnya penggunaan *Human Machine*

Interface (HMI) berbasis *Liquid Crystal Display* (LCD) *Thin Film Transistor* (TFT) sebagai media monitoring dan pengaturan sistem.

2. Manfaat Praktis

a. Bagi Universitas PGRI Madiun

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan menjadi media pembelajaran praktikum pada mata kuliah sistem proteksi. *Prototype* dapat digunakan dosen sebagai media praktikum sehingga proses pembelajaran menjadi lebih interaktif, kontekstual, dan mendukung pencapaian pembelajaran mata kuliah.

b. Bagi Masyarakat

Prototype yang dibuat oleh peneliti diharapkan bisa membantu masyarakat dalam meningkatkan keamanan dalam penggunaan listrik di rumah dan mampu menjadi solusi alternatif dalam permasalahan apabila terjadi trip atau korsleting listrik karena arus berlebih.

c. Bagi Peneliti

Bagi peneliti sendiri, diharapkan menjadi pengalaman berharga dalam merancang dan menguji sistem proteksi dengan tampilan interaktif dan fleksibel.

E. Spesifikasi Produk

Spesifikasi *prototype* alat ini menggunakan sensor PZEM-004T v3.0 yang berfungsi untuk mengukur besaran arus, tegangan, serta daya listrik secara akurat. Sensor ini terhubung dengan layar *Liquid Crystal Display*

(LCD) *Thin Film Transistor* (TFT) 2.4 inch yang berperan sebagai antarmuka utama *Human Machine Interface* (HMI). *Liquid Crystal Display* (LCD) *Thin Film Transistor* (TFT) ini berfungsi sebagai monitoring nilai arus dan tegangan secara *real-time* serta dapat mengatur batas nilai proteksi arus dan tegangan secara langsung melalui fitur *touch screen*. Selain itu, terdapat *buzzer* sebagai sinyal peringatan ketika terdeteksi kondisi *overcurrent* dan *overvoltage*. Mikrokontroler Arduino Uno sebagai pusat kendali utama yang memproses semua sistem proteksi dari data sensor, menampilkan di layar *Liquid Crystal Display* (LCD) *Thin Film Transistor* (TFT) serta mengontrol *relay* untuk memutus aliran listrik secara otomatis apabila arus atau tegangan melebihi batas yang ditentukan. Selain berfungsi sebagai sistem proteksi, *prototype* ini juga dirancang sebagai media pembelajaran yang memungkinkan siswa melakukan pengamatan terhadap parameter listrik secara *real-time*, melakukan pengaturan batas proteksi melalui *Human Machine Interface* (HMI), serta mengamati secara langsung ketika terjadi gangguan arus lebih maupun tegangan lebih.

F. Pentingnya Pengembangan

Pengembangan sistem proteksi listrik berbasis *mikrokontroler* dengan tampilan *Human Machine Interface* (HMI) menggunakan *Liquid Crystal Display* (LCD) *Thin Film Transistor* (TFT) 2.4 inch ini penting dilakukan karena sistem konvensional yang banyak digunakan saat ini masih memiliki banyak kekurangan. Sistem tersebut hanya bisa memutus arus ketika terjadi lonjakan arus dan tegangan lebih serta langsung

mematikan jaringan listrik. Apabila jika terjadi trip atau korsleting listrik secara terus menerus tanpa adanya monitoring secara *real-time* ataupun mengatur batas proteksi secara fleksibel. Akibatnya, pengguna sering kesulitan untuk menyesuaikan batas arus dan tegangan sesuai kebutuhan peralatan yang digunakan.

Maka pengembangan ini, sistem proteksi tidak hanya berfungsi sebagai pengaman saja, akan tetapi menjadi sistem proteksi yang lebih cerdas dan interaktif karena mampu menampilkan kondisi listrik secara langsung melalui layar sentuh *Human Machine Interface* (HMI). Pengguna bisa mudah memantau, mengatur, dan menyesuaikan batas arus maupun tegangan tanpa harus membuka rangkaian atau mengganti program secara manual. Dengan tampilan yang interaktif dan fleksibel diharapkan dapat menjadi solusi yang inovatif dan efektif.

Pengembangan *prototype* sebagai media pembelajaran menjadi penting karena mahasiswa memerlukan pengamalan belajar yang tidak hanya bersifat teoritis, tetapi memberikan pengalaman langsung mengoperasikan sistem proteksi. Melalui media ini mahasiswa dapat memahami hubungan teori sistem proteksi dengan implementasi *hardware* sehingga kompetensi praktikum menjadi lebih optimal.

G. Definisi Istilah

1. Pengembangan

Menurut (Ritonga et al., 2022), pengembangan didefinisikan sebagai upaya untuk meningkatkan kemampuan seseorang, baik dari segi teknis,

teori, konsep, maupun moral, sesuai dengan kebutuhan yang ada melalui proses pembelajaran secara terencana dan sistematis untuk menentukan langkah - langkah selama proses pembelajaran dilakukan.

2. Sistem Proteksi

Sistem proteksi dapat diartikan sebagai suatu mekanisme yang berfungsi untuk mendeteksi adanya gangguan atau kondisi abnormal, melakukan tindakan pemutusan atau isolasi bagian yang terganggu, serta memberikan sinyal peringatan untuk menjaga keamanan (Hasibuan et al., 2025).

3. *Overcurrent*

Overcurrent adalah kondisi dimana arus listrik yang mengalir pada suatu rangkaian atau peralatan melewati batas maksimal kapasitas yang telah dirancang. Kondisi ini dapat terjadi karena beban berlebih (*overload*), hubung singkat (*short-circuit*), atau gangguan lainnya yang menyebabkan arus lonjak melebihi batas aman (Lodha et al., 2024).

4. *Overvoltage*

Overvoltage adalah kondisi dimana tegangan listrik dalam suatu rangkaian atau bagian dari rangkaian melebihi batas yang aman atau yang telah dirancang untuk peralatan tersebut. Kondisi ini dapat bersifat sementara atau permanen jika sistem tegangan naik terus – menerus (Lodha et al., 2024).

5. *Human Machine Interface (HMI)*

Human Machine Interface (HMI) merupakan sistem penghubung antara pengguna dengan perangkat sistem. *Human Machine Interface (HMI)* mencakup sarana pengendali dan visualisasi status yang dapat dioperasikan secara manual maupun melalui visualisasi komputer yang bersifat *real-time* (Haryanto & Hidayat, 2016).

6. *Liquid Crystal Liquid (LCD) Thin Film Transistor (TFT) 2.4 inch*

TFT adalah singkatan dari “*Thin Film Transistor*”, adalah jenis layar *Liquid Crystal Display (LCD) smartphone* yang umum dari tipe lainnya. Di lain sisi, *Thin Film Transistor (TFT)* dapat diartikan salah satu tipe layar “*Liquid Crystal Display*” (LCD) yang datar, dimana tiap – tiap pixel dikontrol oleh satu hingga empat transistor. Layar ini menyajikan visual dengan palet warna yang beragam serta dilengkapi lapisan responsif terhadap kontak fisik (Lukman Aditya1, 2020)