

ANALISIS KESTABILAN MOBIL HEMAT ENERGI ADYATMA URBAN PADA SAAT BERBELOK

Muri Febrian¹, Syafri², Kaspul Anuar³

Laboratorium Kontruksi Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau

¹muri.febrian2723@student.unri.ac.id, ²prie.00m022@yahoo.com.unri.ac.id, ³kaspul_anuar_2@yahoo.com

Abstract

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 Energy Efficient Car Contest (KMHE) 2020. 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 is about 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 10 km/hour, 20 km/hour, 30 km/hour, 40 km/hour, 50 km/hour and 60 km/hour, with a turning radius of 16.25 m, 17.5 m, 22.5 m and 27.5 m and using the road slope angles of 1.145°, 2.29°, 3.43°, 4.57° and 5.7°. 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 front wheels the maximum speed limit so as not to skid is 40 km/hour on dry asphalt road types and 35.05 km/hour on wet asphalt road types. While the rear wheel with a maximum speed limit so as not to skid is 39.74 km/hour on the dry asphalt road type and 34.88 km/hour on the wet asphalt road type. And the maximum speed limit to prevent rolling over on the front wheels is 12.92 km/hour and for the rear wheels is 36.36 km/hour.

Keywords: stability, turning radius, road slope angle, skid, toppling.

1. Pendahuluan

Mobil hemat energi Adyatma Urban merupakan salah satu karya tim selembayung Teknik Mesin Universitas Riau. Mobil ini telah selesai dirancang bangun pada tahun 2020 untuk diikutsertakan dalam lomba Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) 2020.



Gambar 1. Mobil Adyatma Urban [1]

Pada Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) sering terjadi insiden berupa tergulingnya suatu kendaraan saat berbelok. Hal tersebut bisa terjadi karena tingkat keamanan suatu kendaraan kurang baik, seperti kestabilan kendaraan atau perilaku arah kendaraan saat berbelok. Kendaraan dinilai 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 ketika berbelok. 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*.

Hapsara, B, A dan Ir. Lubi, J (2012), melakukan penelitian tentang analisis stabilitas kendaraan dengan pengaruh kecepatan, sudut belok, dan jumlah penumpang pada Suzuki Karimun Estilo. 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° dan nilai sudut belok 4,91°, roda depan dan roda belakang mengalami slip masing-masing sebesar 4,33° dan 2,88°. Pada analisis guling, kemiringan jalan sebesar 1,45° dengan 4 penumpang, batas kecepatan maksimum saat belok yaitu kurang dari 50 km/jam, sedangkan pada kemiringan jalan sebesar 5,71°, batas

kecepatan maksimum saat belok yaitu sebesar 60 km/jam [3].

Rahman F, dkk (2017), melakukan penelitian tentang analisis stabilitas arah mobil Toyota Agya tipe G dengan variasi jumlah penumpang, kecepatan belok, sudut belok dan kemiringan jalan. 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° dan 25° masing-masing sebesar 94,98 km/jam dan 48,58 km/jam [4].

Berdasarkan penelitian diatas agar kendaraan Adyatma Urban aman saat berbelok perlu diketahui informasi mengenai batas kecepatan maksimum dan radius belok minimum data kendaraan berbelok. Untuk mengetahui batas kecepatan maksimum dan radius belok minimum tersebut maka peneliti berencana melakukan penelitian terkait analisis kestabilan mobil hemat energi Adyatma Urban pada saat berbelok.

2. Metode Penelitian

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
	1108,15
Berat total (W)	: 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_{sf})	: 4534,46
	N/m
Koefisien pegas belakang (k_{sr})	: 9400 N/m
Aerodynamic	
Luas frontal (A_f)	: 1,79 m ²
	1,177
Massa jenis angin (ρ)	: kg/m ³
Koefisien drag (C_d)	: 0,33
Ban (Ukuran 90-80-17)	
Jumlah roda	: 4 buah
Diameter roda	: 0,56 m
Lebar	: 0,085 m
Koefisien adhesi aspal (Kering) (μ)	: 0,75
Koefisien adhesi aspal (Basah) (μ)	: 0,58
Koefisien adhesi beton (Kering) (μ)	: 0,75
Koefisien adhesi beton (Basah) (μ)	: 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

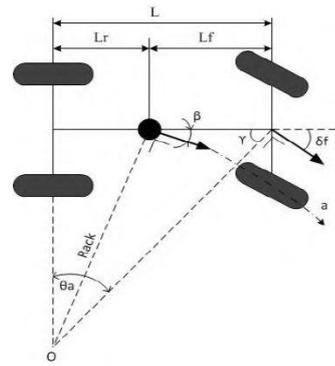
Selanjutnya mencari nilai h_r dan tinggi titik pusat massa dari tanah (h) menggunakan persamaan berikut [6].

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

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

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:

a) 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. Perpindahan beban dapat

mengubah gaya normal pada pusat roda. Gaya yang terjadi pada pusat roda dapat dipengaruhi oleh gaya normalnya [9].

b) Gaya lateral (Fy)

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

c) Gaya longitudinal (Fx)

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 jalan datar

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

a) Analisis *skid* pada roda depan

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

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

b) Analisis *skid* pada roda belakang

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

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

2.7.2 Analisis *skid* kendaraan pada jalan miring

Dibawah ini merupakan analisis *skid* roda depan dan roda belakang pada jalan miring.

a) Analisis *skid* pada roda depan

Batas kecepatan maksimum roda depan didapat melalui persamaan berikut ini [6].

$$V_{sf} = \sqrt{\frac{R.g}{W}} \times \left[\frac{(\mu.b.W.\cos\theta) + (b.W.\sin\theta)}{(b.\cos\beta.\cos\theta - \mu.\cos\beta.\sin\theta) - h.\mu.\sin\beta} \right] \quad (11)$$

b) Analisis *skid* pada roda belakang

Untuk mengetahui batas kecepatan maksimum roda belakang kendaraan agar tidak *skid* pada saat berbelok di jalan yang miring [6].

$$V_{sr} = \sqrt{\frac{R.g}{W}} \times \left[\frac{(\mu.a.W.\cos\theta) + (a.W.\sin\theta)}{(a.\cos\beta.\cos\theta - \mu.\cos\beta.\sin\theta) - h.\mu.\sin\beta} \right] \quad (12)$$

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 jalan datar

Analisis guling kendaraan pada jalan datar dibagi dua bagian yaitu roda depan dan roda belakang.

a) Analisis guling pada roda depan

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

$$V_{gf} = \sqrt{\frac{R.g}{W}} \times \frac{0,5.b(W) - b \frac{M_{gf}}{t_f}}{\frac{b.h.\cos\beta}{t_f} - 0,5.h.\sin\beta} \quad (13)$$

b) Analisis guling roda belakang

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

$$V_{gr} = \sqrt{\frac{R.g}{W}} \times \frac{0,5.a(W) - a \frac{M_{gr}}{t_r}}{\frac{a.h.\cos\beta}{t_r} - 0,5.h.\sin\beta} \quad (14)$$

2.8.2 Analisis guling kendaraan pada jalan miring

Analisis guling kendaraan pada jalan miring dibagi dua yaitu roda depan dan roda belakang.

a) Analisis guling roda depan

Untuk mengetahui batas kecepatan maksimum agar roda depan tidak terguling pada saat berbelok [6].

$$V_{gf} = \sqrt{\frac{R.g}{W}} \times \left[\frac{0,5.b(W.\cos\theta) - \frac{b(h.W.\sin\theta - M_{gf})}{t_f}}{\frac{bh.W.\cos\beta.\cos\theta}{t_f} - 0,5(b.\cos\beta.\sin\theta + h.\sin\beta)} \right] \quad (15)$$

b) Analisis guling roda belakang

Untuk mengetahui batas kecepatan maksimum roda belakang agar tidak terguling pada saat berbelok [6].

$$V_{gr} = \sqrt{\frac{R.g}{W}} \times \left[\frac{0,5.a(W.\cos\theta) - \frac{a(h.W.\sin\theta - M_{gr})}{t_r}}{\frac{a.h.W.\cos\beta.\cos\theta}{t_r} - 0,5(a.\cos\beta.\sin\theta + h.\sin\beta)} \right] \quad (16)$$

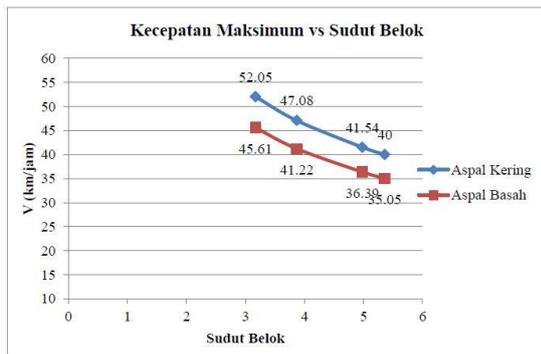
3. Hasil

3.1 Analisis *skid* kendaraan pada jalan datar

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

a) Roda depan

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



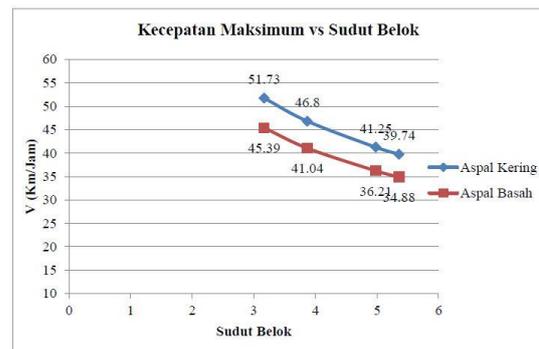
Gambar 5. Batas kecepatan *skid* roda depan (V_{sf}) vs sudut belok (δ_f) pada jalan aspal kering dan aspal basah

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.

b) 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.

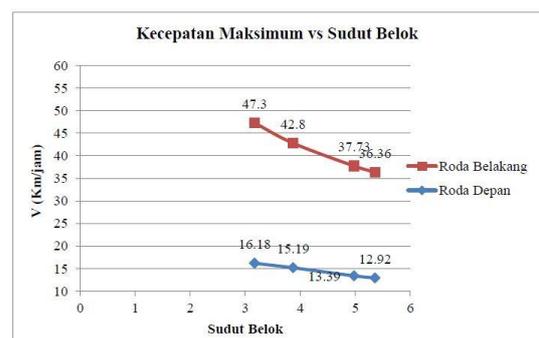


Gambar 6. Batas kecepatan *skid* roda belakang (V_{sr}) vs sudut belok (δ_f) pada jalan aspal kering dan aspal basah

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 7 bahwa nilai batas kecepatan guling roda depan selalu lebih kecil daripada nilai batas kecepatan roda belakang, dimana dengan besar sudut belok 5,36° maka didapat batas kecepatan 12,92 km/jam untuk roda depan dan untuk roda belakang dengan besar sudut belok yang sama batas kecepatan yang diperoleh adalah 36,36 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

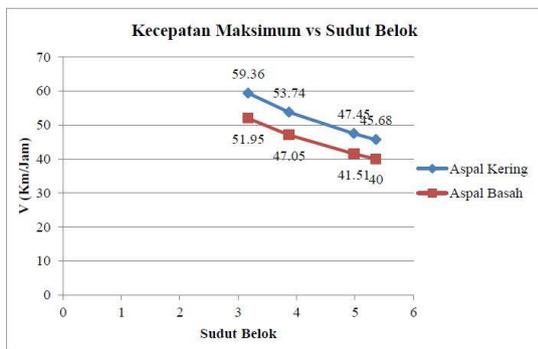
Kondisi tersebut disebabkan oleh mobil yang memasuki tikungan terlalu cepat, sehingga mobil sulit untuk berbelok. Dari hasil perhitungan ini, semakin rendah sudut belok yang diberikan maka semakin meningkat pula batas kecepatan maksimum kendaraan agar tidak terguling.

3.3 Analisis *skid* kendaraan pada jalan miring

Analisis *skid* pada jalan yang cenderung miring sedikit berbeda dengan analisis *skid* pada jalan datar yaitu terletak pada penambahan sudut kemiringan melintang jalan pada perhitungannya.

a) Roda depan

Dapat dilihat dari grafik pada Gambar 8 bahwa batas kecepatan maksimum roda depan kendaraan agar tidak mengalami *skid* saat melewati jalan aspal yang kering adalah 45,68 km/jam dengan variasi sudut belok $5,36^\circ$ serta variasi kemiringan jalan $5,7^\circ$. Sedangkan pada saat melintasi jalan aspal yang basah batas kecepatan maksimum roda belakang cenderung menurun menjadi 40 km/jam dengan variasi sudut belok yang sama yaitu $5,36^\circ$ dan dengan sudut kemiringan jalan $5,7^\circ$.

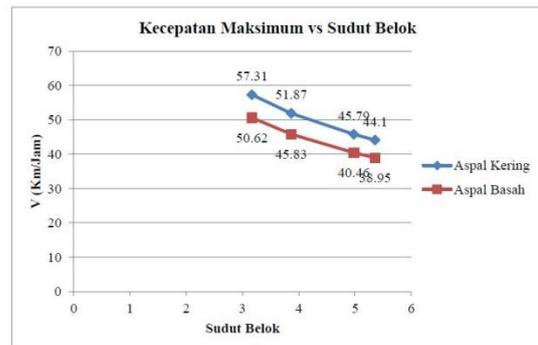


Gambar 8. Batas kecepatan *skid* roda depan (V_{sf}) vs sudut belok (δ_f) pada jalan aspal kering dan aspal basah

Hasil tersebut sudah sesuai dengan teori dimana semakin besar nilai koefisien adhesi pada jenis jalan maka batas kecepatan agar kendaraan tidak mengalami *skid* juga semakin besar.

b) Roda belakang

Dari grafik pada Gambar 9 untuk batas kecepatan maksimum roda belakang kendaraan agar tidak mengalami *skid* saat melintasi jalan aspal yang kering adalah 44,1 km/jam dengan sudut belok $5,36^\circ$ dan pemberian sudut kemiringan jalan $5,7^\circ$. Pada saat melintasi jalan aspal yang basah batas kecepatan roda belakang agar tidak *skid* adalah 38,95 km/jam dengan sudut belok $5,36^\circ$ dan sudut kemiringan jalan $5,7^\circ$.

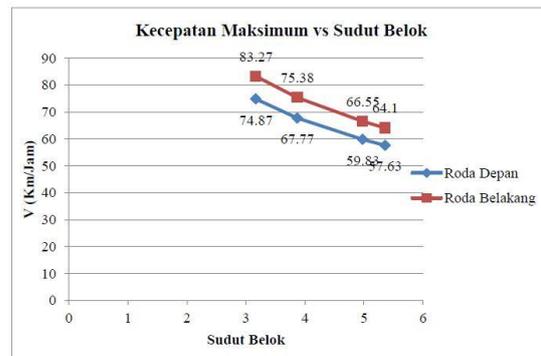


Gambar 9. Batas kecepatan *skid* roda belakang (V_{sr}) vs sudut belok (δ_f) pada jalan aspal kering dan aspal basah

Dapat diketahui semakin besar sudut belok dan sudut kemiringan jalan yang diberikan maka semakin menurun pula batas kecepatan maksimum kendaraan agar tidak mengalami *skid* atau tergeser ke samping. Dari hasil tersebut kendaraan akan cenderung *oversteer* karena nilai batas kecepatan roda depan lebih besar dibandingkan roda belakang.

3.4 Analisis guling kendaraan pada jalan miring

Dari grafik pada Gambar 10 dimana dengan besar sudut belok $5,36^\circ$ dan sudut kemiringan melintang jalan $5,7^\circ$ maka nilai batas kecepatan maksimum roda depan agar kendaraan tidak mengalami guling adalah 57,63 km/jam, sedangkan pada roda belakang dengan besar sudut belok dan sudut kemiringan jalan yang sama didapat batas kecepatan maksimumnya sebesar 64,1 km/jam.



Gambar 10. Batas kecepatan guling roda depan (V_{gf}) dan roda belakang (V_{gr}) kendaraan

Hasil tersebut membuktikan bahwa semakin besar sudut belok yang diberikan maka batas kecepatan maksimum agar tidak mengalami guling akan menurun, sebaliknya semakin kecil sudut belok yang diberikan, semakin besar pula batas kecepatan yang dihasilkan. Namun batas kecepatan maksimum kendaraan akan semakin bertambah seiring dengan bertambahnya besar sudut kemiringan jalan yang diberikan. Dan kendaraan cenderung *understeer* dikarenakan batas kecepatan maksimum roda depan lebih rendah dibandingkan

dengan roda belakang sehingga satu dari roda depan akan terangkat sebelum satu dari roda belakang terangkat.

4. Kesimpulan

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

- 1) Kestabilan mobil hemat energi Adyatma Urban yang paling baik adalah ketika berada pada jalan datar. Hal tersebut dikarenakan batas kecepatan maksimum yang dimiliki lebih rendah dari sekian banyak variabel yang didapat sehingga kendaraan menjadi lebih aman dari perilaku *skid* dan guling.
- 2) Batas kecepatan maksimum roda depan dan roda belakang agar tidak mengalami *skid* pada tipe jalan aspal kering dan aspal yang basah masing-masing 40 km/jam dan 35,05 km/jam serta 39,74 km/jam dan 34,88 km/jam dengan besar sudut belok 5,36°. Batas kecepatan maksimum agar tidak terjadi guling pada roda depan dan roda belakang masing-masing 12,92 km/jam dan 36,36 km/jam.
- 3) Batas kecepatan maksimum kendaraan agar tidak mengalami *skid* saat melintasi jalan aspal kering dan juga basah masing-masing 45,68 km/jam dan 40 km/jam untuk roda depan dan roda belakang yaitu 44,1 km/jam dan 38,95 km/jam dengan variasi sudut belok 5,36° serta variasi kemiringan jalan 5,7°. Batas kecepatan maksimum roda depan dan roda belakang agar kendaraan tidak mengalami guling adalah 57,63 km/jam dan 64,1 km/jam dengan besar sudut belok 5,36° dan sudut kemiringan jalan 5,7°.

Daftar Pustaka

- [1]. Tussalam, Al Fitra. 2019. Analisis Kinerja Sistem Pengereman Pada Mobil Hemat Energi Asykar Urban *Gasoline*. Teknik Mesin. Universitas Riau.
- [2]. Uys, P.E., Els, P.S., Thoesson, M.J. 2006. Criteria for Handling Measurement. *Journal of Terramechanics*: 43:43-67.
- [3]. Hapsara, B, A dan Ir. Lubi, J. 2012. Analisa Stabilitas Kendaraan dengan Pengaruh Kecepatan, Sudut Belok, dan Jumlah Penumpang pada Suzuki Karimun Estilo. Teknik Mesin ITS. Surabaya.
- [4]. Rahman, Faisal, Achmad Syaifudin dan I Nyoman Sutantra. 2017. Analisis Stabilitas Arah Mobil Toyota Agya tipe G dengan Variasi Jumlah Penumpang, Kecepatan Belok, Sudut Belok dan Kemiringan Melintang Jalan. Teknik Mesin ITS. Surabaya.
- [5]. Suhandoko. 2014. Analisis Getaran Pada Sistem Suspensi Kendaraan Roda Dua (Yamaha Jupiter Z 2004) Menggunakan Simulasi Software Matlab 6.5. Teknik Mesin. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [6]. Sutantra, I Nyoman dan Sampurno, Bambang. 2010. Teknologi Otomotif. Edisi Kedua. Surabaya: Guna Widya.
- [7]. Andriansyah, Deva. 2016. Analisis Pengaruh Operasional dan Penggunaan *Stabilizer* terhadap Perilaku Arah Belok Mobil Toyota Fortuner 4.0 V6 SR (AT 4X4). Surabaya: Teknik Mesin ITS
- [8]. Heisler, H. 2002. *Advanced Vehicle Technology*. Butterworth Hienemann, North West London.
- [9]. N. Mutoh. 2012. Driving and Braking Torque Distribution Methods for Front- and Rear-Wheel-Independent Drive-Type Electric Vehicles on Roads With Low Friction Coefficient. in *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 59, no. 10, pp. 3919-393.