BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem transportasi kereta api memainkan peran penting dalam kehidupan modern sebagai salah satu moda transportasi yang efisien dan ramah lingkungan [1]. Dalam skala yang lebih kecil, kereta api model skala HO adalah salah satu kereta api model yang paling populer di dunia, dengan rasio skala 1:87 dan berpenggerak motor DC. Model ini digunakan tidak hanya sebagai hobi oleh para kolektor, tetapi juga sebagai alat edukasi dan penelitian dalam bidang teknik, terutama untuk studi kontrol, elektronika, dan otomasi [2]. Kereta api model skala HO (*Half O*) menyediakan *platform* yang baik untuk pengujian sistem kontrol sebelum diimplementasikan pada skala penuh, seperti pengendalian kecepatan yang stabil dan responsif terhadap perubahan kondisi jalur, beban, maupun gangguan eksternal.

Sistem kontrol kecepatan yang efektif sangat penting dalam menjaga performa kereta api agar dapat berjalan sesuai dengan kecepatan yang diinginkan dan meningkatkan efisiensi energi. Tanpa kontrol kecepatan yang tepat, kereta api dapat mengalami ketidakstabilan, seperti keadaan roda kereta api mengalami slip [3], kecepatan yang berfluktuasi atau ketidakmampuan menyesuaikan diri dengan perubahan kondisi jalur, yang pada akhirnya dapat menyebabkan penurunan keselamatan dan efisiensi operasi [4].

Sementara itu, sistem kontrol kecepatan pada lokomotif diesel-*electric* nyata, seperti lokomotif di Indonesia, menggunakan kombinasi antara *governor* elektronik, *throttle notch*, dan sistem kontrol berbasis mikroprosesor (seperti EM2000) [5][6]. Sistem ini terbukti andal dan stabil dalam operasi jangka panjang. Namun demikian, beberapa studi menyebutkan bahwa sistem konvensional seperti *governor* cenderung terlalu konservatif, karena lebih memprioritaskan kestabilan RPM daripada efisiensi energi atau respons terhadap kondisi dinamis seperti perubahan beban atau medan [7].

Meskipun sistem kontrol kecepatan pada lokomotif modern telah menggunakan mikroprosesor yang andal dan tetapi bersifat tertutup [8], penelitian

ini dilakukan sebagai bentuk pengembangan dengan menerapkan algoritma PID pada sistem miniatur. Pendekatan ini memungkinkan evaluasi performa kontrol secara terbuka dan dapat dimodifikasi, yang bermanfaat untuk kebutuhan penelitian, pendidikan, maupun sistem kereta dalam skala terukur.

Metode kontrol berbasis PID (*Proportional-Integral-Derivative*) merupakan salah satu metode yang paling populer dan banyak digunakan dalam berbagai aplikasi sistem kontrol, termasuk pada sistem pengaturan kecepatan. Dengan mengatur parameter proporsional, integral, dan derivatif yang tepat, sistem kontrol PID mampu merespons perubahan dinamis dengan cepat serta meminimalkan *error* atau deviasi antara kecepatan aktual dan kecepatan referensi [9].

Melalui simulasi PID pada kereta api model skala HO memberikan peluang yang baik untuk simulasi dan pengujian dalam skala yang lebih kecil sebelum diterapkan pada sistem kereta api skala penuh. Selain itu, pengendalian kecepatan pada kereta api model skala HO juga dapat memberikan hasil performa *controller* PID untuk menghadapi berbagai skenario operasi yang mencerminkan kondisi nyata, seperti perubahan beban dan gangguan pada jalur [10].

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk simulasi sistem kontrol kecepatan berbasis PID pada kereta api model skala HO dan menganalisis kinerjanya melalui simulasi MATLAB/*Simulink* pada miniatur kereta api. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam peningkatan teknologi kontrol otomatis pada sistem transportasi, khususnya dalam pengaturan kecepatan kereta api.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana menentukan parameter optimal dari *controller* PID agar *controller* PID efektif untuk menjaga kecepatan kereta api miniatur skala HO tetap stabil, meskipun ada gangguan seperti perubahan beban atau kondisi jalur dengan sistem memberikan respon yang cepat dan nilai kesalahan terkecil dalam pengendalian kecepatan?
2. Bagaimana menguji dan mengintegrasikan kinerja kontrol kecepatan berbasis PID pada kereta api miniatur skala HO melalui simulasi?

1.3 Batasan Masalah

1. Penelitian hanya difokuskan pada kontrol kecepatan kereta api miniatur skala HO menggunakan metode PID.
2. Nilai fungsi transfer pada penelitian ini berupa tegangan *input*, Rpm, dan hubungan *input dan output* tegangan miniatur kereta melaju 1 putaran menggunakan 5 variasi beban kereta.
3. Sistem yang dikendalikan hanya mencakup aspek kecepatan kereta di sepanjang jalur yang tetap, tanpa mempertimbangkan aspek pengendalian posisi atau navigasi.
4. Implementasi dilakukan pada simulasi di MATLAB/*Simulink* dan pengujian menggunakan data perangkat keras miniatur kereta api skala HO yang tersedia.
5. Gangguan yang diperhitungkan dalam pengujian adalah variasi beban dan hambatan jalur, tanpa mempertimbangkan gangguan eksternal lainnya seperti perubahan lingkungan (suhu, kelembaban, dll.).

1.4 Tujuan

1. Mengoptimalkan parameter PID (*proportional, integral, dan derivative*) untuk mencapai performa pengendalian kecepatan yang optimal, dengan responsif, *overshoot* dan *settling time* yang lebih kecil dari hasil referensi.
2. Melakukan simulasi dan pengujian untuk mengevaluasi kinerja kontrol kecepatan berbasis PID pada skenario operasi yang berbeda, termasuk variasi beban dan kondisi jalur.

1.5 Manfaat

1. Menyediakan pemahaman lebih dalam mengenai penerapan *controller* PID untuk sistem dinamis, khususnya dalam pengaturan kecepatan kereta api miniatur skala HO.
2. Memberikan panduan dan bukti empiris tentang bagaimana kontrol PID dapat diterapkan untuk meningkatkan stabilitas kecepatan dan efisiensi operasi pada sistem kereta api miniatur. Hal ini juga dapat menjadi langkah awal dalam pengembangan lebih lanjut pada sistem kontrol kereta api skala penuh.

3. Simulasi dan pengujian dalam penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi dalam pengembangan sistem transportasi kereta api otomatis, khususnya dalam pengendalian kecepatan yang presisi dan responsif terhadap perubahan kondisi operasional.

1.6 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yang disusun secara sistematis untuk mencapai tujuan dari penelitian. Bab I Pendahuluan, menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat serta sistematika penulisan skripsi ini. Bab II Tinjauan pustaka, menjelaskan tentang kereta api dan miniatur kereta api 3 HO (*Half O*), dinamika pergerakan kereta api, sistem pengendalian motor DC, dan sistem kontrol PID. Bab III Metode penelitian, menjelaskan tentang langkah-langkah penelitian, mulai dari studi literatur, perancangan miniatur kereta api dan permodelan sistem kontrol yang akan digunakan. Bab IV akan membahas mengenai hasil dan pembahasan dan Bab V Penutup, yang berisi tentang kesimpulan dan saran dari skripsi ini.