

# ANALISIS BODI PADA KENDARAAN BERMOTOR RODA DUA MENGGUNAKAN SIMULASI BERBASIS MATLAB R2019

## *Body Analysis of Three-Wheeled Vehicles Using simulation based on Matlab R2019*

TUGIMAN FAHRUDIN

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Islam As-Syafi'iyah, Jakarta

e-mail: [tgfachrudin@gmail.com](mailto:tgfachrudin@gmail.com)

### ABSTRACT

*Research on body for two wheeled vehicle is a mixed of field of studies, each with it's own rapid development. To determine 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 aerodynamics moments on the vehicle can be determined. Aerodynamic coefficient on vehicle can be determined with experiment and fluid dynamic simulation. This research uses matlab R2019 based simulation to determine resistant 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) value. Therefore, the body on two wheeled vehicle is focused on security, comfort, and safety. The calculation analysis of body on two wheeled vehicle resulted with the length of body is 1320 mm, 730 mm width, and 1060 mm height.*

**Keywords:** *Aerodynamic, rolling, pitching, yawing*

### ABSTRAK

Penelitian bodi pada kendaraan bermotor roda dua merupakan perpaduan dari berbagai disiplin ilmu pengetahuan yang masing-masing mengalami perkembangan yang pesat. Untuk menentukan koefisien aerodinamika dan posisi titik tengah setiap kendaraan mempunyai 6 koefisien aerodinamik yaitu 3 buah koefisien gaya aerodinamik dan 3 koefisien momen aerodinamik. Maka ketiga momen aerodinamik yang bekerja pada kendaraan dapat di tentukan hambatan dan kecepatannya. Koefisien aerodinamik kendaraan dapat dicari secara eksperimen dan dengan simulasi dinamika Fluida. Dalam penelitian ini menggunakan Simulasi berbasis matlab R2019 untuk mendapat koefisien hambatan (C-D) dan koefisien (F-R) suatu kendaraan bermotor roda dua dengan memodelkan matematika untuk dapat menghitung besaran yang dicari yaitu C-D dan C-F. Maka dalam bodi kendaraan roda dua di titik beratkan pada keamanan, kenyamanan, dan keselamatan. analisis perhitungan bodi pada kendaraan roda dua yang diperoleh hasil panjang bodi 1320 mm, lebar bodi 730 mm, tinggi 1060 mm.

**Kata kunci:** *aerodinamika, guling, angguk, putar.*

## 1. PENDAHULUAN

Bodi adalah alat pelindung dari terik matahari, terpaan angin, dan hujan. Pada penelitian bodi sepeda motor sebagai pelangka untuk mencegah pengendara dan penumpang dari kecelakaan ringan, sedang, maupun sampai meninggl dunia. Maka dari itu bodi juga sebagai alat pelindung yang mengutamakan keamanan, kenyamanan, dan mengutamakan keselamatan.

## 2. STUDI LITERATUR

### 2.1. Pusat tekananterhadap pusat berat

Berdasarkan pada kendaraan bermotor dipengaruhi oleh dua jenis besaran, yaitu berat

muatan kendaraan dan besaran aerodinamis. Berat dan muatan kendaraan adalah pada pusat kendaraan Centre of Grafity (CG), terhadap gambar 1, sedangkan besaran aerodinamis bekerja pada pusat tekanan (CP), beban-beban tersebut harus di artikan oleh system beban kendaraan menurut I Nyoman Sutanta. Bambang: Teknologi Otomotif, Edesi ke dua, Surabaya 2010 Beban tersebut beban adalah beban hambatan yang diterima dari besaran aerodinamis<sup>(9)</sup>.

Kendaraan memiliki sistem koordinat tetap pada kendaraan itu sendiri dengan menggunakan aturan tangan kanan. Namun demikian, pergerakan dari kendaraan harus didefinisikan ke

dalam suatu sistem koordinat lain yang tetap atau tidak berubah terhadap kendaraan, sistem koordinat seperti ini dinamakan sistem koordinat global. Sistem koordinat global ini digunakan untuk mengevaluasi jalur lintasan atau trayektori dari kendaraan.

Untuk lebih jelasnya, Koordinat tersebut adalah :

X - arah depan

Y - arah ke kanan

Z - arah vertical (positif ke bawah)

$\Psi$  - *heading angle* (sudut antara x dan X pada *ground plane*)

$v$  - *course angle* (sudut antara vector kecepatan kendaraan dengan sumbu -X)

$\beta$  - *side slip angle* (sudut antara sumbu -x dengan vector kecepatan kendaraan)

## 2.2. 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-gaya aerodinamika yaitu:

- Gaya hambat (*drag*) aerodinamik (FD).
- Gaya angkat (*lift*) aerodinamik (FL)
- Gaya samping (*side*) aerodinamik (Fs).

Karena bentuk bodi 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. Seperti terlihat pada gambar 3.1 ada tiga momen aerodinamik yang dapat terjadi pada kanopi kendaraan bermotor roda dua yaitu:

- Momen roling yaitu momen terhadap sumbu x
- Moment pitching yaitu momen terhadap sumbu y
- Moment yawing yaitu momen terhadap sumbu z

### 2.2.1 Gaya hambat (drag) aerodinamik.

Gaya hambat adalah gaya yang bekerja dalam arah horizontal (parallel terhadap aliran) dan berlawanan arah dengan arah dengan arah gerak maju kendaraan. Gaya hambat total terdiri dari beberapa jenis gaya hambat (Scybor Rylski, 1975) yaitu:

#### 2.2.1.1. Hambatan bentuk

Gaya hambatan yang disebabkan oleh adanya gradient tekanan (pressure drag) dan adanya gesekan (friction drag). Terbentuknya gaya hambatan (form drag) pada kendaraan dapat dijelaskan 3.2.

Bentuk bodi pada kendaraan bermotor roda dua yang sangat kompleks menyebabkan terjadinya distribusi tekanan di sepanjang permukaan bodi. 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 bodi pada kendaraan bermotor roda dua, di mana tekanan positif bekerja pada bagian depan bodi dan tekanan negatif di bagian belakang bodi sehingga menyebabkan timbulnya gaya drag yang bekerja berlawanan dengan arah gerakan kendaraan.

#### 2.2.1.2. 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).(7)

Vortex yang terjadi akan mengubah arah lift yang semula tegak lurus terhadap jalan menjadi miring ke belakang depan sudut yang relative kecil  $\epsilon$ .

Timbulnya defleksi ke arah belakang dari gaya lift menyebabkan terjadinya komponen induced drag dalam arah horizontal sebesar:

$$D_i = FL \sin \epsilon$$

#### 2.2.1.3. Hambatan tonjolan

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

#### 2.2.1.4. Hambatan aliran dalam

Pada hambatan bentuk dan hambatan pusat yang paling besar pengaruhnya terhadap gaya hambat secara keseluruhan.

Gaya samping dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$F_D = C_d \cdot \rho \cdot V_a^2 \cdot A_f \dots \dots \dots (1)$$

$$C_d = \frac{F_d}{\rho \cdot V_a^2 \cdot A_f} \dots \dots \dots (2)$$

Di mana:  $V_a^2$  = sudut serang angin, lihat gambar

2.4

## 2.2. 2 Gaya angkat aerodinamik

Perbedaan bentuk permukaan atas dan bagian bawah kendaraan menyebabkan aliran

udara pada permukaan atas lebih cepat daripada aliran udara pada permukaan bawah, sehingga tekanan permukaan atas kendaraan lebih rendah daripada tekanan permukaan bawah.

Gaya ini bekerja dalam arah vertical dan arah keatas ditandai sebagai arah positif dan kebawah sebagai arah negative (gambar 5) Gaya angkat dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$F_L = C_{s1} \cdot \rho \cdot V_a^2 \cdot A_f \dots \dots \dots (3)$$

$$C_L = \frac{F_L}{\rho \cdot V_a^2 \cdot A_f \cdot \beta_a^2} \dots \dots \dots (4)$$

Dimana:

$C_L$  = koefisien gaya angkat

### 2.2. 3. Gaya Samping

Jika kendaraan bergerak dalam udara yang diam (tidak ada angin) atau adagerakan angin yang sejajar dengan arah gerak kendaraan maka tidak timbul gaya samping. Arah serangan angin tidak sejajar terhadap arah gerak kendaraan sehingga membentuk sudut ( $\delta$ ) terhadap lintasan kendaraan. Sehingga dengan demikian akan dihasilkan resultan kecepatan udara ( $V_a$ ) dari kecepatan kendaraan ( $V_w$ ), dengan membentuk sudut tertentu ( $\beta_a$ ) terhadap lintasan kendaraan.

Gaya samping dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$F_s = C_s \cdot \rho \cdot V_a^2 \cdot A_f \cdot \beta_a \dots \dots \dots (5)$$

$$C_s = \frac{F_s}{\rho \cdot V_a^2 \cdot A_f \cdot \beta_a^2} \dots \dots \dots (6)$$

Dimana:  $V_a^2$  = sudut serang angin, lihat gambar

2.4

### 2.3. Momen guling (rolling)aerodinamik (Mg)

Momen guling adalah momen terhadap sumbu x pada kendaraan yang disebabkan oleh gaya-gaya aerodinamik yang mempunyai lengan terhadap sumbu x. maka titik pusat terhadap titik berat mempunyai komponen jarak  $X_p$ ,  $Y_p$ ,  $Z_p$  ke arah X, Y, Z pada kendaraan, maka momen rolling besaran sebagai berikut:

$$M_R = F_L \cdot Y_p - F_s \cdot Z_p \dots \dots \dots (7)$$

Dengan memasukan rumus (1) dan (5) pada rumus

$$M_R = \rho A_s \cdot V_1 (C_L \cdot y_R - C_R \cdot \beta_a \cdot z_p) \dots \dots \dots (8)$$

Secara umum momen rolling aerodinamik dirumuskan sebagai berikut:

$$M_R = \rho A_s \cdot V_1 \cdot C_L \cdot y_R - C_R \cdot \beta_a \cdot z_p \dots \dots \dots (9)$$

Dimana:

$C_R$  = Koefisen momen rolling aerodinamik

L = panjang kendaraan

Dengan menggabungkan rumus (8) dan (9) di dapat:

$$C_R = \frac{C_L \cdot y_R - C_R \cdot \beta_a \cdot z_p}{L \cdot \beta_a} = \frac{M_R}{\rho \cdot A_f \cdot L \cdot \beta_a \cdot V_1} \dots \dots \dots (10)$$

### 2.3.1 Momenangguk (pitching)aerodinamik (Mp)

Momen angguk aerodinamik adalah momen oleh gaya aerodinamik terhadap sumbu y dari kendaraan. Dengan memperhatikan titik pusat terhadap titik berat kendaraan maka momen angguk dapat di rumuskan sebagai berikut:

$$M_p = F_D \cdot z_p - F_L \cdot x_p \dots \dots \dots (11)$$

Dengan memasukan rumus (1) dan (3) pada rumus

$$M_p = \rho A_f \cdot V_1 (C_D \cdot z_p - C_L \cdot x_p) \dots \dots \dots (12)$$

Secara umum momen rolling aerodinamik dirumuskan sebagai berikut:

$$M_p = \rho A_f \cdot C_p \cdot L \cdot V_1 \dots \dots \dots (13)$$

Dengan menggabungkan rumus (12) dan (13) di dapat:

$$C_p = \frac{C_D \cdot x_p - C_L \cdot x_p}{L} = \frac{M_R}{\rho \cdot A_f \cdot L \cdot V_1} \dots \dots \dots (14)$$

**2.3.2 Momen (yawing) aerodinamik (My)**

Momen yawing aerodinamik adalah momen yang diakibatkan oleh gaya aerodinamik terhadap sumbu Z kendaraan melalui titik pusat masake titik berat. Dengan menggunakan komponen jarak dari titik pusa terhadap titik berat kendaraan.

momen putar aerodinamik dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$M_Y = F_s \cdot x_p - F_D \cdot y_p \dots \dots \dots (15)$$

Dengan memasukan Persamaan (1) dan (15) pada rumus (3.4)

$$M_Y \rho A_f \cdot V_1 (C_s \cdot y_R (C_s \cdot \beta_a \cdot x_p - C_D \cdot y_p) \dots \dots \dots (16)$$

Secara umum momen yaming aerodinamik dirumuskan sebagai berikut:

$$M_Y = \rho A_f \cdot C_Y \cdot L \cdot V_1 \cdot \beta_a \dots \dots \dots (17)$$

Dengan mengabungkan persamaan (16) dan (17) di dapat:

$$C_Y = \frac{C_s \cdot \beta_a - C_D \cdot y_p}{L \cdot \beta_a} = \frac{M_Y}{\rho \cdot A_f \cdot L \cdot \beta_a \cdot V_1} \dots \dots \dots (18)$$

- Keterangan:  
W = berat kendaraan (N)  
FL = gaya angkat aerodinamis (N)  
Fc = gaya centrifugal akibat belok (N)  
Fs = gaya samping aerodinamis (N)  
Fd = gaya hambat aerodinamis (N)  
MRa = Momen Rolling aerodinamis (Nm)  
MPa = Momen Pitching aerodinamis (Nm)  
b = sudut side slip (0)  
L = panjang Wheelbase (m)  
L1 = jarak poros depan terhadap CG (m)  
L2 = jarak poros belakang terhadap CG (m)  
tf = jarak roda depan (m)  
tr = jarak roda belakang (m)

**2.4 Mencari koefisien aerodinamik dan laju kendaraan sesuai kecepatan/jam.**

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 aerodinamik dari suatu kendaraan roda dua yang menggunakan bodi. 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 menghitung kecepatan awal. Kecepatan akhir, kecepatan rata, dan perlambatan km/jam menggunakan office Excel 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.

Metode ini untuk mendapat koefisien hambatan aerodinamik (CD). Koefisien hambatan rolling secara simulasi, dengan menggunakan kondisi (kecepatan/ jam) perhitungan penujian mengacu tabel.

Table 1. untuk menentukan rumus laju kendaraan km/j

Kecepatan Awal (m/j)	Kecepatan Akhir (m/j)	Waktu Uji (m/j)	Kecepatan Rata-rata (m/j)	Perlambatan (m/j <sup>2</sup> )
Va1	Va2	t1	$V_1 = \frac{Va1+Va2}{2}$	$a_1 = \frac{Va1-Va2}{t1}$
Vb1	Vb2	t2	$V_2 = \frac{Vb1+Vb2}{2}$	$a_2 = \frac{Vb1-Vb2}{t2}$
Vc1	Vc2	t3	$V_3 = \frac{C1+Vc2}{2}$	$a_3 = \frac{C1-Vc2}{t3}$

Dari hasil matematika di dapat persamaan arah gerak kendaraan berdasarkan konsep Newton. Jadi dari 3 model matematika dari hasil penelitian mendapat 3 persamaan arah laju kendaraan sebagai berikut:

$$\frac{W}{g} a_1 = (\rho \cdot A_f \cdot V_1) C_D + (W) fr - (\rho \cdot A_f \cdot V_1) fr \cdot C_L \dots \dots \dots (19)$$

$$\frac{W}{g} a_2 = (\rho \cdot A_f \cdot V_2) C_D + (W) fr - (\rho \cdot A_f \cdot V_2) fr \cdot C_L \dots \dots \dots (20)$$

$$\frac{W}{g} a_3 = (\rho \cdot A_f \cdot V_3) C_D + (W) fr - (\rho \cdot A_f \cdot V_3) fr \cdot C_L \dots \dots \dots (21)$$

Dari hasil yang di dapat dari tiga persamaan yang linier dapat dihitung koefisien hambatan (CD) dan angkat (CL) aerodinamik serta koefisien rolling (FR).

## 2.5. Kebutuhan daya pada berbagai modus gerak kendaraan

Mekanika gerak kendaraan dapat dirumuskan dengan perhitungan sederhana daripersamaan yang sudah dikenal. Faktor utama yang diperhitungkan pada kendaraan beroda adalah:

- Hambatan aerodinamik antara lain hambatan angin/udara
- Hambatan jalan antara lain hambatan gelinding (rolling) dan gesekan.
- Hambatan kemiringan jalan (gradient)

### 2.5.1 Hambatan udara

Hambatan udara atau angin bergantung pada kecepatan kendaraan, bentuk badankendaraan dan kecepatan angin. Kecepatan angin hanya dipertimbangkan untuk kondisitertentu saja di luar itu diabaikan. Secara umum persamaan hambatan udara dinyatakan dalam bentuk umum:

$$R_a = 9.81 \cdot K_a \cdot A \cdot V^2 \dots\dots\dots (22)$$

$R_a$  = hambatan udara (N)  
 $A$  = luas permukaan proyeksi berhadapan langsung dengan vektor kecepatan  $m^2$   
 $V$  = kecepatan kendaraan (km/jam)  
 $K_a$  0.3-0.6 untuk kendaraan penumpang.

$K_a$  = koefisien hambatan udara  $\left(\frac{kg \cdot f \cdot hr^2}{m^2 \cdot km^2}\right)$

### 2.5.2 Hambatan gelinding (rolling)

Hambatan gelinding bervariasi sesuai dengan jenis permukaan jalan sebagaimana ditunjukkan pada tabel 4 dan besar hambatan traksinya dinyatakan dalam persamaan berikut

$$R_r = 9.81 \times K \times W \dots\dots\dots (23)$$

$R_r$  = hambatan gelinding (N)

$W$  = berat kendaraan (ton)  
 $K_r$  = konstanta hambatan (tabel 4)  
 Sedangkan hambatan gesekan dinyatakan dalam persamaan berikut:  
 $f = 135 + 0.0515 \times W$   
 $f$  = hambatan gesekan (N)  
 $W$  = berat kendaraan (ton)

Table 2. hambatan permukaan lintas kendaraan

No.	Jenis Permukaan Jalan	Hambatan kg/ton berat kendaraan
1.	Rail road	4.5
2.	Good asphalt	7.0
3.	Medium asphalt	9.5
4.	Poor asphalt	12.5
5.	Eood paving	1.0
6.	Granite sets	15.0
7.	Best macandum	19.5
8.	Ordinary	21-26
9.	Soft macadam	41.5
10	Well-rolled gravel	24.5
11.	Hard dry clay	43.3
12.	Sand road	155
13	Loose sand	240

Persamaan-persamaan di atas mengabaikan kecepatan kendaraan. Apabila kecepatan dipertimbangkan maka dapat digunakan persamaan yang digunakan General Motors di bawah ini:

$$R_r = 0.0112 \times W + 0.0006 \times W \times V \dots\dots\dots (24)$$

$R_r$  = hambatan gelinding (N)

$W$  = beban total diangkut oleh kendaraan (N)  
 $V$  = kecepatan kendaraan (km/jam)  
 Persamaan di atas adalah persamaan empiris yang sudah diuji coba secara luas pada berbagai kondisi antara lain dengan kecepatan tetap, jenis jalan, hambatan angin normal.

### 2.5.3 Hambatan kemiringan jalan (gradient). (3)

Dalam memperhitungkan gaya dorong pada kendaraan haruslah pula diperhitungkan hambatan kemiringan jalan yang ditambahkan pada hambatan gelinding sebagai kompilasi terhadap gaya total hambatan. Besar hambatan ini adalah sebagai fungsi dari berat kendaraan terhadap kemiringan jalan yang dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$R_g = 9.81 \times W \times G \dots\dots\dots (25)$$

$R_g$  = Tahanan kemiringan jalan (N)

$W$  = Berat kendaraan (kg)  
 $G$  = Kemiringan jalan dinyatakan dengan perbandingan ketinggian dibagi jarakditempuh. Untuk jalan lurus  
 $G = 0$ , untuk kemiringan 5%  $G = 0,05$ , kemiringan 15%  
 $G = 0.15$ , kemiringan 25%  $G = 0.25$

## 2.6. Gaya normal pada roda (2).

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 pada masing-masing roda dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

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

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

$$F_{z1} = mg \frac{a_2}{l} \text{ atau } a_2 = \frac{F_{z1} l}{mg} \dots\dots\dots$$

(26)

$$F_{z2} = mg \frac{a_1}{l} \text{ atau } a_1 = \frac{F_{z2} l}{mg} \dots\dots\dots$$

(27)

### Gaya Normal pada jalan miring

Dengan mengacu pada gambar 2 dan gambar 2.1 serta menerapkan rumus standar statika, besar gaya normal pada masing-masing roda dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

(28)

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

(29)

## 2.7. Roda kendaraan

Roda merupakan komponen yang penting bagi kendaraan. Semua gaya-gaya penggerak yang menimbulkan pergerakan kendaraan jalan raya dihasilkan oleh ban. Di dalam kendaraan, semua kontrol utama dan gaya-gaya yang berpengaruh pada kendaraan terletak pada roda, kecuali gaya aerodinamik yang dihasilkan oleh fluida lingkungan, dalam hal ini udara. Dapat dikatakan bahwa kontrol terhadap gaya pada kendaraan yang menentukan apakah kendaraan tersebut akan berbelok, melakukan pengereman, dan mengalami percepatan dihasilkan oleh kontak antara ban dengan jalan yang luasnya tidak kurang daripada

Pemahaman terhadap keterkaitan antara ban, kondisi operasi dari ban tersebut, dan gaya-gaya serta moment yang dihasilkan oleh ban tersebut merupakan suatu aspek yang penting terhadap karakteristik dinamik dari kendaraan secara keseluruhan.

Ban memegang peranan penting bagi kendaraan, ada tiga fungsi dasar ban bagi kendaraan, yaitu:

2.7.1. Menahan beban pada arah vertikal, ketika mengalami gangguan dari kondisi jalan yang tidak rata.

2.7.2. Menghasilkan gaya pada arah longitudinal ketika mengalami percepatan atau pengereman.

2.7.3. Menghasilkan gaya pada arah lateral ketika menikung.

Ban yang digunakan pada kendaraan jalan raya, adalah ban pneumatic. Ban pneumatic dapat memenuhi ketiga fungsi di atas dengan efektif dan efisien, sehingga ban jenis ini lazim digunakan pada kendaraan jalan raya, dan juga cukup populer digunakan pada kendaraan *off-road*. Kajian terhadap ban pneumatic ini sangat penting dilakukan untuk dapat memahami unjuk kerja serta karakteristik lainnya dari kendaraan jalan raya.

Dari data spesifikasi wheel disk-nya adalah: Alloy wheel, 100/80 R10 maka: Tire width = 90 mm

Aspect ratio = 18 %

Type: Radial

Rim diameter: 10 in = 245 mm

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

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

(30)

Diameter roda/ban :

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

(31)

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

(32)

## 2.8 Perhitungan berat bodi. (4)

Komponen bodi kendaraan adalah komponen yang fungsinya untuk melindungi dan mengamankan penumpang dari segala gangguan dari luar dan melindungi penumpang dari beban impact yang terjadi akibat kecelakaan atau tabrakan.

Hasil perhitungan penelitian:

$$\text{Berat Axle depan} : m_{uf}$$

$$\text{Berat Axle belakang} : m_{ur}$$

Maka:

$$\text{Berat bodi: } m_{Bo} = m_{vt} - (m_{uf} + m_{ur}) \dots\dots\dots$$

(33)

## 2.9 Radius gyrase

Momen Inertia

$$J_{zv} = 0.1269 \times m_{vt} \times L_t \times l \quad (kg.m^2) [4]$$

..... (34)

Dimana:  $L_t$  = panjang kendaraan

$l$  = wheelbase

Maka:  $J_{z,v}$

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

..... (35)

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

..... (36)

Tabel scotel 2.5

Untuk kendaraan kosong berdasarkan

tabel di atas:  $i_{X,Bo} = 0.65 m$

$$i_{Y,Bo} = 1.21 m$$

Maka:  $J_{Y,Bo}$ .....

. (37)

$$J_{X,Bo}$$

..... (38)

## 2.10 Jarak titik berat terhadap roda depan dan roda belakang berat total kendaraan kosong. (4)

$$mg = \text{kendaraan kosong } kg \times g \text{ m/s}^2$$

Jika hasil penimbangan kendaraan didapat data sebagai berikut :

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

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

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

$$F_{z1} = mg \frac{a_2}{l} \text{ atau } a_2 = \frac{F_{z1} l}{mg} \dots\dots\dots$$

(39)

$$F_{z2} = mg \frac{a_1}{l} \text{ atau } a_1 = \frac{F_{z2} l}{mg} \dots\dots\dots$$

(40)

## 2.11 Menentukan titik berat kendaraan (4)

Jika setelah dilakukan penimbangan dengan kemiringan  $30^\circ$  dari lantai horizontal dari hasil

perhitungan penelitian  $F_{z1}$ , maka posisi titik

berat dari jalan adalah :

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

41)

## 2.12 Parkir 2 roda di bidang miring [4]

Diassumsikan kemiringan jalan  $30^\circ$

Dua roda depan dan belakang direm

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

(42)

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

(43)

$$F_{x2} = mg \sin \phi \dots\dots\dots$$

(44)

## 2.13. Unjuk Kerja Rem

### 2.13.1. Prinsip Dasar Pengereman

Pada setiap kendaraan bermotor, kemampuan sistem pengereman menjadi suatu hal yang sangat penting karena dapat mempengaruhi keselamatan kendaraan tersebut. Semakin tinggi kemampuan kendaraan tersebut untuk melaju maka semakin tinggi pula tuntutan kemampuan sistem rem yang lebih handal dan optimal untuk menghentikan atau memperlambat laju kendaraan tersebut. Untuk mencapainya, diperlukan perbaikan-perbaikan dalam sistem pengereman. Sistem rem yang baik adalah sistem rem yang jika dilakukan pengereman baik dalam kondisi apapun pengemudi tetap dapat mengendalikan arah dari laju kendaraannya.

Untuk kerja pengereman dari kendaraan jalan raya tidak diragukan lagi merupakan salah satu hal penting yang dapat mempengaruhi keselamatan dalam berkendara. Dengan meningkatnya perhatian lebih tentang keselamatan berkendara pada tahun-tahun belakangan ini, upaya yang intensif telah diarahkan terhadap unjuk kerja pengereman yang telah disempurnakan. Standar keselamatan membutuhkan beberapa tipe spesifik dari sistem pengereman yang telah diperkenalkan di banyak negara. Diasumsika melakukan masing-masing roda kendaraan direm baik roda belakang dan roda depan yaitu:

### 2.13.2. Roda belakang yang direm

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

..(45)

Apabila  $\phi_M >$  maka kendaraan tidak tergelincir karena gaya gesek mampu menahan gaya berat kendaraan.

### 2.13.3. Roda depan yang direm.

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

... (46)

Apabila  $\phi_M >$  maka kendaraan tidak tergelincir karena gaya gesek mampu menahan gaya berat kendaraan.

### 2.13.4 Roda belakang dan roda depan direm secara bersamaan (4)

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

$$\phi_M = \tan^{-1}(\mu_x) = \tan^{-1}(1) = 45^\circ \dots \dots \dots$$

... (47)

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

... (48)

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

Apabila  $\phi_M > 30^\circ$  maka kendaraan tergelincir karena gaya gesek tidak mampu menahan gaya berat kendaraan.

### 2.14 Parkir miring [4]

Assumsi : kemiringan bidang parkir  $30^\circ$

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

$$w = b_1 + b_2$$

$$F_{z1} = \frac{mg}{w} (b_1 \cos \phi - h \sin \phi)$$

$$F_{z2} = \frac{mg}{w} (b_2 \cos \phi - h \sin \phi) \dots \dots \dots$$

... (49)

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

$$F_{y1} = \mu_{y1} F_{z1}$$

$$F_{y2} = \mu_{y2} F_{z2} \dots \dots \dots$$

... (50)

Sudut kemiringan maksimum

$$\tan \phi_M$$

Jika  $\phi_M >$  maka kendaraan akan terguling

### 2.15 Akselerasi pada bidang datar (2)

Untuk mengetahui respon kendaraan pada kondisi akselerasi lateral yang berubah dengan cepat, model transien diperlukan. Respon transien untuk memperlihatkan variasi roll seiring waktu. Pendekatan paling sederhana untuk mengetahui respon roll transien adalah dengan pemodelan yang hampir sama dengan kendaraan bersuspensi, dimana ditambahkan momen inersia roll untuk sprung mass. Diassumsikan percepatannya  $a = 1 \text{ m/s}^2$

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

(51)

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

(52)

Percepatan maximum pada jalan datar

$$a = \pm \mu_x g$$

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

### 2.16 Akselerasi pada bidang tanjakan

Diasumsikan kemiringan tanjakan  $30^\circ$

$$F_{z1} = mg \left( \frac{a_1}{l} \cos \phi - \frac{h}{l} \sin \phi \right) - ma \frac{h}{l} \dots \dots \dots$$

.. (53)

$$F_{z2} = mg \left( \frac{a_2}{l} \cos \phi - \frac{h}{l} \sin \phi \right) + ma \frac{h}{l} \dots \dots \dots$$

... (54)

Gaya axle pengereman

Pengereman pada beton kering

$$\Delta F_{z,v,o} = \mu_{x,w} F_{z,v,t} \frac{h_v}{l} \dots \dots \dots$$

.. (55)

Catatan = koefisien gesek beton kering = 0,9

$$F_{z,v,t} = \text{berat total kendaraan kosong} = mgh_v = h = \text{posisi titik berat dari jalan}$$

$$F_{z,v,f} = F_{z1}$$

$$F_{z,v,r} = F_{z2}$$

$$\text{Axle depan: } F_{x,w,b,f} = \mu_{x,w} (F_{z,v,f} + \Delta F_{z,v,o}) \dots \dots \dots$$

(56)

Axlebelakang:

$$F_{x,w,b,r} = \mu_{x,w} (F_{z,v,r} - \Delta F_{z,v,o}) \dots \dots \dots (57)$$

## 2.17 Gerak lateral

Gaya lateral pada roda depan:

$$P_F = \frac{mgBK}{2h} \left( \frac{L_2}{L_1+L_2} \right) \dots\dots\dots (58)$$

...

Gaya lateral pada roda belakang:

$$P_R = \frac{mgBK}{2h} \left( \frac{L_1}{L_1+L_2} \right) \dots\dots\dots (59)$$

...

K adalah dynamic safety factor:

Garret suggested K = 1,75

Others suggested K = 1.4

Maka:

$$P_F = \frac{mgBK}{2h} \left( \frac{L_2}{L_1+L_2} \right) \dots\dots\dots (60)$$

$$P_R = \frac{mgBK}{2h} \left( \frac{L_1}{L_1+L_2} \right) \dots\dots\dots (61)$$

## 2.18 Undang-undan pemerintah Republik Indonesia Pasal 52.

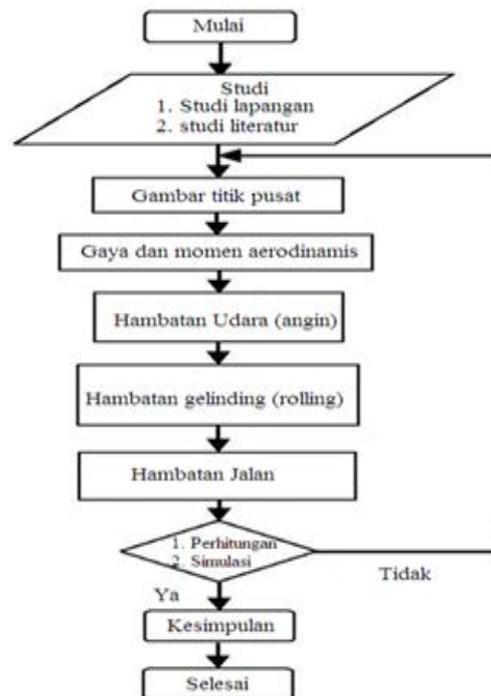
2.18.1. Pasal 52 ayat (1) Modifikasi Kendaraan Bermotor sebagaimana dimaksud dalam Pasal 50 ayat (1) dapat berupa modifikasi dimensi, mesin, dan kemampuan daya angkut.

2.18.2. Pasal 52 ayat (2) Modifikasi Kendaraan Bermotor sebagaimana dimaksud pada ayat (1) tidak boleh membahayakan keselamatan berlalu lintas, mengganggu arus lalu lintas, serta merusak lapis perkerasan /daya dukung jalan yang dilalui.

2.18.3. Pasal 52 ayat (3) Setiap Kendaraan Bermotor yang dimodifikasi sehingga mengubah persyaratan konstruksi dan material wajib dilakukan uji tipe ulang.

2.18.1. Pasal 52 ayat (4) Bagi Kendaraan Bermotor yang telah diuji tipe ulang sebagaimana dimaksud pada ayat (3), harus dilakukan registrasi dan identifikasi ulang. (7)

## 3. Metodologi penelitian



### 3.1 Karakteristik statik data kendaraan

Karakteristik dan data kendaraan adalah menjadi faktor utama dalam menentukan kinerja kendaraan dari sisi kemampuan kerja, mobilitas, dan keamanan pengguna.

Karakteristik tersebut meliputi:

- Gambar titik pusat
- Gaya-gaya aerodinamika.
- Hambat aerodinamik.
- Momen roling (MR)
- Moment pitching (MP)
- Moment yawing (MY)
- Prilaku Arah kendaraan

### 3.2 Studi literatur

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 terhadap aerodinamika kendaraan yang akan penambahan kanopi pada kendaraan sepeda motor roda dua. (7)

3.3 Undang -undang pemerintah Republik Indonesia No 22 pasal 50 tentan lalulintas angkutan jalan 3.5.1. Pasal 52 ayat (1) Modifikasi Kendaraan Bermotor sebagaimana dimaksud dalam Pasal 50 ayat (1) dapat berupa modifikasi dimensi, mesin, dan kemampuan daya angkut (7).

3.3.1. Pasal 52 ayat (2) Modifikasi Kendaraan Bermotor sebagaimana dimaksud pada ayat (1) tidak boleh membahayakan keselamatan berlalu lintas, mengganggu arus lalu lintas, serta merusak lapis perkerasan / daya dukung jalan yang dilalui<sup>(7)</sup>.

3.3.2. Pasal 52 ayat (3) Setiap Kendaraan Bermotor yang dimodifikasi sehingga mengubah persyaratan konstruksi dan material wajib dilakukan uji tipe ulang<sup>(7)</sup>.

3.3.3. Pasal 52 ayat (4) Bagi Kendaraan Bermotor yang telah diuji tipe ulang sebagaimana dimaksud pada ayat (3), harus dilakukan registrasi dan identifikasi ulang<sup>(7)</sup>.

Menentukan koefisien aerodinamika dan posisi titik tengah kendaraan, setiap kendaraan mempunyai 6 koefisien aerodinamik yaitu 3 buah koefisien gaya aerodinamik, 3 koefisien momen aerodinamik. Dalam penelitian ini menentukan 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 Simulasi berbasis matlab R2008a 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. <sup>(4)</sup>

### 3.4. 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-gaya aerodinamika yaitu:

- 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 yaitu:

Momen roling (MR) yaitu momen terhadap sumbu x  
 Moment pitching (MP) yaitu momen terhadap sumbu y  
 Moment yawing (MY) yaitu momen terhadap sumbu z

### 3.6. Gaya hambat (drag) aerodinamik <sup>(3)</sup>.

Gaya dan momen dinamika

➤ Gaya Hambat aerodinamika Gaya yang bekerja dalam arah horizontal (paralel terhadap aliran) dan berlawanan arah gerak laju kendaraan.

➤ Gaya angkat aerodinamik Gaya berasal dari bawah kendaraan

➤ Gaya samping aerodinamik Jika kendarannya 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.

➤ Momen roling (MR) yaitu momen terhadap sumbu x 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 Xp, Yp, Zp ke arah sumbu X, Y, Z pada kendaraan. <sup>[4]</sup>

➤ Moment pitching (MP) yaitu momen terhadap sumbu y Momen pitching aerodinamik adalah momen oleh gaya aerodinamik terhadap sumbu y dari kendaraan.

➤ 6. Moment yawing (MY) yaitu momen terhadap sumbu z Momen yang diakibatkan oleh gaya aerodinamik terhadap sumbu Z kendaraan melalui titik pusat masa C<sub>g</sub>.

➤ Mencari koefisien aerodinamika, posisi titik pusat, dan titik berat pada kendaraan.

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 .

➤ Prilaku arah kendaraan yang dimodekan matematis:

❖ Roda kendaraan Alat pemutar laju kendaraan.

❖ Berat bodi Beban seluruh kompon kendaraan .

❖ Radius gyasi Lintasan kendaran pada posisi melengkung.

❖ Titik berat kendaraan Titik berat kendaran terleta pada tengah-tengah kendaraan

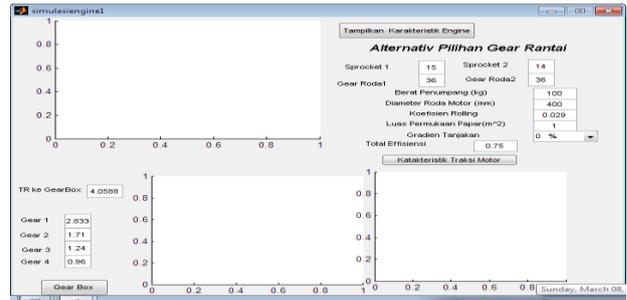
- ❖ Parkir miring 2 roda Saat kendaraan berhenti pada posisi miring
- ❖ Sudut kemiringan pada saat parkir Sudut kemiringan parker diperhitungkan pada saat posisi kendarangan berada pada kemiringan  $\sin 30 / 0.5$
- ❖ Pengereman pada roda depan dan belakang Pengereman pada 2ua roda ini di lakuka
- ❖ Parkir miring Pada saat kendaraan miring
- ❖ Akselerasi pada bidang datar Kendaraan saat melaju pada jalan datar
- ❖ Pada kondisi jalan beton Kendaraan melintas pada jalan beton (cor-coran)
- ❖ Gerak lateral kendaraan pada kondisi akselerasi lateral yang berubah dengan cepat, model transien diperlukan. Respon transien untuk memperlihatkan variasi roll seiring waktu.

### 3.5. Pendekatan Sistematis Simulasi Performa Traksi

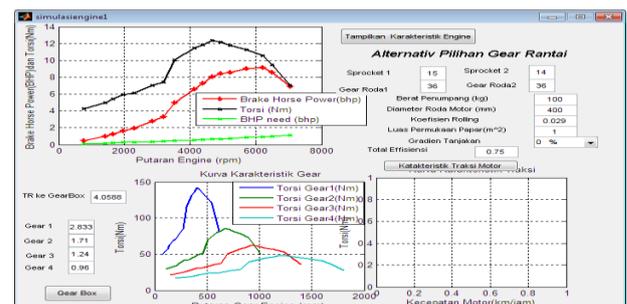
Pada pendekatan sistematis ini dibuat 2 tahapan pendeskripsian fungsi yaitu tahap pertama adalah fungsi keseluruhan dan struktur fungsi. Fungsi keseluruhan adalah gambaran menyeluruh dari fungsi yang akan direalisasi, sedangkan struktur fungsi adalah penjabaran fungsi menyeluruh ke dalam fungsi-fungsi detail yang secara terintegrasi akan menghasilkan sistem sebagaimana ditetapkan pada fungsi keseluruhan. Pada kasus simulasi performa motor ini fungsi keseluruhan dari sistem yang akan dikembangkan adalah „ Menampilkan performa bhp dan torsi motor dari hasil pengujian

### 3. Hasil Simulas Kanopi Pada Kendaraan bermotor Roda Dua

Setelah jumlah data dimasukkan, akan tampil papan disple untuk memasukkan nilai data rpm (gambar 1) sejumlah data yang sebelumnya diminta dalam papan disple. Selanjutnya akan muncul papan display untuk memasukkan nilai data Torsi (gambar 2) untuk diisi. Dari rpm dan Torsi yang telah dientri secara otomatis akan dihitung besar Bhp motor.

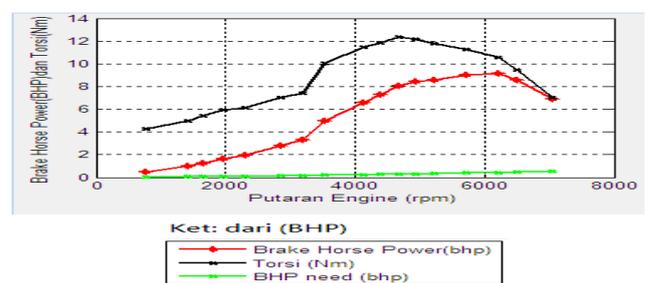


Gambar 1. Papan display Untuk melakukannya adalah “Input Data”, maka akan muncul dialog untuk memasukkan data putaran (rpm) dari hasil perhitungan yang akan didapat dalam simulasi seperti gambar 1.



Gambar 2. grafik karakteristik BHP dan torsi (Nm)

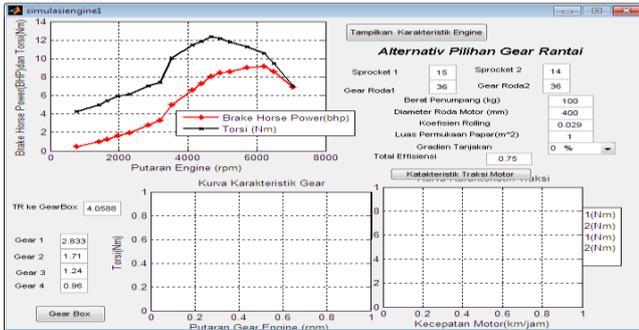
Setelah data dimasukkan, akan tampil hasil dialog nilai rpm seperti: (gambar 2) sejumlah data yang sebelumnya diminta dalam dialog. Selanjutnya akan muncul dialog untuk memasukkan nilai data Torsi (gambar 2) untuk diisi. Dari rpm dan Torsi yang telah dientri secara otomatis akan dihitung besar BHP motor.



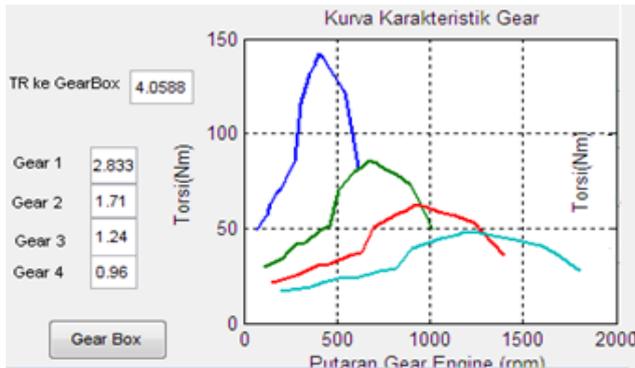
Gambar 3. Grafik torsi Need (Motor 6000 rpm)

### 4.2. Display Simulasi Performa Motor di Transmisi

Simulasi Performa Motor diinput pada dialog “TR ke Gearbox”, “Gear 1”, “Gear 2”, “Gear 3”, dan “Gear 4”. Jika poros motor langsung ke transmisi maka besar TR=1. Setelah semua data transmisi rasio telah diisi, tekan tombol transmisi akan keluar display performa Torsi Gear vs rpm motor tiap level transmisi ratio seperti ditunjukkan gambar 4.



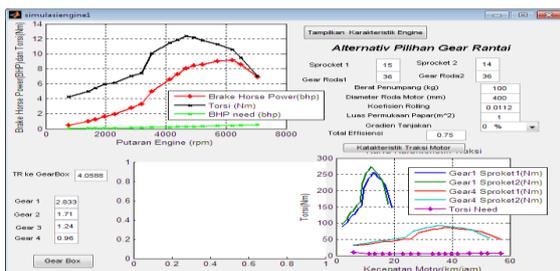
Gambar 4. Grafik putaran gear



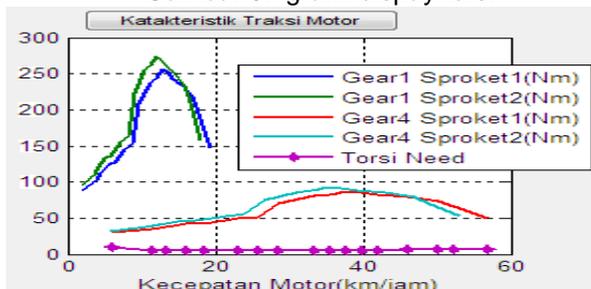
Gambar 5. Grafik potongan gear

#### 4.3. Display Simulasi Performa Motor di Torsi

Dari simulasi torsi disajikan dalam bentuk dibawah ini sebagaimana ditunjukkan pada gambar 6. kebutuhan Torsi



Gambar 6. grafik display torsi

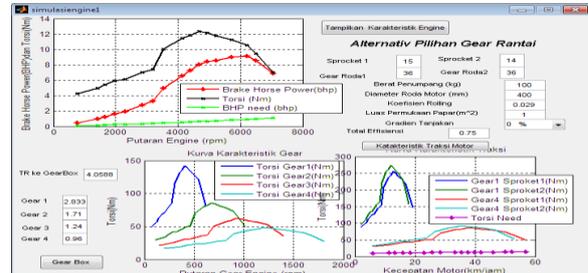


Gambar 7. Grafik karakteristik taksi motor

#### 4.4. Keseluruhan Simulasi Demand Traksi terhadap Performa Motor

Setelah semua data dimasukkan lakukan eksekusi dengan menekan tombol "Karakteristik kendaraan" seperti Gambar 8. berupa tampilan simulasi performa Torsi vs Kecepatan Kendaraan

pada berbagai posisi Gear dan tampilan performa Demand Torsi vs Kecepatan Kendaraan. Eksekusi simulasi ini sekaligus melengkapi display Simulasi Performa Motor pada axis 1 yang sebelumnya hanya tampilan Bhp dan Torsi vs rpm, sekarang dilengkapi dengan tampilan Torsi Need dan Bhp Need pada setiap putaran motor (Gambar 8).



Gambar 8. Grafik seluruh display

### 5. 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 angkung 0,190 km/j, gaya samping 0.193 km/j, momen guling 0.029 km/j, momen angkung 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), pegeraman dua roda pada saat parker miring roda depan 189.18 N dan roda belakan 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, akselerasi pada bidang tanjakan 30° = roda depan 166.96 dan belakang 276.64, gaya roda pengereman pada beton kering 484.21N , Gerak lateral, roda depan dan belakang adalah 324.79N

### DAFTAR PUSTAKA

1. William H Crouse & Donald L Anglin (1980). Automotive Body Repair and Refinishing USA McGraw-Hill, Inc. Draft Only.
2. Reza N. Jazar (2008) Vehicle Dynamics Theory and Applications, Springer Science dan Business Media, LLC.
3. William A. Greco(2008) Some Dynamics of Motor Vehicle Motion.

4. I Nyoman Sutanta. Bambang (2010) Teknologi Otomotif, Edisi ke dua, Surabaya.
5. Silvia Sukirman (1999) Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan, Bandung.
6. Nazrul Effendy, dan Vani Sugiyono (2013) Matematika Teknik I, Jakarta.
7. Djoko W. Karmiadji (2011) Optimasi Desain, Material, Komponen, Kontrol, Teori Dasar dan Aplikasi, Universitas Pancasila.
8. Undang-undang republik Indonesia nomor 22 tahun (2009) tentang lalu lintas dan angkutan jalan.
9. Wibawa, Agus A (1986) Tugas Akhir: Perbaikan Karakteristik Aerodinamika Van Dalam Pengujian Studi Model Pada Terowongan Angin. Surabaya: Jurusan Teknik Mesin Universitas Kristen Petra. 1994. Anderson, John D. Fundamentals of Aerodynamics. New York.
10. Hucho, Wolf-Heinrich (1987). Aerodynamics of Road Vehicles. London: Butterworths.
11. Prof. Dr. Ir. Damiri Dahlan M.Sc. (2012) Elemen Mesin I, Citra Harta Jakarta.
12. Prof. Dr. Ir. Damiri Dahlan M.Sc. (2012) Elemen Mesin II, Citra Harta Jakarta.
13. Prof. Dr. Ir. Damiri Dahlan M.Sc. (2012) Elemen Mesin III, Citra Harta Jakarta.