

Analisis dan Pengujian Stabilitas Saat Kondisi Berbelok pada Kendaraan Bermotor Roda Tiga sebagai Alat Bantu Transportasi bagi Penyandang Disabilitas

Agus Setiawan¹, Wahyudi², Dhika Aditya P.³

¹Program Studi Teknik Desain Manufaktur Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik
Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

^{2,3}Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

Email : agusset885@gmail.com

Abstrak

Alat transportasi adalah kebutuhan yang cukup penting. Salah satunya dengan memodifikasi motor yang dilengkapi dengan roda tiga yang dipakai oleh kaum disabilitas. Untuk menghasilkan kendaraan yang baik harus memenuhi beberapa aspek antara lain kestabilan, kenyamanan, keamanan, dan efisien. Pada penelitian kali ini dilakukan perancangan sebuah konsep kendaraan motor roda tiga, dimana kendaraan ini dirancang berkapasitas dua orang. Penentuan center of gravity dilakukan untuk mendapatkan kendaraan yang stabil, tahan terhadap skid dan guling. Selain itu juga dilakukan analisis stabilitas kendaraan dengan variabel sudut belok roda terhadap berat kendaraan satu penumpang dan dua penumpang. Penelitian dilakukan dengan analisis skid dan guling serta perumusan pada center of gravity, radius ackerman, dan sudut slip, sehingga dapat diketahui kondisi kendaraan akan mengalami skid dan guling. Dari penelitian pada tugas akhir ini didapatkan karakteristik kestabilan kendaraan, dimana semakin kecil sudut belok roda dan semakin berat beban maka semakin besar kecepatan kendaraan. Pada percobaan kendaraan dengan sudut 43° kendaraan terguling, kecepatan rata-rata kendaraan adalah 11,3 km/jam untuk satu penumpang dan 12,33 km/jam untuk dua penumpang, sudut 30° dengan kecepatan 13,67 km/jam untuk satu penumpang dan 14 km/jam untuk dua penumpang, sudut 15° dengan kecepatan 17,67 km/jam untuk satu penumpang dan 19,33 km/jam untuk dua penumpang.

Kata kunci : Stabilitas, Radius Belok, Roda tiga, Disabilitas, dan Kecepatan Critical Toppling.

1. PENDAHULUAN

Semakin majunya zaman, semakin maju pula sistem transportasi yang digunakan, akan tetapi hal yang harus kita perhatikan adalah masih banyaknya manusia yang berkebutuhan khusus. Saat ini sepeda roda tiga yang diciptakan khusus untuk membantu penyandang disabilitas memiliki kekurangan untuk transportasi jarak jauh.

Menurut Wilanda Arzamas (2013), mendesain sepeda motor untuk kaum difabel dengan merancang kembali kendaraan bermotor beroda tiga yang sesuai dengan aspek-aspek dalam merancang kembali sebuah kendaraan bermotor. Dalam perancangan ini Wilanda melakukan modifikasi dengan penambahan roda di bagian depan dan peletakan suspensi bagian depan dengan posisi horizontal.

Selain memilih kendaraan secara subyektif maupun obyektif stabilitas juga sangat penting bagi kinerja kendaraan. Stabilitas kendaraan dipengaruhi oleh banyak aspek-aspek, baik dalam pengoperasian dan desain. Dalam penelitian ini mencari hasil belok minimum pada kendaraan dan kecepatan kendaraan agar menghasilkan kendaraan yang baik. Rumusan masalah dalam penelitian ini mengetahui radius minimum kendaraan motor roda tiga, kecepatan kritis guling serta pengujian kecepatan kritis guling kendaraan motor roda tiga untuk penyandang disabilitas, Tujuan serta manfaat dalam penelitian ini yaitu mengetahui radius minimum motor roda tiga untuk penyandang disabilitas, perhitungan kecepatan kritis guling kendaraan motor roda tiga untuk penyandang disabilitas, serta pengujian kecepatan kritis guling kendaraan motor roda tiga untuk penyandang disabilitas. Melalui hasil penelitian saat didapatkan bahwa berat penumpang mempengaruhi hasil kecepatan dan kestabilan kendaraan

2. METODOLOGI

Radius Minimum

Stabilitas kendaraan dapat dinilai ketika kendaraan tersebut mengalami berbelok. Kondisi ideal kendaraan saat melakukan gerakan belok dikenal dengan nama kondisi radius *ackerman*

$$R_{ack} = \frac{a+b}{\delta f} \cdot 57,29 \quad (2.3)$$

Dimana,

δf adalah sudut belok roda depan.

L adalah panjang antar poros kendaraan.

A adalah jarak poros roda depan ke *center of gravity*.

B adalah jarak poros roda belakang ke *center of gravity*.

β adalah sudut slip kendaraan.

Untuk mengetahui besarnya sudut slip kendaraan dengan menggunakan persamaan:

$$\beta = \arcsin \cdot \frac{b}{R_{ack}} \quad (2.4)$$

Kecepatan Kritis

Kecepatan kritis saat guling dapat menggambarkan bagaimana perilaku belok kendaraan dirumuskan sebagai berikut:

$$V_{gf} = \sqrt{\left[\frac{R_{ack} \cdot b \cdot t \cdot g}{2 \cdot b \cdot h \cdot \cos \delta f + h \cdot t \cdot \sin \delta f} \right]} \quad (2.23)$$

$$V_{gr} = \sqrt{\left[\frac{R_{ack} \cdot a \cdot t \cdot g}{2 \cdot a \cdot h \cdot \cos \delta f + h \cdot t \cdot \sin \delta f} \right]} \quad (2.24)$$

Jika $V_{gf} < V_{gr}$, maka satu roda depan akan terangkat terlebih dahulu.

Pengujian kecepatan kritis

Hasil pengujian kecepatan kritis dipengaruhi oleh sudut belok roda sendiri, dimana semakin besar sudut kendaraan tersebut berbelok maka semakin kecil kecepatan yang dibutuhkan kendaraan. Hal ini juga dapat menggambarkan perilaku belok kendaraan tersebut.

Langkah Penelitian

Langkah awal dari penelitian ini adalah

1. mencari data-data dari spesifikasi kendaraan yang akan digunakan sebagai data input. m
2. data-data spesifikasi yang dibutuhkan adalah lokasi *Center of Gravity*, dan luas dari sisi frontal. D
3. mencari besarnya radius belok ackerman. Menghitung sudut slip (β) kendaraan. Menghitung gaya dan momen yang ada pada kendaraan saat melakukan gerakan belok (F_c, F_d, M_p). M
4. analisis skid, dimana dalam analisis kondisi kritis roda akan skid jika gaya ke arah samping akibat sentrifugal. Analisis berulang sampai dengan variasi sudut steer mencapai kondisi maksimal, serta penambahan penumpang pada satu penumpang, dua penumpang. A
5. analisis guling, apakah ada roda yang terangkat atau tidak. Dengan ketentuan gaya normal pada roda tersebut tidak akan terangkat jika besarnya lebih dari nol. A

Maka dicari batas kecepatan apakah roda akan terangkat. Analisis berulang sesuai dengan data dari standar perencanaan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Spesifikasi Perencanaan Modifikasi Kendaraan

Dari data yang diperoleh maka perencanaan ini akan didapatkan spesifikasi kendaraan yang diharapkan dengan sesuai tujuan. Adapun spesifikasi perencanaan motor roda tiga ada pada tabel 3.1.



Gambar 3.1. Desain Motor Roda Tiga

Tabel 3.1. Spesifikasi Perencanaan

Rancangan Spesifikasi Motor Roda Tiga	
Dimensi	
Panjang x Lebar x Tinggi	1828 mm x 755 mm x 1087 mm
Jarak Sumbu Roda	1220 mm
Panjang Sumbu Roda Depan ke Mesin	760 mm
Jarak Terendah ke Tanah	155 mm
Berat Kosong	103 kg
Kapasitas Penumpang	2 orang
Ukuran Ban Depan	80 / 90 – 14 M/C 40 P
Tipe Suspensi Depan	Tilting Trike System
Tipe Suspensi Belakang	Mono Shock
Rem Depan	Cakram Hidrolik, dengan piston tunggal
Rem Belakang	Tromol

3.2 Menghitung Radius Ackerman

Dari standart geometri, hubungan antara sudut steer pada roda depan (δ_f), radius putar (R), wheel base (L), sudut slip roda (β). Sebelum menganalisis dinamika kendaraan lebih lanjut, maka perlu ditentukan terlebih dahulu dimana titik gravitasi dari kendaraan.

$$R_{ack} = \frac{0,8409 \text{ m} + 0,3791 \text{ m}}{43^\circ} \cdot 57,29$$

$$R_{ack} = 1,6254 \text{ m} = 1,7 \text{ m}$$

b. Sudut 30°

$$R_{ack} = \frac{0,8409 \text{ m} + 0,3791 \text{ m}}{30^\circ} \cdot 57,29$$

$$R_{ack} = 2,329793333 \text{ m} = 2,4 \text{ m}$$

c. Sudut 15°

$$R_{ack} = \frac{0,8409 \text{ m} + 0,3791 \text{ m}}{15^\circ} \cdot 57,29$$

$$R_{ack} = 4,659586667 \text{ m} = 4,7 \text{ m}$$

3.3. Kecepatan Kritis Saat Guling

Kecepatan kritis saat guling dapat menggambarkan bagaimana perilaku belok kendaraan maksimum yang di iijinkan, dari perhitungan analisis guling, hasil perbandingan kecepatan maksimum belok roda belakang dan kecepatan maksimum roda belakang seperti pada tabel 3.2 dan 3.3

Tabel 3.2. Kecepatan kritis saat guling pada 1 penumpang

Sudut Belok	Kecepatan maksimal		Kesimpulan
	Roda depan (Vgf)	Roda belakang (Vgr)	
sudut 43°	16,2 km/jam	17,2 km/jam	Kecepatan aman kendaraan adalah < 16,2 km/jam
sudut 30°	19,65 km/jam	20,16 km/jam	Kecepatan aman kendaraan adalah < 20,16 km/jam
Sudut 15°	28,08 km/jam	28,44 km/jam	Kecepatan aman kendaraan adalah < 28,08 km/jam

Tabel 3.3 Kecepatan kritis saat guling pada 2 penumpang

Sudut Belok	Kecepatan maksimal		Kesimpulan
	Roda depan (Vgf)	Roda belakang (Vgr)	
sudut 43°	18,14 km/jam	18,36 km/jam	Kecepatan aman kendaraan adalah < 18,14 km/jam
sudut 30°	21,6 km/jam	24,14 km/jam	Kecepatan aman kendaraan adalah < 21,6 km/jam
sudut 15°	32,04 km/jam	33,84 km/jam	Kecepatan aman kendaraan adalah < 32,04 km/jam

3.7. Pembahasan pengujian analisis guling

Untuk pembahasan mengenai perhitungan analisis guling dapat dilihat pada tabel 3.4 dan 3.5

Tabel 3.4. Kecepatan kritis saat guling pada 1 penumpang

Sudut Belok	Percobaan	Kecepatan (km/jam)
sudut 43°	1	12
	2	10
	3	12
	Rata-rata	11,3
sudut 30°	1	13
	2	14

	3	14
	Rata-rata	13,67
sudut 15 ⁰	1	18
	2	17
	3	18
	Rata-rata	17,67

Tabel 3.5 Kecepatan kritis saat guling pada 2 penumpang

Sudut Belok	Percobaan	Kecepatan (km/jam)
sudut 43 ⁰	1	12
	2	13
	3	13
	Rata-rata	12,33
sudut 30 ⁰	1	14
	2	14
	3	14
	Rata-rata	14
sudut 15 ⁰	1	20
	2	18
	3	20
	Rata-rata	19,33

Pada tabel tersebut menunjukkan kecepatan kritis saat guling untuk satu penumpang, dimana nilai itu didapatkan dari pengujian kecepatan kendaraan. Hasil pengujian kecepatan kritis dipengaruhi oleh sudut belok roda sendiri, dimana semakin besar sudut kendaraan tersebut berbelok maka semakin kecil kecepatan yang dibutuhkan kendaraan. Hal ini juga dapat menggambarkan perilaku belok kendaraan tersebut. Sebagai berikut:

Hasil dari pengujian kecepatan kritis saat guling dengan sudut belok roda 43⁰. Nilai kecepatan yang dihasilkan adalah 12 km/jam ; 10 km/jam ; 12 km/jam.

Hasil dari pengujian kecepatan kritis saat guling dengan sudut belok roda 30⁰. Nilai kecepatan yang dihasilkan adalah 13 km/jam ; 14 km/jam ; 14 km/jam.

Hasil dari pengujian kecepatan kritis saat guling dengan sudut belok roda 15⁰. Nilai kecepatan yang dihasilkan adalah 18 km/jam ; 17 km/jam ; 18 km/jam.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan tentang pengaruh kestabilan kendaraan terhadap radius belok yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya:

1. Mengacu pada perhitungan Radius Ackerman, dapat diketahui bahwa nilai radius minimum kendaraan motor roda tiga adalah sebesar 1,7 m, yang diperoleh dari maksimal sudut belok kendaraan.
2. Dari hasil nilai perhitungan, kecepatan kritis kendaraan motor roda tiga dengan satu penumpang adalah sebagai berikut ; 16,2 km/jam untuk sudut 43⁰ ; 19,65 km/jam untuk sudut 30⁰ ; 28,08 km/jam untuk sudut 15⁰. Sedangkan untuk dua penumpang adalah sebagai berikut ; 18,14 km/jam untuk sudut 43⁰ ; 21,6 km/jam untuk sudut 30⁰ ; 32,04 km/jam untuk sudut 15⁰.
3. Dari hasil pengujian kendaraan untuk kecepatan kritis saat terguling adalah sebagai berikut :
 - a. Pada sudut 43⁰, angka kecepatan rata-rata kendaraan adalah 11,3 km/jam untuk satu penumpang dan 12,33 km/jam untuk dua penumpang.

- b. Pada sudut 30° , angka kecepatan rata-rata kendaraan adalah 13,67 km/jam untuk satu penumpang dan 14 km/jam untuk dua penumpang.
- c. Pada sudut 15° , angka kecepatan rata-rata kendaraan adalah 17,67 km/jam untuk satu penumpang dan 19,33 km/jam untuk dua penumpang.

5. DAFTAR PUSTAKA

Arzamas Wilanda P (2013). *Redesain Motor Untuk Kaum Difabel Daksa*. (Skripsi). Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Yogyakarta.

Hari Arif Setiawan (2009). *Analisis Pengaruh Pemasangan Stabiliser Terhadap Kestabilan Guling Kendaraan*.

Thohari Slamet (2014). *Pandangan Disabilitas dan Aksebilitas Fasilitas Publik bagi Penyandang Disabilitas*, Malang

Raju Arun. (2016). *Merancang kendaraan roda tiga dengan sistem kemudi ganda untuk orang-orang disabilitas*.