

## BAB V

### PENUTUP

#### A. Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. *Prototype* sistem proteksi *overcurrent* dan *overvoltage* dengan *Human Machine Interface* (HMI) berbasis *Liquid Crystal Display* (LCD) *Thin Film Transistor* (TFT) 2.4 inch sudah berhasil dirancang dan dibangun melalui tahapan *Analysis*, *Design*, *Development*, dan *Implementation*. Sistem menggunakan Arduino Uno sebagai pusat kendali, sensor PZEM-004T untuk pembacaan parameter listrik, *relay* dan *buzzer* sebagai aktuator proteksi, serta LCD TFT 2.4 inch sebagai *interface* grafis dengan fitur *touch screen*. Pengujian fungsional menunjukkan sensor PZEM-004T memiliki akurasi tinggi dengan rata-rata *error* tegangan sebesar 0,41% dan *error* arus sebesar 4,36%. Sistem mampu melakukan monitoring *real-time*, mendeteksi kondisi *overcurrent* dan *overvoltage*, serta memutus aliran listrik secara otomatis disertai indikator peringatan.
2. Validasi alat dari para ahli menunjukan bahwa *Prototype* sistem proteksi *overcurrent* dan *overvoltage* dengan *Human Machine Interface* (HMI) berbasis *Liquid Crystal Display* (LCD) *Thin Film Transistor* (TFT) 2.4 inch sudah masuk kedalam kategori sangat layak, Dalam Validasi 5 (lima) para ahli jumlah keseluruhan didapat

persentase 90,4% yang masuk kategori sangat layak. *Prototype* ini memperoleh total skor 226 dari 250 dengan persentase 90,4% yang masuk dalam kategori Sangat Layak. Aspek teknis mendapatkan penilaian tertinggi (92%), diikuti aspek tampilan (90,6%) dan aspek material (88%).

3. Validasi respon masyarakat terhadap *Prototype* sistem proteksi *overcurrent* dan *overvoltage* dengan *Human Machine Interface* (HMI) berbasis *Liquid Crystal Display* (LCD) *Thin Film Transistor* (TFT) 2.4 inch divalidasi oleh 5 masyarakat yang mempunyai usaha bengkel mendapatkan 90,8% yang artinya masuk kategori sangat layak juga.
4. Respon Mahasiswa terhadap *Prototype* sistem proteksi *overcurrent* dan *overvoltage* dengan *Human Machine Interface* (HMI) berbasis *Liquid Crystal Display* (LCD) *Thin Film Transistor* (TFT) 2.4 sebagai media pembelajaran. Hasil uji respon mahasiswa terhadap 21 mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Elektro yang telah menempuh mata kuliah Sistem Proteksi memperoleh total skor 937 dari 1050 dengan persentase 89,2% yang masuk dalam kategori Baik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *prototype* layak digunakan sebagai media pembelajaran praktikum interaktif pada mata kuliah Sistem Proteksi, meskipun masih diperlukan penyempurnaan terkait keamanan fisik, ukuran komponen, dan kelengkapan panduan penggunaan.

Dari hasil validasi dan uji respon ini dapat dikatakan bahwa *Prototype* sistem proteksi *overcurrent* dan *overvoltage* dengan *Human Machine*

*Interface* (HMI) berbasis *Liquid Crystal Display* (LCD) *Thin Film Transistor* (TFT) 2.4 inch sudah layak digunakan sebagai sistem proteksi dan bisa digunakan sebagai media pembelajaran yang interaktif untuk mendukung pembelajaran kontekstual..

## **B. Keterbatasan Produk**

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, sistem proteksi *overcurrent* dan *overvoltage* dengan *Human Machine Interface* (HMI) berbasis *Liquid Crystal Display* (LCD) *Thin Film Transistor* (TFT) 2.4 inch yang dirancang mampu bekerja sesuai dengan fungsi yang diharapkan. Namun, alat ini masih memiliki beberapa keterbatasan, yaitu :

1. Sistem proteksi ini hanya bisa digunakan untuk mendeteksi gangguan listrik *overcurrent* dan *overvoltage* pada listrik satu fasa, sehingga belum dapat digunakan untuk mendeteksi gangguan listrik lainnya seperti *undervoltage*, *short circuit*, maupun kebocoran arus. Selain itu, sistem ini belum dilengkapi dengan fitur *delay* proteksi sehingga rentan terhadap *trip* akibat lonjakan arus saat *starting* beban khususnya pada beban induksi.
2. Sistem monitoring yang diterapkan masih bersifat lokal karena informasi hanya ditampilkan pada *Liquid Crystal Display* (LCD) *Thin Film Transistor* (TFT) dan belum dapat dipantau secara jarak jauh. Sistem juga belum dilengkapi fitur penyimpanan data sehingga riwayat pengukuran dan gangguan tidak dapat direkam untuk analisis lebih lanjut.

3. Penggunaan komponen terutama *relay* masih belum mampu untuk menjangkau kebutuhan industri. Pengujian alat masih menggunakan alat rumah tangga dan alat elektronik bengkel yang tergolong masih kedalam beban yang kecil, sehingga kinerja sistem pada beban dengan daya yang besar belum diketahui secara menyeluruh.
4. *Casing* yang digunakan masih berbahan plastik box X5 dengan dimensi terbatas ( $15\text{ cm} \times 9,5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ ) sehingga ruang *wiring* sistem menjadi terbatas dan menimbulkan kekhawatiran terhadap aspek keamanan pengguna. Ukuran layar LCD TFT 2,4 inch dengan teknologi *resistive touchscreen* dinilai terlalu kecil dan kurang responsif, terutama bagi pengguna yang bekerja dengan tangan berminyak atau memakai sarung tangan. Keterbatasan ruang layar juga memengaruhi keterbacaan informasi dan ergonomi tombol *touch screen*.

### C. Implikasi Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini memberikan implikasi bahwa penerapan sistem proteksi *overcurrent* dan *overvoltage* dengan *Human Machine Interface* (HMI) berbasis *Liquid Crystal Display* (LCD) *Thin Film Transistor* (TFT) 2.4 inch dapat digunakan sebagai alternatif sistem proteksi pada instalasi listrik skala usaha bengkel atau rumah tangga. Sistem dirancang mampu memantau kondisi listrik secara *real-time* serta memberikan proteksi otomatis ketika terjadi arus atau tegangan lebih, penggunaan *Liquid Crystal Display* (LCD) *Thin Film Transistor* (TFT) sebagai *Human Machine Interface* (HMI) juga memudahkan pengguna dalam memantau kondisi

sistem dan mengatur batas proteksi sesuai dengan kebutuhan. Dengan adanya sistem ini, resiko kerusakan peralatan elektronik akibat gangguan kelistrikan dapat dikurangi sehingga dapat meningkatkan keamanan penggunaan listrik. Dalam konteks pendidikan, *Prototype* ini dapat digunakan sebagai media pembelajaran praktikum pada mata kuliah sistem proteksi menjadi solusi pembelajaran yang masih bersifat teori.

#### **D. Saran**

Dari hasil pengujian, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya. Saran untuk pengembangan selanjutnya sebagai berikut :

1. Menambahkan fitur proteksi *undervoltage*, *short circuit*, dan kebocoran arus.
2. Mengembangkan sistem monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT) agar dapat dipantau dari jarak jauh..
3. Mengganti komponen *relay* ke yang lebih besar agar dapat digunakan untuk alat elektronik skala industri.
4. Menambahkan fitur penyimpanan data pengukuran dan riwayat gangguan.
5. Mengembangkan *Human Machine Interface* (HMI) yang dapat dilihat dan dioperasikan dengan mudah.
6. Sediakan buku panduan praktikum dengan QR Code atau File agar mahasiswa atau pengguna dapat mengakses petunjuk kapan saja.