

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kinematika adalah cabang mekanika yang mempelajari gerak benda tanpa mempertimbangkan gaya penyebabnya, berfokus pada posisi, kecepatan, dan percepatan. Salah satu penerapannya dalam robotika adalah penggunaan roda mekanum, yaitu roda dengan roller miring yang memungkinkan pergerakan ke segala arah tanpa mengubah orientasi roda. Teknologi ini memberikan fleksibilitas tinggi dalam manuver, terutama di ruang terbatas, sehingga banyak digunakan dalam robot dan otomasi industri.

Robotika telah mengalami perkembangan pesat, terutama dalam teknologi sistem pergerakan. Salah satu inovasi yang menarik perhatian adalah roda mekanum, yang memungkinkan mobilitas omnidirectional tanpa mengubah orientasi robot [1]. Keunggulan ini menjadikan roda mekanum banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti kendaraan otonom, sistem industri, dan robot tempur [2]. Dengan desain sedikit berbeda dengan roda konvensional seperti pada Gambar 1.1.1 dan Gambar 1.1.2, roda mekanum dapat dengan mudah mencapai posisi yang sulit dijangkau yang memerlukan mobilitas yang tinggi agar efisiensi gerakan dapat tercapai.

Namun, kompleksitas kinematika roda mekanum menimbulkan



Gambar 1.1.1: Tampak depan Roda Mekanum



Gambar 1.1.2: Tampak samping Roda Mekanum

tantangan dalam pemodelan pergerakannya. Persamaan kinematika yang digunakan untuk menghitung hubungan antara kecepatan roda dan pergerakan robot perlu diperoleh dengan tingkat akurasi yang tinggi. Salah satu pendekatan yang sering digunakan untuk menyederhanakan sistem ini adalah metode aproksimasi deret Taylor, yang mampu menangani perhitungan non-linear [2].

Meskipun metode ini menjanjikan, terdapat berbagai sumber eror dalam sistem roda mekanum yang dapat mempengaruhi akurasi perhitungan. Kesalahan dapat muncul akibat deformasi roda, gesekan dengan permukaan, serta variasi distribusi beban pada setiap roda [1]. Selain itu, eror juga dapat berasal dari sensor yang digunakan untuk mengukur kecepatan dan posisi robot, seperti encoder dan sistem navigasi berbasis penglihatan [2].

Studi sebelumnya telah menunjukkan bahwa model kinematika roda mekanum dapat dikembangkan dengan pendekatan berbasis matriks, di mana setiap roda memiliki pengaruh terhadap pergerakan robot dalam sumbu x, y, dan rotasi. Namun, perbedaan dalam metode aproksimasi deret Taylor dapat menghasilkan hasil yang bervariasi. Misalnya, penggunaan aproksimasi deret

Taylor orde pertama memberikan hasil yang lebih sederhana tetapi kurang akurat, sementara orde yang lebih tinggi dapat meningkatkan akurasi namun dengan biaya komputasi yang lebih besar [1].

Dalam konteks kontrol robot, eror yang timbul dari pemodelan kinematika harus diperhitungkan dalam desain sistem kendali. Salah satu metode yang banyak digunakan untuk mengatasi eror dalam estimasi posisi dan kecepatan adalah sensor fusion berbasis filter Kalman [3]. Dengan metode ini, berbagai sumber data sensor dapat dikombinasikan untuk mendapatkan estimasi yang lebih akurat, mengurangi dampak noise dan kesalahan sistem [4].

Implementasi kendali berbasis PID (Proportional-Integral-Derivative) juga menjadi faktor penting dalam sistem roda mekanum, karena dapat meningkatkan kestabilan dan presisi pergerakan [4]. Penggunaan metode kendali adaptif memungkinkan sistem untuk mengoreksi eror yang muncul selama pergerakan, sehingga robot dapat tetap berjalan sesuai dengan jalur yang diharapkan [3].

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan hasil awal yang sederhana dengan menggunakan metode ekspansi Taylor orde dua. Persamaan yang diperoleh digunakan untuk menentukan bentuk dan desain roda mekanum [5]. Akan tetapi, metode ekspansi Taylor orde satu dan orde tiga belum dipertimbangkan pada penelitian tersebut. Gfrerrer (2008) memodelkan geometri dan kinematika roda mekanum menggunakan pendekatan parametrik, serta mengusulkan aproksimasi torus untuk menyederhanakan bentuk rol roda dalam perhitungan matematis [6]. Selanjutnya, Tlale & De Villiers (2008)

mengembangkan model kinematika dan dinamika kendaraan beroda mekanum dengan mempertimbangkan gesekan dan slip yang terjadi selama pergerakan [7]. Dalam studi lebih lanjut, Becker et al. (2014) meneliti dinamika kendaraan beroda empat dengan roda mekanum menggunakan model non-holonmik, serta menguji hasil teoritis dengan eksperimen pada robot NEXUS [8]. Kemudian, Li et al. (2019) mengkaji berbagai konfigurasi roda mekanum untuk meningkatkan mobilitas dan kinerja kendaraan omnidirectional, dengan mempertimbangkan optimalisasi desain roda [9]. Penelitian terbaru oleh Pankrateva et al. (2023) menyoroti pengaruh kesalahan pemasangan roda terhadap akurasi posisi kendaraan berbasis roda mekanum. Studi ini menegaskan perlunya model kompensasi untuk meningkatkan akurasi kontrol gerak [10].

Meskipun deret Taylor sering digunakan untuk menyederhanakan sistem non-linear seperti pergerakan roda mekanum, masih belum jelas bagaimana tingkat orde aproksimasi mempengaruhi efisiensi perhitungan kecepatan pada titik kontak roda. Beberapa penelitian hanya terbatas pada orde dua, tanpa mengkaji dampak aproksimasi orde satu atau tiga terhadap hasil perhitungan. Hal ini menimbulkan pertanyaan mengenai efektivitas dan efisiensi masing-masing pendekatan dalam pemodelan kinematika roda mekanum, terutama saat digunakan dalam sistem kontrol robot yang membutuhkan presisi tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut. Pertama, bagaimana bentuk persamaan kecepatan di titik kontak antara roda dan permukaan datar. Kedua, bagaimana pengaruh ekspansi deret Taylor orde satu, dua, dan tiga terhadap persamaan kecepatan tersebut. Ketiga, bagaimana perbandingan persamaan kecepatan hasil ekspansi dengan persamaan kecepatan tanpa ekspansi.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut. Pertama, untuk mengetahui persamaan kecepatan di titik kontak antara roda dan permukaan datar. Kedua, untuk mengetahui pengaruh ekspansi deret Taylor orde satu, dua, dan tiga terhadap persamaan kecepatan tersebut. Ketiga, untuk mengetahui perbandingannya terhadap persamaan kecepatan tanpa diekspansi.

1.4 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari empat bab. Bab I memuat latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan. Bab II memuat teori dasar dan materi pendukung yang berkaitan dengan topik penelitian ini. Bab III berisikan langkah-langkah yang akan dilakukan untuk menyelesaikan masalah yang ada pada rumusan masalah dalam penelitian ini. Kemudian, disajikan kesimpulan dan saran untuk peneliti selanjutnya pada Bab IV Penutup.