

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Disabilitas fisik merupakan kondisi yang menyebabkan keterbatasan fungsi tubuh sehingga individu mengalami hambatan dalam beraktivitas dan berpartisipasi di masyarakat. Kondisi ini dapat bersifat bawaan maupun disebabkan oleh kecelakaan atau penyakit, dengan dampak yang bersifat sementara atau permanen. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2023, jumlah penyandang disabilitas fisik di Indonesia mencapai 22,97 juta orang atau sekitar 8,5% dari total penduduk. Tingginya angka tersebut mendorong pengembangan berbagai teknologi asistif untuk meningkatkan mobilitas, kemandirian, dan kualitas hidup penyandang disabilitas [1]. Beberapa teknologi yang telah dikembangkan meliputi kursi roda elektrik berbasis *Joystick* [2], lengan robotik [3], alat bantu dengar [4], sistem input virtual berbasis pergerakan mata [5], serta metode kendali kursi roda menggunakan gestur rotasi pergelangan tangan bagi pengguna dengan keterbatasan fungsi jari [6]. Selain itu, pendekatan pengendalian berbasis sinyal biologis tubuh, seperti EEG, EOG, dan EMG, juga mulai banyak dikembangkan sebagai alternatif input bagi pengguna dengan keterbatasan fisik [7].

Salah satu jenis biosignal yang banyak dimanfaatkan dalam sistem antarmuka manusia-mesin adalah *electrooculography* (EOG) [8],[9], yaitu sinyal listrik yang dihasilkan dari pergerakan bola mata akibat perbedaan potensial antara kornea dan retina [10],[11]. EOG telah banyak diterapkan sebagai media kendali pada berbagai perangkat asistif, seperti lengan robot dan sistem komunikasi bagi penyandang disabilitas, sehingga menunjukkan potensinya sebagai antarmuka kendali yang intuitif dan andal [12]. EOG bersifat non-invasif dan relatif stabil [13] sehingga sesuai digunakan sebagai sumber input kendali bagi penyandang disabilitas yang mengalami keterbatasan dalam mengoperasikan perangkat kendali manual seperti *Joystick*. Pola pergerakan mata tertentu dapat diterjemahkan menjadi perintah navigasi pada kursi roda listrik, seperti bergerak maju, berhenti, maupun melakukan manuver belok [14].

Dalam sistem navigasi kursi roda listrik, manuver belok merupakan aspek penting yang secara langsung mempengaruhi keselamatan, kenyamanan, dan keakuratan pergerakan [2]. Dua jenis manuver belok yang umum digunakan adalah belok di tempat dan belok melengkung [15]. Belok di tempat memungkinkan kursi roda berputar pada porosnya tanpa perpindahan posisi yang signifikan, sedangkan belok melengkung menghasilkan perubahan arah secara bertahap dengan lintasan berbentuk kurva [16],[17].

Meskipun kedua metode manuver tersebut sama-sama digunakan untuk mengubah arah gerak kursi roda, keduanya memiliki karakteristik yang berbeda. Belok di tempat memungkinkan perubahan arah dengan kecepatan sudut *yaw* yang

relatif tinggi pada ruang terbatas [18], [19]. Sedangkan belok melengkung menghasilkan perubahan arah yang lebih halus namun memerlukan lintasan yang lebih panjang [19]. Perbedaan karakteristik tersebut menyebabkan respons gerak yang dihasilkan belum tentu memberikan performa yang sama dari aspek akurasi, kestabilan, dan kenyamanan pengguna.

Terlepas dari metode input yang digunakan, respons mekanik kursi roda terhadap perintah belok perlu dianalisis secara objektif untuk memastikan kemampuan navigasi, kestabilan, dan kenyamanan pengguna [20], [21]. Perbedaan karakteristik antara manuver belok di tempat dan belok melengkung dapat menghasilkan respons gerak yang berbeda selama proses perubahan arah. Oleh karena itu, diperlukan analisis kuantitatif terhadap karakteristik respons kedua metode manuver tersebut menggunakan parameter sudut *yaw* dan kecepatan sudut *yaw* untuk mengetahui metode yang memberikan performa paling sesuai [19]. Untuk memperoleh parameter tersebut, diperlukan sensor yang mampu mengukur perubahan orientasi dan kecepatan sudut kursi roda secara akurat.

Sensor *Inertial Measurement Unit* (IMU) dapat dimanfaatkan untuk mengukur orientasi dan perubahan sudut gerak kursi roda [22], khususnya pada sumbu *yaw* saat manuver belok dilakukan. Data yang dihasilkan oleh IMU memungkinkan analisis terhadap berbagai parameter respons seperti besar sudut belok [23], waktu respons [24], serta error sudut akhir [23] setelah manuver selesai. Namun, pemanfaatan parameter-parameter tersebut untuk membandingkan karakteristik dua metode manuver belok pada kursi roda listrik masih belum banyak dilaporkan.

Meskipun berbagai penelitian telah membahas sistem kendali kursi roda listrik berbasis biosinyal maupun analisis manuver kursi roda, kajian yang secara khusus membandingkan karakteristik respons manuver belok di tempat dan belok melengkung berdasarkan parameter sudut *yaw* dan kecepatan sudut *yaw* yang diukur menggunakan IMU masih relatif terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya lebih berfokus pada pengembangan antarmuka kendali, metode pengolahan sinyal, atau implementasi sistem navigasi, sedangkan analisis komparatif terhadap respons kedua metode manuver berdasarkan data orientasi dan kecepatan sudut belum banyak dilaporkan. Padahal, informasi tersebut penting untuk menentukan metode manuver yang memberikan performa navigasi yang lebih baik dari aspek akurasi, kestabilan, dan kenyamanan pengguna [21].

Selain digunakan untuk analisis respons sistem, data sudut *yaw* yang diperoleh dari sensor IMU juga dapat dimanfaatkan sebagai sinyal umpan balik (*feedback*) pada sistem kendali tertutup untuk mengatur pergerakan kursi roda selama manuver belok. Pemanfaatan data *yaw* sebagai umpan balik memungkinkan sistem memantau orientasi aktual kursi roda secara real-time dan membandingkannya dengan sudut target yang diinginkan. Agar sistem dapat mengikuti sudut target secara akurat dan stabil, diperlukan metode pengendalian yang mampu mengatur pergerakan sistem. Oleh karena itu, digunakan kontrol

Proportional Integral Derivative (PID) untuk mengurangi error antara sudut referensi dan sudut aktual. Dengan adanya sistem kendali ini, respons gerak kursi roda dapat diamati dan dianalisis secara lebih terukur, sehingga karakteristik respons pada manuver belok di tempat dan belok melengkung dapat dibandingkan secara objektif.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dan membandingkan karakteristik respons manuver belok di tempat (*pivot turn*) dan belok melengkung (*curve turn*) pada kursi roda listrik yang dikendalikan menggunakan sinyal *electrooculography* (EOG). Sistem kendali menggunakan kontrol PID dengan data sudut *yaw* dari sensor IMU sebagai umpan balik untuk mengatur pergerakan kursi roda menuju sudut target. Analisis dilakukan berdasarkan respons sudut *yaw* terhadap waktu dan respons kecepatan sudut *yaw* terhadap waktu pada masing-masing metode manuver. Melalui perbandingan tersebut, penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai karakteristik akurasi, kestabilan, dan kenyamanan dari kedua metode belok sehingga dapat menjadi dasar dalam pengembangan sistem navigasi dan kendali kursi roda listrik yang lebih aman, responsif, dan adaptif bagi pengguna.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini, fokus utama adalah analisis respons manuver belok pada kursi roda listrik berdasarkan data sudut *yaw* yang diukur menggunakan sensor *Inertial Measurement Unit* (IMU). Perbandingan dilakukan antara metode belok di tempat (*pivot turn*) dan belok melengkung (*curve turn*) untuk mengevaluasi karakteristik respons gerak yang dihasilkan. Berdasarkan fokus tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana respons kecepatan sudut *yaw* (ω_z) kursi roda listrik terhadap waktu pada metode belok di tempat dan belok melengkung?
2. Bagaimana respons sudut *yaw* kursi roda listrik terhadap waktu pada metode belok di tempat dan belok melengkung?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk menganalisis respons kecepatan sudut *yaw* (ω_z) kursi roda listrik terhadap waktu pada metode belok di tempat dan belok melengkung
2. Untuk menganalisis respons sudut *yaw* kursi roda listrik terhadap waktu pada metode belok di tempat dan belok melengkung

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian yang dilakukan lebih terarah dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan, maka diperlukan adanya batasan masalah. Batasan masalah pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan pada analisis respons manuver belok kursi roda listrik menggunakan dua metode, yaitu belok di tempat dan belok melengkung.
2. Parameter respons gerak yang dianalisis meliputi sudut *yaw*, kecepatan sudut *yaw*, dan waktu respons berdasarkan data yang diperoleh dari sensor *Inertial Measurement Unit* (IMU).
3. Sensor IMU yang digunakan ditempatkan pada badan kursi roda untuk mengukur perubahan orientasi sudut *yaw* dan kecepatan sudut *yaw* selama manuver belok dilakukan.
4. Pengujian dilakukan pada lintasan datar dan kondisi lingkungan terkontrol tanpa adanya hambatan eksternal yang signifikan.
5. Analisis respons belok dilakukan berdasarkan data pengukuran IMU tanpa mempertimbangkan pengaruh jenis input kendali yang digunakan.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan bermanfaat untuk pengembangan sistem kendali kursi roda listrik berbasis IMU, sehingga penyandang disabilitas dapat mengendalikan kursi roda dengan lebih mandiri, aman, dan nyaman.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir disusun menjadi beberapa bagian sesuai dengan pedoman penulisan tugas akhir Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas agar lebih mudah dibaca dan dipahami oleh pembaca. Penjabaran dari sistematika penulisan tugas akhir ini sebagai berikut.

BAB I	Pendahuluan, berisi tentang gambaran singkat “Analisis Respons Manuver Belok Kursi Roda Listrik Menggunakan Sensor IMU” yang terdiri dari latar belakang tugas akhir, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.
BAB II	Tinjauan Pustaka, berisi tentang teori-teori pendukung dalam penelitian tugas akhir seperti peralatan dan komponen, prinsip kerja serta konsep-konsep dalam penyelesaian masalah dalam tugas akhir ini.
BAB III	Metodologi Penelitian, berisi tentang metode yang digunakan, tahapan yang dilakukan dan blok diagram.
BAB IV	Hasil dan Pembahasan, berisi tentang implementasi sistem, proses tuning parameter kontrol PID, serta hasil pengujian dan analisis respons sudut <i>yaw</i> dan kecepatan sudut <i>yaw</i> (ω_z) pada kursi roda listrik. Analisis dilakukan dengan membandingkan performa manuver belok di tempat (<i>pivot turn</i>) dan belok melengkung (<i>curve turn</i>) berdasarkan parameter respons transien, seperti <i>rise time</i> ,

	<i>settling time</i> , overshoot, steady-state error, dan Root Mean Square Error (RMSE). Selain itu, dibahas pula pengaruh variasi sudut target dan variasi beban pengguna terhadap karakteristik respons sistem, serta interpretasi hasil berdasarkan aspek kecepatan respons, kestabilan, dan konsistensi sistem.
BAB V	Kesimpulan dan Saran, berisi kesimpulan dari hasil penelitian serta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

