



TECHNOMA Vol. 04, No. 01, 2023

Analisis Simulasi Pengaruh Sudut Kemudi terhadap Radius Putar Kendaraan Listrik Ringan Berbasis Rack and Pinion

Moh Azizi Hakim¹, Erik Heriana², Fahmi Quadratullah³, Sony Sukmara⁴, Nur Sabrina Suhaim⁵

^{1,2,3,4}Fakultas Teknologi dan Informatika universitas Mathla'ul Anwar Banten

⁵Universiti Sains Islam Malaysia

Email: *Zeehakim@gmail.com

Abstrak. Sistem kemudi merupakan komponen utama yang menentukan kemampuan manuver kendaraan listrik ringan pada kecepatan rendah. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi sudut kemudi terhadap radius putar dan kecenderungan percepatan lateral pada kendaraan listrik ringan berbasis mekanisme rack and pinion. Metode yang digunakan adalah simulasi geometri kemudi sederhana menggunakan parameter jarak sumbu roda 1,65 m dan lebar jejak 1,20 m. Variasi sudut kemudi yang dianalisis adalah 15°, 20°, 25°, 30°, dan 35°. Radius putar dihitung menggunakan pendekatan geometri Ackermann, sedangkan percepatan lateral dihitung pada variasi kecepatan 5, 10, dan 15 km/jam. Hasil simulasi menunjukkan bahwa peningkatan sudut kemudi menurunkan radius putar secara signifikan dari 6,16 m pada 15° menjadi 2,36 m pada 35°. Pada kecepatan rendah, perubahan sudut kemudi meningkatkan kemampuan manuver, tetapi juga meningkatkan percepatan lateral. Dengan demikian, sudut kemudi 25°–30° memberikan kompromi yang baik antara kelincahan dan kestabilan manuver kendaraan listrik ringan.

Kata kunci: rack and pinion; radius putar; kendaraan listrik; sudut kemudi; teknik mesin

1 Pendahuluan

Kendaraan listrik ringan mulai banyak dikembangkan sebagai sarana transportasi alternatif yang ramah lingkungan, hemat energi, dan sesuai untuk mobilitas jarak dekat [1]. Dalam rancangan kendaraan listrik ringan, sistem kemudi menjadi salah satu aspek penting karena berhubungan langsung dengan kemampuan manuver, kenyamanan pengemudi, dan keselamatan ketika kendaraan bergerak pada area terbatas [2]. Sistem kemudi yang kurang tepat dapat menyebabkan radius putar terlalu besar, respons kemudi kurang baik, dan kestabilan kendaraan menurun ketika berbelok [3].

Mekanisme rack and pinion banyak digunakan pada kendaraan kecil karena memiliki konstruksi sederhana, respons kemudi relatif langsung, dan mudah dirawat [4]. Pada mekanisme ini, putaran roda kemudi diteruskan menjadi gerak translasi rack sehingga roda depan dapat berbelok sesuai sudut kemudi yang dihasilkan [5]. Namun, penentuan sudut kemudi tidak dapat dilakukan secara sembarangan. Sudut yang terlalu kecil membuat kendaraan sulit bermanuver, sedangkan sudut yang terlalu besar dapat meningkatkan percepatan lateral dan menurunkan kenyamanan saat berbelok [6].

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini menyusun simulasi sederhana untuk mengevaluasi pengaruh variasi sudut kemudi terhadap radius putar kendaraan listrik ringan [7]. Fokus penelitian diarahkan pada hubungan antara sudut kemudi, radius belok, dan percepatan lateral pada kecepatan rendah. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar awal dalam perancangan sistem kemudi kendaraan listrik ringan berbasis rack and pinion, khususnya untuk kendaraan kampus, kendaraan edukasi, atau kendaraan operasional berukuran kecil [8].

2 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan simulasi numerik berbasis model geometri kemudi. Data yang digunakan berupa parameter rancangan kendaraan listrik ringan dan variasi sudut kemudi. Analisis dilakukan dengan menghitung radius putar kendaraan, sudut kemudi dalam dan luar, serta percepatan

lateral pada beberapa variasi kecepatan rendah. Tahapan penelitian meliputi penentuan parameter kendaraan, formulasi model, perhitungan numerik, dan interpretasi hasil simulasi.

2.1 Parameter Kendaraan

Parameter kendaraan ditentukan berdasarkan karakteristik umum kendaraan listrik ringan yang digunakan untuk mobilitas terbatas. Parameter utama yang digunakan dalam simulasi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Simulasi Kendaraan Listrik Ringan

No	Parameter	Nilai
1	Jarak sumbu roda (L)	1,65 m
2	Lebar jejak roda (t)	1,20 m
3	Massa kendaraan kosong	350 kg
4	Kapasitas beban	150 kg
5	Variasi sudut kemudi	15°, 20°, 25°, 30°, 35°
6	Variasi kecepatan	5, 10, dan 15 km/jam
7	Jenis sistem kemudi	Rack and pinion

2.2 Formulasi Matematika

Radius putar kendaraan dihitung menggunakan pendekatan geometri sederhana. Untuk sudut kemudi rata-rata sebesar δ , radius putar kendaraan terhadap pusat massa lateral dapat ditulis sebagai:

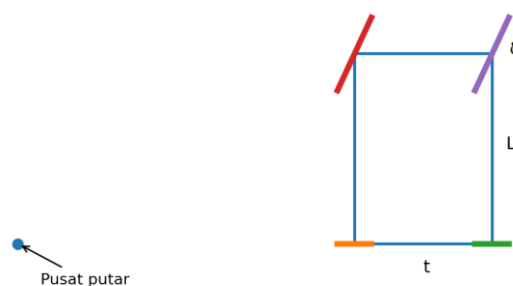
$$R = L / \tan(\delta) \quad (1)$$

$$\delta_i = \tan^{-1} [L / (R - t/2)] \quad (2)$$

$$\delta_o = \tan^{-1} [L / (R + t/2)] \quad (3)$$

$$a_y = v^2 / R \quad (4)$$

Pada persamaan tersebut, R adalah radius putar, L adalah jarak sumbu roda, δ adalah sudut kemudi rata-rata, t adalah lebar jejak roda, δ_i adalah sudut roda bagian dalam, δ_o adalah sudut roda bagian luar, a_y adalah percepatan lateral, dan v adalah kecepatan kendaraan. Model ini digunakan untuk mengevaluasi kecenderungan manuver kendaraan pada kecepatan rendah.



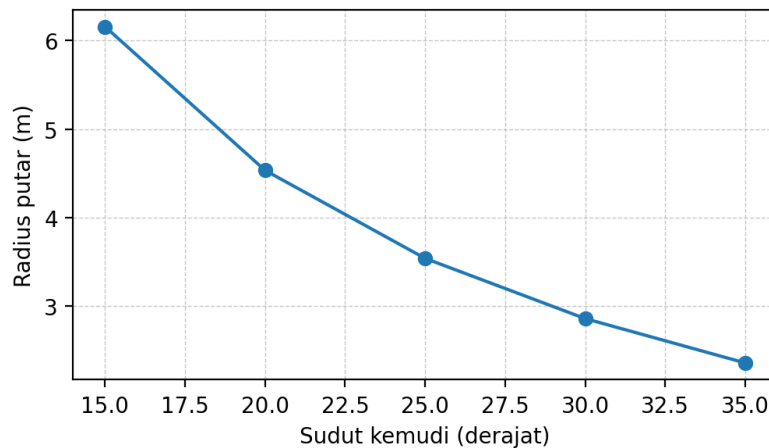
Gambar 1. Skema sederhana geometri kemudi rack and pinion

3 Hasil dan Pembahasan

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa sudut kemudi memiliki pengaruh langsung terhadap radius putar kendaraan. Semakin besar sudut kemudi, semakin kecil radius putar yang dihasilkan. Kondisi ini menunjukkan bahwa kendaraan menjadi lebih lincah pada ruang gerak terbatas, tetapi peningkatan sudut kemudi juga perlu dikendalikan agar tidak menimbulkan percepatan lateral yang terlalu tinggi.

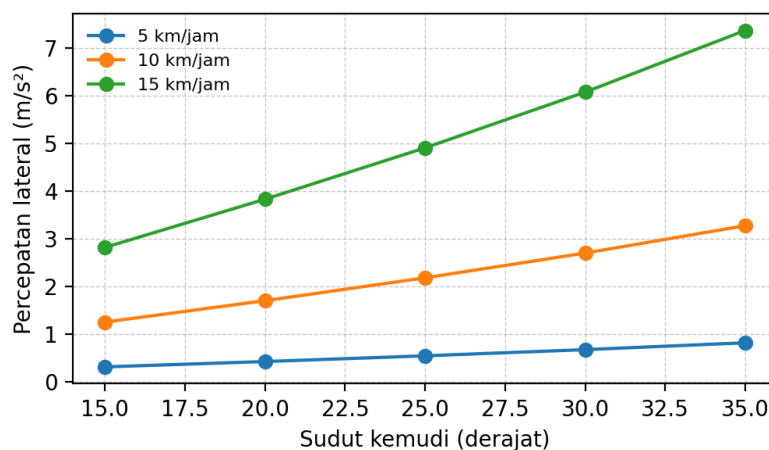
Tabel 2. Hasil Simulasi Radius Putar dan Sudut Roda

Sudut kemudi (°)	Radius putar (m)	Sudut roda dalam (°)	Sudut roda luar (°)	a _y pada 10 km/jam (m/s ²)
15	6.16	16.53	13.72	1.25
20	4.53	22.76	17.82	1.70
25	3.54	29.32	21.74	2.18
30	2.86	36.16	25.51	2.70
35	2.36	43.21	29.17	3.27



Gambar 2. Hubungan variasi sudut kemudi terhadap radius putar

Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 2, radius putar menurun dari 6,16 m pada sudut kemudi 15° menjadi 2,36 m pada sudut kemudi 35°. Penurunan ini menunjukkan bahwa kemampuan manuver meningkat ketika sudut kemudi diperbesar. Namun demikian, sudut kemudi yang terlalu besar dapat meningkatkan gaya lateral pada roda depan dan menurunkan kenyamanan saat kendaraan melakukan belokan tajam.



Gambar 3. Estimasi percepatan lateral pada variasi kecepatan rendah

Gambar 3 memperlihatkan bahwa percepatan lateral meningkat seiring bertambahnya sudut kemudi dan kecepatan kendaraan. Pada kecepatan 5 km/jam, percepatan lateral masih relatif rendah untuk seluruh variasi sudut. Pada kecepatan 15 km/jam, sudut kemudi besar menghasilkan percepatan lateral yang lebih tinggi sehingga pengemudi perlu mengurangi kecepatan ketika melakukan belokan tajam. Temuan ini menunjukkan pentingnya kompromi antara radius putar kecil dan kestabilan manuver.

Dari sisi rancangan teknik mesin, hasil simulasi mengindikasikan bahwa sudut kemudi 25°–30° dapat digunakan sebagai rentang awal yang cukup baik untuk kendaraan listrik ringan. Pada rentang tersebut, kendaraan memiliki radius putar yang lebih kecil dibandingkan sudut 15°–20°, tetapi tidak menghasilkan percepatan lateral setinggi sudut 35°. Selain itu, penggunaan mekanisme rack and pinion

tetap relevan karena konstruksinya sederhana dan respons kemudi dapat diprediksi melalui hubungan geometri.

4 Kesimpulan

Penelitian ini telah menganalisis pengaruh variasi sudut kemudi terhadap radius putar kendaraan listrik ringan berbasis rack and pinion menggunakan pendekatan simulasi geometri. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa peningkatan sudut kemudi dari 15° sampai 35° mampu menurunkan radius putar dari 6,16 m menjadi 2,36 m. Hal ini menunjukkan bahwa sudut kemudi berperan penting dalam meningkatkan kemampuan manuver kendaraan.

Meskipun sudut kemudi yang besar dapat memperkecil radius putar, peningkatan tersebut juga menaikkan percepatan lateral, terutama pada kecepatan yang lebih tinggi. Oleh karena itu, sudut kemudi 25° – 30° dapat dipertimbangkan sebagai rentang awal rancangan karena memberikan kompromi antara kelincihan dan kestabilan manuver. Penelitian lanjutan disarankan untuk menambahkan pengujian eksperimental, analisis kekuatan komponen kemudi, serta evaluasi kenyamanan pengemudi pada kondisi jalan yang berbeda.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi dan Informatika Universitas Mathla'ul Anwar Banten atas dukungan fasilitas dan masukan dalam penyusunan artikel ini.

5 Daftar Pustaka

- [1] M. A. Hakim, E. Heriana, A. Ekoprianto, S. Sukmara, and D. Susanto, "RANCANGAN SISTEM PENGEMUDI JENIS RACK AND," vol. 01, no. 02, 2022.
- [2] M. A. Hakim, E. Heriana, M. A. Hakim, S. Sukmara, and D. Susanto, "Perancangan kendaraan kampus dengan penggerak motor listrik," *Technoma*, vol. 01, no. 02, pp. 60–66, 2022.
- [3] M. A. Hakim, E. Heriana, A. Ekoprianto, S. Sukmara, and D. Susanto, "Analisis Bangun Rangka Mobil," *Technoma*, vol. 02, no. 01, pp. 3–8, 2022.
- [4] E. Heriana, M. A. Hakim, A. Ekoprianto, S. Sukmara, and D. Susanto, "Analisis Kapasitas Baterai Dan Sistem Charger," *Technoma*, vol. 02, no. 01, 2022.
- [5] S. Wijaya *et al.*, "Program Peningkatan Kecakapan Hidup Berbasis Vocational Skill Untuk Membangun Jawa Wirausaha Mahasiswa Semester Akhir Mahasiswa Universitas Mathla'ul Anwar Banten," *J. Dharmabakti Nagri*, vol. 1, no. 3, pp. 133–139, 2023, doi: 10.58776/jdn.v1i3.81.
- [6] Robbyrizky and Z. Hakim, "Expert System to Determine Children's Characteristics for Special Need Students at SLB Pandeglang Banten with Forward Chaining Method," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1477, no. 2, pp. 236–240, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1477/2/022021.
- [7] R. Rizky, Z. Hakim, and A. M. Yunita, "Development of the Multi-Channel Clustering Hierarchy Method for Increasing Performance in Wireless Sensor Network," vol. 23, no. 3, pp. 601–612, 2024, doi: 10.30812/matrik.v23i3.3348.
- [8] A.-A. Jenaldi, R. Rizky, N. Nailul Wardah, and J. Sistem Informasi Fakultas, "Sistem Informasi Kontrol Stock Barang Dengan Metode K-Means Clustering Pada Cv," vol. 12, no. 2, p. 2023, 2023.