

Perancangan dan Analisis Lengan Penggerak Roda Depan pada Mobil Minimalis Roda Tiga

Bachtiar Dafik Prayogi¹, Fais Hamzah², dan Dhika Aditya P.³

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

² Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

³ Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

Email : bdprayogi@gmail.com

Abstrak

Dewasa ini kemajuan teknologi sangat luar biasa termasuk dalam bidang transportasi, baik kendaraan roda dua, roda empat bahkan roda tiga berkembang ke arah yang lebih baik. Di Indonesia dengan wilayah yang sangat luas dan memiliki kontur yang berbeda-beda tentunya membutuhkan sebuah kendaraan yang baik dalam bermanuver serta irit dalam penggunaannya, para produsen dan ilmuwan pun berlomba-lomba membuat kendaraan yang canggih, safety dan tentunya irit. Karena pertumbuhan penduduk yang semakin pesat jumlah mobil yang ada juga semakin banyak setiap harinya yang membuat semakin sempit jalan yang ada. Dengan bentuknya yang minimalis namun kompak diharapkan mobil roda 3 (three wheel car) ini menjadi salah satu yang diharapkan, dimana dengan body yang kecil diharapkan memiliki harga terjangkau, irit bahan bakar dan tentunya mudah dalam bermanuver. Dari permasalahan di atas diperlukan sebuah design mobil yang minimalis, kuat dan aman untuk digunakan, dalam penelitian kali ini diperlukan nilai sudut belok roda depan yang dapat di hitung dengan rumus ackerman serta untuk mengetahui apakah konstruksi lengan depan mobil aman, digunakan software catia untuk mengetahuinya. Dari hasil perhitungan dan perbandingan data dari mobil minimalis roda tiga dengan mobil suzuki karimun estilo yang memiliki spesifikasi hampir sama, sudut steer yang dihasilkan pada kemiringan roda 6° dengan Radius Ackerman 16,25 m, 17,5 m dan 22,5 m mobil minimalis roda tiga memiliki sudut steer yang tidak jauh beda yakni 6,59°, 6,25° dan 6,10° berbanding dengan sudut steer mobil karimun estilo sebesar 8,32°, 7,72° dan 6,01° bisa dikatakan mobil minimalis roda tiga masih nyaman digunakan untuk berkendara karena memiliki nilai yang hampir sama dengan mobil yang telah diproduksi masal.

Kata kunci: Kendaraan, Mobil, Minimalis, Roda Tiga dan Manuver.

1 PENDAHULUAN

Dewasa ini kemajuan teknologi sangat luar biasa termasuk dalam bidang transportasi, baik kendaraan roda dua, roda empat bahkan roda tiga berkembang ke arah yang lebih baik. Di Indonesia dengan wilayah yang sangat luas dan memiliki kontur yang berbeda-beda tentunya membutuhkan sebuah kendaraan yang baik dalam bermanuver serta irit dalam penggunaannya, para produsen dan ilmuwan pun berlomba-lomba membuat kendaraan yang canggih, safety dan tentunya irit. Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi membuat para produsen kendaraan terutama dalam jenis mobil untuk berlomba-lomba membuat produk baru yang canggih, safety, ergonomis, dan tentunya murah. Secara garis besar mobil yang beredar saat ini dibagi menjadi dua yakni mobil roda empat dan roda tiga, mobil beroda empat sendiri masih dibagi lagi menjadi beberapa tingkatan lagi seperti Multi Purpose Vehicle (MPV), Sport Utility Vehicle (SUV). Mobil roda tiga sendiri mulai dilirik oleh para konsumen, namun sampai sekarang masih belum ada penjualan resmi untuk mobil roda tiga. Melihat dari kondisi tersebut, muncul inovasi baru dengan pembuatan mobil minimalis roda tiga dengan kapasitas penumpang 2 sampai 3 penumpang.

Mobil minimalis roda tiga merupakan mobil sebagaimana pada umumnya tetapi memiliki ukuran dan kapasitas yang kecil. Maka mobil minimalis ini bisa menjadi pilihan alternatif bagi masyarakat untuk memaksimalkan fungsi dari mobil yang mereka kendarai. Mobil minimalis roda tiga tersendiri akan menggabungkan *tilting trike system* dimana pada saat belok bodi mobil akan ikut miring ke arah

belokan. Dengan kondisi tersebut mobil akan terasa aman dan nyaman saat dikendarai baik di jalan lurus ataupun berbelok. Sedangkan pada penggunaan mobil ini tentunya membutuhkan sebuah rangka lengan depan yang berfungsi sebagai penopang semua beban yang ada pada kendaraan, untuk sebuah konstruksi rangka lengan depan itu sendiri harus memiliki kekuatan, ringan dan mempunyai nilai kelenturan.

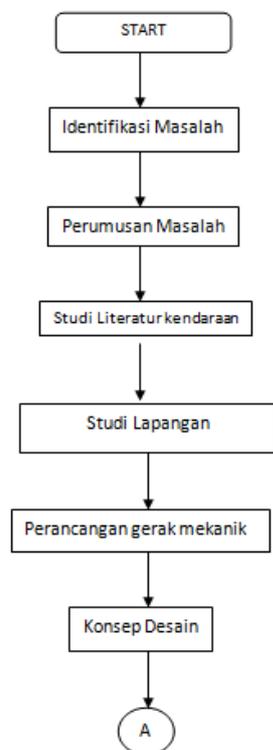
Kenyamanan dan keamanan dari pengemudinya dapat ditentukan dari kestabilan dari laju Mobil Minimalis tersebut. Kestabilan dari laju Mobil minimalis salah satunya ditentukan oleh ketepatan dari pemilihan dan perancangan sistem lengan penggerak roda depan yang dipasang. Sistem ini merupakan suatu rangkaian komponen yang dipasang diantara body dan roda dan dipasang untuk menyerap kejutan dari permukaan jalan sehingga menambah kenyamanan dan stabilitas dalam berkendara.

Alasan dari penulis tertarik dengan pengembangan Lengan depan adalah belum adanya penelitian yang membahas tentang kekuatan dari kerangka lengan depan pada mobil minimalis dengan *FEM* maupun perhitungan manual dimana hampir semua tugas akhir hanya berfokus terhadap sudut steer dan kecepatan kritis. Dalam perencanaan pembuatan desain lengan penggerak sendiri banyak aspek yang harus diperhatikan, seperti pemilihan jenis lengan penggerak, pemilihan suspensi, pemilihan material, *safety factor*, serta proses pengerjaan dan perakitan. Karena Lengan depan merupakan bagian paling kritis pada mobil dibandingkan dengan komponen mobil yang lain. Jadi, pada penelitian ini akan dilakukan perancangan Lengan depan mobil minimalis roda tiga yang sesuai dengan kriteria penggunaan pada umumnya yang memiliki kekuatan, ringan dan mempunyai nilai kelenturan, yang nantinya akan dibuat sebuah *prototype*.

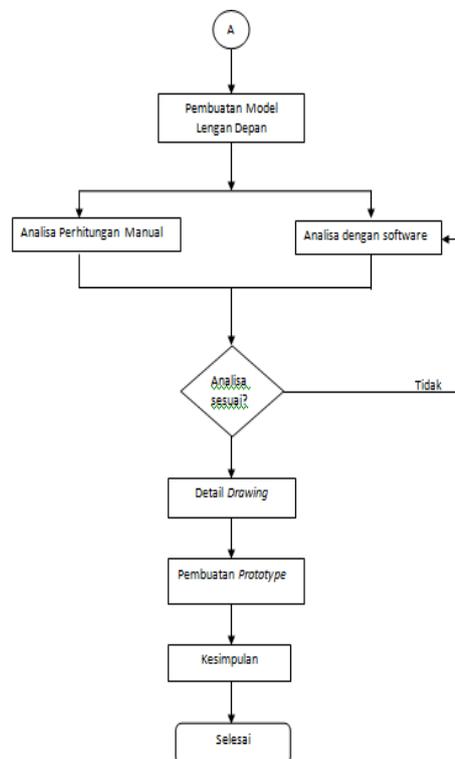
Maka dari itu saya ingin mengembangkan mobil roda 3 yang dianggap menjadi solusi bagi masyarakat Indonesia, dimana mobil roda tiga ini penggabungan yang baik antara kemampuan bermanuver dan kekompakan dari kendaraan roda dua, dengan stabilitas dan kapasitas ruang muat kendaraan roda 4. Dari beberapa bagian mobil roda 3 yang ada saya ingin mendesain dan menganalisa penggerak roda depan pada mobil roda 3 agar nyaman dan aman.

2 METODOLOGI

Adapun sistematika yang digunakan pada penelitian ini yang ditunjukkan pada diagram alir (*flow chart*) sebagai berikut :



Gambar 2.1 Diagram alir

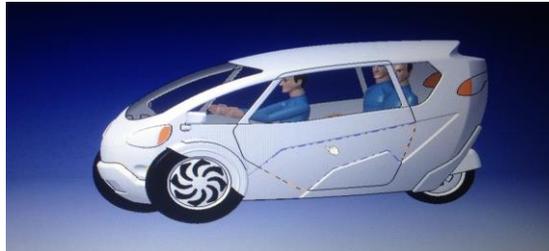


Gambar 2.2 Diagram alir (Lanjutan)

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 *Data dan Spesifikasi Kendaraan*

Kendaraan yang di desain merupakan kendaraan dengan konsep *citycar* yang minimalis dengan motor penggerak berbahan bakar bensin. Kendaraan ini memiliki kapasitas untuk 3 orang, adapun desain mobilnya seperti ditunjukkan pada gambar 4.1



Gambar 4. 1 Desain Mobil Minimalis Roda 3

Sebelum merancang lengan roda depan kendaraan hal yang pertama harus diperhatikan adalah data data tentang kendaraan yang akan dibuat, berikut adalah data yang dibutuhkan untuk merancang kendaraan.

3.2 *Tipe Kendaraan*

Pada perencanaan ini akan mengambil konsep mobil bertipe *couple*, yaitu mobil dengan bentuk kecil yang memiliki dua pintu dan biasanya berisi dua penumpang. Tipe mobil ini sangat cocok diambil untuk konsep mobil minimalis roda tiga karena memiliki jumlah penumpang dua orang.

3.3 *Muatan Kendaraan*

Pada mobil minimalis roda tiga ini di desain dengan bentuk yang ramping, jadi untuk penumpangnya juga tidak sebanyak mobil konvensional. Pemumpang mobil minimalis roda tiga ini adalah tiga orang dengan posisi duduk satu di depan dan dua dibelakang. Pada bagian depan kendaraan terdapat bagasi dan pada bagian belakang kendaraan terdapat tangki bahan bakar.

3.4 *Dimensi Kendaraan*

Dengan mengedepankan konsep minimalis, murah dan hemat bahan bakar, mobil ini di desain dengan dimensi yang relative kecil seperti mobil Karimun Estilo yang memiliki konsep sama, berikut spesifikasinya :

Tabel 3. 1 Spesifikasi Mobil Suzuki Karimun Estilo

No	Spesifikasi	Nilai
1	Panjang	3125 mm
2	Lebar	1475 mm
3	Tinggi	1595 mm
4	Berat Kosong	850 Kg

Sumber : rumahsae.com

Dari data table dimensi kendaraan yang ditunjukkan Tabel 4.2 diperoleh mobil dengan dimensi panjang x lebar x tinggi yaitu 3125 mm x 1475 mm x 1595 mm. Maka dari itu mobil minimalis roda 3 yang akan di desain tidak boleh melebihi dan harus kurang dari spesifikasi mobil Suzuki Karimun

Estilo. Desain bodi mobil minimalis roda 3 yang direncanakan dengan dimensi seperti pada Tabel 4.3 :p

3.5 Spesifikasi Perencanaan Kendaraan

Dari data yang diperoleh maka direncanakan untuk spesifikasi yang akan dimiliki oleh mobil minimalis roda tiga sebagai berikut :

Tabel 3. 2. Perencanaan spesifikasi mobil minimalis

Kriteria	Spesifikasi
A.Dimensi	
Panjang x Lebar x Tinggi	3000 mm x 1400 mm x 1500 mm
Jarak sumbu roda	1935 mm
Jarak terendah ke tanah	228 mm
Berat	503 Kg
Kapasitas penumpang	3 orang

Sumber : Desain

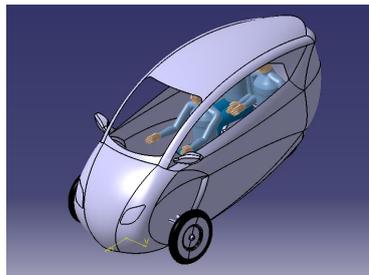
Untuk mendapatkan *kerangka* yang ringan, mudah dimanufaktur dan memiliki kekuatan yang tinggi, maka pada mobil minimalis roda tiga akan menggunakan profil pipa dengan tipe ASTM A53 sebagai bahan untuk dijadikan *kerangka*. Material ini dipilih karena dari perencanaan yang di inginkan bahwa *kerangka* harus ringan, mudah dalam manufaktur, dan kuat. Material pipa tipe ASTM A53 adalah pipa yang sering dijual dipasar dan untuk mencarinya tidaklah susah.

3.6 Tilting Trike System

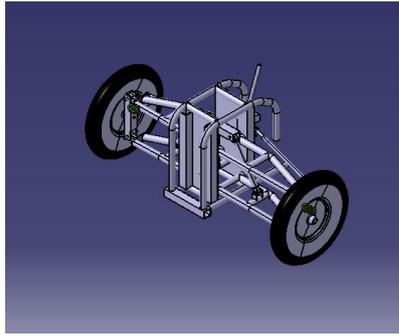
Tilting trike system adalah kendaraan roda tiga yang tubuh dan atau rodanya miring ke arah belokan. Ini adalah jenis roda (multi-roda) yang paling umum. Kendaraan semacam itu bisa melesat dengan aman dan nyaman meski memiliki jalur yang sempit. Beberapa modelnya, tidak seperti kendaraan lintasan tunggal seperti sepeda roda dua dan sepeda motor, cocok untuk waktu penggunaan sepanjang tahun.

3.7 Desain Lengan Depan

Lengan Depan pada mobil minimalis roda 3 ini menggunakan *system tilting trike* dimana saat berbelok roda otomatis akan ikut miring yang berbanding lurus dengan gaya sentrifugal yang di timbulkan.

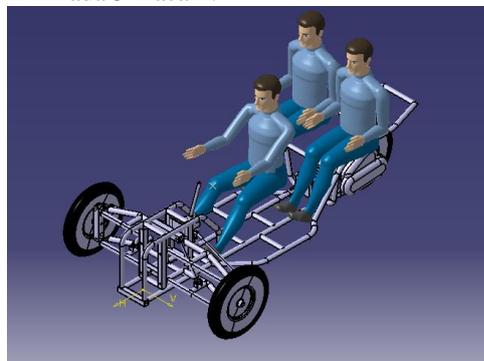


Gambar 3. 2 Desain Mobil dan Penumpang



Gambar 3. 3 Desain Lengan Depan

Setelah mendapatkan rancangan dan spesifikasi kendaraan yang dibutuhkan dilanjutkan membagi variasi rancangan titik berat kendaraan. Adapun rancangan posisi titik berat yang akan dianalisa dalam Tugas Akhir ini ada 3 macam.



Gambar 3. 4. Posisi cog dengan 1 penumpang

Dari ke tiga layout tersebut didapatkan posisi *center of gravity* seperti pada Tabel 4.4

Tabel 4. 3 Variasi Rancangan Posisi Titik Berat

Gambar	1 Penumpang	2 Penumpang	3 Penumpang
a	1004,677 mm	1010,174 mm	1147,022 mm
b	868,496 mm	862,599 mm	625,413 mm
h	401,144 mm	475,547 mm	563.414 mm

Sumber : Perhitungan

Keterangan:

a = jarak dari pusat berat ke poros rod depan (mm)

b = jarak dari pusat berat ke poros rod belakang (mm)

h = tinggi *center of gravity* (mm)

3.8 Analisa Kestabilan Arah Kendaraan

Analisa kestabilan pada kendaraan digunakan untuk mengetahui kestabilan kendaraan saat mendapat gaya dan medan tertentu.

3.9 Menghitung Radius Ackerman dan Sudut Slip

Besarnya sudut ackerman (R) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah

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

$$\delta f = \sin^{-1} \frac{b}{R}$$

Tabel 4. 4 hasil perhitungan sudut steer dan slip

Radius Ackerman (meter)	Sudut yang bekerja	
	Steer	Slip
16,25	6°	2,06°
17,5	5,56°	1,95°
22,5	4,32°	1,52°

Sumber : Perhitungan

Dari perhitungan sudut steer dan slip mobil minimalis pada Tabel 4.7 dibandingkan dengan sudut steer dan Radius Ackerman yang dimiliki oleh mobil Suzuki Karimun Estilo

Tabel 4. 8 Data sudut steer Karimun Estilo

Radius Ackerman (meter)	Nilai sudut steer
16,25	8,32°
17,5	7,72°
22,5	6,01°

Sumber : jurnal Teknik POMITS vol 1,no 1 (2012) analisa stabilitas suzuki estilo

Tabel 4. 9 Standar Radius Steer

V (km/jam)	$\delta f = 1^\circ - 5^\circ$	$\delta f = 6^\circ - 10^\circ$	$\delta f = 11^\circ - 15^\circ$	$\delta f = 16^\circ - 20^\circ$	$\delta f = 21^\circ - 25^\circ$
	Rack (m)	Rack (m)	Rack (m)	Rack (m)	Rack (m)
30	19,47	17,00	15,01	13,28	12,20
45	19,01	16,86	14,67	13,10	11,56
60	17,75	16,45	14,23	12,80	11,01
75	17,50	15,91	13,78	12,60	10,34
90	17,23	15,35	13,50	12,40	9,90

Sumber : jurnal Teknik POMITS vol 1,no 1 (2012) analisa stabilitas suzuki estilo

Dari hasil perhitungan dan perbandingan data dari mobil minimalis roda tiga dan suzuki karimun estilo dengan Radius Ackerman 16,25 m , 17,5 m dan 22,5 m mobil minimalis roda tiga memiliki sudut steer yang tidak jauh beda yakni 6°, 5,56° dan 4,32° berbanding dengan sudut steer karimun estilo sebesar 8,32°, 7,72° dan 6,01°.

3.10 Gaya Hambat Angin (drag force)

Berdasarkan persamaan untuk dapat menentukan gaya hambat angin (*drag force*) yang di terima sebagai berikut.

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot C_d \cdot \rho \cdot V_a^2 \cdot A_f$$

Dimana : C_d = coefisien drag = 0,34 (diambil dari software)

ρ =densitas udara = 1.225

V_a =kecepatan relatif kendaraan (m/s)

A_f =luas frontal udara = 2 (diambil dari software)

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot C_d \cdot \rho \cdot V_a^2 \cdot A_f$$

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot (0,34) \cdot (1,225) \cdot (13,9^2) \cdot (2)$$

$$F_d = 108,8738 \text{ (N)}$$

3.11 Gaya Lifting

Berdasarkan persamaan untuk dapat menentukan gaya *lifting* yang di terima sebagai berikut.

$$F_l = \frac{1}{2} \cdot C_l \cdot \rho \cdot V_a^2 \cdot A_f$$

Dimana : C_l = *coefisien lift* = -0,069 (diambil dari software)

ρ =densitas udara = 1.225

V_a =kecepatan relatif kendaraan (m/s)

A_f =luas frontal udara = 1.654 (diambil dari software)

$$F_l = \frac{1}{2} \cdot C_l \cdot \rho \cdot V_a^2 \cdot A_f$$

$$F_l = \frac{1}{2} \cdot (0,069) \cdot (1,225) \cdot (13,9^2) \cdot 1.654$$

$$F_l = 11.83411 \text{ N}$$

3.12 Gaya Samping

Berdasarkan persamaan untuk dapat menentukan gaya samping yang di terima sebagai berikut.

$$F_s = \frac{1}{2} \cdot C_s \cdot \rho \cdot V_a^2 \cdot A_f \cdot \beta \alpha$$

Dimana : C_s = coefisien lift = 0,05 (diambil dari software)

ρ =densitas udara = 1.225

V_a =kecepatan relatif kendaraan (m/s)

A_f =luas frontal udara = 1.654 (diambil dari software)

$\beta \alpha$ =Sudut serang angin

$$F_s = \frac{1}{2} \cdot C_s \cdot \rho \cdot V_a^2 \cdot A_f \cdot \beta \alpha$$

$$F_s = \frac{1}{2} \cdot (-0,05) \cdot (1,225) \cdot (13,9^2) \cdot 1.654 \cdot 1$$

$$F_s = -45,56 \text{ N}$$

3.13 Momen rolling,pitching dan yawing aerodinamika

Berdasarkan persamaan untuk dapat menentukan gaya samping yang di terima sebagai berikut.

Diketahui : F_d : 108.9 (N)

F_l :111.83 (N)

F_s : -45.6 (N)

X_p :0.812 (m)

Y_p :0 (m)

Z_y :0.836(m)

Dicari : 1) Momen Rolling Aerodinamika (MRA)

2)Momen Pitching Aerodinamika (MPA)

3.Momen yawing aerodinamika

Dimana : 1) $MRA = F_l \cdot Y_p - F_s \cdot Z_p$

$$MRA = 11.83 \cdot 0 - (-45.6) \cdot 0.836$$

$$MRA = 45.92 \text{ N.m}$$

2) $MPA = F_d \cdot Z_p - F_l \cdot X_p$

$$MPA = 108,9 \cdot 0,836 - 11,83 \cdot 0,812$$

$$MPA = 77,63 \text{ N.m}$$

3) $MYA = F_s \cdot X_p - F_d \cdot Y_p$

$$MYA = -45,6 \cdot 0,812 - 108,9 \cdot 0$$

$$MYA = -124 Nm$$

3.14 Kecepatan Kritis saat skid

Kecepatan kritis saat skid dapat menggambarkan bagaimana perilaku belok kendaraan dapat dihitung berdasar persamaan 2.27 :

$$V_{fs} = \sqrt{\frac{R_{ack} \cdot g}{w} \left[\frac{\mu \cdot b(w - Fl) - b \cdot Fs - Fd \cdot h \cdot \mu - Mpa \cdot \mu}{b \cos \beta - h \cdot \mu \cdot \sin \beta} \right]}$$

Lalu perhitungan V_{fs} di bandingkan dengan V_{rs}

$$V_{rs} = \sqrt{\frac{R_{ack} \cdot g}{w} \left[\frac{\mu \cdot a(w - Fl) - a \cdot Fs - Fd \cdot h \cdot \mu - Mpa \cdot \mu}{a \cos \beta - h \cdot \mu \cdot \sin \beta} \right]}$$

Hasil pergitungan bisa dilihat pada tabel 4.5

Tabel 4. 5. Hasil Analisa Skid

Data	Analisa	Kesimpulan
3 Penumpang	V_{fs} (9,69 m/s) > V_{rs} (9.08 m/s) , Maka roda belakang akan lebi dulu skid dibanding roda depan .	Aman berbelok dengan kecepatan kurang dari 9,69 m/s
2 Penumpang	V_{fs} (9,728 m/s) > V_{rs} (9.047 m/s) , Maka roda belakang akan lebi dulu skid dibanding roda depan .	Aman berbelok dengan kecepatan kurang dari 9,72 m/s
1 Penumpang	V_{fs} (11,28 m/s) > V_{rs} (9,05 m/s) , Maka roda belakang akan lebi dulu skid dibanding roda depan .	Aman berbelok dengan kecepatan kurang dari 11,2 m/s

Sumber : Perhitungan

3.15 Kecepatan Kritis saat Guling

Berdasarkan persamaan 2.28 kecepatan kritis saat guling dapat menggambarkan bagaimana perilaku belok kendaraan maksimum yang diijinkan

$$V_{fg} = \sqrt{\frac{R_{ack} \cdot g}{w} \left[\frac{0,5 \cos \beta (b(w - Fl) - \frac{b(M_{RA} + Fs \cdot h)}{tf}) - 0,5(Fd \cdot h + Mpa)}{(b \cdot h \cdot \cos \beta) / tf - 0,5h \cdot \mu \cdot \sin \beta} \right]}$$

Lalu perhitungan V_{fg} di bandingkan dengan V_{rg}

$$Vrg = \sqrt{\frac{R_{ack} \cdot g}{w} \left[\frac{0,5 \cos a(w - Fl) - \frac{\alpha(M_{BA} + Fs \cdot h)}{tf} - 0,5(Fd \cdot h + Mpa)}{(a \cdot h \cdot \cos\beta)/tf - 0,5h \cdot \mu \cdot \sin\beta} \right]}$$

Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.6

Tabel 4. 6 Dimensi Kendaraan Umum

Data	Analisa	Kesimpulan
3 Penumpang	Vfg (7,6 m/s) > Vrg (7,35 m/s) , Maka roda belakang akan lebi dulu skid dibanding roda depan .	Aman berbelok dengan kecepatan kurang dari 7,6 m/s
2 Penumpang	Vfg (8,2 m/s) > Vrg (8,04 m/s) , Maka roda belakang akan lebi dulu skid dibanding roda depan .	Aman berbelok dengan kecepatan kurang dari 8,2 m/s
1 Penumpang	Vfg (8,7 m/s) > Vrg (6,47 m/s) , Maka roda belakang akan lebi dulu skid dibanding roda depan .	Aman berbelok dengan kecepatan kurang dari 8,7 m/s

Sumber : Perhitungan

4 KESIMPULAN

- Dari hasil perhitungan dan perbandingan data dari mobil minimalis roda tiga dengan mobil suzuki karimun estilo yang memiliki spesifikasi hampir sama, sudut steer yang dihasilkan pada kemiringan roda 6° dengan Radius Ackerman 16,25 m , 17,5 m dan 22,5 m mobil minimalis roda tiga memiliki sudut steer yang tidak jauh beda yakni 6°, 5,56° dan 4,32° berbanding dengan sudut steer mobil karimun estilo sebesar 8,32°, 7,72° dan 6.01° bisa dikatakan mobil minimalis roda tiga masih nyaman digunakan untuk berkendara karena memiliki nilai yang hampir sama dengan mobil yang telah diproduksi masal.

5 DAFTAR PUSTAKA

- Dadang.2005.*Pemeriksaan Sistem Kemudi*.Bandung: Depdiknas
Halliday,Resnick. 1991. *Fisika Jilid 1 (terjemahan)*. Jakarta:Erlangga Hidayat.
Novriza. 2005.*Memperbaiki Sistem Kemudi*.Medan:Depdiknas
Ponge,B.P.Dr.2015.*A Review Paper on Design and Analysis of System of Three Wheeler*.New York
Sutrisno.2001.*Seri Fisika Dasar*.Bandung:ITB
Sutantra ,I nyoman.2001.*Teknologi Otomotif*.Surabaya:Guna Widya
Simada, Yukio.2007.*Motor Car Development/Fabrication Guide*.Tokyo:JSAE
Zandieh,Azadeh.2014.*Dynamics of a Three-Wheel Vehicle with Tadpole Design*.