

## ANALISIS PENGARUH JARAK SUMBU RODA TERHADAP RADIUS BELOK PADA MOTOR LISTRIK E-NIAGA GENI BIRU 3 RODA

Roiy Aditya<sup>1</sup>, dan Gian Villany Golwa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta

E-mail: 41318310046@student.mercubuana.ac.id

**Abstrak--** Motor listrik E-niaga geni biru merupakan kendaraan roda 3 yang menggunakan energi listrik, di setiap roda memiliki jarak sumbu yang dapat mempengaruhi terhadap kestabilan kendaraan pada saat posisi belok yang dapat menyebabkan slip pada roda sehingga mengalami perilaku understeer atau oversteer. Radius belok adalah jarak belok minimum yang dapat diperlukan oleh kendaraan. Untuk mengetahui radius belok pada motor listrik E-niaga geni biru peneliti melakukan analisis dengan menggunakan metode perbandingan pengukuran secara teoritis dan pemodelan pada software AutoCAD. Gaya vertikal, gaya sentrifugal dan gaya lateral merupakan gaya – gaya yang terjadi pada ban untuk mengetahui sudut slip. Hasil perhitungan teoritis dan pemodelan Software AutoCAD memiliki hasil yang sama didapatkan radius belok 2,93 m dengan radius maksimal 3,71 m dan radius minimal 2,11 m. Pada kecepatan 30 km/jam, 35 km/jam dan 40 km/jam sudut slip roda belakang lebih besar dari pada roda depan. Hal ini disebabkan karena roda belakang bernilai negatif atau berlawanan dengan gaya vertikal pada roda depan, sehingga terjadi pengurangan gaya vertikal pada roda belakang. index understeer (Kus) menunjukkan pada kecepatan 30 km/jam, 35 km/jam dan 40 km/jam mengalami perilaku belok oversteer karena mempunyai nilai negatif yaitu -3,36, -4,9 dan -5,37. Nilai negatif disebabkan karena sudut slip roda belakang lebih besar daripada roda depan.

**Kata kunci:** Motor listrik, jarak sumbu roda, radius belok, sudut slip, understeer, oversteer

**Abstract--** The blue geni E-commerce electric motor is a 3-wheeled vehicle that uses electrical energy, each wheel has an axis distance that can affect the stability of the vehicle at the time of the turning position which can cause slippage on the wheels so that they experience understeer or oversteer behavior. The turning radius is the minimum turning distance that a vehicle can require. To find out the turning radius on the blue geni Ecommerce electric motor, the researcher conducted an analysis using theoretical measurement comparison methods and modeling in AutoCAD software. Vertical force, centrifugal force and lateral force are forces that occur in tires to determine the slip angle. The results of theoretical calculations and modeling of AutoCAD Software have the same results obtained a turning radius of 2.93 m with a maximum radius of 3.71 m and a radius of at least 2.11 m. At a speed of 30 km/h, 35 km/h and 40 km/h the slip angle of the rear wheels is greater than that of the front wheels. This is because the rear wheels are negatively valued or opposite to the vertical force on the front wheels, resulting in a reduction in vertical force on the rear wheels. the understeer index (Kus) shows that at speeds of 30 km / h, 35 km / h and 40 km / h experienced oversteer turning behavior because they had negative values of -3,36, -4,59 and -5,37. The negative value is due to the fact that the slip angle of the rear wheels is greater than that of the front wheels.

**Keywords:** Electric motor, wheelbase, turning radius, radius slip, understeer, oversteer

### 1. PENDAHULUAN

Motor listrik E-niaga geni biru merupakan kendaraan yang menggunakan roda berjumlah 3. Kendaraan roda 3 merupakan kendaraan yang termasuk dalam kategori angkutan umum, menurut kegunaannya dari pengelompokkan kendaraan bermotor kendaraan roda 3 merupakan *cluster* tertinggi [1]. Namun saat ini sektor transportasi menjadi penyumbang tertinggi dalam pemakaian bahan bakar fosil serta emisi gas rumah kaca [2].

Kendaraan listrik adalah solusi saat ini untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil,

minyak bumi yang dipakai sebagai bahan bakar pada kendaraan konvensional merupakan energi yang tidak terbarukan. Kendaraan listrik tidak memiliki emisi gas buang sehingga menjadi sarana transportasi yang ramah lingkungan [3].

Di samping itu faktor keselamatan dan kenyamanan dalam berkendara sangat penting terutama saat posisi belok, karena ketika kendaraan melakukan gerakan belok itulah kondisi paling kritis pada kendaraan [4]. Umumnya kendaraan memiliki parameter kinerja terhadap stabilitas kendaraan yaitu *safety factor* [5]. *Understeer* dan *oversteer* merupakan *skid*

yang terjadi ketika sudut belok tidak sesuai dengan sudut belok pada *steer*.

Kondisi belok ideal atau *ackerman* adalah kondisi sudut belok yang diberikan pengemudi sama dengan sudut belok kendaraan [6]. Estimasi radius belok juga sangat penting dalam mempengaruhi sistem kemudi [7]. Nilai radius belok dipengaruhi oleh *wheel base* atau jarak sumbu roda depan dengan roda belakang dan jarak sumbu *track width* atau lebar trek roda samping [8].

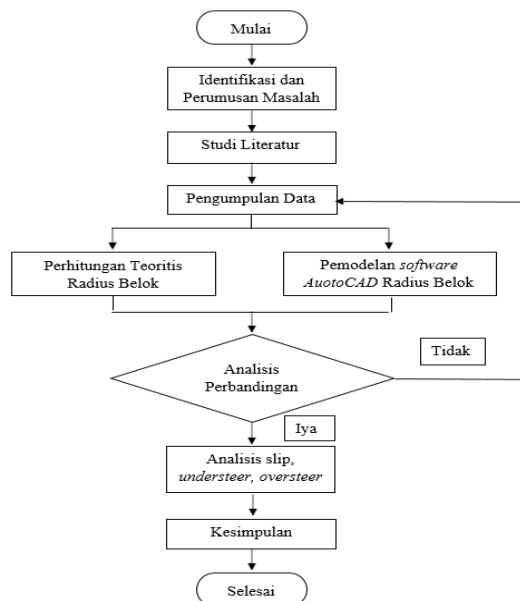
Peneliti terdahulu telah melakukan penelitian dengan topik *Design and Analysis of Three Wheeled Dual Steering Vehicle* [9]. Penelitian tersebut hanya untuk menunjang kebutuhan pada desain *chassis* dengan ke-3 roda bisa berbelok. Motor listrik E-niaga 3 roda hanya memiliki 1 roda bisa belok yaitu roda depan dan diperlukan untuk menunjang dijalan yang sempit, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang analisis jarak sumbu roda terhadap radius belok pada motor listrik E-niaga geni biru 3 roda.

**METODOLOGI**

**2.1 Alat dan Bahan**

- Laptop HP T80NJLH2
- Bahan yang digunakan yaitu berupa data dari spesifikasi kendaraan E-niaga geni biru 3 roda

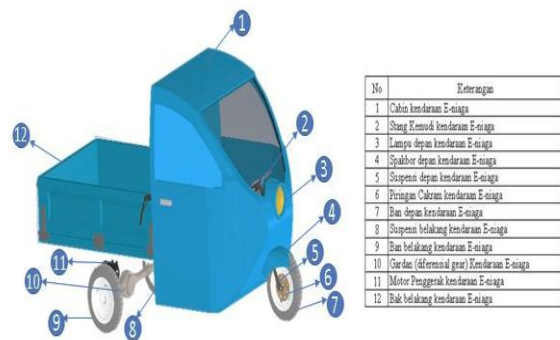
**2.2 Diagram Alir**



**Gambar 1.** Diagram alir

Gambar 1 menunjukkan *flowchart* penelitian ini, diawali dengan identifikasi dan perumusan masalah yang dilanjutkan dengan studi literatur. Selanjutnya data-data yang diperlukan dikumpulkan untuk kemudian digunakan untuk perhitungan teoritis radius balok. Dan juga digunakan untuk pemodelan radius balok menggunakan software *AutoCad*. Kedua cara tersebut kemudian dibandingkan bila hasilnya jauh berbeda maka dilakukan pemeriksaan dan pengumpulan ulang data. namun bila hasilnya hampir sama selanjutnya dilakukan analisis anti slip, *understeer* dan juga *oversteer* untuk kemudian digunakan kesimpulan

**A. Spesifikasi Kendaraan E-niaga**



**Gambar 2.** Spesifikasi kendaraan E-niaga

Gambar 2 memperlihatkan spesifikasi kendaraan E-niaga.

Data spesifik kendaraan motor listrik E-niaga geni biru 3 roda diperlihatkan pada tabel 1.

**Tabel 1.** Spesifik kendaraan E-niaga

Detail	Spesifikasi
Lebar kendaraan	1458,4 mm
Tinggi kendaraan	1898 mm
Panjang kendaraan	3610 mm
<i>Wheel base</i>	2400 mm
<i>Track width</i>	1200 mm
Berat kosong kendaraan	250 Kg
Daya angkut kendaraan	300 Kg
Berat pengemudi	100 Kg
Berat roda	4 Kg
Kapasitas baterai	60 Volt 31,2 Ah
Daya maksimum	3 Kw
Tipe rem depan	Cakram
Tipe rem belakang	Tromol
Tipe suspensi depan	<i>Teleskopik</i>
Tipe suspensi belakang	Pegas daun dengan peredam hidrolis

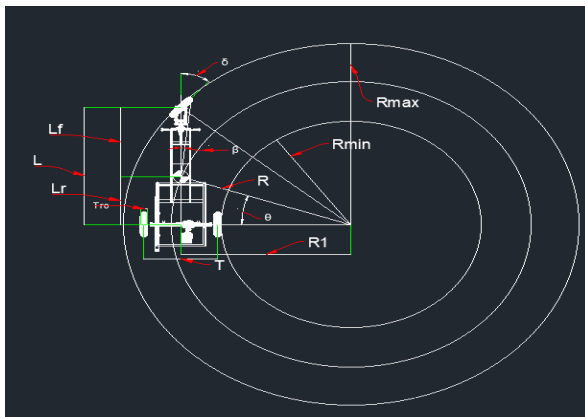
**B. Perhitungan teoritis**

Perhitungan teoritis merupakan cara memecahkan masalah dengan perhitungan manual secara matematis dengan menggunakan persamaan rumus yang terkait dengan permasalahan.

- Mencari data – data tentang spesifikasi motor listrik E-niaga geni biru 3 roda yang akan digunakan sebagai objek analisis meliputi : jarak sumbu roda, sudut belok roda, posisi *center of gravity*.
- Mencari letak *center of gravity* terhadap sumbu roda depan dan sumbu roda belakang, menggunakan *software Inventor*.
- Menghitung sudut belok roda depan  $\delta$ .
- Menghitung radius belok.
- Menghitung ruang belok
- Mencari nilai  $R_{max}$  dan  $R_{min}$ .

**C. Pemodelan Software AutoCAD**

Setelah dilakukan perhitungan teoritis maka proses selanjutnya yaitu Mengaplikasikan hasil perhitungan teoritis manual dengan perangkat lunak *AutoCAD*.



**Gambar 3.** Pemodelan kendaraan E-niaga dengan *software AutoCAD*

Hasil aplikasi perhitungan teoritis manual dengan perangkat lunak *AutoCAD* diperlihatkan pada gambar 3

**D. Analisis Kestabilan**

Merupakan analisis dengan cara mencari nilai slip dan perilaku *understeer* dan *oversteer* pada kendaraan E-niaga geni biru 3 roda dengan variasi kecepatan 30 km/jam, 35 km/jam dan 40 km/jam.

- Perhitungan percepatan *lateral* pada bodi.
- Perhitungan gaya sentrifugal.
- Perhitungan gaya vertikal

- Perhitungan percepatan pada roda.
- Perhitungan gaya *lateral* pada roda.
- Perhitungan sudut *slip*.
- Perhitungan *indek understeer*.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1 Data Pengujian Radius Belok**

Data yang dibutuhkan untuk melakukan analisis radius belok pada kendaraan motor E-niaga geni biru 3 roda yaitu *center of gravity*, sudut belok roda depan dan jarak sumbu roda (*wheelbase*).

**A. Sudut Belok Roda Depan**

Pengambilan data pada sudut belok roda depan yaitu menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\delta = \tan^{-1} \frac{L}{R_1} \tag{1}$$

$$\delta = \tan^{-1} \frac{2,4}{2,77} = 0,86 \text{ rad} = 41^\circ$$

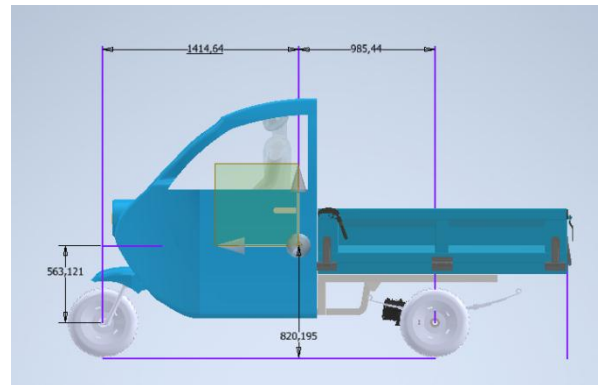
Dimana :

$L$  = Jarak sumbu roda (*wheel base*) (m)

$R_1$  = Jarak pusat radius ke titik tengah *track* (m)

**B. Center of Gravity dan Jarak Sumbu Roda**

Pengambilan data untuk menentukan *center of gravity* dan *wheel base* yaitu menggunakan *software Inventor*. Data yang dibutuhkan yaitu jarak *center of gravity* ke sumbu roda belakang dan sumbu roda depan.



**Gambar 4.** Jarak sumbu roda depan dan belakang ke CoG

Jarak sumbu roda depan ke belakang ke CoG (*Center of Gravity*) diperlihatkan pada gambar 4 dimana jarak roda depan ke CoG 1414,64 dan jarak roda belakang ke CoG 985,44. Resume gambar tersebut dilanjutkan pada tabel 2, dimana data tersebut dibutuhkan untuk analisis radius belok pada E-niaga geni biru 3 roda;

**Tabel 2.** Data pengujian radius belok

Deskripsi	Keterangan
Jarak sumbu roda (L)	2,4 m
Jarak COG dengan sumbu roda depan ( $L_r$ )	1,42 m
Jarak COG dengan sumbu roda belakang ( $L_i$ )	0,98 m
Sudut belok roda depan ( $\delta$ )	41°

**3.2 Radius Belok**

Radius belok atau *turning radius* merupakan jarak belok minimum yang dapat dilakukan oleh kendaraan, Perhitungan radius belok menggunakan persamaan (2) dan menggunakan data pada tabel 2 sebagai berikut :

$$R = \sqrt{L_r^2 + L^2 \cot^2 \delta} \tag{2}$$

$$R = \sqrt{0,985^2 + 2,4^2 \cot^2 41^\circ}$$

$$R = \sqrt{8,59}$$

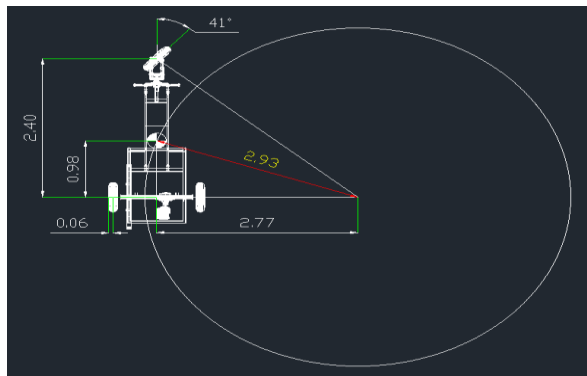
$$R = 2,93 \text{ m}$$

Dimana :

$L$  = Jarak sumbu roda (m)

$L_r$  = Jarak sumbu roda belakang ke COG (m)

$\delta$  = Sudut belok roda depan (°)



**Gambar 5.** Radius belok

Maka nilai radius belok pada titik pusat gravitasi yaitu 2,93 m . pemodelan dengan *software AutoCAD* didapatkan radius belok 2,93 m, Seperti yang diperlihatkan pada gambar 5.

**A. Ruang Belok**

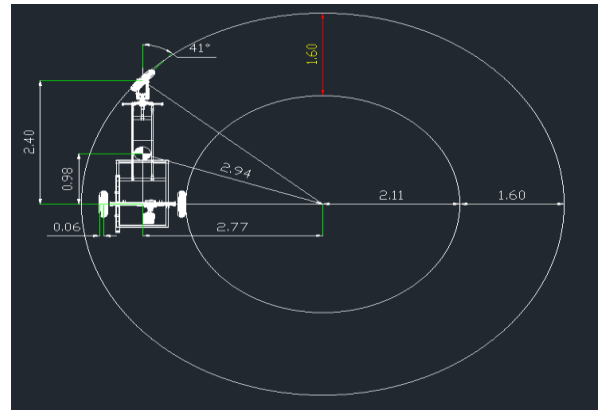
Ruang yang diperlukan untuk berbelok merupakan ruang antara dua lingkaran di mana seluruh kendaraan muat tanpa keluar dari lingkaran.

Persamaan rumus yang digunakan untuk menghitung ruang belok yaitu (3).

$$\Delta R = R_{Max} - R_{Min} \tag{3}$$

$$\Delta R = 3,71 \text{ m} - 2,11 \text{ m}$$

$$\Delta R = 1,60 \text{ m}$$



**Gambar 6.** Ruang belok

Maka didapatkan ruang belok yang dibutuhkan pada kendaraan motor E-niaga geni biru 3 roda yaitu 1,60 m. Seperti yang diperlihatkan pada gambar 6.

$R_{Max}$  dapat dicari dengan menggunakan persamaan (4).

$$R_{Max} = \sqrt{(R_{Min} + \frac{T + T_{ro}}{2})^2 + (l + T_{ro}/2)^2} \tag{4}$$

$$R_{Max} = \sqrt{(2,11 + \frac{1,2 + 0,13}{2})^2 + (2,4 + \frac{0,13}{2})^2}$$

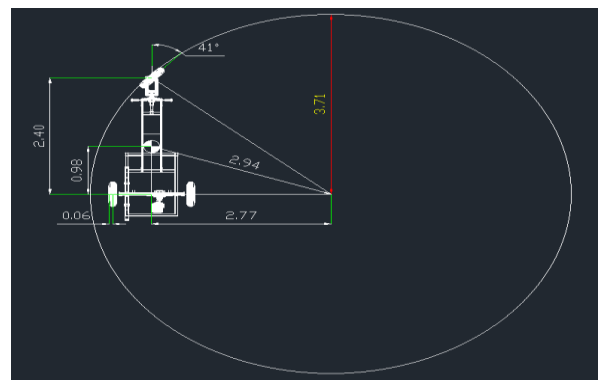
$$R_{Max} = \sqrt{13,75}$$

$$R_{Max} = 3,71 \text{ m}$$

Dimana :

$T$  = Track width (m)

$T_{ro}$  = Lebar track ban



**Gambar 7.** Radius maksimal

Maka nilai radius maksimal pada titik pusat gravitasi yaitu 3,71 m. Pemodelan dengan *software AutoCAD* didapatkan radius maksimal 3,71 m, seperti yang diperlihatkan pada gambar 7.  $R_{Min}$  dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (5).

$$R_{Min} = R_1 - \left(\frac{T + T_{ro}}{2}\right) \tag{5}$$

$$R_{Min} = 2,77 - \left(\frac{1,2 + 0,13}{2}\right)$$

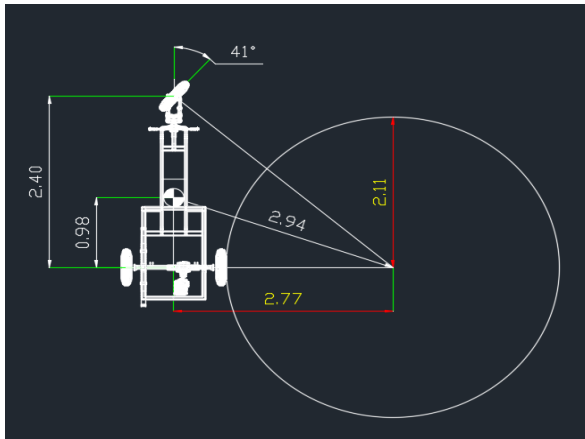
$$R_{Min} = 2,11 \text{ m}$$

Mencari nilai  $R_1$  yaitu menggunakan persamaan (6).

$$R_1 = \frac{l}{\tan \delta} \tag{6}$$

$$R_1 = \frac{2,4}{\tan 41^\circ}$$

$$R_1 = 2,77 \text{ m}$$

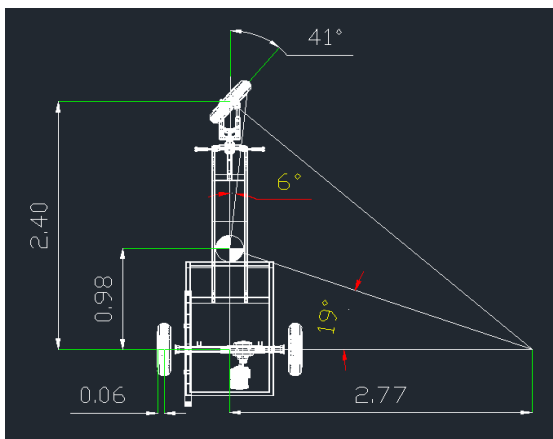


Gambar 8. Radius minimal

Maka nilai radius minimal pada titik pusat gravitasi yaitu 2,11 m . pemodelan dengan software AutoCAD didapatkan radius minimal 2,11 m, Seperti yang diperlihatkan pada gambar 8.

### 3.3 Analisis Kestabilan Belok Kendaraan E-niaga

Mencari Sudut *side slip*, sudut yaw dapat diukur menggunakan software AutoCAD



Gambar 9. Sudut yaw dan slide slip

Mencari sudut yaw dengan persamaan (7).

$$\theta = \sin^{-1} \left(\frac{L_r}{R}\right) \tag{7}$$

$$\theta = \sin^{-1} \left(\frac{0,98}{2,92}\right) = 19^\circ$$

Didapatkan untuk sudut *slide slip* yaitu  $\beta = 6^\circ$

Analisis ini menggunakan 3 variasi kecepatan , seperti yang diperlihatkan pada tabel 3.

Tabel 3. Variasi kecepatan

Variasi	Kecepatan
V1	10 km/jam = 2,7 m/s
V2	20 km/jam = 5,5 m/s
V3	25 km/jam = 6,94 m/s

#### Gaya Lateral

Gaya lateral yang timbul pada ban adalah terbatas besarnya yang mampu ditahan oleh bidang kontak ban dan jalan. Gaya lateral pada ban akan mengakibatkan sudut slip pada ban yang mana akan mempengaruhi arah gerak dari kendaraan.

a. Perhitungan percepatan lateral pada bodi pada sumbu x dan y

$$a_{cy} = \frac{v^2}{R} x \cos(\beta + \beta x \varphi) + vx \sin(\beta + \beta x \varphi) - hr x \theta^2 x \sin \varphi \tag{8}$$

$$a_{cx} = \frac{v^2}{R} x \sin(\beta + \beta x \varphi) + vx \cos(\beta + \beta x \varphi) - hr x \theta^2 x \sin \varphi \tag{9}$$

Dari persamaan (8) dan (9) perhitungan kecepatan lateral pada body didapatkan hasil seperti yang diperlihatkan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil perhitungan percepatan bodi

Kecepatan (m/s)	$a_{cy}$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_{cx}$ (m/s <sup>2</sup> )
8,3	0,67	14,14
9,72	2,97	22,93
11,1	5,36	32,78

b. Perhitungan percepatan pada roda pada sumbu x dan y

$$a_{ty1} = \frac{V^2}{R} x \cos(\beta + \beta x \varphi) + Vx \sin(\beta + \beta x \varphi) + \frac{T_r}{2} \tag{10}$$

$$a_{ty2} = \frac{V^2}{R} x \cos(\beta + \beta x \varphi) + Vx \sin(\beta + \beta x \varphi) + \frac{T_f}{2} \tag{11}$$

$$a_{tx1} = \frac{V^2}{R} x \sin(\beta + \beta x \varphi) + V x \cos(\beta + \beta x \varphi) + \frac{T_r}{2} \tag{12}$$

$$a_{tx2} = \frac{V^2}{R} x \sin(\beta + \beta x \varphi) + V x \cos(\beta + \beta x \varphi) + \frac{T_f}{2} \tag{13}$$

Hasil perhitungan percepatan pada roda sumbu x dan y menggunakan persamaan (10), (11), (12), (13) didapatkan hasil seperti yang diperlihatkan seperti yang diperlihatkan pada tabel 5.

**Tabel 5.** Hasil perhitungan percepatan roda

Kecepatan (m/s)	$a_{ty1}$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_{ty2}$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_{tx1}$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_{tx2}$ (m/s <sup>2</sup> )
8,3	10,67	11,27	24,14	24,74
9,72	12,97	13,57	32,93	33,52
11,1	15,36	15,96	42,78	43,38

c. Perhitungan gaya sentrifugal sumbu y dan x

$$F_{cgy} = \frac{W_t}{g} x a_{cy} \tag{14}$$

$$F_{cgx} = \frac{W_t}{g} x a_{cx} \tag{15}$$

Dimana :  
 $W_t$  = Berat total kendaraan (N)

Hasil perhitungan gaya sentrifugal menggunakan persamaan (14) dan (15) diperlihatkan pada tabel 6.

**Tabel 6.** Hasil perhitungan gaya sentrifugal

Kecepatan (m/s)	$F_{cgy}$ (N)	$F_{cgx}$ (N)
8,3	167	3535
9,72	742,5	5732,5
11,1	1340	8195

d. Perhitungan gaya lateral pada roda

$$F_{L1} = \frac{L_f}{2L} x F_{cgy} x \cos \beta - \frac{F_{cgx}}{3} x \sin \beta + \frac{W_{ro}}{g} x a_{ty1} x \cos \beta x \frac{W_{ro}}{g} x a_{tx1} x \sin \beta \tag{16}$$

$$F_{L2} = \frac{L_r}{2L} x F_{cgy} x \cos \beta - \frac{F_{cgx}}{3} x \sin \beta \tag{17}$$

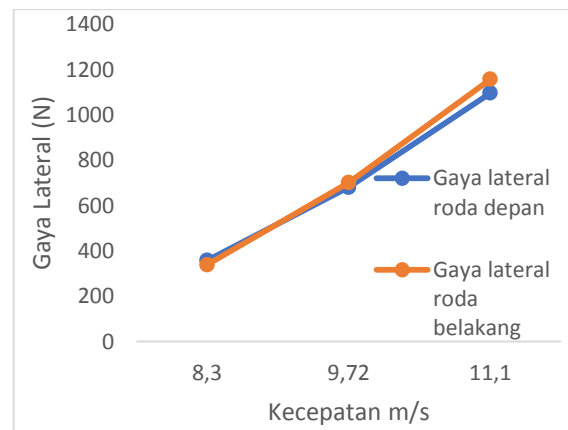
$$+ \frac{W_{ro}}{g} x a_{ty2} x \cos \beta x \frac{W_{ro}}{g} x a_{tx2} x \sin \beta$$

Dimana ;  
 $W_{ro}$  = Berat roda  
 $L$  = Jarak sumbu roda (m)  
 $L_r$  = Jarak sumbu roda belakang ke COG (m)  
 $L_f$  = Jarak sumbu roda depan ke COG (m)

Hasil perhitungan lateral pada roda menggunakan persamaan (16) dan (17), dapat dilihat pada tabel 7.

**Tabel 7.** Hasil perhitungan gaya lateral

Kecepatan (m/s)	$F_{L1}$ (N)	$F_{L2}$ (N)
8,3	338,88	358,02
9,72	701,38	681,04
11,1	1157,38	1097,12
Rata-rata	732,55	578,85



**Gambar 10.** Gaya lateral roda depan dan belakang.

Untuk memudahkan memahami besarnya gaya lateral depan dan belakang dibuatkan grafik seperti pada gambar 10. Dilihat pada tabel 6 dan grafik diatas dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Gaya lateral roda belakang lebih besar daripada roda depan.
- Gaya lateral terkecil terjadi pada kecepatan 8,3 m/s pada roda depan.
- Gaya lateral terbesar terjadi pada kecepatan 11,1 m/s pada roda belakang.
- Gaya lateral roda depan memiliki nilai rata-rata yaitu 712,06 N
- Gaya lateral roda belakang memiliki nilai rata-rata yaitu 732,55 N

**Gaya Vertikal**

Gaya vertikal pada ban pada pokoknya terdiri dari 2 tipe gaya yaitu gaya vertikal statis dan

gaya vertikal dinamis. Gaya vertikal statis adalah gaya vertikal akibat beban statis dan gaya vertikal dinamis adalah gaya vertikal yang disebabkan oleh gaya-gaya dinamis seperti perpindahan gaya/beban karena *pitching* atau *rolling*.

Sudut *pitching* atau *rolling* dapat diabaikan dengan menganggap daya redam suspensi cukup baik. Anggapan ini berlaku dalam menghitung perpindahan beban/gaya normal dari ban kiri ke kanan atau sebaliknya, dan dari ban belakang ke depan atau sebaliknya [10].

$$F_{VL} = \frac{F_{cgx} \cdot rc}{L} \tag{18}$$

Di mana :

$F_{cgx}$  = Gaya sentrifugal sumbu x (N)  
 $rc$  = Tinggi titik berat kendaraan di atas sumbu guling (m)

Gaya vertikal masing-masing roda dirumuskan sebagai berikut :

Untuk roda depan :

$$F_{V2} = \frac{b \cdot Wt}{2(a + b)} + F_{VL} \tag{19}$$

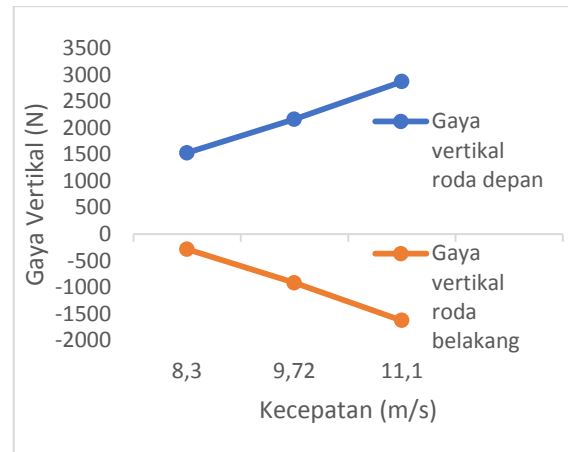
Untuk roda belakang :

$$F_{V1} = \frac{a \cdot Wt}{2(a + b)} + F_{VL} \tag{20}$$

Besarnya gaya vertical masing masing roda depan dan belakang dihitung menggunakan persamaan (18), (19) dan (20) memperoleh hasil seperti yang dijelaskan pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil perhitungan gaya vertikal

Kecepatan (m/s)	$F_{V1}$ (N)	$F_{V2}$ (N)
8,3	-283,40	1533,41
9,72	-916,11	2166,11
11,1	-1625,11	2875,11
Rata-rata	-941,54	2191,54



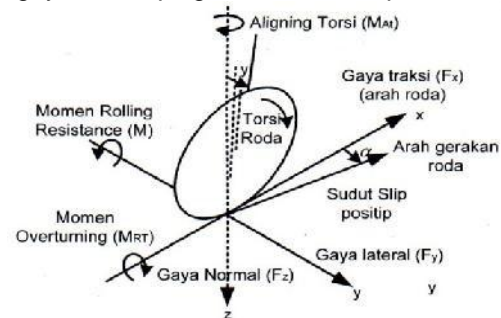
Gambar 11. Grafik hasil perhitungan gaya vertikal

Dilihat dari tabel dan grafik di atas dapat disimpulkan bahwa hasil perhitungan gaya vertikal sebagai berikut :

- Roda depan memiliki gaya vertikal lebih besar dibandingkan roda belakang.
- Pengurangan gaya vertikal pada roda belakang yang disebabkan arah berlawanan dengan gaya vertikal pada roda depan.
- Roda depan memiliki rata-rata gaya vertikal sebesar 2191,54 N
- Roda belakang memiliki rata-rata gaya vertikal sebesar -941,54 N.

**Perhitungan Sudut Slip**

Sudut slip terjadi ketika posisi berbelok ban mengalami deformasi lateral yang disebabkan oleh gaya kesamping dan deformasi pada ban.



Gambar 12. Sudut slip pada ban

Terjadinya sudut slip pada ban dan faktor-faktor yang mempengaruhinya diperlihatkan pada gambar 12.

Sudut slip pada ban bias-*ply* dan ban radial dipengaruhi gaya lateral dan gaya vertikal, persamaan sebagai berikut :

Untuk ban bias-ply :

$$\alpha_1 = 0,052817(F_L)^{0,90635} - 0,004633(F_V) \quad (21)$$

Untuk ban radial :

$$\alpha_1 = 0,087935(F_L)^{0,79008} - 0,005277(F_V) \quad (22)$$

Dimana :

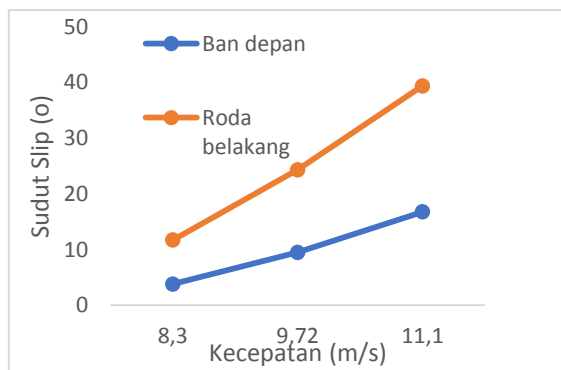
$\alpha$  = Sudut slip ( $^{\circ}$ )

FL, Fv = Gaya lateral dan gaya vertikal (N)

Kendaraan motor listrik E-niaga menggunakan ban bias. hasil perhitungan menggunakan persamaan (21) diperlihatkan pada tabel 9.

**Tabel 9.** Hasil perhitungan sudut slip

Kecepatan (m/s)	$\alpha_1$ ( $^{\circ}$ )	$\alpha_2$ ( $^{\circ}$ )
8,3	11,69	3,8
9,72	24,3	9,5
11,1	39,35	16,76
Rata-rata	25,11	10,02



**Gambar 13.** Sudut slip ban depan dan belakang,

Selanjutnya tabel 9 dibuat grafik agar mudah dipahami seperti yang diperlihatkan pada gambar 13. Dilihat dari tabel 8 dan grafik. Sudut slip roda belakang ( $\alpha_1$ ) lebih besar dari roda depan ( $\alpha_2$ ) dan nilai sudut slip rata-rata roda belakang  $25,11^{\circ}$ , rata-rata roda depan  $10,02^{\circ}$ .

**Index Understeer (Kus)**

Perilaku arah dari kendaraan belok dapat diidentifikasi pada besaran nilai *index understeer*, berikut persamaan *index understeer (Kus)* :

$$K_{us} = (\alpha_2 - \alpha_1) x \frac{R \cdot g}{V^2} \quad (23)$$

Dimana ;

R = Radius belok

$V^2$  = Kecepatan kendaraan belok

$\alpha_2$  = Besar sudut slip roda depan

$\alpha_1$  = Besar sudut slip roda belakang

Mengidentifikasi besaran nilai *Kus* sebagai berikut:

$K_{us} = 0$  maka kendaraan netral

$K_{us} = +$  maka kendaraan *understeer*

$K_{us} = -$  maka kendaraan *oversteer*

hasil perhitungan *index understeer (Kus)* menggunakan persamaan 23 diperoleh hasil seperti yang perlihatkan pada tabel 10.

**Tabel 10.** Analisis perilaku belok

Kecepatan (m/s)	Kus	Perilaku Belok
8,3	-3,36	Oversteer
9,72	-4,59	Oversteer
11,1	-5,37	Oversteer

**KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisis dan pengujian pada kendaraan E-niaga geni biru 3 roda yang memiliki jarak sumbu roda 2,4 m penulis dapat menyimpulkan, sebagai berikut :

Dengan membandingkan menggunakan 2 metode untuk mengetahui radius belok yang dipengaruhi jarak sumbu roda pada kendaraan motor E-niaga geni biru 3 roda pada sudut belok  $41^{\circ}$  maka didapat hasil kesimpulan yaitu :

- Perhitungan teoritis dan pemodelan Software AutoCAD memiliki hasil yang sama, jadi radius belok yang diperlukan yaitu 2,93 m dengan radius maksimal 3,71 m, radius minimal 2,11 m, dan lebar ruang belok yang dibutuhkan yaitu 1,6 m.

Hasil analisis perhitungan kestabilan belok pada kendaraan motor E-niaga geni biru 3 roda dengan memvariasikan kecepatan 30 km/jam, 35 km/jam dan 40 km/jam yaitu :

- Pada kecepatan 30 km/jam, 35 km/jam dan 40 km/jam sudut slip roda belakang lebih besar dari pada roda depan. Hal ini disebabkan karena roda belakang bernilai negatif atau berlawanan dengan gaya vertikal pada roda depan, sehingga terjadi pengurangan gaya vertikal pada roda belakang.
- Dilihat dari nilai perhitungan *index understeer (Kus)* pada kecepatan 30 km/jam, 35 km/jam dan 40 km/jam mengalami perilaku belok *oversteer* karena mempunyai nilai negatif yaitu -3,36, -4,59 dan -5,37. Nilai negatif disebabkan karena sudut slip roda belakang lebih besar daripada roda depan.

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] W. Pulungan, P. Poningsih, and H. Satria, "Pengelompokkan Pada Kendaraan Bermotor Menurut Kegunaannya Menggunakan Metode Data Mining K-



- Means,” KOMIK (Konferensi Nas. Teknol. Inf. dan Komputer), vol. 3, no. 1, pp. 746–752, 2019, doi: 10.30865/komik.v3i1.1687.
- [2] J. R. Woo, H. Choi, and J. Ahn, “Well-to-wheel analysis of greenhouse gas emissions for electric vehicles based on electricity generation mix: A global perspective,” *Transp. Res. Part D Transp. Environ.*, vol. 51, pp. 340–350, 2017, doi: 10.1016/j.trd.2017.01.005.
- [3] M. Aziz, Y. Marcellino, I. A. Rizki, S. A. Ikhwanuddin, and J. W. Simatupang, “Studi Analisis Perkembangan Teknologi Dan Dukungan Pemerintah Indonesia Terkait Mobil Listrik,” *TESLA J. Tek. Elektro*, vol. 22, no. 1, p. 45, 2020, doi: 10.24912/tesla.v22i1.7898.
- [4] R. Harsyawina, Alfian, “Analisis Stabilitas Kendaraan dan Kekuatan Pengait Bak Angkut Kendaraan Multiguna Pedesaan,” *Tek. mesin*, 2017.
- [5] F. Maulana, “Konsep Desain Kendaraan Listrik Roda Tiga Ramah Lingkungan Design Concept Three-Wheeled Electrical Vehicles That Are Environmentally Friendly,” vol. 10, pp. 107–116, 2016.
- [6] F. Rahman, “Analisis Stabilitas Arah Mobil Toyota Agya G dengan Variasi Jumlah Penumpang, Kecepatan Belok, Sudut Belok dan Kemiringan Melintang Jalan,” *J. Tek. ITS*, vol. 6, no. 1, 2016, doi: 10.12962/j23373539.v6i1.22170.
- [7] P. Gautam, S. Sahai, S. S. Kelkar, P. S. Agrawal, and M. R. D, “Designing Variable Ackerman Steering Geometry for Formula Student Race Car,” *Int. J. Anal. Exp. Finite Elem. Anal.*, vol. 8, no. 1, 2021, doi: 10.26706/ijaefea.1.8.20210101.
- [8] Y. Mitiku, D. Thomas, F. Mersha, F. Hailu, and E. Semeredin, “Parking , Zero Turning Radius , Minimum Turning Radius with,” *Sci. Technol. Arts Res. J.*, vol. 7522, no. March, pp. 88–94, 2016.
- [9] P. Deepak, S. V. Reddy, N. Ramya, M. B. Goud, and K. C. Shekar, “Design and Analysis of Three Wheeled Dual Steering Vehicle,” *Int. J. Eng. Res. Technol.*, vol. 3, no. 4, pp. 36–42, 2014.
- [10] G. Mezitama, “Perancangan sistem kemudi dan sudut slip ban pada kendaraan hemat energi (Studi pada kendaraan mesin berkapasitas 100 CC),” *Tek. Mesin pada Fak. Tek. Univ. Negeri Jakarta*, 2014.