

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Seiring perkembangan teknologi, kompleksitas dalam sistem kontrol semakin tinggi dan dibutuhkan pengujian yang akurat agar memastikan kinerja sistem bekerja secara optimal. Pengujian untuk memastikan kinerja sistem kontrol bekerja optimal dapat dilakukan dengan mencoba pengujian langsung pada perangkat fisik yang berkaitan dengan sistem. Tetapi hal tersebut dapat berisiko merusak peralatan dan membutuhkan biaya tinggi dalam tahap pengembangan awal. Saat ini, telah dikembangkan teknologi untuk dapat melakukan pengujian sistem kontrol secara tidak langsung berbentuk simulasi, yaitu *Hardware in the loop Simulation* (HILS). HILS merupakan metode pengujian dengan mengintegrasikan antara perangkat keras (*hardware*) dengan perangkat lunak (*software*) dalam satu sistem[1]. Metode pengujian HILS mengombinasikan sebagian perangkat keras sistem dengan model simulasi dinamis, sehingga seakan-akan perangkat keras tersebut berada pada lingkungan sebenarnya. Kini, sudah terdapat perangkat simulasi yang telah menerapkan metode HILS, yaitu *Real-Time Digital Simulation* (RTDS) dan OPAL-RT. RTDS adalah platform simulasi waktu nyata yang dirancang untuk menganalisis dan menguji sistem tenaga listrik secara detail[2]. Keunggulan utama RTDS adalah kemampuannya untuk menjalankan simulasi secara *real-time*, sehingga interaksi antara perangkat keras dan simulasi menjadi seamless. Sementara itu, OPAL-RT banyak digunakan untuk pemodelan, pengujian, dan memverifikasi sistem kontrol yang kompleks di industri otomotif[3] dan dirgantara[4]. Dengan arsitektur berbasis *Field-Programmable Gate Array* (FPGA), OPAL-RT dapat mencapai kecepatan tinggi dalam memproses data. Perangkat OPAL-RT mendukung berbagai aplikasi, termasuk pengujian kontroler dan validasi perangkat berbasis HIL.

Dalam era modern ini, kebutuhan pasokan listrik yang andal dan stabil menjadi semakin penting seiring dengan meningkatnya konsumsi listrik di berbagai sektor. Salah satu tantangan utama dalam sistem tenaga listrik adalah menjaga kestabilan frekuensi dan tegangan dalam kondisi dinamis, terutama pada sistem tenaga listrik

dua area (*Two Area Power System*). Kestabilan frekuensi pada sebuah *two area power system* merupakan kebutuhan penting yang harus terpenuhi agar sistem tenaga listrik dua area dapat bekerja secara optimal[5]. Kestabilan frekuensi *two area power system* bisa tercapai dengan memastikan keseimbangan nilai antara energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik (generator) dan beban listrik[6]. Oleh karena itu, untuk mendapatkan frekuensi *two area power system* yang stabil, dibutuhkan sistem kontrol untuk mengendalikan jumlah energi yang disuplai oleh pembangkit listrik. Pengujian tradisional sistem kontrol kestabilan frekuensi pada *two area power system* dilakukan dengan mencobanya pada sistem yang telah terbangun. Namun, hal tersebut dapat memberikan dampak kerugian berupa biaya untuk pengujian sistem. Biaya tersebut digunakan ketika adanya pergantian komponen yang rusak saat pengujian sistem dilakukan sehingga mengakibatkan terhambatnya kinerja sistem[7]. Pengujian sistem kontrol *two area power system* dapat dilakukan dengan menggunakan RTDS. Tetapi, untuk menggunakan RTDS dibutuhkan biaya investasi yang cukup besar karena harga perangkat RTDS cukup mahal. Pada penelitian ini akan dilakukan percobaan pengujian sistem kontrol metode HILS skala kecil berbasis mikrokontroler untuk pengendalian frekuensi pada *two area power system*.

Pengujian sistem kontrol pada *two area power system* dapat dilakukan tanpa harus diuji langsung pada sistem yang telah terbangun, melainkan dilakukan dalam bentuk simulasi pada perangkat lunak. Dalam penelitian ini, HILS dipilih untuk menjadi solusi sebagai metode teknik pengujian sistem kontrol dalam bentuk simulasi[8]. Pada HILS, objek fisik yang dikontrolkan (*plant*) akan berada pada aplikasi pemodelan dan sistem kontrol akan berupa perangkat keras[9]. Metode sistem kontrol yang akan digunakan pada penelitian ini adalah Proportional-Integral (PI) *controller*. Metode sistem kontrol PI digunakan karena merupakan salah satu pendekatan yang banyak digunakan dengan kemampuannya untuk meminimalkan error *steady state* dan memberikan respons dinamis yang baik. Aplikasi pemodelan yang digunakan adalah MATLAB/simulink. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi kontrol sistem tenaga listrik, terutama dalam konteks *two area power system*. Dengan menggunakan

metode HILS berbasiskan mikrokontroler, pengujian sistem kontrol pada *two area power system* akan lebih murah, praktis, dan aman.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan diatas, maka masalah yang akan dianalisis sebagai berikut.

1. Desain PI *controller* seperti apa yang cocok untuk dijadikan representatif kestabilan frekuensi pada *two area power system* simulasi dalam MATLAB?
2. Bagaimana implementasi PI *controller* pada *Hardware in the Loop Simulation* (HILS) dengan mikrokontroler?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian yang dilakukan

1. Membuat simulasi PI *controller* pada aplikasi MATLAB untuk mengetahui bagaimana sistem kerja dari PI *controller* untuk kestabilan frekuensi *two area power system* dalam bentuk simulasi,
2. Membuat perangkat keras PI *controller* yang terintegrasi dengan mikrokontroler dan aplikasi MATLAB untuk memahami bagaimana kinerja *Hardware in the Loop Simulation* (HILS) sebagai pengujian sistem kontrol kestabilan frekuensi pada *two area power system*.

1.4 Manfaat Hasil Penelitian

Manfaat dilakukannya penelitian ini meliputi

1. Menghemat biaya pengujian sistem kontrol kestabilan frekuensi pada *two area power system*,
2. Mengurangi tingkat kompleksitas dalam melakukan pengujian sistem kontrol kestabilan frekuensi pada *two area power system*.

1.5 Batasan

Mengingat luasnya pembahasan, maka permasalahan perlu dibatasi pada

1. Data dinamik dan pemodelan *two area power system* didapatkan dari buku Power System Analysis oleh Hadi Saadat,
2. *Two area power system* hanya berbentuk simulasi dalam aplikasi MATLAB,

3. Metode kontrol yang digunakan adalah Proportional-Integral (PI) *controller*,
4. Protokol komunikasi yang digunakan berbasis mikrokontroler arduino,
5. Tidak menghitung sisi keekonomisan dari perangkat yang dibuat dengan yang sudah ada.

1.6 Metode Penelitian

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan metode studi literatur untuk mendapat referensi data yang dibutuhkan, simulasi MATLAB dan perancangan perangkat keras sebagai metode HILS, dan implementasi sistem kontrol PI berbasis arduino untuk mengontrol kestabilan frekuensi pada simulasi *two area power system*.

1.7 Proyeksi Pengguna

Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi untuk industri tenaga listrik dalam sistem kontrol *two area power system* dengan skala kecil. Selain itu, penelitian ini juga dapat dijadikan gambaran mahasiswa di universitas mengenai sistem kerja dari *Hardware in the Loop Simulation* (HILS).