

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan akan energi listrik terus meningkat seiring dengan perannya dalam mendukung kehidupan modern, mulai dari aktivitas domestik sampai aktivitas skala industri. Peningkatan kebutuhan ini juga berbanding lurus dengan pertumbuhan penduduk[1]. Oleh karena itu, pasokan listrik yang andal dan berkelanjutan menjadi suatu tantangan untuk menciptakan solusi yang inovatif. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, pembangkit listrik memanfaatkan generator sebagai perangkat utama dalam mengonversi energi menjadi energi listrik.

Generator bergantung pada sistem eksitasi untuk mengontrol tegangan dan frekuensi yang dihasilkannya selama operasinya. Stabilitas tegangan yang dihasilkan oleh generator sangat dipengaruhi oleh besarnya arus eksitasi ini[2]. Meskipun tegangan keluaran seharusnya stabil, pergeseran beban sering menyebabkan perubahan tegangan yang besar. Ketidakstabilan ini dapat menyebabkan berbagai masalah, seperti masalah pada sistem perlindungan, penurunan efisiensi, kerusakan peralatan listrik, atau bahkan kolaps sistem listrik[3][4]. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan perangkat pengendali yang mampu menjaga kestabilan tegangan secara otomatis. Perangkat pengendali seperti ini dikenal sebagai *Automatic Voltage Regulator* (AVR)[5].

Idealnya, sistem AVR harus dapat mempertahankan tegangan keluaran pada nilai yang diinginkan meskipun terdapat fluktuasi beban[6]. Namun, dalam praktiknya, sistem AVR sering menghadapi masalah untuk mencapai kinerja optimal, terutama dalam menjaga kestabilan arus eksitasi generator[7]. Pengendali Proporsional-Integral-Diferensial (PID) digunakan untuk meningkatkan performa AVR. PID populer di berbagai aplikasi industri karena strukturnya yang sederhana, mudah digunakan, dan efektif dalam mengurangi error steady-state dan merespons perubahan sinyal secara dinamis.

Salah satu solusi untuk meningkatkan kinerja sistem AVR menjadi lebih baik adalah dengan menambahkan pengendali Proporsional-Integral-Diferensial (PID)[8]. PID banyak digunakan karena pengaplikasiannya yang simpel dan efisien, agar pengendali PID dapat bekerja secara optimal, penalaan (tuning) dengan parameter kontrol proporsional, integral, dan derivatif sangat penting[9]. *PIDTune* tersedia dalam dua model utama, model *standard* dan model paralel. Model *standard* menghasilkan variasi pengendali seperti P, PI, PD, PID, hingga PIDF dengan filter orde pertama, sementara model paralel memungkinkan pengendali dengan pengaturan gain proporsional, integral, dan turunan terpisah[10]. Kemampuannya untuk membuat pengontrol yang responsif, akurat, dan fleksibel untuk disesuaikan dengan kebutuhan sistem adalah keunggulan utama *PIDTune*.

Tugas akhir ini menggunakan *PIDTune* model *standard* dan paralel untuk simulasi pola tingkah laku sistem kendali AVR untuk menganalisis performa sistem berdasarkan analisis peralihan dan domain frekuensi. Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengevaluasi efektivitas kedua model dalam meningkatkan stabilitas tegangan keluaran generator, yang merupakan komponen penting dalam keberlanjutan sistem tenaga listrik.

Berikut adalah penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan AVR :

1. Anas Setiawan, Panca Mudjirahardjo, dan Wijono (2021) dengan penelitian yang berjudul “*Automatic Voltage Regulator (AVR) Optimization Based on PID Using the Hybrid Grey Wolf Optimization - Genetic Algorithm (HGWGA) Method.*” Penelitian ini mengenai efektivitas metode HGWGA dalam mengoptimalkan sistem AVR[11].
2. Fazia Ahcene dan Hamid Bentarzi (2020), dengan penelitian yang berjudul “*Automatic Voltage Regulator Design Using Particle Swarm Optimization Technique.*” Penelitian ini mengenai mempertahankan stabilitas tegangan dalam sistem tenaga listrik dengan menggunakan Particle Swarm Optimization (PSO) dalam mengoptimalkan parameter pengendali pada AVR[12].
3. Abdul Muis Prasetya, dkk (2023), dengan penelitian yang berjudul “*Penggunaan PID Pada Automatic Voltage Regulator (AVR) untuk Kestabilan tegangan terminal Generator Sinkron 3 Fasa.*” Penelitian ini menggunakan pengendali PID dalam sistem AVR dengan metode trial dan error untuk menentukan nilai konstanta pengendali[13].

Dalam penelitian tugas akhir ini, model *PIDTune standard* dan model *PIDTune* paralel tanpa dan dengan filter digunakan untuk merancang pengendali untuk sistem AVR arus searah umpan balik satu. Nilai parameter dari sistem ini, yaitu amplifier, eksitasi, dan generator, digunakan untuk merancang fungsi alih. MATLAB digunakan untuk simulasi metode ini. Metode *PIDTune* model paralel dan *standard*, tanpa dan menggunakan filter, digunakan untuk melakukan analisis peralihan dan kesalahan.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Tanggapan peralihan, tanggapan domain frekuensi untuk fungsi alih lingkaran terbuka dan tanggapan domain frekuensi untuk fungsi alih lingkaran tertutup dari sistem AVR tipe arus searah belum memiliki performansi yang memuaskan.
2. Untuk performansi peralihan ditunjukkan oleh parameter waktu naik, waktu puncak, waktu keadaan mantap, nilai puncak dan nilai lewatan maksimum. Hasil analisis awal dari parameter - parameter performansi peralihan ini memperlihatkan nilai – nilai yang belum memenuhi *standard* yang ditetapkan.
3. Untuk tanggapan domain frekuensi sistem AVR tipe arus searah untuk fungsi alih lingkaran terbuka ditunjukkan oleh margin penguatan, margin fasa, frekuensi

margin penguatan dan frekuensi margin fasa. Hasil analisis awal dari parameter – parameter performansi domain frekuensi untuk fungsi alih lingkaran terbuka belum memenuhi *standard* yang ditetapkan.

4. Untuk tanggapan domain frekuensi sistem AVR tipe arus searah untuk fungsi alih lingkaran tertutup ditunjukkan oleh lebar pita, nilai puncak resonansi dan frekuensi puncak resonansi. Hasil analisis awal dari parameter – parameter performansi domain frekuensi untuk fungsi alih lingkaran tertutup belum memenuhi *standard* yang ditetapkan.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk melakukan simulasi perancangan pengendali untuk sistem AVR tipe arus searah dengan metoda *PIDTune* model paralel dan metoda *PIDTune* model *standard* agar performansi peralihan, performansi domain frekuensi untuk fungsi alih lingkaran terbuka dan performansi domain frekuensi untuk fungsi alih lingkaran tertutup memenuhi *standard* yang ditetapkan.
2. Analisis dan membandingkan tanggapan sistem AVR tipe arus searah menggunakan metode *PIDTune* model paralel dan *PIDTune* model *standard*.
3. Analisis dan membandingkan tanggapan sistem AVR tipe arus searah menggunakan konfigurasi sistem kendali menggunakan tipe *standard* dan *pre-filter*.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem AVR yang digunakan dalam penelitian ini adalah sistem AVR tipe arus searah.
2. Sistem AVR tipe arus dinyatakan dalam bentuk persamaan keadaan dan fungsi alih.
3. Konfigurasi sistem kendali yang digunakan adalah konfigurasi tipe *standard* dan tipe *pre filter*.
4. Perancangan pengendali dilakukan dalam bentuk simulasi dengan bantuan perangkat lunak Matlab
5. Simulasi perancangan pengendali yang dilakukan terdiri dari simulasi perancangan pengendali, simulasi perancangan pengendali dengan *Low Pass Filter*, simulasi perancangan pengendali *High Pass Filter*, simulasi perancangan pengendali dengan variasi konstanta filter untuk *Low Pass Filter* dan simulasi perancangan pengendali dengan variasi konstanta filter untuk *High Pass Filter*.
6. Simulasi perancangan pengendali yang dilakukan dengan metoda *PIDTune* model paralel dan *PIDTune* model *standard*.

7. Analisis yang digunakan meliputi analisis peralihan, analisis domain frekuensi untuk fungsi alih lingkaran terbuka dan analisis domain frekuensi untuk fungsi alih lingkaran tertutup.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi dan mencapai kinerja terbaik dari sistem kendali pada AVR arus searah tanpa pengendali, dengan PIDTune model *standard* tanpa filter, PIDTune model paralel tanpa filter, PIDTune model *standard* beserta filter, dan PIDTune model paralel beserta filter dengan menggunakan analisis peralihan dan domain frekuensi.

Penelitian ini memberikan berbagai manfaat baik secara teoretis maupun praktis, khususnya dalam bidang sistem kendali AVR tipe arus searah. Adapun manfaat secara teoritis dari penelitian ini adalah

- Penelitian ini bermanfaat dalam pengembangan ilmu pada sistem kendali AVR tipe arus searah terutama untuk menambah wawasan dalam bidang sistem kendali AVR tipe arus searah dengan fokus pada tuning PID menggunakan metode PIDTune model *standard* dan PIDTune model paralel.
- Memberikan pemahaman lebih dalam mengenai analisis peralihan dan analisis domain frekuensi dalam sistem AVR tipe arus searah.
- Memberikan kontribusi terhadap pengembangan metoda tuning PI dengan menyediakan perbandingan antara dua metode tuning PID dalam pengaturan sistem AVR tipe arus searah yang dapat menjadi referensi bagi peneliti selanjutnya dalam pengembangan algoritma tuning yang lebih optimal.

Untuk manfaat secara praktis dari penelitian ini adalah

- Optimasi kinerja sistem AVR tipe arus searah dalam sistem tenaga listrik. Hasil penelitian ini memberikan informasi mengenai pemilihan metode tuning PID yang lebih efektif dalam menjaga kestabilan tegangan sistem tenaga listrik dan membantu dalam meningkatkan keandalan dan respons dinamis sistem AVR tipe arus searah sehingga dapat memperbaiki efisiensi regulasi tegangan.
- Penerapan dalam desain dan implementasi sistem AVR tipe arus searah. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai panduan bagi insinyur dan praktisi di bidang tenaga listrik dalam menerapkan metode tuning PID yang lebih optimal pada sistem AVR tipe arus searah.
- Memberikan rekomendasi terhadap pemilihan parameter PID berdasarkan karakteristik sistem yang diinginkan, seperti kestabilan tinggi atau respons cepat terhadap perubahan beban.

1.6. Sistematika Penulisan

Pada tugas akhir ini, laporan disusun dalam beberapa bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini mencakup tentang latar belakang dari masalah dalam penelitian ini, tujuan yang ingin dicapai, manfaat yang akan didapatkan, batasan masalah, dan sistematika penulisan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang teori dasar dalam penelitian. Teori-teori tersebut berupa sistem kendali, AVR tipe arus searah, metode *PIDTune* dengan model *standard* dan paralel, analisis peralihan dan analisis domain frekuensi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang penjelasan dan tahap-tahap penelitian yang dilakukan.

BAB IV HASIL DAN ANALISIS

Bab ini mendeskripsikan analisis dan pembahasan dari penelitian tugas akhir. Pembahasan dimulai dengan fungsi alih sistem AVR, hasil dari percobaan sistem AVR, analisis peralihan dan domain frekuensi pada AVR, dan hasil analisis AVR metode *PIDTune* model *standard* dan paralel.

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisikan kesimpulan dan saran berdasarkan data dari penelitian yang telah dilakukan.

