



Terbit online pada laman web jurnal : <http://metal.ft.unand.ac.id>

## METAL: Jurnal Sistem Mekanik dan Termal

| ISSN (Print) 2598-1137 | ISSN (Online) 2597-4483 |



Artikel Penelitian

# Analisis Kestabilan Mobil Hemat Energi Adyatma Pada Kondisi Jalan Berbelok

Muri Febrian

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru 28293, Indonesia

### INFORMASI ARTIKEL

#### Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 13 Nopember 2021

Revisi Akhir: 22 Maret 2022

Diterbitkan Online: 30 April 2022

### KATA KUNCI

Stabilitas

Radius Belok

Sudut Kemiringan Jalan

Skid

Guling

### KORESPONDENSI

E-mail:

[muri.febrian2723@student.unri.ac.id](mailto:muri.febrian2723@student.unri.ac.id)

### A B S T R A C T

The Adyatma Urban energy-efficient car is one of the works of the Riau University Mechanical Engineering team. This car has been designed and built in 2020 to be included in the 2020 Energy Efficient Car Contest (KMHE). At the Energy Efficient Car Contest (KMHE), incidents often occur in the form of a vehicle rolling over when turning. This can happen because the level of security of a vehicle is not good, such as the stability of the vehicle when turning. This research was conducted by analyzing the stability of the energy-saving Adyatma urban car when turning. The study was conducted using a quasi-dynamic calculation method which analyzes vehicles that move dynamically, but are analyzed as if they were in static conditions. Performed on dry and wet asphalt road types, with variations in speed of 30 km/hour, 40 km/hour, 50 km/hour and 60 km/hour, with turning radius 4.5 m, 5 m, 5.5 m and 6 m. After doing research on the Adyatma Urban car, the best stability was obtained when the vehicle was traveling on a flat road. Where for the maximum speed limit of the front wheels and rear wheels so as not to skid on dry asphalt and wet asphalt road types, respectively 21.53 km/h and 18.75 km/h and 21.2 km/h and 18.54 km/h with a large turning angle of 19.35°. The maximum speed limits to prevent rolling over on the front and rear wheels are 32.76 km/h and 45.05 km/h, respectively, with a turning angle of 19.35°.

## 1. PENDAHULUAN

Mobil hemat energi tipe urban Adyatma merupakan salah satu karya tim selembayung Teknik Mesin Universitas Riau seperti diperlihatkan pada Gambar 1. Mobil ini telah selesai dirancang dan dibuat pada tahun 2020 untuk diikutsertakan dalam lomba Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) 2020.

Pada Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) pernah beberapa kali terjadi insiden berupa tergulingnya kendaraan saat berbelok. Hal tersebut terjadi karena tingkat keamanan dan kestabilan kendaraan pada saat berbelok kurang baik. Kendaraan dinilai



Gambar 1. Mobil Adyatma Urban [1]

stabil jika semua roda kendaraan masih menyentuh permukaan jalan baik ketika melaju di jalan yang lurus maupun ketika kendaraan melaju di jalan yang berliku atau berbelok. Ketidakstabilan kendaraan saat berbelok dapat mengakibatkan

kendaraan tergeser kesamping (*skidding*) atau terguling (*toppling*). Ketidakstabilan kendaraan atau perilaku arah kendaraan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu *handling performance* kendaraan seperti kecepatan dan radius belok. Salah satu parameter yang harus diperhatikan untuk meningkatkan *handling performance* kendaraan yaitu sudut guling yang terjadi ketika berbelok. Dengan memperkecil sudut guling, maka *handling performance* akan meningkat [2]. Beberapa penelitian dilakukan untuk mengetahui batas kecepatan maksimum dan sudut belok minimum dari berbagai jenis kendaraan agar tidak terjadi *skidding* maupun *toppling*.

Beberapa peneliti telah pernah melakukan riset tentang kestabilan kendaraan, diantaranya adalah penelitian tentang analisis stabilitas kendaraan dengan pengaruh kecepatan, sudut belok, dan jumlah penumpang pada Suzuki Karimun Estilo [3]. Penelitian ini bertujuan mengetahui batas nilai kecepatan maksimum dan sudut belok minimum dengan variasi jumlah penumpang dan kemiringan jalan pada kendaraan Suzuki Karimun Estilo. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kemiringan jalan sebesar  $1,14^\circ$  dan nilai sudut belok  $4,91^\circ$ , roda depan dan roda belakang mengalami slip masing-masing sebesar  $4,33^\circ$  dan  $2,88^\circ$ . Pada analisis guling, kemiringan jalan sebesar  $1,45^\circ$  dengan 4 penumpang, batas kecepatan maksimum saat belok yaitu kurang dari 50 km/jam, sedangkan pada kemiringan jalan sebesar  $5,71^\circ$ , batas kecepatan maksimum saat belok yaitu sebesar 60 km/jam.

Selanjutnya penelitian yang lain juga pernah dilakukan untuk menganalisis stabilitas arah mobil Toyota Agya tipe G dengan variasi jumlah penumpang, kecepatan belok, sudut belok dan kemiringan jalan [4]. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa mobil Toyota Agya memiliki kondisi stabilitas yang baik dengan jumlah penumpang sebanyak dua orang dan sudut kemiringan jalan sebesar  $5,7^\circ$ . Selanjutnya batas kecepatan maksimum kendaraan saat berbelok dengan sudut sebesar  $5^\circ$  dan  $25^\circ$  masing-masing sebesar 94,98 km/jam dan 48,58 km/jam.

Berdasarkan penelitian diatas agar kendaraan Adyatma Urban aman saat berbelok perlu diketahui informasi mengenai batas kecepatan maksimum dan radius belok minimum data kendaraan berbelok.

Merujuk kepada beberapa riset yang telah dilakukan sebelumnya maka pada penelitian ini dirasa perlu untuk dilakukan kajian tentang analisis kestabilan mobil hemat energi Adyatma Urban pada di jalan berbelok. Hal ini bertujuan untuk mengetahui batas kecepatan maksimum dan radius belok minimum yang aman bagi kendaraan Adyatma dan pengemudi agar tidak terguling pada saat melaju pada jalan berbelok.

## 2. METODOLOGI

Adapun metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kalkulasi quasi dinamik yang merupakan metode menganalisis kendaraan yang bergerak dinamis tetapi seolah-olah dianalisis dalam keadaan statis. Sebelum melakukan analisis diperlukan data spesifikasi mobil hemat energi Adyatma Urban yang digunakan untuk membantu menganalisis kestabilan kendaraan ketika berbelok. Dibawah ini merupakan data spesifikasi mobil hemat energi Adyatma Urban yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Mobil Adyatma Urban

Spesifikasi Mobil Adyatma Urban	
Dimensi	
Panjang keseluruhan	: 2,78 m
Lebar	: 1,08 m
Tinggi	: 1,05 m
Jarak sumbu roda	: 1,45 m
Jarak terendah ke tanah	: 0,165 m
Jarak pijak depan ( $t_f$ )	: 1,05 m
Jarak pijak belakang ( $t_r$ )	: 0,98 m
Jarak suspensi depan ( $b_f$ )	: 0,795 m
Jarak suspensi belakang ( $b_r$ )	: 0,725 m
Berat	
Massa total	: 113 Kg
Massa depan	: 43 Kg
Massa belakang	: 70 Kg
Berat total (W)	: 1108,15 N
Berat depan ( $W_f$ )	: 421,69 N
Berat belakang ( $W_r$ )	: 686,47 N
Berat pengemudi ( $W_p$ )	: 637,43 N
Suspensi	

Koefisien pegas depan ( $k_{sr}$ )	:	4534,46 N/m
Koefisien pegas belakang ( $k_{sr}$ )	:	9400 N/m
<i>Aerodynamic</i>		
Luas frontal ( $A_f$ )	:	1,79 m <sup>2</sup>
Massa jenis angin ( $\rho$ )	:	1,177 kg/m <sup>3</sup>
Koefisien drag ( $C_d$ )	:	0,33
<i>Ban (Ukuran 90-80-17)</i>		
Jumlah roda	:	4 buah
Diameter roda	:	0,56 m
Lebar	:	0,085 m
Koefisien adhesi aspal (Kering) ( $\mu$ )	:	0,75
Koefisien adhesi aspal (Basah) ( $\mu$ )	:	0,58
Koefisien adhesi beton (Kering) ( $\mu$ )	:	0,75
Koefisien adhesi beton (Basah) ( $\mu$ )	:	0,7
Koefisien hambatan rolling ( $f_r$ )	:	0,08

Khusus untuk suspensi menggunakan suspensi dari Yamaha Jupiter Z 2004 sehingga dari suspensi tersebut didapat nilai koefisien pegas depan yaitu 4534,46 N/m dan nilai koefisien pegas belakang yaitu 9400 N/m [5].

### 2.1. Mengukur Posisi Titik Berat Kendaraan

Sebelum mendapatkan posisi titik berat kendaraan maka perlu menimbang kendaraan dengan meletakkan timbangan dibawah masing-masing roda kendaraan, dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Menimbang berat total kendaraan

Lalu hasil dari berat roda bagian depan ( $W_f$ ) dan roda bagian belakang ( $W_r$ ) kendaraan, setelahnya dijumlahkan sehingga mendapatkan berat total kendaraan dengan menggunakan persamaan berikut [6].

$$W = W_f + W_r \quad (1)$$

Selanjutnya mengukur jarak sumbu roda depan dengan pusat titik berat. Dengan cara menarik garis horisontal dari titik pusat roda depan ke posisi titik berat (*center of gravity*) seperti pada

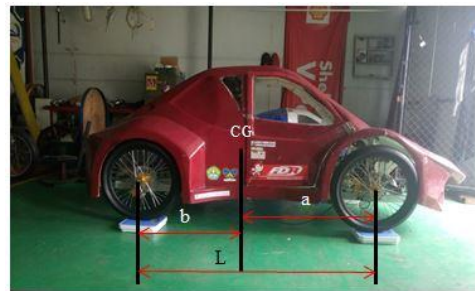
Gambar 2, dengan menggunakan persamaan berikut [6].

$$a = \frac{l \cdot W_r}{W_r + W_f} \quad (2)$$

Setelah itu mengukur jarak sumbu roda belakang dengan pusat titik berat kendaraan dengan menggunakan persamaan berikut [6].

$$b = \frac{l \cdot W_f}{W_r + W_f} \quad (3)$$

Dengan cara menarik garis horisontal dari titik pusat roda belakang ke posisi titik berat kendaraan, dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Posisi titik berat dengan roda depan (a) dan roda belakang (b)

### 2.2. Mengukur Tinggi Titik Berat Kendaraan

Selanjutnya mengukur tinggi titik berat kendaraan dengan mengangkat roda belakang dengan dongkrak maka beban roda depan akan bertambah. Didapat hasil  $W_{f\theta}$  (beban roda depan akibat pengangkatan roda belakang senilai kilogram) dan didapat jarak poros ke tanah (cm), seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Beban Roda Depan

No	X (jarak poros ke tanah)	$W_{f\theta}$ (beban roda depan akibat pengangkatan roda belakang)
1	0,55 m	509,95 N

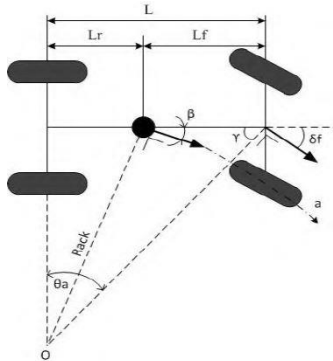
Selanjutnya mencari nilai  $h_r$  dan tinggi titik pusat massa dari tanah ( $h$ ) menggunakan persamaan berikut [6].

$$h_r = \frac{W_{f\theta}(a+b) - W \cdot b}{W \cdot \tan \theta} \quad (4)$$

$$h = h_r + r \quad (5)$$

### 2.3. Menghitung radius belok ideal (ackerman)

Secara sederhana kondisi kendaraan ketika berbelok dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kinematika kendaraan belok dengan kondisi ackerman [7]

Dengan mencari nilai jarak sumbu roda depan ke titik pusat berat kendaraan (a) dan nilai jarak sumbu roda belakang ke titik pusat berat kendaraan (b). Lalu mencari sudut steer rata-rata dari kendaraan dengan persamaan berikut [6].

$$R_{ack} = \frac{a+b}{\delta_f} 57,29 \quad (6)$$

### 2.4. Menghitung gaya sentrifugal

Dimana untuk menghitung gaya sentrifugal menggunakan variasi kecepatan yang ditentukan dengan persamaan berikut [6].

$$F_c = m \frac{V^2}{R_{ack}} \quad (7)$$

### 2.5. Menghitung gaya hambat kendaraan

Gaya hambat aerodinamika terjadi karena adanya udara yang menahan laju kendaraan yang melewati aliran udara tersebut. Semakin besar kecepatan kendaraan, maka nilai hambatan aerodinamika semakin besar. Gaya hambat pada kendaraan dipengaruhi oleh aliran udara dan gesekan roda dengan permukaan jalan [8]. Untuk mencari gaya

hambat angin kendaraan dapat menggunakan persamaan berikut.

$$F_D = \frac{1}{2} \cdot C_d \cdot \rho \cdot V_a^2 \cdot A_f \quad (8)$$

### 2.6. Gaya yang bekerja pada roda kendaraan

Beberapa gaya yang bekerja pada roda diantaranya:

#### 2.6.1. Gaya Normal ( $F_z$ )

Gaya normal adalah gaya reaksi yang timbul ketika suatu benda diletakkan secara tegak lurus diatas sebuah permukaan bidang. Massa pegas pada kendaraan dapat menyebabkan perpindahan beban selama berakselerasi, pengereman dan pada kondisi berbelok. Pemindahan beban dapat mengubah gaya normal pada pusat roda. Gaya yang terjadi pada pusat roda dapat dipengaruhi oleh gaya normalnya [9].

#### 2.6.2. Gaya Lateral ( $F_y$ )

Gaya lateral merupakan gaya yang bekerja pada masing-masing roda yang bergerak secara horizontal atau mendatar [6].

#### 2.6.3. Gaya Longitudinal ( $F_x$ )

Merupakan gaya yang terjadi akibat momen angguk dari kendaraan saat kendaraan direm, dipercepat atau ketika mengalami gerakan belok [6].

### 2.7. Analisis skid pada kendaraan

Pada saat kendaraan berbelok akibat gaya kesamping pada roda depan dan belakang maka akan terjadi kemungkinan kendaraan skid pada roda depan atau roda belakang.

#### 2.7.1. Analisis skid kendaraan pada roda depan

Untuk mengetahui batas kecepatan maksimum skid roda depan dapat dihitung melalui persamaan berikut [6].

$$V_{sf} = \sqrt{\frac{R \cdot g}{W}} \times \frac{\mu \cdot b \cdot W}{b \cdot \cos \beta - \mu \cdot h \cdot \sin \beta} \quad (9)$$

### 2.7.2. Analisis skid kendaraan pada roda belakang

Untuk mengetahui batas kecepatan maksimum skid roda belakang dapat dihitung melalui persamaan berikut [6].

$$V_{sr} = \sqrt{\frac{R \cdot g}{W}} \times \frac{\mu \cdot a \cdot W}{a \cdot \cos \beta - \mu \cdot h \cdot \sin \beta} \quad (10)$$

### 2.8. Analisis guling pada kendaraan

Merupakan analisis untuk mencari kondisi terjadinya salah satu roda depan atau roda belakang terangkat. Terangkatnya salah satu roda atau kedua roda kendaraan menunjukkan adanya kemungkinan kendaraan akan terguling.

#### 2.8.1. Analisis guling kendaraan pada roda depan

Untuk mengetahui batas kecepatan maksimum kendaraan terguling kedepan [6].

$$V_{gf} = \sqrt{\frac{R \cdot g}{W}} \times \frac{0,5 \cdot b(W) - b \frac{M_{gf}}{t_f}}{\frac{b \cdot h \cdot \cos \beta}{t_f} - 0,5 \cdot h \cdot \sin \beta} \quad (11)$$

#### 2.8.2. Analisis guling kendaraan pada roda belakang

Untuk mengetahui batas kecepatan maksimum kendaraan terguling ke belakang [6].

$$V_{gr} = \sqrt{\frac{R \cdot g}{W}} \times \frac{0,5 \cdot a(W) - a \frac{M_{gr}}{t_r}}{\frac{a \cdot h \cdot \cos \beta}{t_r} - 0,5 \cdot h \cdot \sin \beta} \quad (12)$$

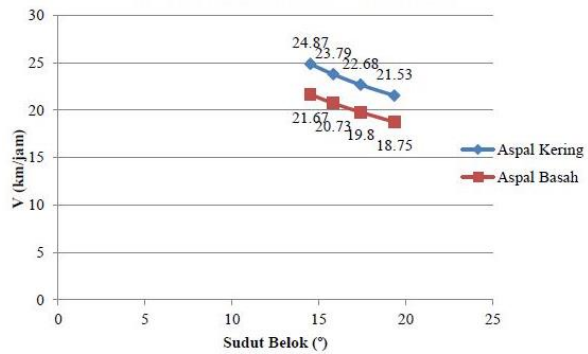
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Analisis skid kendaraan pada jalan datar

Analisis skid kendaraan pada jalan datar dihitung berdasarkan dua tipe jalan aspal kering dan aspal basah.

#### 3.1.1. Analisis skid pada roda depan

Berikut hasil dari perhitungan untuk mendapatkan kecepatan maksimum agar kendaraan tidak mengalami skid yang dapat dilihat pada Gambar 5.



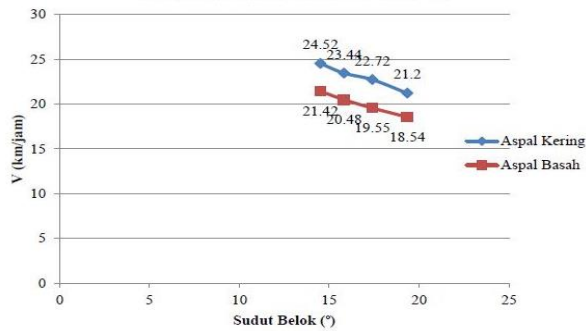
Gambar 5. Batas kecepatan skid roda depan ( $V_{sf}$ ) vs sudut belok ( $\delta_f$ ) pada jalan aspal kering dan aspal basah

Pada grafik diatas terlihat bahwa batas kecepatan maksimum roda depan agar tidak mengalami skid pada tipe jalan aspal kering adalah 40 km/jam dengan besar sudut belok 5,36°. Sedangkan pada tipe jalan aspal basah batas kecepatan roda depan agar tidak mengalami skid adalah 35,05 km/jam dengan besar sudut belok 5,36°. Dan batas kecepatan akan semakin bertambah seiring berkurangnya besar sudut belok dari kendaraan tersebut. Pada saat kendaraan melaju batas kecepatan pada jalan aspal kering lebih besar daripada aspal basah hal ini disebabkan oleh koefisien adhesi pada aspal kering lebih besar dibandingkan dengan koefisien adhesi pada aspal basah.

#### 3.1.2. Analisis skid pada roda belakang

Pada roda belakang batas kecepatan maksimum agar kendaraan tidak mengalami skid sebesar 39,74 km/jam dengan besar sudut 5,36° pada tipe jalan aspal kering. Sedangkan pada tipe jalan aspal basah batas kecepatan maksimum yang dicapai agar kendaraan tidak mengalami skid adalah sebesar 34,88 km/jam dengan besar sudut yang sama yaitu 5,36°.

Dapat dilihat dari grafik pada Gambar 6 dibawah ini batas kecepatan maksimum kendaraan apabila diuji pada tipe jalan aspal basah nilainya cenderung lebih rendah bila dibandingkan dengan tipe jalan aspal yang kering, hal ini disebabkan nilai koefisien adhesi jalan aspal basah lebih rendah dibandingkan dengan koefisien adhesi pada jalan aspal kering.

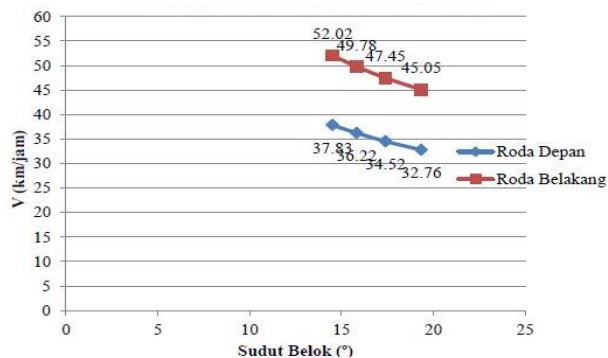


Gambar 6. Batas kecepatan *skid* roda belakang ( $V_{sr}$ ) vs sudut belok ( $\delta_f$ ) pada jalan aspal kering dan aspal basah

Untuk koefisien adhesi jalan aspal kering 0,75 dan koefisien adhesi jalan aspal basah yaitu 0,58. Dan juga dari kedua grafik yang ada diketahui mobil Adyatma Urban akan cenderung mengalami kondisi *oversteer*. Hal tersebut dikarenakan kecepatan *skid* roda depan lebih besar dibandingkan dengan kecepatan *skid* roda belakang.

### 3.2. Analisis guling kendaraan pada jalan datar

Dari grafik pada Gambar 4.3 bahwa nilai batas kecepatan guling roda depan selalu lebih kecil daripada nilai batas kecepatan roda belakang, dimana dengan besar sudut belok  $19,35^\circ$  maka didapat batas kecepatan 32,76 km/jam untuk roda depan dan untuk roda belakang dengan besar sudut belok yang sama batas kecepatan yang diperoleh adalah 45,05 km/jam. Sehingga satu roda depan akan terangkat lebih dahulu sebelum satu roda belakang terangkat dan kendaraan cenderung *understeer*.



Gambar 7. Batas kecepatan guling roda depan ( $V_{gf}$ ) dan roda belakang ( $V_{gr}$ ) kendaraan

Kondisi tersebut disebabkan oleh mobil yang memasuki tikungan terlalu cepat, sehingga mobil sulit untuk berbelok. Dari hasil perhitungan ini, semakin rendah sudut belok yang diberikan maka semakin meningkat pula batas kecepatan maksimum kendaraan agar tidak terguling.

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari hasil penelitian tentang analisis kestabilan mobil hemat energi adyatma urban pada saat berbelok adalah sebagai berikut:

- Kestabilan mobil hemat energi Adyatma Urban yang paling baik pada saat berbelok adalah ketika dinaiki oleh satu orang yaitu pengemudi, dengan pemberian sudut belok yang semakin besar maka menghasilkan batas kecepatan maksimum yang lebih rendah sehingga kendaraan menjadi lebih aman dari perilaku *skid* dan guling.
- Batas kecepatan maksimum roda depan dan roda belakang agar tidak mengalami *skid* pada tipe jalan aspal kering dan aspal yang basah masing-masing 21,53 km/jam dan 18,75 km/jam serta 21,2 km/jam dan 18,54 km/jam dengan besar sudut belok  $19,35^\circ$ . Batas kecepatan maksimum agar tidak terjadi guling pada roda depan dan roda belakang masing-masing 32,76 km/jam dan 45,05 km/jam dengan sudut belok  $19,35^\circ$ .

## UCAPAN TERIMA KASIH

This work was supported by Project AKSI ADB UNRI has provided research funding through the Student Research Grants Program of Fiscal Year 2021 for Muri Febrian.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. F. Tussalam and Syafri, "Analisis Kinerja Sistem Pengereman Pada Mobil Hemat Energi Asykar Urban Gasoline," vol. 8, pp. 1–7, 2021.

- [2] P. E. Uys, P. S. Els, and M. J. Thoresson, "Criteria for handling measurement," *J. Terramechanics*, vol. 43, no. 1, pp. 43–67, 2006.
- [3] B. A. Hapsara and J. Lubi, "Analisa Stabilitas Kendaraan Dengan Pengaruh Kecepatan, Sudut Belok, dan Jumlah Penumpang Pada Suzuki Karimun Estilo," *J. Tek. POMITS Vol. 1, No. 1, 1-4*, vol. 1, no. 1, pp. 1–4, 2012.
- [4] F. Rahman, A. Syaifudin, and I. N. Sutantra, "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, 2017.
- [5] Suhandoko, "Analisis getaran pada sistem suspensi kendaraan roda dua (yamaha jupiter z 2004) menggunakan simulasi software matlab 6.5," pp. 1–15, 2014.
- [6] I. N. Sutantra and B. Sampurno. 2010. *Teknologi Otomotif*. 2th ed. Surabaya, IDN. Guna Widya, 2010.
- [7] D. Andriansyah and I. N. Sutantra, "Analisis Pengaruh Parameter Operasional dan Penggunaan Stabilizer terhadap Perilaku Arah Belok Mobil Toyota Fortuner 4.0 V6 SR (AT 4X4)," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, 2016.
- [8] H. Heisler, "Advanced Vehicle Technology," *Adv. Veh. Technol.*, 2002.
- [9] N. Mutoh, "Driving and Braking Torque Distribution Methods for Front- and Rear-Wheel-Independent Drive-Type Electric Vehicles on Roads With Low Friction Coefficient.," *Driv. Braking Torque Distrib. Methods Front. Rear-Wheel-Independent Drive-Type Electr. Veh. Roads With Low Frict. Coefficient.*, vol. 59, pp. 3919–3933, 2012.