

Analisis Pengaruh Sudut *Steer* Terhadap Kecepatan Berbelok Pada Mobil Listrik

Rezar Fauzan Asyrof¹, Illa Rizianiza², Faisal Manta³

Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknologi Industri dan Proses,
Institut Teknologi Kalimantan^{1,2,3}

03161062@student.itk.ac.id¹, rizianiza@lecturer.itk.ac.id^{2*}, faisal86@lecturer.itk.ac.id³

Article Info

Article history:

Submitted March 2021

Revised August 2022

Accepted August 2022

Published August 2022

Keyword:

Electric Vehicle

Steering Angle

Time

Velocity

ABSTRACT

Enggang evo 3 electric vehicle is one of the Kalimantan Institute of Technology (ITK) electric cars that will be included in the electric car competition in Indonesia. The development of electric cars continues to be carried out to maximize car performance. The problem faced by Enggang evo 3 electric vehicle is that when moving in a straight, turning, or slalom trajectory, the car cannot follow the trajectory properly. The steer angle used on the Enggang evo 3 electric vehicle is still not right for the track conditions in the race. Thus, a research was conducted on the study of the effect of steer angle on straight and turning speed on Enggang evo 3 electric vehicle. known on the track. Variations used in the study were steer angles of 200, 250, 300. The results of the study showed that the best steer angle for speed and travel time was a steer angle of 200 with a travel time of 9.70 s and a speed of 29.66 km/h. because the smaller the steer angle, the greater the resulting speed and the greater the resulting speed, the shorter the required travel time.

Kata Kunci:

Kecepatan

Mobil Listrik

Sudut Steer

Waktu Tempuh

ABSTRAK

Mobil listrik enggang evo3 merupakan salah satu mobil listrik Institut Teknologi Kalimantan (ITK) yang akan diikuti pada kompetisi mobil listrik di Indonesia. Pengembangan mobil listrik terus dilakukan untuk memaksimalkan performa mobil. Permasalahan yang dihadapi oleh mobil listrik enggang evo3 adalah pada saat bergerak dengan dengan lintasan lurus, berbelok, atau slalom, mobil belum bisa mengikuti lintasan dengan baik. Sudut steer yang digunakan pada mobil enggang evo3 masih belum tepat untuk kondisi lintasan pada perlombaan. Sehingga, dilakukan penelitian tentang studi pengaruh sudut steer terhadap kecepatan lurus dan berbelok pada mobil listrik enggang evo 3. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sudut belok mana yang terbaik pada kecepatan dan waktu tempuh mobil enggang evo 3 pada saat berbelok dengan radius belok lintasan yang sudah diketahui pada lintasan perlombaan. Variasi yang digunakan pada penelitian adalah sudut steer 200, 250, 300. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa sudut steer terbaik untuk kecepatan dan waktu tempuh adalah sudut steer 200 dengan waktu tempuh 9,70 s dan kecepatan 29,66 km/h. karena semakin kecil sudut steer maka semakin besar kecepatan yang di hasilkan dan semakin besar kecepatan yang dihasilkan maka semakin singkat waktu tempuh yang diperlukan.

1. PENDAHULUAN

Mobil listrik merupakan salah satu kendaraan tanpa emisi yang menjadi salah satu alternatif untuk menekan angka polusi udara. Berdasarkan jumlah emisi CO₂ yang dilepaskan, terdapat 3 komponen yang paling berpengaruh terhadap tingginya emisi tersebut yaitu sektor listrik (42%), transportasi (23%), dan perumahan (6%) (Sudjoko, 2021). Selain itu Indonesia juga telah berperan aktif dalam Sustainable Development Goals (SDGs) sebagai upaya untuk mengatasi perubahan iklim dan menciptakan energi yang bersih. Indonesia berkomitmen untuk mengurangi emisi CO₂ sebesar 29% - 41% pada tahun 2030 (Laporan Hasil Analisis Neraca Energi Nasional 2021). Dengan pemakaian mobil listrik sebagai alternatif dalam sektor transportasi yang berkelanjutan, maka dapat mendukung program Sustainable Development Goals (SDGs) di Indonesia.

Mobil listrik enggang evo3 merupakan mobil listrik ITK yang terus dilakukan perbaikan dan pengembangan. Mobil listrik ini juga diikutsertakan dalam kompetisi mobil listrik nasional. Salah satu kekurangan yang terdapat di mobil listrik enggang evo3 yaitu sudut steering kurang akurat sehingga ketika bergerak di lintasan yang berbelok-belok sedikit mengalami kesulitan. Perancangan mekanikal pada bagian steering mobil sangatlah penting karena berpengaruh pada performa mobil (Zhao & Zhang, 2018). Selain itu juga berpengaruh pada tingkat kestabilan kendaraan yang merupakan salah satu factor keamanan kendaraan (Moh. Iqbal Kafabi, 2018). Sehingga pada penelitian ini dilakukan pengujian dengan variasi sudut steering pada kecepatan dan percepatan agar mobil listrik enggang evo dapat bermanuver dengan baik ketika berjalan pada lintasan berbelok.

2. METODE

Pada bagian ini akan dijelaskan beberapa Langkah yang dilakukan untuk mengembangkan penelitian ini.

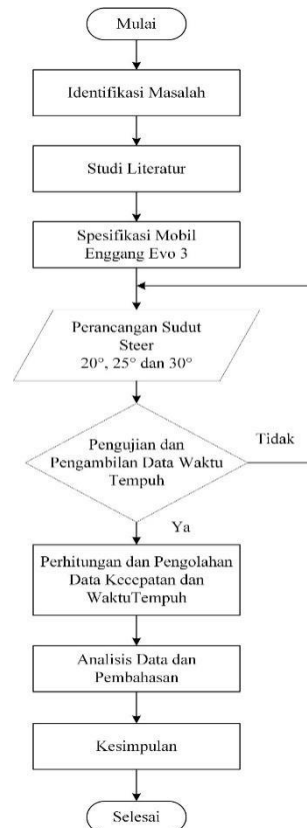
Metodologi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1. Dalam penelitian ini mobil yang digunakan untuk pengambilan data adalah mobil listrik enggang evo 3 dengan spesifikasi sebagai berikut :

Spesifikasi elektrikal :

- Motor Listrik : *Axial BLDC Permanent Magnet Synchoronous Motor*, 48V, 2kW
- *Controller* : *Programmable Golden Controller* 48 V, 100A
- Baterai : LiFePo₄ , 46,2 V, 45 Ah dengan 14 modul di seri yang mana tiap modulnya memiliki 18 *parallel*

Spesifikasi *mechanical* :

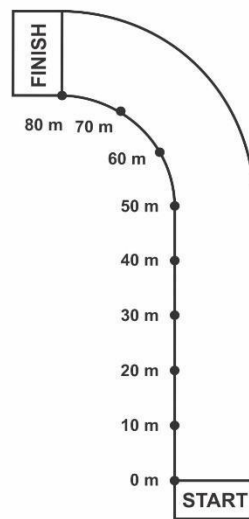
- *Body Mobil* : *Fiber Glass*
- *Rangka* : *ASTM A36, 3/4"*
- *Suspensi Depan* : *Independent Suspension*
- *Suspensi Belakang* : *Independent Suspension*
- *Sistem Kemudi* : *Rack and Pinion Steering*
- *Axle fix* : *Custom*
- *Sprocket* : *Driver 10 teeth, Driven 60 teeth*
- *Rem Depan dan Belakang* : *Caliper cakram custom*
- *Ban Depan dan Belakang* : *MAXXIS R1*
- *Roda Depan dan Belakang*: *Aluminium Cast Wheel 10"*



Gambar 1. Metodologi Penelitian

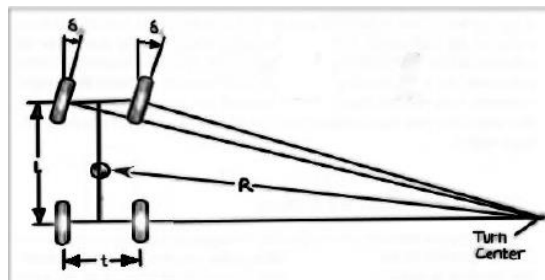
Tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1 yang diawali dengan studi literatur dan perancangan mobil listrik. Pada tahap perancangan *stopper steer* pada *mounting tie rod*, *mounting tie rod* yang telah dipasang *stopper* akan menahan gerakan *tie rod* agar *steering* dapat digerakan dengan sudut *steer* yang telah ditentukan. Perancangan *Stopper Steer* pada *mounting tie rod* di bagi menjadi beberapa tahapan. Tahapan yang dilakukan berupa penentuan sudut *steer*, pengukuran panjang *stopper*, pemotongan plat besi, pengelasan *stopper* yang terbuat dari plat besi pada *tie rod*, pemasangan *stopper tie rod* pada *steering*.

Pengambilan data yang akan dilakukan adalah mengambil data massa pengemudi dan massa mobil listrik. Setelah didapatkan data tersebut maka selanjutnya akan dilakukan pengujian pada mobil listrik Enggang Evo3. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian waktu tempuh dari mobil listrik Enggang Evo3 pada lintasan lurus tanpa elevasi sepanjang 50 m lalu berbelok dengan radius 4 m sepanjang 30 m, dengan total lintasan sepanjang 80 m dan kondisi lintasan kering. Dari pengujian tersebut dilakukan pencatatan waktu tempuh di setiap 10 m yang telah ditandai oleh *cone* yang diletakkan sepanjang lintasan dan didapatkan data waktu dari setiap titik sepanjang lintasan lurus 50 m dan lintasan berbelok sepanjang 30 m dari setiap titik sepanjang lintasan untuk pengujian waktu tempuh. Pengujian dilakukan pada lintasan lurus sejauh 50 m untuk memverifikasi dan memvalidasi bahwa kendaraan listrik mampu melaju dengan baik. Lintasan yang digunakan dalam pengambilan data ditunjukkan pada Gambar 2



Gambar 2. Lintasan Pengujian Penelitian

Penentuan sudut *steer* dihitung dengan menggunakan Persamaan 1, Kondisi ideal dari kendaraan belok disebut juga sebagai kondisi ackerman yaitu dimana pada saat semua roda tidak terjadi sudut slip, sehingga arah gerak dari roda sama dengan arah bidang putar dari roda. Perhitungan ackerman dilakukan untuk menemukan radius putaran serta sudut putar mobil dan diilustrasikan pada Gambar 3 yang merupakan gambar dari sudut belok kendaraan. Optimasi *driving force* pada mobil mempengaruhi *driving force* pada setiap roda pada mobil listrik (Ge, Guo, & Chen, 2021). Tingkat slip yang lebih rendah controller menghitung slip rate dari setiap roda. Roda pengontrol kecepatan untuk menghitung momen mengemudi setiap roda berdasarkan kesalahan antara roda yang diharapkan. Kemudi Ackermann dan kemudi paralel pada kinerja mobil balap dapat mempengaruhi pergerakan mobil terutama pada saat bergerak lurus dengan putaran stabil, slalom, dan putaran sirkuit (Veneri & Massaro, 2020)



Gambar 3. Sudut Belok (Vishnu Murali, 2020)

Berikut adalah Persamaan 1 yang merupakan perhitungan dari radius belok kendaraan R adalah radius belok (mm) ; L adalah *wheelbase* (mm) dan δ adalah sudut belok.

$$\delta = \tan^{-1} \frac{L}{R}$$

$$R = \frac{L}{\tan \delta} \quad (1)$$

$$R = \frac{1.525 \text{ m}}{\tan 25^\circ} = 3.27 \text{ m}$$

Pada saat mobil berjalan, mobil memiliki kecepatan dan percepatan. Kecepatan adalah rata-rata jarak yang dapat ditempuh suatu kendaraan pada suatu ruas jalan dalam satu satuan waktu

tertentu. Kecepatan dari suatu kendaraan dipengaruhi oleh faktor-faktor manusia, kendaraan dan prasarana, serta dipengaruhi pula oleh arus lalu lintas, kondisi cuaca dan lingkungan alam sekitarnya. Dengan didapatnya waktu perjalanan dan jarak perjalanan maka kecepatan perjalanan dan kecepatan bergerak akan didapat. Berikut adalah Persamaan 2 yang merupakan persamaan mencari kecepatan. Dimana V = kecepatan (m/s), s = jarak yang ditempuh (m), t = waktu tempuh kendaraan (s).

$$V = \frac{s}{t} \quad (2)$$

Percepatan merupakan perubahan kecepatan yang terjadi karena adanya perubahan gaya total (gaya bersih) yang bekerja pada suatu benda. Dalam kehidupan sehari-hari percepatan terjadi pada saat menggunakan sepeda motor dimana adanya perubahan kecepatan awal sebesar 0 km/h menjadi 40 km/h. Berikut adalah Persamaan 3 yang merupakan persamaan mencari percepatan. Dimana a = percepatan (m/s²).

$$a = \frac{v}{t} \quad (3)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengukuran pada variasi sudut *steer* 20⁰ ditunjukkan pada pada Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Percepatan pada Variasi Sudut *Steer* 20⁰

Jarak Tempuh (m)	Waktu Tempuh (s)	Kecepatan (m/s)	Percepatan (m/s ²)
0	0.00	0.00	0.00
10	1.86	5.30	2.89
20	3.49	5.73	1.64
30	4.46	6.72	1.50
40	5.44	7.35	1.34
50	6.50	7.69	1.25
60	7.57	7.92	1.04
70	8.63	8.11	0.93
80	9.70	8.24	0.84

Tabel 2. Hasil Perhitungan Percepatan pada Variasi Sudut *Steer* 25⁰

Jarak Tempuh (m)	Waktu Tempuh (s)	Kecepatan (m/s)	Percepatan (m/s ²)
0	0.00	0.00	0.00
10	1.88	5.31	2.82
20	3.51	5.69	1.61
30	4.47	6.71	1.49
40	5.48	7.29	1.33
50	6.54	7.64	1.61
60	7.58	7.91	1.04
70	9.28	7.54	0.81
80	10.54	7.59	0.71

Tabel 3. Hasil Perhitungan Percepatan pada Variasi Sudut *Steer* 30⁰

Jarak Tempuh (m)	Waktu Tempuh (s)	Kecepatan (m/s)	Percepatan (m/s ²)
0	0.00	0.00	0.00
10	1.85	5.40	2.92
20	3.55	5.63	1.58
30	4.49	6.66	1.48
40	5.47	7.31	1.33
50	6.49	7.70	1.18
60	8.08	7.42	0.91
70	9.59	7.32	0.76
80	11.16	7.16	0.64

Pengujian performa mobil listrik Enggang Evo3 dilakukan pada lintasan lurus dan berbelok. Pada lintasan lurus sepanjang 50 m lalu berbelok dengan radius belok 4 m sepanjang 30 m dan akan dilakukan pengambilan data setiap 10 m dengan menggunakan kamera yang dipasang pada bagian depan dari body mobil listrik Enggang Evo3. Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 1, didapatkan total waktu tempuh rata-rata mobil listrik Enggang Evo3 dengan variasi sudut *steer* 20⁰ pada lintasan lurus sepanjang 50 m lalu berbelok dengan radius 4 m sepanjang 30 m sebesar 9,70 s. Dapat disimpulkan bahwa jarak mempengaruhi waktu tempuh pada mobil Enggang Evo 3 dimana semakin jauh jarak tempuh maka membutuhkan waktu tempuh yang lebih lama. Pada sudut *steer* 20⁰ terlihat dari jarak 0 m hingga 50 m memiliki waktu tempuh yang relatif sama dengan sudut *steer* 25⁰, dan sudut *steer* 30⁰ karena menggunakan spesifikasi motor penggerak dan penekanan *throttle* yang sama. kemudian pada jarak 50 m hingga 80 m terlihat perbedaan waktu tempuh pada ketiga variasi sudut *steer*. Sudut *steer* 30⁰ memiliki waktu tempuh lebih lama dibandingkan dengan kedua variasi sudut *steer*. Pada sudut *steer* 20⁰ memiliki waktu tempuh tercepat. Dikarenakan pada sudut 30⁰ merupakan sudut *steer* yang paling besar dibandingkan dengan variasi sudut yang lain nya, dimana semakin besar sudut *steer* yang diberikan maka mobil cenderung lebih mudah berbelok dan roda belakang lebih mudah bergerak ke arah luar lintasan, ini diakibatkan oleh gaya sentrifugal dimana roda belakang lebih mudah untuk menjauh dari titik pusat belok lintasan. Gaya sentrifugal juga mengakibatkan roda pada poros depan mendapat gaya tekan sedangkan roda pada poros belakang mendapat gaya tarik (Veneri & Massaro, 2020). Berdasarkan hasil pengujian untuk mencari waktu tempuh terbaik maka sudut *steer* 20⁰ adalah sudut *steer* dengan waktu tempuh terbaik untuk diaplikasikan pada mobil listrik Enggang Evo3 pada perlombaan kategori *race* KMLI selanjutnya. Semakin kecil sudut *steer* maka kecepatan mobil akan semakin tinggi (Qiufang Zhao, 2014). Pada sudut *steer* 30⁰ mobil Enggang Evo 3 dengan kondisi menggunakan penggerak *axle fix* pada saat berbelok beban roda bagian belakang mobil tidak terbagi atau roda belakang bagian kiri maupun kanan berputar dengan putaran yang sama, jika pada saat berbelok ke kiri maka beban roda kiri lebih besar dari beban roda kanan jika motor penggerak terbebani oleh ban kiri maka putaran roda yang dihasilkan akan menurun, maka akan mempengaruhi kecepatan mobil pada saat berbelok. Jika kecepatan mobil menurun maka waktu tempuh yang dihasilkan pun akan semakin besar. Sehingga, sudut *steer* terbaik adalah variasi sudut *steer* 20⁰ karena waktu tempuh yang lebih kecil dari variasi sudut *steer* yang lainnya, dengan hasil waktu tempuh sudut *steer* 20⁰ sebesar 9.70 s, sudut *steer* 25⁰ sebesar 10.54 s, sudut *steer* 30⁰ sebesar 11.16 s.

Pengujian kecepatan pada mobil Enggang Evo3 dapat dilihat pada Tabel 1, 2, 3. Nilai percepatan semakin menurun terhadap jarak tempuh. Bila dibandingkan dengan tabel kecepatan, nilai percepatan berbanding terbalik dengan kecepatan. Dimana kecepatan akan meningkat terhadap jarak tempuh, dan percepatan akan menurun terhadap jarak tempuh. Pada jarak 0 m sampai 20 m, percepatan untuk semua variasi relatif sama dimana pada jarak tersebut mobil berada dalam kondisi lintasan lurus yang sama disetiap variasi sudut, pada jarak 20 m sampai 50 m, mobil mengalami perlambatan untuk setiap variasi dimana jarak tersebut mobil masih berada dalam kondisi lintasan

lurus, hal tersebut diakibatkan karena karakteristik percepatan yang dimiliki oleh motor BLDC. Pada jarak 60 m sampai 80 m, sudut *steer* 20° mengalami penurunan percepatan, pada jarak 80 m didapatkan percepatan sebesar 0,84 m/s², pada sudut *steer* 25° didapatkan percepatan sebesar 0,71 m/s², pada sudut *steer* 30° didapatkan percepatan sebesar 0,64 m/s². Pada variasi sudut *steer* 30° mengalami perlambatan terbesar, hal tersebut disebabkan beban yang dialami oleh motor penggerak lebih besar dibandingkan variasi sudut *steer* lainnya, karena sudut *steer* yang lebih besar sehingga radius belok yang dihasilkan lebih kecil, sehingga membutuhkan usaha yang lebih besar dibanding dengan variasi sudut *steer* yang lain untuk berbelok. Dari setiap variasi sudut *steer* mengalami perbedaan penurunan percepatan, semua variasi sudut *steer* memiliki percepatan awal yang hampir sama. Namun, pada saat mobil berbelok sudut *steer* 20° mengalami penurunan kecepatan yang optimal. Karena dapat dilihat pada Tabel 1, variasi sudut *steer* 20° memiliki nilai penurunan percepatan yang masih berada diatas dua variasi lainnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa sudut *steer* 20° lebih optimal pada saat berbelok dibandingkan dua variasi sudut *steer* lainnya pada saat mobil berbelok.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengaruh variasi sudut *steer* terhadap kecepatan nilai sudut *steer* 20° didapatkan kecepatan 29,66 km/h, sudut *steer* 25° didapatkan kecepatan 27,32 km/h, sudut *steer* 30° didapatkan kecepatan 25,77 km/h, nilai sudut *steer* 20° memiliki kecepatan yang lebih besar dibandingkan dengan sudut *steer* lainnya. Hal tersebut dikarenakan semakin kecil sudut *steer* yang terjadi maka kecepatan yang dihasilkan akan semakin besar dan semakin kecil sudut *steer* yang diberikan maka semakin kecil pengaruh gaya sentrifugal yang mengakibatkan roda pada poros belakang lebih mudah bergerak keluar lintasan atau menjauhi titik pusat belok. Berdasarkan perhitungan radius belok didapatkan sudut *steer* 20° didapatkan nilai radius sebesar 4,20 m, pada sudut *steer* 25° didapatkan nilai radius sebesar 3,27 m, nilai radius pada sudut *steer* 30° sebesar 2,64 m. Semakin besar sudut *steer* yang diberikan maka mobil cenderung lebih mudah berbelok dan roda belakang lebih mudah bergerak ke arah luar lintasan, ini diakibatkan oleh gaya sentrifugal dimana roda belakang lebih mudah untuk menjauh dari titik pusat belok lintasan. Gaya sentrifugal juga mengakibatkan roda pada poros depan mendapat gaya tekan sedangkan roda pada poros belakang mendapat gaya tarik.

REFERENSI

- [1] Ge, P., Guo, L., & Chen, J. (2021). Electronic Differential Control for Distributed Electric Vehicles Based on Optimum Ackermann Steering Model. Paper presented at the 2021 5th CAA International Conference on Vehicular Control and Intelligence (CVCI).
- [2] Laporan Hasil Analisis Neraca Energi Nasional (2021). Retrieved from www.den.go.id.
- [3] Moh. Iqbal Kafabi, K. R. D., Yota Ernanda A. (2018). Analisis Stabilitas Belok Rancangan Kendaraan Ganesha Sakti (Gaski) Berpenggerak Differential Motor Brushless DC Menggunakan Metode Kalkulasi Quasi Dinamik Berbasis Software Microsoft Visual Studio C#. JJTM, Vol.6, No.2.
- [4] Qiufang Zhao, H. F., Tao He, Sitong Lu. (2014). The influence of the steering wheel angle on vehicle handling stability. *Computer Modelling & New Technologies*, 18(12D), 51-55.
- [5] Sudjoko, C. (2021). Strategi Pemanfaatan Kendaraan Listrik Berkelanjutan Sebagai Solusi Untuk Mengurangi Emisi Karbon. *Jurnal Paradigma: Jurnal Multidisipliner Mahasiswa Pascasarjana Indonesia*, Vol. 2 No 2, 54-68.
- [6] Veneri, M., & Massaro, M. (2020). The effect of Ackermann steering on the performance of race cars. *Vehicle System Dynamics*, 59(6), 907-927. doi:10.1080/00423114.2020.1730917.
- [7] Vishnu Murali, A. M. R., Nitin H, Suparshwa Pandit. (2020). Design and Development of Four-Wheel Steering for All Terrain Vehicle. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 07(11), 1660-1668. doi:10.13140/RG.2.2.11838.92482.

- [8] Zhao, W., & Zhang, H. (2018). Coupling Control Strategy of Force and Displacement for Electric Differential Power Steering System of Electric Vehicle With Motorized Wheels. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 67(9), 8118-8128. doi:10.1109/tvt.2018.2850154.