

## BAB IV

### PENUTUP

#### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan terhadap kinematika roda mekanum dengan pendekatan aproksimasi deret Taylor pada orde berbeda, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. **Model kecepatan titik kontak roda** pada sistem koordinat CXYZ berhasil diturunkan secara analitik dengan mempertimbangkan semua komponen kecepatan yang relevan, yakni translasi pusat roda, rotasi sistem, rotasi roda utama, dan rotasi roller. Persamaan akhir untuk kecepatan titik kontak  $V_P$  menunjukkan bahwa komponen-komponen tersebut memiliki kontribusi signifikan terhadap pergerakan platform secara keseluruhan. Persamaan yang diperoleh yaitu:

$$V_{P_x} = V_{C_x} - \omega_z R_H \tan \tilde{\varphi} - R\dot{\varphi} - \dot{\gamma}(R - R_H \sec \tilde{\varphi}) \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$V_{P_y} = V_{C_y} + \dot{\gamma}(R \cos \tilde{\varphi} - R_H) \frac{\sqrt{2}}{2}$$

2. **Ekspansi deret Taylor terhadap fungsi trigonometri** seperti  $\tan \tilde{\varphi}$ ,  $\sec \tilde{\varphi}$ , dan  $\cos \tilde{\varphi}$  memberikan dampak yang berbeda terhadap akurasi model tergantung pada orde yang digunakan:

- *Orde satu* menghasilkan bentuk persamaan yang sederhana namun potensial galatnya besar, terutama ketika sudut  $\tilde{\varphi}$  tidak kecil.
- *Orde dua* memberikan keseimbangan yang baik antara akurasi dan kompleksitas komputasi, dengan nilai galat RMS yang jauh lebih kecil dibandingkan orde satu.
- *Orde tiga* tidak memberikan peningkatan signifikan dalam akurasi dibandingkan orde dua, sehingga secara praktis tidak efisien untuk digunakan dalam sistem nyata yang memerlukan efisiensi komputasi.

**Simulasi numerik** menunjukkan bahwa jumlah roller mempengaruhi kestabilan hasil aproksimasi. Pada roda dengan 6 roller, grafik galat absolut menunjukkan fluktuasi besar pada orde satu, sementara pendekatan orde dua dan tiga menghasilkan kurva yang lebih landai. Namun, pada roda dengan 8 roller, bahkan pendekatan orde satu sudah menunjukkan performa yang lebih baik, dan pendekatan orde dua memberikan hasil optimal. Pada roller dengan 12 roller juga demikian, kurva eror yang dihasilkan semakin landai pada ketiga orde dengan masih tetap performa pada pendekatan orde dua yang optimal.

3. **Nilai Root Mean Square (RMS)** dari simulasi menegaskan bahwa peningkatan orde aproksimasi memberikan dampak besar terhadap akurasi model hingga orde dua, namun tidak signifikan setelahnya. Oleh karena itu, aproksimasi deret Taylor hingga orde dua dapat dikatakan cukup optimal untuk memodelkan kecepatan pada titik kontak roda mekanum dalam konteks sistem kendali robotika yang efisien.

## 4.2 Saran

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, disarankan agar analisis tidak hanya terbatas pada aspek kinematika, melainkan juga mencakup dinamika sistem yang mempertimbangkan efek slip, gesekan, dan interaksi gaya antara roda dan permukaan. Selain itu, penting dilakukan validasi hasil model dengan data eksperimen nyata menggunakan sensor aktual, agar ketepatan model dapat dibandingkan dengan kondisi lapangan secara langsung. Terakhir, implementasi model ini ke dalam perangkat keras seperti mikrokontroler atau *embedded system* perlu dipertimbangkan agar dapat digunakan secara efisien dalam sistem robotik yang memiliki keterbatasan daya komputasi.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar yang kuat dalam pengembangan sistem pergerakan omnidirectional berbasis roda mekanum yang lebih akurat, efisien, dan adaptif terhadap kebutuhan dunia robotika masa kini dan mendatang.

