BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik diperkirakan akan terus meningkat, mengingat perannya yang vital sebagai penopang utama kehidupan modern, mendukung berbagai aktivitas manusia dari skala domestik hingga industri, terutama seiring pertumbuhan penduduk yang sangat pesat[1]. Oleh karena itu, ketersediaan pasokan listrik yang andal dan berkelanjutan menjadi isu krusial yang membutuhkan perhatian serius. Untuk memenuhi permintaan yang terus berkembang ini, pembangkit listrik menggunakan generator.

Generator bekerja dengan prinsip konversi energi (gerak) mekanik menjadi energi listrik. Di dalam generator, sistem pasokan listrik berperan penting sebagai penguat serta menghasilkan tegangan dan frekuensi yang dihasilkan oleh arus eksitasi yang mengeksitasi rotor generator[2]. Besar arus eksitasi pada generator akan mempengaruhi tegangan listrik yang dihasilkan. Idealnya, tegangan keluaran generator harus tetap stabil, tetapi perubahan beban seringkali menyebabkan fluktuasi tegangan keluaran generator sehingga daya reaktif menjadi tidak stabil dan berpotensi merusak peralatan listrik, penurunan efisiensi pengisian, gangguan sistem proteksi sistem tenaga, dan bahkan kolapsnya sistem[3][4]. Untuk mengatasi ketidakstabilan tegangan pada generator, diperlukan perangkat yang mampu mengontrol kestabilan tegangan secara otomatis dengan mengatur arus eksitasi pada generator, yaitu *Automatic Voltage Regulator* (AVR)[5].

Sebuah sistem AVR yang ideal harus mampu mempertahankan tegangan keluaran pada nilai yang telah ditetapkan, bahkan saat kondisi beban fluktuatif yang menghasilkan ketidakstabilan keluaran daya[6]. Akan tetapi, sistem AVR seringkali mengalami kesulitan mencapai tingkat optimal dalam menjaga stabilitas arus eksitasi generator. Untuk mengatasi hal ini, diperlukan penambahan komponen pengendali pada sistem AVR untuk meningkatkan kinerjanya[7].

Untuk meningkatkan kinerja sistem AVR menjadi lebih baik adalah dengan menambahkan pengendali Proporsial-Integral-Diferensial (PID). Pengendali PID banyak digunakan dalam pengendalian proses teknologi di industri, karena struktur yang sederhana, kemudahan dalam penerapan, serta cukup efektif dalam menyelesaikan berbagai permasalahan kontrol, dengan memastikan *error steady-state* kecil dan mengantisipasi perubahan sinyal yang akan datang[8]. Namun, untuk mencapai kinerja pengontrolan PID yang optimal, diperlukan penalaan (*tuning*) ketiga parameter pengendalian agar sistem dapat berfungsi sesuai dengan performa yang diinginkan[9]. adalah metode yang populer untuk menentukan parameter optimal pada pengontrol PID. Ada dua jenis metode , yaitu model *standard* dan model paralel. Pada model *standard* menghasilkan waktu kontinu

dalam bentuk *standard* dengan variasi kontroler yang terdiri dari pengendali Proporsional (P), pengendali Proporsional Integral (PI), pengendali Proporsional Diferensial (PD), pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID), pengendali Proporsional Diferensial dengan filter orde pertama pada bagian Diferensial (PDF), dan pengendali Proporsional Integral Diferensial dengan filter orde pertama pada bagian Diferensial (PIDF) [10]. Sedangkan pada Pada model paralel membuat pengontrol PID waktu kontinu dengan gain proporsional, integral, dan turunan. Salah satu keunggulan dari adalah kemampuannya untuk menghasilkan pengontrol yang responsif dan akurat, serta memungkinkan penyesuaian kinerja pengontrol sesuai dengan kebutuhan sistem.

Berikut merupakan penelitian-penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan AVR dengan sistem *Automatic Voltage Regulator* (AVR).

1. Isaac A. Ezenugu, Chisom S. Nwokonko (2024) dengan penelitian yang berjudul "*Automatic Voltage Regulator Control System for Synchronous Generator.*" Penelitian ini mengenai sistem kontrol AVR yang menggunakan model generator sinkron dan simulink [11].
2. Khairun Hafizhan (2022), dengan penelitian yang berjudul "Perbandingan Analisa Jenis Konfigurasi Pada Sistem Kendali *Automatic Voltage Regulator* Tipe Arus Searah Dengan Metode Model Paralel" Penelitian ini menganalisa nilai informasi yang mempengaruhi tanggapan peralihan pada sistem AVR dengan metode *PIDTune* model paralel dan konfigurasi tipe-1, tipe 2, dan tipe-3 [12].
3. Heru Dibyo Laksono, Novizon, dan Janra Isram (2021), dengan penelitian yang berjudul "Analisa Peralihan Tanggapan Tegangan Sistem *Automatic Voltage Regulator* (AVR) Tipe Arus Searah dengan Pengendali 2 Derajat Kebebasan" Penelitian ini membahas perancangan dan analisa tanggapan peralihan tegangan sistem AVR tipe arus searah dengan pengendali 2 derajat kebebasan [13].
4. Heru Dibyo Laksono dan Rika Ampuh Hadiguna (2021), dengan penelitian yang berjudul "Simulasi Pola Tingkah Laku Sistem *Automatic Voltage Regulator* (AVR) Tipe Arus Searah Dengan Metoda Model *Standard*." Penelitian ini mengevaluasi sistem AVR dengan metode *PIDTune* model *standard* untuk stabilitas tegangan generator [14].

Dalam penelitian tugas akhir ini dirancang sebuah pengendali untuk sistem AVR arus searah umpan balik satu menggunakan model *standard* dan model paralel tanpa dan menggunakan filter. Simulasi metode ini dilakukan menggunakan perangkat lunak MATLAB. Pada penelitian ini dilakukan dengan merancang fungsi alih berdasarkan nilai-nilai parameter pada sistem AVR arus searah umpan balik satu, yaitu *amplifier*, eksitasi, dan generator. Analisa yang dilakukan berupa analisa peralihan dengan menggunakan metode *PIDTune* model *standard* dan paralel tanpa dan menggunakan filter.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada tugas akhir ini ialah bagaimana cara meningkatkan performansi peralihan sistem yang diukur dengan parameter waktu naik, waktu puncak, waktu keadaan mantap, nilai puncak, dan nilai lewatan maksimum agar memenuhi standar yang ditetapkan, mengingat hasil analisa awal menunjukkan bahwa nilai-nilai parameter tersebut belum sesuai dengan standar.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Untuk melakukan simulasi perancangan pengendali pada sistem AVR tipe arus searah menggunakan metode *PIDTune* model paralel dan model *standard* untuk memastikan bahwa tanggapan peralihan memenuhi standar yang telah ditentukan.
2. Untuk menganalisis dan membandingkan tanggapan sistem AVR tipe arus searah menggunakan metode *PIDTune* model paralel dan model *standard*.
3. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman lebih mendalam mengenai efektivitas kedua metode dalam meningkatkan performansi peralihan sistem AVR tipe arus searah serta memberikan rekomendasi yang tepat.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Sistem AVR yang digunakan adalah sistem AVR tipe arus searah.
2. Arsitektur sistem kendali yanng digunakan adalah tipe *standard* dan tipe *pre-filter*.
3. Sistem AVR tipe arus searah dinyatakan dalam bentuk persamaan keadaan serta fungsi alih.
4. Perancangan pengendali dilakukan melalui simulasi menggunakan perangkat lunak MATLAB.
5. Simulasi yang dilakukan mencakup simulasi perancangan tanpa pengendali, simulasi perancangan dengan pengendali, simulasi perancangan pengendali dengan *Low Pass Filter* (LPF), simulasi perancangan pengendali dengan *High Pass Filter* (HPF), simulasi perancangan pengendali dengan variasi konstanta filter untuk *Low Pass Filter* (LPF), dan simulasi perancangan pengendali dengan variasi konstanta filter untuk *High Pass Filter* (HPF).
6. Simulasi perancangan pengendali menggunakan metode *PIDTune* model paralel dan model *standard*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan banyak manfaat baik dari segi teoretis ataupun praktis, terutama dalam bidang sistem kendali AVR tipe arus searah. Berikut adalah manfaat secara teoritis dari penelitian ini.

1. Penelitian ini bermanfaat dalam pengembangan ilmu tentang sistem kendali AVR tipe arus searah, khususnya dalam menambah wawasan mengenai model paralel dan model *standard*.
2. Penelitian ini memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai analisis peralihan dalam sistem AVR tipe arus searah.
3. Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembagan metode *PIDTune* dengan membandingkan kedua metode *PIDTune* dalam pengaturan sistem AVR tipe arus searah yang dapat dijadikan referensi bagi penelitian selanjutnya dalam pengembagan algoritma tuning yang lebih optimal.

Untuk manfaat secara praktis dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Optimasi kinerja sistem AVR tipe arus searah dalam sistem tenaga listrik. Hasil penelitian ini memberikan informasi mengenai pemilihan metode *PIDTune* yang lebih efektif untuk menjaga kestabilan tenaga sistem tenaga listrik dan membantu mengingkatkan keandalan serta respons dinamis dari sistem AVR tipe arus searah, yang pada gilirannya dapat meningkatkan efisiensi regulasi tegangan.
2. Penerapan dalam desain dan implementasi sistem AVR tipe arus searah. Hasil penelitian ini dapat dijadikan panduan bagi insinyur dan praktisi di bidang tenaga listrik untuk menerapkan metode *PIDTune* yang lebih optimal pada sistem AVR tipe arus searah.
3. Memberikan rekomendasi dalam pemilihan parameter PID yang sesuai dengan karakteristik sistem yang diinginkan, seperti kestabilan tinggi atau respons cepat terhadap perubahan beban.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi mengenai teori dasar yang mendukung dalam penelitian. Adapun teori-teori yang dibahas, yaitu sistem kendali, sistem *Automatic Voltage Regulator* (AVR) tipe arus searah, metode *PIDTune* model paralel dan model *standard*.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas tentang penjelasan dan tahapan terkait penelitian yang dilakukan, seperti pendahuluan, diagram alir, dan tahapan penelitian.

BAB IV HASIL DAN ANALISIS

Bab ini mendeskripsikan analisa dan pembahasan dari penelitian tugas akhir. Pembahasan dimulai dengan fungsi alih sistem AVR, hasil dan analisa sistem AVR, hasil analisa sistem AVR dengan metode *PIDTune* model paralel dan model *standard*.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran dari penulis berdasarkan hasil dan analisa yang telah dilakukan untuk pengembangan selanjutnya.

UNIVERSITAS ANDALAS
UNTUK KEDJAJAAN BANGSA