

REDESAIN BODI PADA KENDARAAN BERMOTOR RODA DUA MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA BERBASIS MATLAB R2008a

Redesign Body On Two-Wheel Motor Vehicles Using The Finite Element Method Based On Matlab R2008a

TUGIMAN FARUDIN ^{1*},

¹ Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Assyafi'iyah Jakarta

Email: tgfachrudin@gmail.com

Abstract

Research on canopy for two-wheeled vehicles is a mix of a field of studies, each with its rapid development. To determine the aerodynamic coefficient and center of gravity, each vehicle has six aerodynamic coefficients and three aerodynamic coefficient moments. Therefore the obstacle and speed of the three aerodynamic moments on the vehicle can be determined. The aerodynamic coefficient on a vehicle can be determined with experiments and fluid dynamic simulation. This research uses MatLab R2008a-based simulation to determine the resistance coefficient (C_D) and Coefficient (F_R) on a two-wheeled vehicle by mathematic modeling to be able to calculate (C_D) and (C_F) values. Therefore, the canopy on a two-wheeled vehicle is focused on security, comfort, and safety. The calculation analysis of the canopy on a two-wheeled vehicle resulted in the length of the canopy being 1320 mm, 730 mm wide, and 1060 mm height.

Keywords: *Aerodynamic, rolling, pitching, yawing*

Abstrak

Redesain bodi pada kendaraan bermotor roda dua merupakan perpaduan dari berbagai disiplin ilmu pengetahuan yang masing-masing mengalami perkembangan yang pesat, walaupun dalam laju yang berbeda. Menentukan koefisien aerodinamika dan posisi titik tengah kendaraan, setiap kendaraan mempunyai 6 koefisien aerodinamik yaitu 3 buah koefisien gaya aerodinamik dan 3 koefisien momen aerodinamik. Dalam penelitian ini menentukan ke enam koefisien aerodinamika dari suatu kendaraan roda dua yang menggunakan kanopi. Maka ketiga momen aerodinamik yang bekerja pada kendaraan dapat ditentukan hambatan dan kecepatannya. Koefisien aerodinamik kendaraan dapat dicari secara eksperimen dan dengan simulasi dengan prinsip dinamika Fluida. Dalam penelitian ini menggunakan salah satu metode elemen hingga berbasis matlab 2008 untuk mendapat koefisien hambatan (CD) dan koefisien (fr) suatu kendaraan bermotor roda dua dengan memodelkan matematika untuk dapat menghitung besaran yang dicari yaitu Cd dan Cf. Redesain kanopi pada kendaraan bermotor roda dua dan pola aliran udara pada kendaraan maka besaran kemungkinan titik kerja ketiga gaya angin tersebut yang pada umumnya disebutkan "center of pressure" (Cp) berada diluar titik pusat massa dari kendaraan (Cg). Karena letak Cp dan Cg berbeda maka ketiga gaya aerodinamik diatas dapat menimbulkan momen aerodinamik diatas dapat menimbulkan momen aerodinamis terhadap sumbu x, y, z. Maka dalam bodi kendaraan roda dua di titik beratkan pada keamanan, nyaman, dan keselamatan. Dari hasil perancangan dikembangkan analisis perhitungan kanopi pada kendaraan roda dua yang diperoleh hasil panjang kanopi 1320 mm, lebar kanopi 730 mm, tinggi 1060 mm

Kata Kunci: *Aerodinamika, Rolling, Pitching dan, Yawing*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kanopi adalah alat pelindung dari terik matahari, terpaan angin, dan hujan. Pada penelitian ini diusulkan kanopi sepeda motor sebagai pelengkap untuk mencegah pengendara dan penumpang dari kecelakaan ringan, sedang, maupun sampai meningggl dunia^[1]. Maka dari itu kanopi juga sebagai alat tambah yang mengutamakan keamanan, kenyamanan, dan mengutamakan keselamatan. Pada saat ini pengendara sepeda motor ada beberapa alat pelindung yang digunakan pengendara saat ini sebagai berikut:

- *Helm* adalah salah satu alat untuk melindungi kepala pada saat ada benturan dalam keadaan berkendara. penggunaan *helm* sendiri memang wajib digunakan pada saat berkendara sepeda motor. bahkan polisi bisa menilang bila dalam berkendara tidak memakai *helm* dengan benar^[2].
- Jas hujan adalah pakaian tahan air yang dipakai untuk melindungi tubuh dari hujan. Fungsi utama jas hujan untuk meminimalkan masuknya air yang mengenai bagian tubuh dan pakaian. Kebanyakan jas hujan dibuat dengan warna terang untuk memudahkan pemakainya terlihat saat hujan lebat ketika jarak penglihatan berkurang^[2].
- *windshield* adalah kaca alat pelindung di bagian depan pengendara untuk menahan angin ini terbuat dari *polycarbonate* dan dipasang pada *bracket* yang menyatu di spion^[2].

Pada saat ini setelah pelindung yang sudah ada seperti *helm*, jas hujan mantel, dan rompi^[3],^[4], maka dalam penelitian ini akan mengembangkan sebuah kanopi pada kendaraan sepeda motor roda dua, agar memberi masukan di dalam industri otomotif. maka diperlukan pemodelan yang mencakup kelima aspek sebagai berikut:

- Gambaran *centre of gravity*
- Gaya dan momen aerodinamis terdiri dari, Gaya hambat aerodinamis (FD), Momen *rolling* aerodinamik (MR), Momen *pitching* (Mp), Momen yawing aerodinamik (MY)
- Sudut Selip.
- Gaya normal pada roda
- *Understee* dan *oversteer*.

Pada penelitian ini menghitung model matematika dan simulasi kanopi pada kendaraan bermotor roda dua dengan mencakup kelima aspek analisis diatas yang memungkinkan dilakukannya perhitungan secara menyeluruh pada sistem

kanopi pada kendaraan bermotor roda dua. Dari proses perhitungan dan simulasi dihasilkan berapa besar hambatan yang diterima oleh kanopi pada kendaraan bermotor roda dua dengan cc 149 yang dijadikan model penelitian untuk analisis kanopi^[1]

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas maka tujuan utama penelitian ini yaitu mengetahui dinamika rancangan model kanopi pada kendaraan bermotor roda dua sebagai pelindung keamanan, kenyamanan, dan keselamatan penendara maupun penumpang, mengetahui interaksi konstan kendaraan roda dua dengan kanopi dapat di modelkan dengan matlab dan model beban menggunakan metode elemen hingga dapat memberi gambaran akurat untuk jaminan keamanan, kenyamanan, dan keselamatan pengendara maupun penumpang.

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Bahan

Pada tahap ini penulis mengumpulkan data-data tentang penelitian kanopi pada kendaraan sepeda motor jenis vespa. studi literatur ini penelitian dapatkan dari berbagai sumber yang berkaitan dengan penelitian, dan perhitungan analisa laju terhadap aerodinamika kendaraan yang akan penambahan kanopi pada kendaraan sepeda motor roda dua^[5].

Setelah melakukan studi literatur penelitian masuk ketahap studi lapangan. Pada tahap ini penelitian melakukan pendataan alat pelindung yang sudah di gunakan pada pengendara sepeda motor. Agar mendapat perbandingan bahwa kanopi pada kendaraan roda dua yang dijadikan model penelitian memiliki nilai tambah bagi pengendara maupun penumpang.

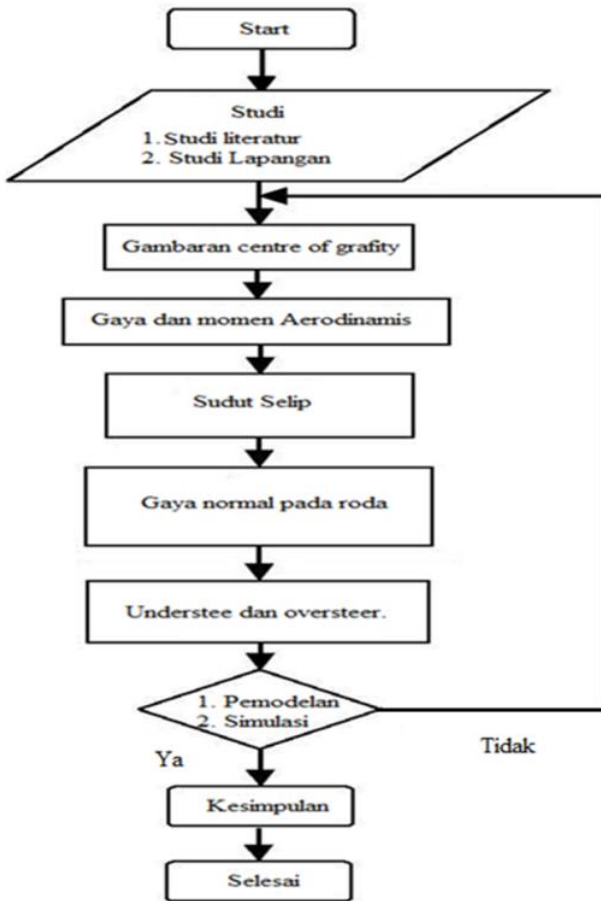
2.2 Metode

Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah pemodelan dan simulasi menggunakan matlab, analisa numerik dengan Metode Elemen Hingga memiliki peran yang sangat penting dalam pencapaian proses pengembangan kanopi pada kendaraan sepeda kendaraan sepeda motor roda dua dengan Matlab R2008^[1],^[2]. Adapun lima aspek pemodelan yang digunakan pada perhitungan analisa numerik adalah: Gaya dan momen Aerodinamis^[6]. Gaya hambat aerodinamis (FD), Gaya angkat aerodinamik (FL), Momen *rolling* aerodinamik (MR), Momen *pitching* (Mp), Momen yawing aerodinamik (MY)^[7]. Sudut Selip, Gaya normal pada roda, *Understee* dan *oversteer*^[8],^[9].

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumbangan/kontribusi bagi industri rekayasa

otomotif di Indonesia dalam rangka mengembangkan kanopi pada kendaraan sepeda motor roda dua yang efektif dan efisien. Untuk mencapai tujuan utama yang telah ditetapkan maka dalam penelitian ini, dibuat suatu modelan Matematika dan simulasi kanopi.

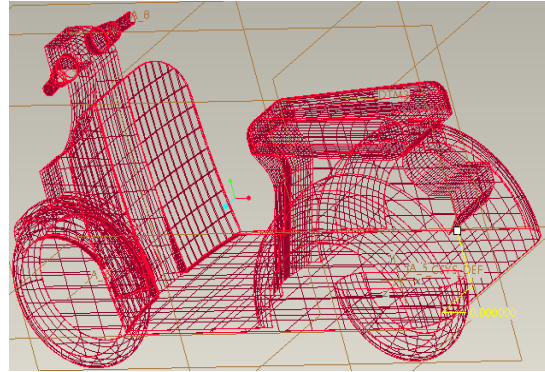
Diagram Alir Penelitian



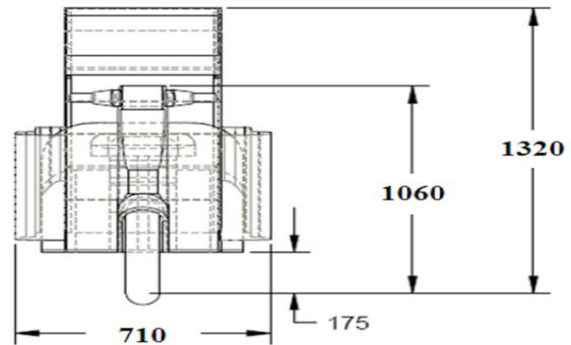
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

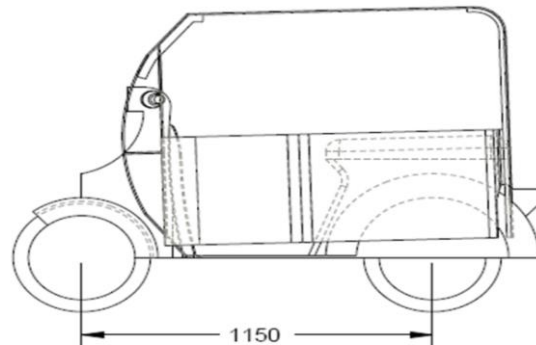
Redesain bodi kendaraan bermotor roda dua, Analisa gerak kendaraan difokuskan pada *Centre of Gravity* (CG), sedangkan beban aerodinamis bekerja pada *Centre of Pressure* (CP), dengan demikian dibuat formulasi beban aerodinamis tersebut ketika kita menganalisa gerak kendaraan [10].



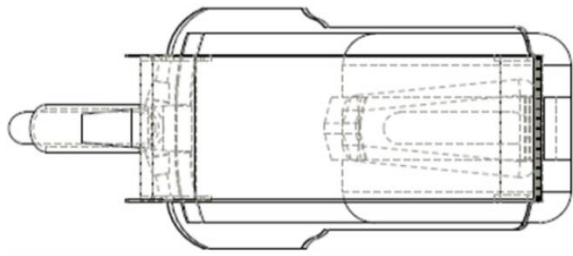
Gambar 2. Desain Kendaraan Bermotor Roda Dua Berbasis Matlab R2008a



Gambar 3. Desain Kendaraan Bermotor Roda Dua Berbasis Matlab R2008a Tampak Depan



Gambar 4. Desain Kendaraan Bermotor Roda Dua Berbasis Matlab R2008a Tampak Samping



Gambar 5. Desain Kendaraan Bermotor Roda Dua Berbasis Matlab R2008a Tampak Atas

Gaya hambat aerodinamik FD (*Aerodynamic drag force*), dengan garis kerja horizontal, dan berlawanan arah dengan arah gerak kendaraan. Gaya angkat aerodinamik FL (*Aerodynamic lift force*), yang bekerja dengan arah vertical ke atas. Jika aliran udara tidak sejajar dengan bidang simetri kanopi pada kendaraan, pola aliran udara akan tidak simetris. Hal ini akan menyebabkan timbulnya komponen gaya aerodinamik yang bekerja dalam bidang horizontal tapi dengan arah kanan terhadap gaya hambat dan gaya angkat. Kemudian karena analisis dinamika kendaraan yang difokuskan pada *Centre of Gravity*, maka akan melibatkan momen yang disebut momen aerodinamik ^[11].

Momen *Rolling* Aerodinamik (MR) Momen *rolling* MR, disebabkan oleh gaya samping F_s (*side force*) (F_s) yang bekerja pada jarak Z_c dan gaya angkat FL (*lift force*) yang bekerja pada jarak y_c dari *Centre of Gravity*. Momen *pitching* (MP), disebabkan oleh adanya gaya hambat FD (*drag force*) yang bekerja pada jarak Z_c dan gaya angkat FL (*lift force*) yang bekerja pada jarak x_c dari *Centre of Gravity*. Momen *yawing* MY, disebabkan oleh adanya gaya hambat FD (*drag force*) yang bekerja pada jarak y_c dan gaya samping F_s (*side force*) pada jarak x_c dari *Centre of Gravity* kendaraan ^[9].

Analisa gerak kendaraan bermotor roda dua difokuskan pada kondisi jalan belok, karena pada kondisi ini adalah keadaan paling kritis untuk gerak kendaraan bermotor roda dua. Seperti diketahui bahwa pada kondisi belok, akan timbul gaya centrifugal yang akan menyebabkan terjadinya sudut slip pada ban. Sudut slip inilah yang mempengaruhi perilaku arah kendaraan bermotor roda dua. Dengan demikian fokus perhitungan disini bermula dari bagaimana penelitian mendapatkan besarnya sudut slip pada masing-

masing ban. Sudut slip dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya, keausan ban (A), konstruksi ban (K), gaya normal (F_z), gaya lateral (F_y), dan gaya longitudinal (F_x). Dari gambaran diatas fokus penelitian adalah mencari besarnya gaya normal, gaya lateral, dan gaya longitudinal yang bekerja pada masing-masing ban dengan memasukkan beban aerodinamis, kemudian pengaruhnya terhadap sudut slip. Berapa besar sudut slip untuk ban yang akan di dapat.

Gaya momen pada kendaraan belok pada jalan datar gaya normal pada jalan datar, kendaraan belok pada jalan datar. dengan mengacu pada gambar 2 dan menerapkan rumus standar statika, besar gaya normal. Salah satu terminologi dalam menentukan sifat pengendalian kendaraan adalah *understeer* dan *oversteer*. Pengertian ini telah menjadi sumber dalam menggali lebih lanjut sifat-sifat pengendalian kendaraan. Pengertian ini berkembang mulai tahun 1930.

Karakteristik pengendalian dari kendaraan tergantung kepada hubungan antara sudut slip yang terjadi pada ban depan dan ban belakang kendaraan. Dari standar geometri, hubungan antara sudut stang pada ban depan (δ_f), radius belokan (R), wheel base (L), dan sudut slip pada ban depan dan ban belakang δ_f dan δ_r Dimana Kus adalah konstanta *understeer* yang harganya dinyatakan dalam radian. Apabila harga Kus adalah positif, yang berarti bahwa sudut slip ban depan lebih besar dari sudut slip pada ban belakang, sudut *steer* ^[8].

Menentukan koefisien aerodinamika dan posisi titik tengah kendaraan, setiap kendaraan mempunyai 6 koefisien aerodinamik yaitu 3 buah koefisien gaya aerodinamik dan 3 koefisien momen aerodinamik. Dalam penelitian ini menentukan ke enam koefisien aerodinamika dari suatu kendaraan roda dua yang menggunakan kanopi. Maka ketiga momen aerodinamik yang bekerja pada kendaraan dapat di tentukan hambatan dan kecepatannya.

Koefisien aerodinamik kendaraan dapat dicari secara eksperimen dan dengan simulasi dengan prinsip dinamika Fluida. Dalam penelitian ini menggunakan salah satu metode elemen hingga berbasis matlab 2008 untuk mendapat koefisien hambatan (CD) dan koefisien (fr) suatu kendaraan bermotor roda dua dengan memodelkan matematika untuk dapat menghitung besaran yang dicari yaitu Cd dan Cf.

3.1 Gaya-Gaya Aerodinamika

Secara umum dimana arah kecepatan relative angin terhadap kendaraan tidak selalu bisa sejajar dengan sumbu longitudinal kendaraan, maka terjadi tiga gaya aerodinamik pada kendaraan, gaya aerodinamika, gaya hambat (*drag*) aerodinamik (FD), Gaya samping (*side*) aerodinamik (Fs)

Karena bentuk kanopi pada kendaraan bermotor roda dua dan pola aliran udara pada kendaraan maka besaran kemungkinan titik kerja ketiga gaya angin tersebut yang pada umumnya disebutkan "center of pressure" (Cp) berada diluar titik pusat massa dari kendaraan (Cg). Karena letak Cp dan Cg berbeda maka ketiga gaya aerodinamik diatas dapat menimbulkan momen aerodinamik diatas dapat menimbulkan momen aerodinamis terhadap sumbu x, y, z yang berpusat pada Cg. ada tiga momen aerodinamik yang dapat terjadi pada kanopi kendaraan bermotor roda dua, momen roling (MR) yaitu momen terhadap sumbu x, moment *pitching* (MP) yaitu momen terhadap sumbu y, moment yawing (MY) yaitu momen terhadap sumbu z.

3.2 Gaya Hambat (*Drag*) Aerodinamik.

Gaya hambat adalah gaya yang bekerja dalam arah horizontal (paralel terhadap aliran) dan berlawanan arah dengan arah gerak maju kendaraan. Gaya hambat total terdiri dari beberapa jenis gaya hambat.

a. Hambatan Bentuk

Gaya hambatan yang disebabkan oleh adanya gradient tekanan (*pressure drag*) dan adanya gesekan (*friction drag*). Bentuk kanopi pada kendaraan bermotor roda dua yang sangat kompleks menyebabkan terjadinya distribusi tekanan di sepanjang permukaan kanopi. Aliran udara bersifat *viscous* maka timbul tekanan geser di sepanjang permukaan kendaraan. Dengan adanya perbedaan tekanan antara bagian depan tekanan antara bagian depan kendaraan dan bagian belakang kanopi pada kendaraan bermotor roda dua, di mana tekanan positif bekerja pada bagian depan kanopi dan tekanan negatif di bagian belakang kanopi sehingga menyebabkan timbulnya gaya drag yang bekerja berlawanan dengan arah gerakan kendaraan.

b. Hambatan pusaran

Karena adanya perbedaan tekanan antara bagian atas dan bagian bawah kendaraan, menyebabkan timbulnya gerakan aliran udara dari permukaan bawah menuju ke permukaan atas kendaraan yang berupa pusaran (*vortex*). Vortex yang terjadi akan mengubah arah lift yang semula tegak lurus terhadap jalan menjadi miring ke belakang depan sudut yang relative kecil ϵ . Timbulnya defleksi kearah belakang dari gaya lift menyebabkan terjadinya komponen induced drag dalam arah horizontal sebesar: $d_i = FL \sin \epsilon$

c. Hambatan Tonjolan

Gaya hambatan yang disebabkan oleh adanya tonjolan profil tertentu pada bagian permukaan kanopi pada kendaraan seperti kaca spion, pegangan pintu, antenna dan aksesoris lainnya.

3.3 Gaya Samping

Jika kendaraan bergerak dalam udara yang diam atau angin sejajar dengan arah gerak kendaraan maka tidak timbul gaya samping, karena kesimetrisan aliran udara pada bagian samping kendaraan sehingga tekanan pada bagian samping kendaraan sama.

3.4 Momen Guling (*Rolling*) Aerodinamik

Momen roling aerodinamik (Mg) adalah momen terhadap sumbu X pada kendaraan yang disebabkan oleh gaya-gaya aerodinamik yang mempunyai lengan terhadap sumbu x. jika posisi Cp terhadap Cg mempunyai komponen jarak X_p, Y_p, Z_p kearah sumbu X, Y, Z pada kendaraan.

3.5 Momen Angguk (*Pitching*) Aerodinamik

Momen pitching aerodinamik adalah momen oleh gaya aerodinamik terhadap sumbu y dari kendaraan.

3.6 Momen Putar (*Yawing*) Aerodinamik

Momen yawing aerodinamik adalah momen yang diakibatkan oleh gaya aerodinamik terhadap sumbu Z kendaraan melalui titik pusat masa C_g .

3.7 Stabilitas Arah kendaraan

Perilaku arah kendaraan juga menggambarkan stabilitas dari kendaraan dan sering juga disebut karakteristik handling dari kendaraan. Makin baik perilaku arah kendaraan maka juga dikatakan kendaraan makin stabil dan makin mudah dikendalikan. Kondisi laju kendaraan yang paling kritis yang tepat dapat menggambarkan perilaku arahnya adalah kondisi gerakan membelok. System stabilitas arah kendaraan yang telah banyak dikembangkan adalah electronic stability

program (ESP) yang dapat secara otomatis dapat mengendalikan kondisi *understeer* atau *oversteer* yang mengganggu stabilitas arah kendaraan.

3.8 Prilaku Understeer

Perilaku *understeer* adalah seperti perilaku belokan netral yaitu menghitung pengaruh dari sudut slip rata-rata roda belakang (α_f) dan roda depan (α_r). Pada kondisi *understeer* sudut selip roda belakang (α_f) lebih kecil dari sudut selip roda depan (α_r). Perilaku kendaraan *understeer* ditunjukkan pada gambar 3. Titik pusat belokan (O_u) dan lintasan belokan (U) kendaraan *understeer* berbeda dengan kendaraan dengan perilaku dengan prilaku netral. Kendaraan *understeer* yaitu kendaraan yang sulit untuk dibelokkan mempunyai sudut belok yang lebih besar dengan lambing (δ_f). Kendaraan dengan prilaku *understeer* mempunyai radius belokan yang lebih besar dibanding radius belokan kendaraan dengan perilaku netral. Dengan prilaku *understeer* sudut selip roda depan (α_f) lebih besar dari sudut slip roda belakang (α_r). Untuk mengendalikan kendaraan yang mempunyai perilaku *understeer* tidaklah begitu sulit karena pada dasarnya kendaraan ini berbelok sedikit untuk sudut *steer* tertentu. Untuk berbelok lebih besar maka cukup dengan member sudut *steer* yang lebih besar.

3.9 Prilaku Oversteer

Sama dengan prilaku *understeer*, prilaku *oversteer* menunjukkan kondisi di mana pengaruh sudut slip roda depan dan belakang sangat dominan terhadap gerakan belokan kendaraan. Pada kendaraan yang mempunyai perilaku *oversteer* pengaruh sudut slip mengakibatkan kendaraan sangat responsif pada waktu belok, atau belokan lebih besar.

3.10 Wheel Disk

Mengacu pada Tabel maka data spesifikasi wheel disk

Tabel 1. Spesifikasi *Wheel Disk*

Tanda	Kecepatan Maksimum
Untuk Scooter	100 km/h
N	140 km/h
S	180 km/h
H	210 km/h
V	210 km/h Over

Dari data spesifikasi *wheel disk*-nya adalah :

Alloy wheel, 110/65 R15 Maka : *Tire width*

Aspect ratio : 15 %

Type : Radial

Rim diameter : 11 in

$$\text{Aspect ratio} : s_t = \frac{\text{tire section height } (h_t)}{\text{tire width } (w_t)}$$

Maka *tire section height* : $h_t = s_t \times w_t$

Diameter roda/ban :

$$D = 2 \times h_t + \text{Rim diameter}$$

Maka jari-jari roda/ban : $R = \frac{1}{2} \times D = \frac{1}{2}$

3.11 Perhitungan Berat Bodi

Hasil perhitungan penelitian:

Berat Axle depan : $m_{u,f}$

Berat Axle belakang : $m_{u,r}$

Maka :

$$\text{Berat bodi} : m_{B,o} = m_{v,t} - (m_{u,f} + m_{u,r})$$

3.12 Radius Gyration

Momen Inertia $J_{z,v} = 0,1269 \times m_{v,t} \times L_t \times l$ ($kg \cdot m^2$)

Dimana : L_t = panjang kendaraan

l = wheelbase

Maka

: $J_{z,v}$

$$J_{Y,Bo} = m_{Bo} \times i_{Y,Bo}^2 (kg \cdot m^2) \rightarrow \text{pitching/getar}$$

$$J_{X,Bo} = m_{Bo} \times i_{X,Bo}^2 (kg \cdot m^2) \rightarrow \text{rolling}$$

Untuk kendaraan kosong berdasarkan tabel di (hal 15) : $i_{X,Bo}$

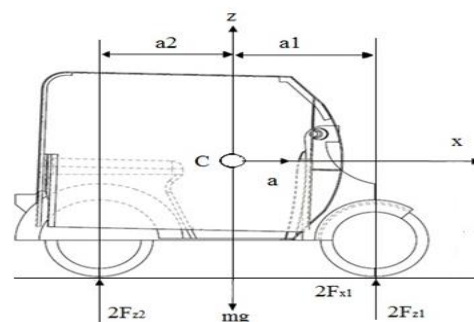
$i_{Y,Bo}$

Maka : $J_{Y,Bo}$

$J_{X,Bo}$

3.13 Jarak Titik Berat Terhadap Axle Depan Dan Axle Belakang

Berat total kendaraan kosong $mg = 100 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 981 \text{ N}$



Gambar 7. Desain Kendaraan Bermotor Roda Dua Berbasis Matlab R2008a Tampak Samping Kanan

Jika hasil penimbangan kendaraan didapat data sebagai sebagai berikut :

$$2F_{z1}; 2F_{z2}$$

$$F_{z1} = \frac{1}{2}mg \frac{a_2}{l} \quad l = \text{jarak sumbu} = a_1 + a_2$$

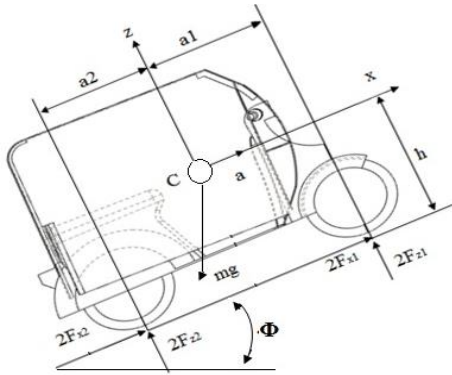
$$F_{z2} = \frac{1}{2}mg \frac{a_1}{l} \quad mg = \text{berat kosong kendaraan}$$

$$F_{z1} = \frac{1}{2}mg \frac{a_1}{l} \text{ atau } a_1$$

$$F_{z2} = \frac{1}{2}mg \frac{a_2}{l} \text{ atau } a_2$$

3.14 Menentukan Titik Berat Kendaraan

Jika setelah dilakukan penimbangan dengan kemiringan 30° dari lantai horizontal dari hasil perhitungan penelitian $2F_{z1}$, maka posisi titik berat dari jalan adalah :

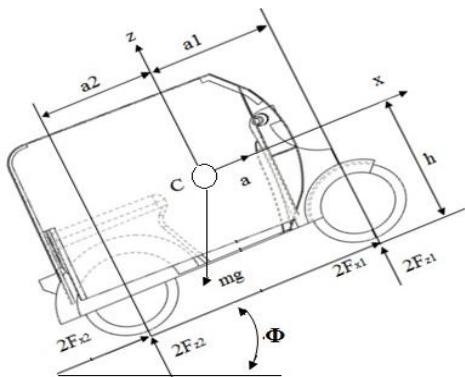


Gambar 8 Titik Berat Kendaraan Tampak Samping Kanan

$$h = R + \left(2 \frac{F_{z1}}{mg} l - a_2\right) \cot \phi$$

3.15 Parkir 2 Roda Di Bidang Miring

Diassumsikan kemiringan jalan 30°



Gambar 9 Parkir 2 Roda Bidang Miring Kendaraan Tampak Samping Kanan

Dua roda depan dan belakang direm

$$F_{z1} = \frac{1}{2}mg \frac{a_2}{l} \cos \phi - \frac{1}{2}mg \frac{h}{l} \sin \phi$$

$$F_{z2} = \frac{1}{2}mg \frac{a_1}{l} \cos \phi + \frac{1}{2}mg \frac{h}{l} \sin \phi$$

$$F_{x2} = \frac{1}{2}mg \sin \phi$$

$$F_{x2} = \frac{1}{2} \times 100 \times 9,81 \times \sin 30 = 48,46 \text{ N}$$

3.16 Sudut Kemiringan Maksimum Roda Belakang Yang Direm

$$\phi_M = \tan^{-1} \left(\frac{a_1 \mu_{x2}}{l - \mu_{x2} h} \right)$$

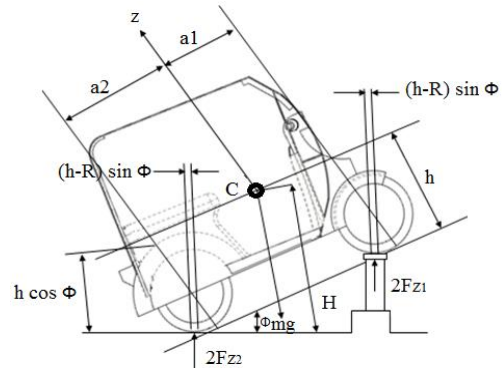
Apabila $\phi_M > 1,03^\circ$ maka kendaraan akan tergelincir karena gaya gesek tidak mampu menahan gaya berat kendaraan.

3.17 Roda Depan Yang Direm

$$\phi_M = \tan^{-1} \left(\frac{a_2 \mu_{x1}}{l - \mu_{x1} h} \right)$$

Apabila $\phi_M > 1,03^\circ$ maka kendaraan akan tergelincir karena gaya gesek tidak mampu menahan gaya berat kendaraan.

3.18 Roda Belakang Dan Roda Depan Direm Secara Bersamaan



Gambar 10 Desain Roda Beakang dan Belakng Yang D Rem Secara Bersamaan

Assumsi $\mu_{x1} = \mu_{x2} = \mu_x = 1$

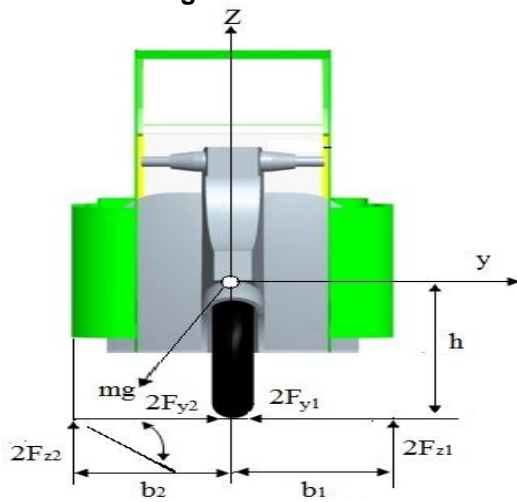
$$\phi_M = \tan^{-1}(\mu_x)$$

$$F_{x1} = \mu_{x1} F_{z1}$$

$$F_{x2} = \mu_{x2} F_{z2}$$

Apabila $\phi_M > 45^\circ$ maka kendaraan tergelincir k arena gaya gesek tidak mampu menahan gaya berat kendaraan.

3.19 Parkir Miring



Gambar 11 Parkir Miring Tampak Depan

Assumsi : kemiringan bidang parkir 30°

$$b_1 = b_2 = \frac{1}{2}w$$

$$w = b_1 + b_2$$

$$F_{Z1} = \frac{1}{2} \frac{mg}{w} (b_1 \cos \phi - h \sin \phi)$$

$$F_{Z2} = \frac{1}{2} \frac{mg}{w} (b_2 \cos \phi - h \sin \phi)$$

Assumsikan $\mu_{y1} = \mu_{y2} = 1$

$$F_{y1} = \mu_{y1} F_{Z1}$$

$$F_{y2} = \mu_{y2} F_{Z2}$$

Sudut kemiringan maksimum

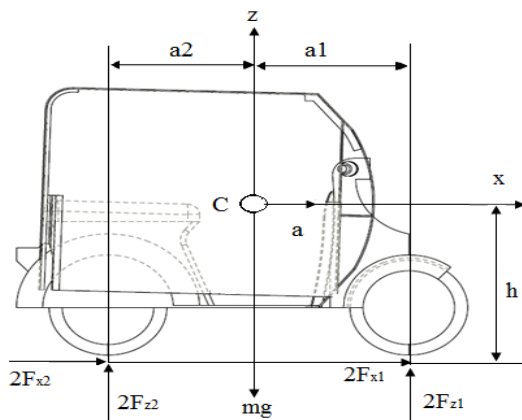
$$\tan \phi_M$$

Maka ϕ_M

Jika $\phi_M > 1,03^\circ$ maka kendaraan akan terguling

3.20 Akselerasi Pada Bidang Datar

Diasumsikan percepatannya a



Gambar 11 Akselerasi Pada Bidang Datar

$$F_{z1} = \frac{1}{2} mg \frac{a_2}{l} - \frac{1}{2} mg \frac{h a}{l g}$$

$$F_{z2} = \frac{1}{2} mg \frac{a_1}{l} + \frac{1}{2} mg \frac{h a}{l g}$$

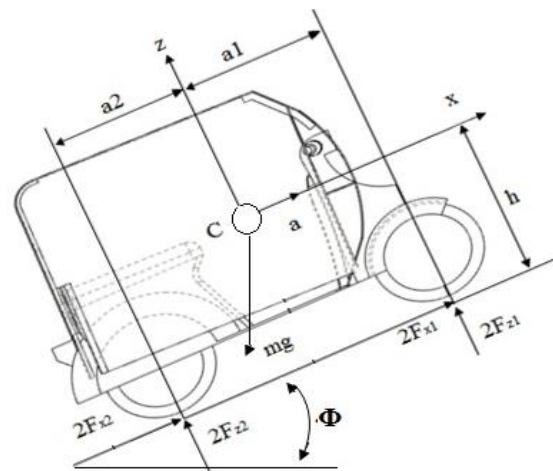
Percepatan maximum pada jalan datar

$$a = \pm \mu_x g = 1 \times 9,81 = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Apabila $a = \pm \mu_x g$ maka akan terjadi slip karena gaya dinamik kendaraan lebih besar dari gaya geseknya.

3.21 Akselerasi Pada Bidang Tanjakan

Diasumsikan kemiringan tanjakan 30°



Gambar 12 Akselerasi Pada Bidang Tanjakan

$$F_{Z1} = \frac{1}{2} mg \left(\frac{a_2}{l} \cos \phi - \frac{h}{l} \sin \phi \right) - \frac{1}{2} ma \frac{h}{l}$$

$$F_{Z2} = \frac{1}{2} mg \left(\frac{a_1}{l} \cos \phi - \frac{h}{l} \sin \phi \right) + \frac{1}{2} ma \frac{h}{l}$$

3.22 Gaya Axle Pengereman

Pengereman pada beton kering

$$\Delta F_{Z,V,o} = \mu_{x,w} F_{Z,V,t} \frac{h_v}{l}$$

Catatan : $\mu_{x,w}$ = koefisien gesek beton kering = 0,9

$$F_{Z,V,t} =$$

berat total kendaraan kosong = mg

$h_v = h$ = posisi titik berat dari jalan

$$F_{Z,V,f} = F_{Z1}$$

$$F_{Z,V,r} = F_{Z2}$$

$$\text{Axle depan} : F_{X,W,B,f} = \mu_{x,w} (F_{Z,V,f} + \Delta F_{Z,V,o})$$

$$\text{Axle belakang} : F_{X,W,B,r} = \mu_{x,w} (F_{Z,V,r} - \Delta F_{Z,V,o})$$

3.23 Gerak Lateral

Gaya lateral pada roda depan :

$$P_F = \frac{mgBK}{2h} \left(\frac{L_2}{L_1 + L_2} \right)$$

Gaya lateral pada roda belakang :

$$P_R = \frac{mgBK}{2h} \left(\frac{L_1}{L_1 + L_2} \right)$$

K adalah dynamic safety factor :

Garret suggested K = 1,75

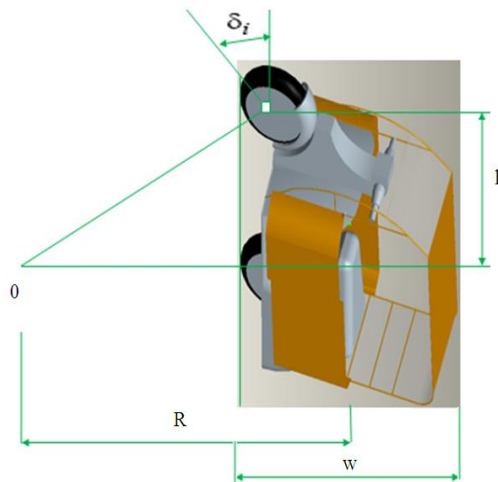
Others suggested K = 1.4

Maka :

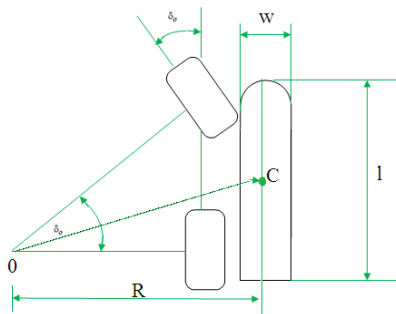
$$P_F = \frac{mgBK}{2h} \left(\frac{L_2}{L_1 + L_2} \right)$$

$$P_R = \frac{mgBK}{2h} \left(\frac{L_1}{L_1 + L_2} \right)$$

3.24 Front-Wheel-Steering Vehicle



Gambar 13 Desain Front Wheel Steering Vehicle



Gambar 14 Rotasi Front Wheel Steering Vehicle

3.25 Radius Rotasi Kendaraan

Diasumsikan sudut stir kendaraan : $\delta_i = 12^\circ$

Karakteristik steering kendaraan adalah :

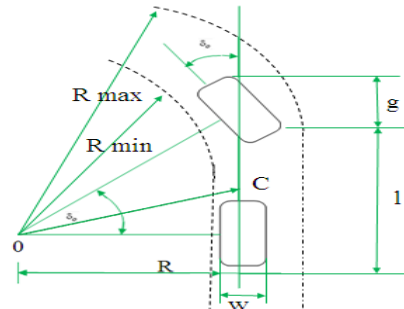
$$\delta_o = \cot^{-1} \left(\frac{w}{l} + \cot \delta_i \right)$$

$$R_l = l \cot \delta_i + \frac{1}{2} w$$

$$\delta = \cot^{-1} \left(\frac{\cot \delta_o + \cot \delta_i}{2} \right)$$

$$R = \sqrt{a_2^2 + l^2 \cot^2 \delta}$$

3.26 Ruang Kendaraan Belok (Δr)



Gambar 15 Desain Ruang Kendaraan Belok

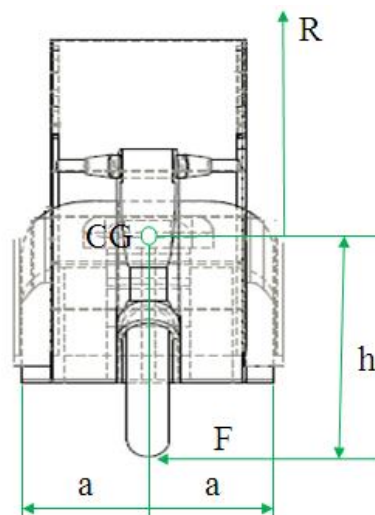
Diasumsikan $g = 130$ m

$$R_{min} = R_l - \frac{1}{2} w$$

$$R_{max} = \sqrt{(R_{min} + w)^2 + (l + g)^2}$$

$$\Delta R = R_{max} - R_{min}$$

3.27 Rollover



Gambar 16 Desain Rollover

m = berat kendaraan (100 kg)
 v = kecepatan kendaraan (m/s)
 r = radius kelengkungan jalan terhadap CG kendaraan (m) (130 m)
 g = percepatan gravitasi bumi (m/s²)
 F = gaya gesek roda (N)
 R = gaya reaksi yang terjadi pada roda (N)
 CG = center of gravity
 a = jarak center of gravity terhadap roda (½ dari wheel track = 575)
 mg = berat kendaraan dalam satuan Newton
 h = jarak center of gravity terhadap tanah (1,9 m)

Berdasarkan HK I Newton tentang kesetimbangan statis, maka :

Gaya gesek yang terjadi pada roda = gaya sentrifugal akibat kecepatan kendaraan

$$(F1 + F2) = \frac{mv^2}{r}$$

Dimana, $F1 + F2 = \mu mg$

Maka :

$$mg = \frac{mv^2}{r} \times \frac{1}{\mu}$$

Kesetimbangan momen yang terjadi pada CG :

$$(R2 - R1)a = \frac{mv^2}{r} h$$

Atau :

$$(R2 - R1) = \frac{mv^2}{r} \times \frac{h}{a}$$

$$R2 + R1 = mg \text{ atau } R1 = mg - R2$$

Maka

$$\{R2 - (mg - R2)\} = \frac{mv^2}{r} \times \frac{h}{a}$$

$$2R2 - mg = \frac{mv^2}{r} \times \frac{h}{a}$$

Dimana :

$$mg = \frac{mv^2}{r} \times \frac{1}{\mu}$$

Maka :

$$2R2 - \frac{mv^2}{r} \times \frac{1}{\mu} = \frac{mv^2}{r} \times \frac{h}{a}$$

$$2R2 = \frac{mv^2}{r} \times \frac{h}{a} + \frac{mv^2}{r} \times \frac{1}{\mu}$$

$$2R2 = \frac{mv^2}{r} \times \left[\frac{h}{a} + \frac{1}{\mu} \right]$$

Karena $R2 + R1 = mg$ dan $R2 = R1$ maka $2R2 = mg$

Maka :

$$mg = \frac{mv^2}{r} \times \left[\frac{h}{a} + \frac{1}{\mu} \right]$$

Sehingga :

$$v = \sqrt{\frac{g \cdot r}{\frac{h}{a} + \frac{1}{\mu}}}$$

Jika diasumsikan radius belokan r

$$v = \sqrt{\frac{g \cdot r}{\frac{h}{a} + \frac{1}{\mu}}}$$

Maka kecepatan maksimal kendaraan agar tidak terjadi Rollover pada tikungan dengan radius

4. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan analisis dapat disimpulkan bahwa:

- Dinamika kendaraan bermotor roda dua yang menggunakan kanopi adalah hambatan hambatan pusat dan koefisien hambatan 0.682 km/j dan 0.179 km/j, gaya angguk 0,190 km/j, gaya samping 0.193 km/j, momen guling 0.029 km/j, momen angguk 0.308 km/j, momen putar -2.870, dan hambatan udara atau angin adalah 1.2 km/jam, hambatan gelinding sesuai dengan jenis permukaan jalan 0,4 Km/jam, dan hambatan kemiringan jalan pada kemiringan 25 % adalah jarak tempuh kendaraan 0,29 Km/jam.
- Jarak titik pusat Roda depan 0.65 N dan roda belakang 0.76 N, titik berat 0.66 N, jarak titik h 0.53 m (pijak tanah), pegereman dua roda pada saat parker miring roda depan 189.18 N dan roda belakang 498.53 N, sudut kemiringan roda depan 7.16°, kemiringan roda belakang 7.16°, parkir miring roda depan dan roda belakang 74.791 N, akselerasi pada bidang datar roda depan 11.60 N dan roda belakang 113.82 N.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. N. Jazar, *Vehicle dynamics*, vol. 1. Springer, 2008.
- [2] "Automotive Dynamics of Vehicle Motion 4 2008 | PDF | Acceleration | Collision." <https://www.scribd.com/document/13603517/Automotive-Dynamics-of-Vehicle-Motion-4-2008#> (accessed Dec. 22, 2022).
- [3] T. FAHRUDIN, "ANALISIS BODI PADA KENDARAAN BERMOTOR RODA DUA MENGGUNAKAN SIMULASI BERBASIS MATLAB R2019," *J. Baut Dan Manufaktur Vol*, vol. 1, no. 01, p. 44, 2019.
- [4] T. Farudin, "Analisis Kanopi Pada Kendaraan Bermotor Roda Dua Menggunakan Simulasi Berbasis Matlab R2008A," *Teknobiz J. Ilm. Program Studi Magister Tek. Mesin*, vol. 4, no. 1, pp. 6–16, 2014.
- [5] P. R. Indonesia, *Undang-undang Republik Indonesia nomor 22 tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan*. Eko Jaya, 2009.
- [6] J. Anderson, *EBOOK: Fundamentals of Aerodynamics (SI units)*. McGraw Hill, 2011.
- [7] W.-H. Hucho, *Aerodynamics of road vehicles: from fluid mechanics to vehicle engineering*. Elsevier, 2013.
- [8] I. N. Sutantra and B. Sampurno, "Teknologi Otomotif Edisi Kedua, Institut Teknologi Sepuluh Nopember," *Guna Widya Surabaya*, vol. 96, 2010.
- [9] W. H. Crouse and D. L. Anglin, *Small engine mechanics*. Gregg Division McGraw-Hill, 1980.
- [10] D. W. Karmiadji, "Optimasi Desain Material, Komponen, Konstruksi: Teori Dasar & Aplikasi," *Eng. Clin. FTUP Jkt.*, 2011.
- [11] A. A. Wibawa and T. Akhir, "Perbaikan Karakteristik Aerodinamika Van Dalam Pengujian Studi Model Pada Terowongan Angin." Surabaya: Jurusan Teknik Mesin Universitas Kristen Petra, 1994.