

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam era digitalisasi yang semakin berkembang pesat saat ini, penggunaan trainer menjadi hal yang sangat penting dalam proses pendidikan. Salah satu trainer yang digunakan adalah SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) untuk sistem *Monitoring* dan kendali saluran tenaga listrik. SCADA merupakan sistem yang memungkinkan pengguna untuk mengontrol dan memantau proses secara real-time melalui antarmuka visual. Teknologi merupakan suatu kebutuhan dalam kehidupan manusia dan memegang peranan penting[1]. Sebagian besar kegiatan dalam kehidupan manusia terkait dengan penggunaan listrik, yang mana listrik diakui sebagai salah satu perangkat penting yang sangat diperlukan dalam masyarakat modern. Sektor pencahayaan dan ketenagalistrikan memiliki peran krusial dalam melaksanakan pembangunan guna meningkatkan kesejahteraan dan kemakmuran masyarakat, meningkatkan tingkat pendidikan masyarakat, serta mendukung pertumbuhan ekonomi nasional untuk mencapai tujuan pembangunan nasional yang diharapkan. Departemen ini memiliki peranan yang sangat vital. Oleh karena itu, bidang ini sangat memerlukan penanganan dan pengembangan lebih lanjut sebagai prioritas utama. Listrik bisa dianggap sebagai sumber energi utama untuk berbagai aktivitas, baik di rumah tangga maupun industri[2]. Listrik bisa dikatakan menjadi salah satu dari kebutuhan utama masyarakat. Hal ini mengingatkan kita akan peran energi listrik dalam kehidupan kita, serta pentingnya dalam menunjang aktivitas kehidupan sehari-hari[3]. Perekonomian Indonesia menganggap listrik sebagai komoditas penting karena penggunaannya yang signifikan di sektor industri dan meluasnya penggunaan listrik untuk penerangan. Dalam penyediaan energi listrik, dapat dibedakan dengan jelas tiga proses penyediaan energi listrik: produksi, transmisi dan distribusi, yang dapat dianggap sebagai produksi atau produksi, transportasi dan ritel energi listrik. Pembangkitan atau produksi energi listrik berlangsung di pembangkit listrik dengan menggunakan generator. Transmisi atau distribusi melibatkan pemindahan energi listrik dari pembangkit listrik berskala besar ke lokasi tertentu yang disebut gardu induk. Dari gardu induk inilah energi listrik disalurkan ke gardu distribusi, kemudian ke pengguna atau konsumen. Perusahaan Listrik Negara (PLN) merupakan perusahaan yang bergerak di bidang ketenagalistrikan. Hal ini menciptakan unit distribusi di desa-desa terpencil sehingga seluruh lapisan masyarakat dapat memperoleh manfaat dari tenaga listrik, yang disebut unit layanan

jaringan (GSU). Faktor-faktor yang diduga menyebabkan terganggunya jaringan distribusi antara lain paparan terhadap pepohonan, dan untuk wilayah luar kota, selain paparan terhadap pepohonan, Gangguan akibat Petir juga sangat sering terjadi. Energi listrik yang dikirim dari gardu induk tidak akan sampai ke pelanggan karena pada saat proses distribusi terjadi kerusakan jaringan sehingga energi listrik tersebut akan diubah menjadi energi panas. Selain hilangnya energi listrik, rusaknya jaringan distribusi juga dapat menyebabkan listrik padam[4]. Di dunia industri yang sedang berkembang ini, transmisi tenaga listrik merupakan elemen terpenting. Transmisi ini digunakan untuk mendistribusikan energi listrik ke papan distribusi dan kemudian ke konsumen. *HMI (Human Machine Interface)* diperlukan untuk mengontrol dan memantau sistem dan perangkat. Ada beberapa macam alat pendukung yang mudah dikendalikan dan menyediakan pemrosesan transfer data berkecepatan tinggi, seperti mikrokontroler Arduino dan PLC (*Programmable Logic Controllers*) yang menggunakan komunikasi *Serial*. Ada banyak cara untuk membuat perangkat lunak, salah satunya adalah dengan menggunakan Visual Basic Net. *Software* dengan basis Net Framework, memudahkan pengguna untuk membangun *Software GUI (Graphical User Interface)* dengan keandalan perangkat lunak dengan sangat baik.[5].

Modul trainer merupakan salah satu media simulasi yang memungkinkan mengimplementasikan bentuk komponen dan perangkat industri dalam kehidupan nyata. Oleh karena itu, pengguna memperoleh pengalaman langsung dalam sesi simulasi langsung. Penggunaan modul trainer dapat digunakan untuk menunjang proses simulasi sehingga proses komunikasi menjadi lebih efektif[6]. Pada bagian modul trainer nantinya akan menggunakan mikrokontroler sebagai otak pengendaliannya. Sistem dari SCADA dan telekomunikasi yang terbentuk dari sub sistem teleinformasi data yang mana itu adalah rangkaian perangkat dan dapat menghasilkan fungsi power sistem untuk dikontrol oleh subsistem master station yang terdapat pada *Control center*[7]. Penggunaan perangkat SCADA pada peralatan distribusi listrik dapat mempersingkat kontrol jaringan listrik dan waktu pemulihan, mengurangi area pemadaman listrik, dan meningkatkan layanan distribusi listrik kepada konsumen. Penggunaan perangkat SCADA sangat mungkin meningkatkan perpindahan beban jika terjadi gangguan. Beban yang berada di belakang lokasi gangguan dapat memindahkan energi listrik dari gardu induk yang semula menyuplai energi listrik searah gangguan ke gardu induk lain, sehingga pasokan energi listrik terdistribusi ke konsumen tanpa gangguan[8]. Gardu distribusi memerlukan sistem kendali dan informasi untuk mengendalikan peralatan dan memantau kondisi di dalam gardu distribusi. Sistem ini adalah Sistem Pengawasan Pengendalian dan Akuisisi Data (SCADA). Kontrol pengawasan dan akuisisi data (SCADA) adalah sistem

tenaga listrik yang memantau, mengontrol, dan mengumpulkan data kelistrikan secara real time. Sistem pengendalian pengawasan dan akuisisi data skala besar (SCADA) mampu memantau dan mengendalikan proses yang jauh lebih besar dan lebih kompleks secara bersamaan. Sistem SCADA terdiri dari beberapa RTU (*Remote Terminal Unit*), sebuah stasiun induk. Komunikasi antara Master Station dan masing-masing RTU (*Remote Terminal Unit*) berlangsung melalui media yang dapat berupa kabel serat optik, penyedia kartu SIM atau melalui radio. Sebuah sistem SCADA tidak bisa berdiri sendiri melainkan harus didukung oleh beberapa komponen. Ada tiga komponen penting dari sistem SCADA yaitu pusat kendali, peralatan pendukung telekomunikasi dan RTU (*Remote Terminal Unit*)[9].

Sebelum melaksanakan penelitian, akan dilakukan tinjauan pustaka untuk memperoleh informasi hasil penelitian sebelumnya. Penelitian yang dilakukan oleh Sofy Fitriani dan Yusuf Sofyan yang dipublikasikan di *JURNAL IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* tahun 2020 dengan judul, “*Simulator Human Machine Interface (HMI) using visual basic on the SCADA system*” dijelaskan bahwa penelitian ini bertujuan untuk mendesain *Human Machine Interface (HMI)* menggunakan sistem *Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)* pada tiga phase power plant. Namun, karena biaya yang tinggi dari *HMI* yang digunakan dalam industri, maka peneliti membuat simulator *HMI* menggunakan Visual Basic. Selama eksperimen, data analog dari tiga phase power plant diproses oleh RTU (*Remote Terminal Unit*) dan dikirimkan ke *Front-End Processor*, sebelum akhirnya ditampilkan oleh *HMI* pada komputer. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa *HMI* yang dirancang mampu menggambarkan data yang dikirimkan oleh RTU dengan benar. Fungsi-fungsi lainnya, seperti status dan alarm, juga sudah dapat bereaksi ketika terjadi masalah pada tiga phase power plant. Namun, Visual Basic yang digunakan dalam penelitian ini akan memiliki beberapa *tools* yang tidak dapat digunakan jika hanya menggunakan lisensi yang tidak resmi. Namun, pada penelitian ini tidak diberikan fungsi untuk mengontrol langsung pada modul RTU hanya mengendalikan lewat *HMI* saja[10]. Pada penelitian yang ditulis oleh Erwin Nur Cahyono dan Agus Kiswantono yang dipublikasikan di Seminar Nasional Fortei Regional 7 tahun 2019 dengan judul “*Mini SCADA PLTS Berbasis Arduino Uno Dan Visual Basic Menggunakan Web API CRUD*” dijelaskan bahwa penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) yang dapat digunakan dalam sistem kelistrikan menggunakan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) dengan menggunakan Arduino Uno dan NodeMCU sebagai pengontrol dan Visual Basic sebagai *HMI* (*Human Machine Interface*). SCADA yang dibuat mampu mengirim data melalui jaringan internet yang stabil dan memiliki sistem proteksi untuk melindungi perangkat terhadap

kelebihan tegangan atau kelebihan arus. Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan SCADA pada PLTS menggunakan Arduino Uno dan NodeMCU sebagai pengontrol dan Visual Basic sebagai *HMI* dapat menjadi solusi alternatif yang lebih murah untuk industri kecil. Sistem SCADA yang dibuat mampu mengirim data melalui jaringan internet dan memiliki sistem proteksi yang sensitif. Namun, dalam penelitian hanya berfokus pada PLTS saja serta tidak dapat *meMonitoring* secara real time maka, akan dilakukan perubahan agar dapat mengontrol dari mulai pembangkit sampai pelanggan dan menyimpan data *Monitoring* secara *real time* pada visual basic 6.0[11].

Penggunaan perangkat lunak seperti Visual Basic .Net dalam simulasi jaringan tenaga listrik bertujuan untuk menciptakan lingkungan virtual yang mereplikasi kondisi nyata. Lingkungan ini memungkinkan para insinyur, mahasiswa, dan peneliti untuk melakukan eksperimen yang tidak mungkin atau terlalu berisiko dilakukan pada sistem fisik. Dengan memodelkan berbagai jenis gangguan, seperti gangguan hubung singkat (*short circuit*), simulasi ini dapat memvisualisasikan bagaimana arus dan tegangan bereaksi di berbagai titik dalam jaringan. Analisis ini sangat penting untuk memahami perilaku dinamis sistem dan mengidentifikasi titik-titik lemah yang rentan terhadap gangguan.

Simulasi tidak hanya memberikan pemahaman teoritis, tetapi juga memiliki signifikansi praktis yang besar. Hasil dari simulasi ini dapat digunakan untuk merancang sistem proteksi yang lebih efektif, seperti penentuan lokasi dan setting optimal untuk relai proteksi (*protective relays*) dan pemutus daya (*circuit breakers*). Dengan demikian, simulasi ini berkontribusi pada peningkatan keandalan, stabilitas, dan keamanan operasional jaringan tenaga listrik.

Pemilihan Visual Basic .Net sebagai platform pengembangan tidak lepas dari beberapa keunggulan teknisnya. Salah satu alasan utama adalah kemampuannya untuk membangun antarmuka grafis pengguna (*GUI*) yang interaktif dan intuitif dengan cepat. Kemudahan ini memungkinkan pengembang untuk membuat representasi visual dari diagram satu-garis (*single-line diagram*) jaringan tenaga listrik, yang merupakan standar dalam analisis kelistrikan. Pengguna dapat dengan mudah mengidentifikasi lokasi gangguan dan melihat efeknya secara real-time melalui grafik, indikator, atau peta panas (*heatmap*) yang dinamis.

Selain itu, Visual Basic .Net, sebagai bagian dari Microsoft .NET Framework, menawarkan integrasi yang kuat dengan berbagai pustaka (*library*) numerik dan komputasi. Ini memungkinkan implementasi algoritma kompleks yang diperlukan untuk analisis aliran daya (*power flow analysis*) dan analisis gangguan (*fault analysis*), seperti metode komponen simetris (*symmetrical components*) dan matriks impedansi bus (*bus impedance matrix*). Lingkungan pengembangan terpadu (*IDE*) Visual Studio yang digunakan bersama Visual

Basic .Net juga menyediakan alat debug yang canggih, mempermudah proses pengembangan dan pengujian model simulasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dirumuskan masalah penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membangun sebuah aplikasi *HMI* berbasis Visual Basic .Net yang dapat melakukan *Monitoring* dan simulasi saluran tenaga listrik secara efektif?
2. Bagaimana mengintegrasikan aplikasi *HMI* dengan perangkat keras (Arduino Mega 2560) menggunakan komunikasi *Serial* RS-232 untuk akuisisi data dari sensor *ZMPT101B* dan *ZMCT103C*?
3. Bagaimana fungsionalitas aplikasi *HMI* yang dikembangkan dapat memberikan visualisasi data dan kontrol yang relevan untuk tujuan simulasi?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.3.1 Tujuan

1. Merancang dan membuat sebuah aplikasi *HMI* yang berfungsi sebagai trainer untuk *Monitoring* dan kendali saluran tenaga listrik menggunakan Visual Basic .Net.
2. Mengimplementasikan komunikasi *Serial* untuk pertukaran data antara aplikasi *HMI* dan Arduino Mega 2560 yang terintegrasi dengan sensor tegangan dan arus.
3. Mengevaluasi fungsionalitas dan kinerja sistem *HMI* yang telah dikembangkan dalam memberikan visualisasi dan simulasi yang akurat untuk keperluan simulasi.

1.3.2 Manfaat

1. Memberikan kontribusi pada bidang teknik elektro dan sistem kendali, khususnya dalam pengembangan trainer berbasis *HMI* untuk pendidikan.
2. Menyediakan solusi alternatif yang aman dan biaya rendah untuk pelatihan di bidang tenaga listrik, memungkinkan mahasiswa atau praktisi untuk mempelajari konsep *Monitoring* dan kendali tanpa risiko.

1.4 Batasan Masalah

Batasan penelitian ini adalah:

1. Perangkat lunak yang dikembangkan menggunakan Visual Studio 2017 dengan bahasa Visual Basic, jenis proyek Windows Forms App, dan kerangka kerja .NET Framework 4.7.2.
2. Perangkat keras yang digunakan adalah mikrokontroler Arduino Mega 2560 serta sensor *ZMPT101B* dan *ZMCT103C*.

3. Komunikasi antara perangkat lunak dan perangkat keras hanya menggunakan komunikasi *Serial RS-232*.
4. Sistem ini berfungsi sebagai simulasi dan tidak terhubung ke jaringan listrik sungguhan, sehingga pengujian dilakukan dalam kondisi simulasi.

1.5 Metodologi Penulisan Skripsi

Pada metodologi penelitian ini ada beberapa tahapan yang dilakukan yaitu:

a. Tahap Persiapan

Tahap ini dilakukan untuk mempersiapkan dan juga menentukan topik sebagai acuan penelitian yang akan dilakukan. Pada tahapan ini yang dilakukan yaitu membuat latar belakang yang berhubungan dengan penelitian ini. Jika sudah membuat latar belakang mengenai penelitian ini, maka yang akan dilakukan selanjutnya yaitu mencari data sebagai teori penunjang dari penelitian yang dilakukan.

b. Perancangan Sistem

Pada tahapan ini memiliki proses-proses yang dilakukan dalam melakukan pembuatan prototype yakni mencari data dan juga mengumpulkan data, setelah melakukan hal tersebut yaitu merancang alat sebagai hasil.

c. Hasil dan Analisa

Setelah alat atau prototype selesai dibuat maka akan dilakukan pengujian untuk mendapatkan data hasil ujicoba sebuah alat atau prototype yang sudah dibuat. Dan hasil data dari ujicoba tersebut akan dianalisa untuk melakukan pembuatan kesimpulan dan saran.

d. Evaluasi dan Laporan

Jika analisa data dari ujicoba sudah selesai dibuat maka akan dilakukan evaluasi mengenai alat yang dibuat untuk melihat data yang diperoleh dari alat tersebut sudah valid atau belum. Setelah itu melakukan tahap penyusunan laporan skripsi

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini dapat diuraikan sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab 1 mengenai pendahuluan ini terdapat subbab latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, batasan masalah, metodologi penulisan skripsi, sistematika penulisan, dan juga jadwal pelaksanaan penelitian.

BAB 2 TEORI PENUNJANG

Pada bab 2 ini berisi tentang penelitian terdahulu dan juga dasar teori dari penelitian yang akan dilakukan.

BAB 3 PERANCANGAN SISTEM

Pada bab 3 ini berisi mengenai perancangan alat dan analisis kebutuhan dari alat yang akan dibuat untuk melakukan penelitian.

BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN ANALISA

Bab ini berisi tentang analisa sistem, implementasi dan pengujian alat yang sedang diteliti

BAB 5 PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian yang sudah diteliti dan saran yang dapat digunakan sebagai masukan untuk penelitian yang akan dilakukan selanjutnya.