

# Analisis Perbandingan Karakteristik Traksi dan Tenaga Toyota Rush, Mitsubishi Xpander dan Daihatsu Terios

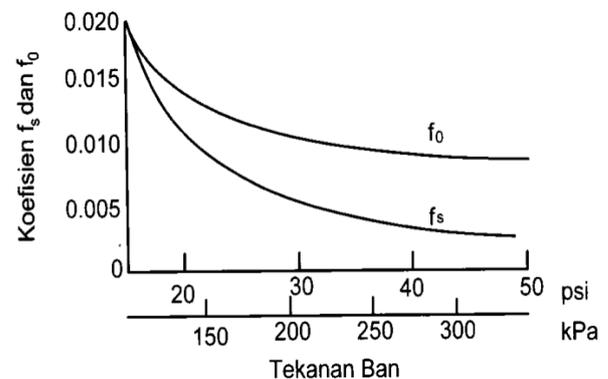
Aam Masgroana Anassi, dan I Nyoman Sutantra  
Departemen Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
e-mail: tantra@me.its.ac.id

**Abstrak**—Melihat tingginya tingkat produksi dan penjualan mobil di Indonesia, seharusnya pihak produsen mengimbangnya dengan upaya memberikan informasi detail mengenai mobil kepada konsumen, agar konsumen juga tercerdaskan, seperti yang sudah dilakukan di beberapa negara maju. Realitas yang terjadi di pasaran Indonesia, informasi yang diberikan oleh pihak produsen mengenai detail spesifikasi mobil, bahkan untuk tingkat SUV yang merupakan mobil kelas premium pun masih sangatlah terbatas. Hal tersebut yang mendasari penulis untuk melakukan analisa perbandingan karakteristik traksi dan karakteristik tenaga dari tiga jenis mobil SUV. Dalam penelitian ini, penulis melakukan tiga tahap analisa. Tahap pertama, penulis akan melakukan analisa perhitungan gaya hambat dan gaya dorong kendaraan sehingga akan didapatkan karakteristik traksi ketiga kendaraan. Kemudian pada tahap kedua, penulis akan melakukan analisa perhitungan kecepatan kendaraan dan daya aktual kendaraan, sehingga didapatkan karakteristik tenaga kendaraan. Tahap terakhir, penulis akan melakukan evaluasi grafik karakteristik traksi dan tenaga ketiga kendaraan, kemudian membandingkannya. Dari penelitian ini diperoleh grafik karakteristik traksi dan tenaga ketiga kendaraan. Setelah dilakukan analisa didapatkan Toyota Rush mampu menanjak dengan gradeability 40% dan menempuh kecepatan maksimum sebesar 130,98 km/jam, Mitsubishi Xpander mampu menanjak dengan gradeability 40% dan menempuh kecepatan maksimum sebesar 166,28 km/jam, Daihatsu Terios mampu menanjak dengan gradeability 50% dan menempuh kecepatan maksimum sebesar 141,58 km/jam. Dilihat dari grafik yang diperoleh perlu adanya peningkatan gaya dorong terutama pada tiga tingkat transmisi awal. Diperlukannya peningkatan gaya dorong tersebut agar memungkinkan kendaraan untuk melalui jalan tanjak dengan *gradeability* yang lebih besar dan mengurangi losses yang terjadi.

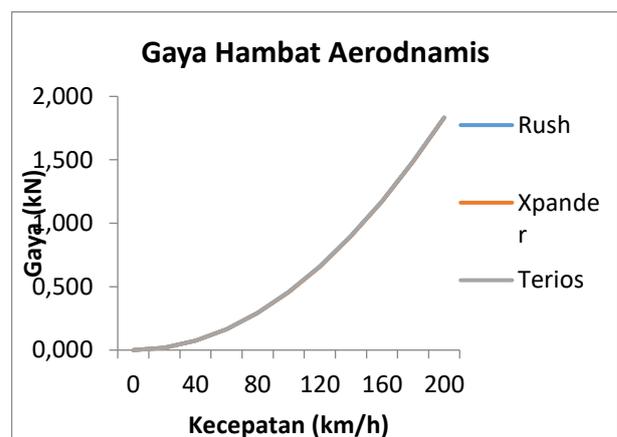
**Kata Kunci**—Karakteristik Traksi, Karakteristik Tenaga, Toyota Rush, Mitsubishi Xpander, Daihatsu Terios, Rasio Transmisi, Gradeability

## I. PENDAHULUAN

MASYARAKAT di Tanah Air memang lebih menggemari Multi Purpose Vehicle (MPV), namun keberadaan Sport Utility Vehicle (SUV) pun tak kalah memikat di mana pada setiap bulannya, para agen pemegang merk (APM) selalu mengantungi pemesanan. Awal 2018, PT Toyota-Astra Motor merilis all-new Toyota Rush. Selain punya wajah baru, SUV ini juga datang dengan dimensi lebih panjang dan hadir dengan sederet fitur baru. Mobil bermesin 2NR 1.500 cc, 4-silinder, DOHC, Fuel Injection, Dual VVT-i ini rupanya paling banyak dibeli yakni 45.156 unit. Toyota Rush juga menawarkan varian TRD Sportivo yang tentu saja dibanderol lebih tinggi dari varian standar. Menariknya,



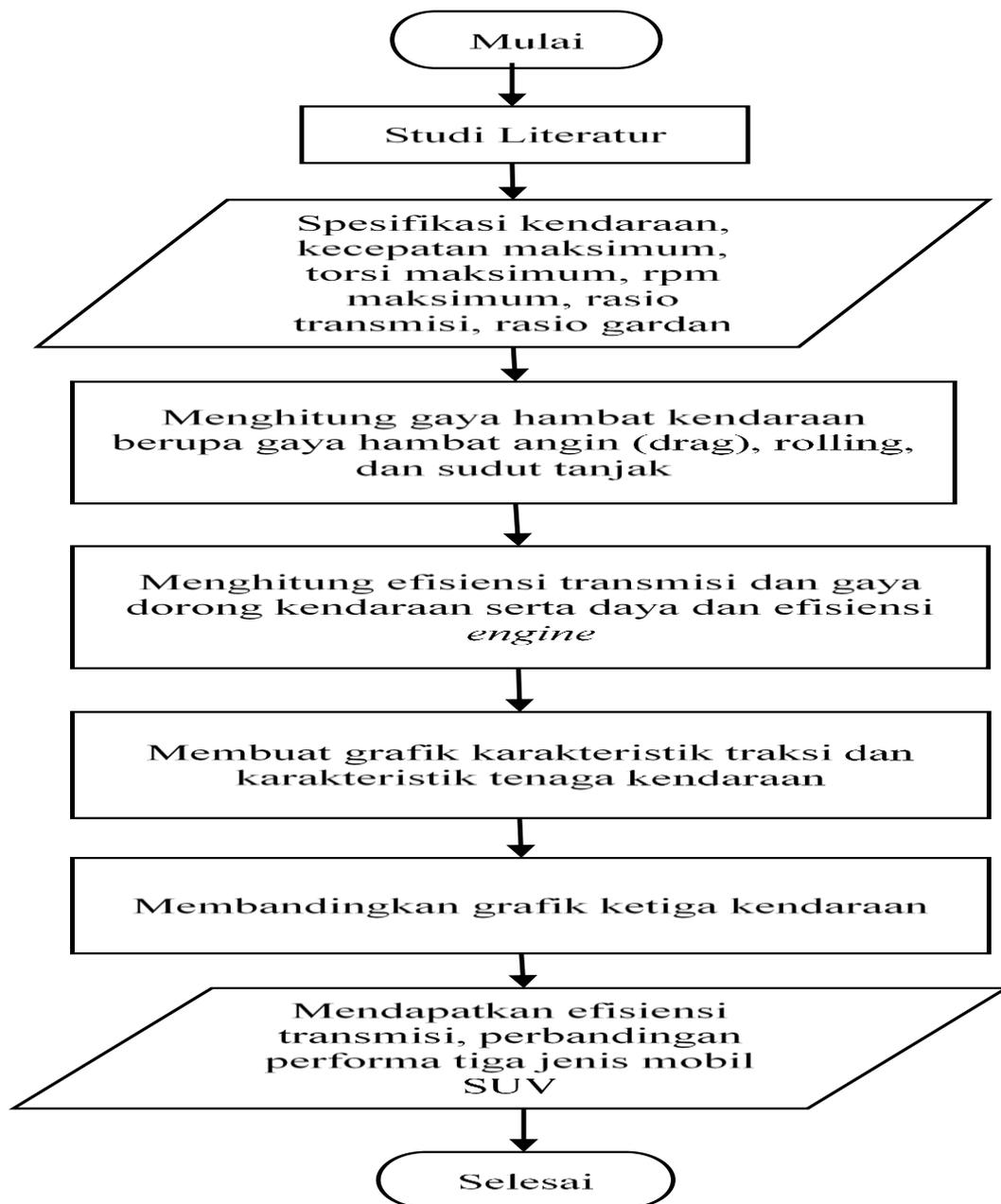
Gambar 2. Grafik pengaruh tekanan ban terhadap  $f_0$  dan  $f_s$ .



Gambar 3. Grafik gaya hambat aerodinamis kendaraan.

Toyota Rush TRD Sportivo M/T dan A/T menjadi penyumbang jualan terbanyak Toyota Rush selama periode tersebut.

Tingginya tingkat produksi dan penjualan mobil di Indonesia, seharusnya pihak produsen mengimbangnya dengan upaya memberikan informasi detail mengenai mobil kepada konsumen, agar konsumen juga tercerdaskan, seperti yang sudah dilakukan di beberapa negara maju. Realitas yang terjadi di pasaran Indonesia, informasi yang diberikan oleh pihak produsen mengenai detail spesifikasi mobil, bahkan untuk tingkat SUV yang merupakan mobil kelas premium pun masih sangatlah terbatas. Kebanyakan brosur hanya menampilkan upgrade teknologi dan fitur tambahan terbaru yang mereka miliki. Jika hal ini terus berlanjut, maka selamanya masyarakat Indonesia hanya akan menjadikonsumen tanpa ada peningkatan pengetahuan mendetail mengenai karakteristik atau performa mesin mobil yang mereka beli.



Gambar 1. Flowchart penelitian.

## II. URAIAN PENELITIAN

Adapun metode penelitian yang dilakukan dapat diilustrasikan dalam sebuah *flowchart* seperti gambar 1.

### A. Studi Literatur

Penelitian ini diawali dengan melakukan studi literatur. Pada bagian ini dilakukan pengumpulan literatur berupa buku, jurnal, serta katalog yang dapat mendukung penelitian tugas akhir ini. Referensi tersebut erat kaitannya dengan penelitian mengenai analisa karakteristik traksi dan tenaga, informasi mengenai spesifikasi kendaraan serta penelitian mengenai proses *redesign* transmisi.

### B. Menghitung Gaya Hambat Kendaraan

Gaya-gaya yang bekerja pada sebuah kendaraan yang sedang melaju pada sebuah permukaan dengan sudut tanjak

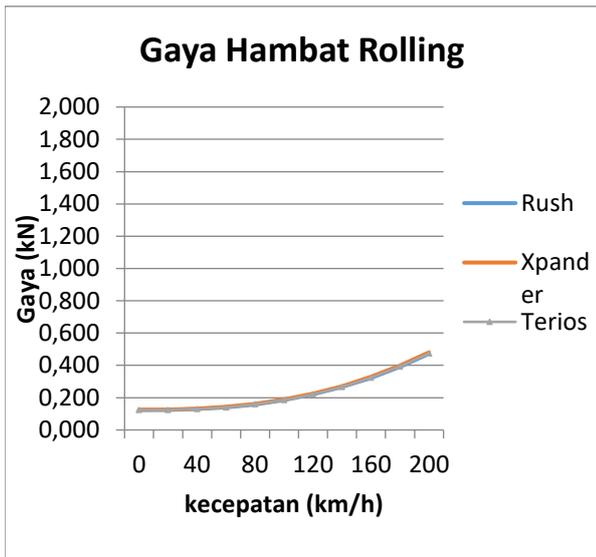
tertentu dapat dijabarkan dalam gambar 2. Gaya dorong ( $F_t$ ) dibagi menjadi dua, yaitu gaya dorong roda depan ( $F_f$ ) dan gaya dorong roda belakang ( $F_r$ ). Gaya dorong pada kendaraan yang sedang melaju dihambat oleh 3 macam gaya hambat, yaitu *aerodynamic resistance* ( $R_a$ ), *rolling resistance* ( $R_r$ ), dan gaya hambat akibat sudut tanjak ( $R_g$ ).

Gaya hambat udara (*drag force*) dipengaruhi beberapa faktor antara lain hambatan bentuk, hambatan pusaran/turbulensi, hambatan tonjolan dan hambatan aliran dalam. Tetapi pada kenyataannya hanya hambatan bentuk dan hambatan pusaran saja yang paling besar pengaruhnya terhadap gaya hambat angin secara keseluruhan. Gaya hambat angin dapat dihitung dengan persamaan berikut:

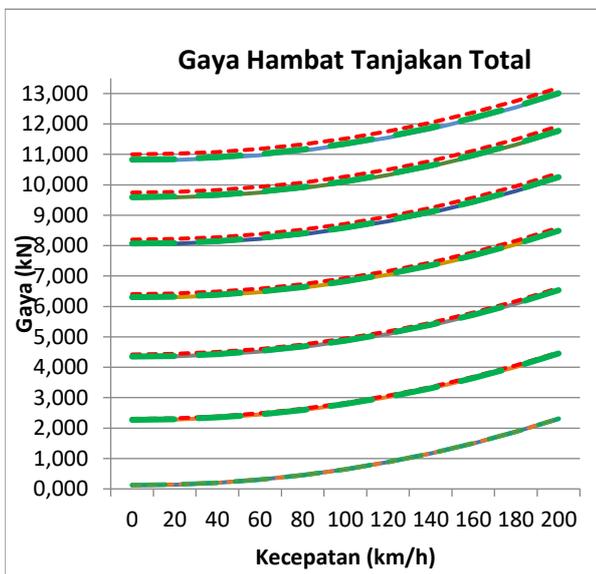
$$R_a = \frac{1}{2} \times \rho \times C_d \times A_f \times V_k^2 \quad (1)$$

dimana,

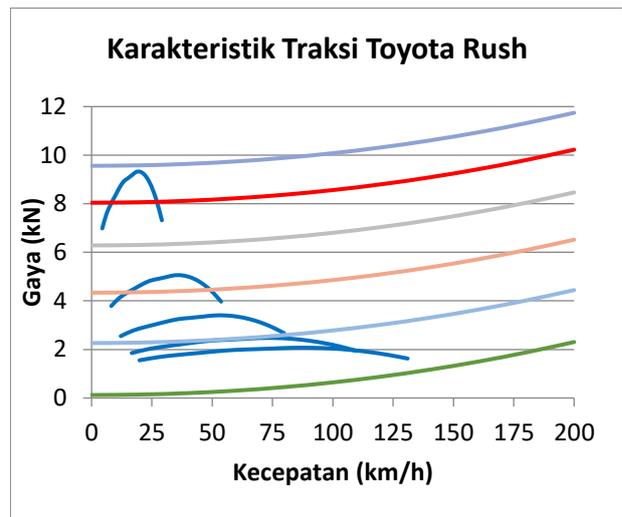
$R_a$  = Hambatan aerodinamika (N)



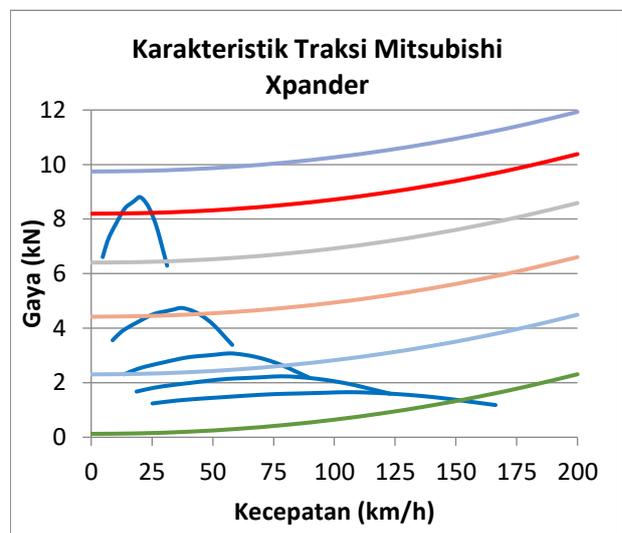
Gambar 4. Grafik gaya hambatan rolling kendaraan.



Gambar 5. Grafik gaya hambatan total kendaraan.



Gambar 6. Grafik karakteristik traksi Toyota Rush.



Gambar 7. Grafik karakteristik traksi Mitsubishi Xpander.

$\rho$  = Massa jenis udara ( $\text{kg}\cdot\text{m}^3$ )  
 $C_d$  = Koefisien drag  
 $A_f$  = Luas frontal kendaraan ( $\text{m}^2$ )  
 $V_k$  = Kecepatan relative angin terhadap kendaraan (m/s)  
 Besar  $C_d$  dari kendaraan APC KOMODO 4X4 adalah sebesar 0.57. Sedangkan luas frontal area dihitung menggunakan software CAD sebesar  $4.22 \text{ m}^2$ .  
 Gaya hambatan yang berikutnya adalah gaya hambatan *rolling* yaitu gaya hambatan yang disebabkan oleh sifat histerisis ban karena adanya defleksi dari ban. Defleksi tersebut menyebabkan terjadinya momen tahanan *rolling* yang dapat melawan atau menghambat gerakan ban. Untuk mencari besarnya gaya hambatan *rolling* yang terjadi, sebelumnya harus ditentukan terlebih dahulu besarnya koefisien hambatan *rolling* ( $f_r$ ). Besarnya  $f_r$  dapat dicari menggunakan persamaan hasil eksperimen J.J Taborek [1] berikut:

$$f_r = f_o + f_s \left(\frac{V}{100}\right)^{2.5} \quad (2)$$

dimana,  
 $f_r$  = Koefisien hambatan *rolling*

$f_o$  dan  $f_s$  = Koefisien yang tergantung pada tekanan ban, didapat dari gambar 3  
 $V$  = Kecepatan kendaraan dalam km/jam

Setelah mendapatkan nilai koefisien hambatan *rolling* ( $f_r$ ), dengan menggunakan rumus di bawah ini maka didapat nilai dari gaya hambatan *rolling*,

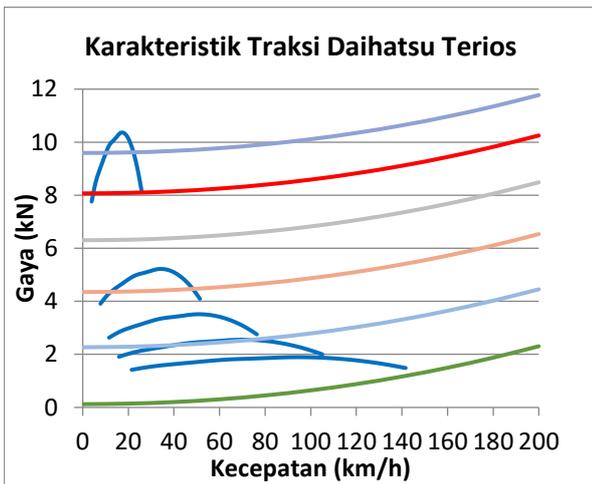
$$R_r = f_r \times W \text{ Cos } \theta \quad (3)$$

dimana,  
 $R_r$  = Gaya hambatan *rolling* (N)  
 $f_r$  = Koefisien hambatan *rolling*  
 $W$  = Berat kendaraan (N)

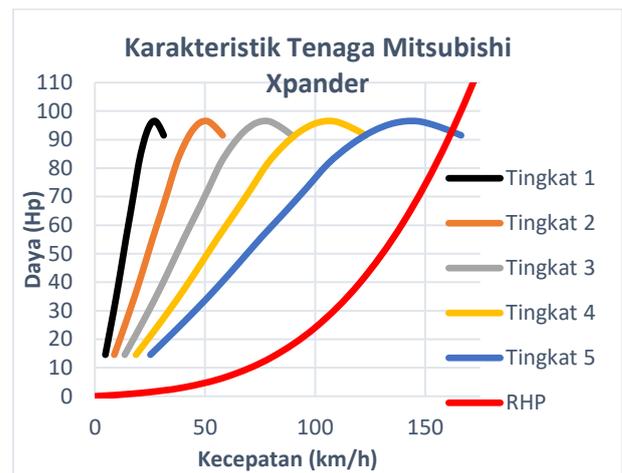
Gaya hambatan yang terakhir adalah gaya hambatan tanjakan, gaya hambatan yang terjadi dikarenakan adanya sudut tanjakan pada jalan. Dengan adanya gaya hambatan tanjakan maka beban kendaraan akan bertambah akibat pengaruh gaya gravitasi bumi. Besar gaya hambatan akibat sudut tanjak dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$R_g = W \text{ Sin } \theta \quad (4)$$

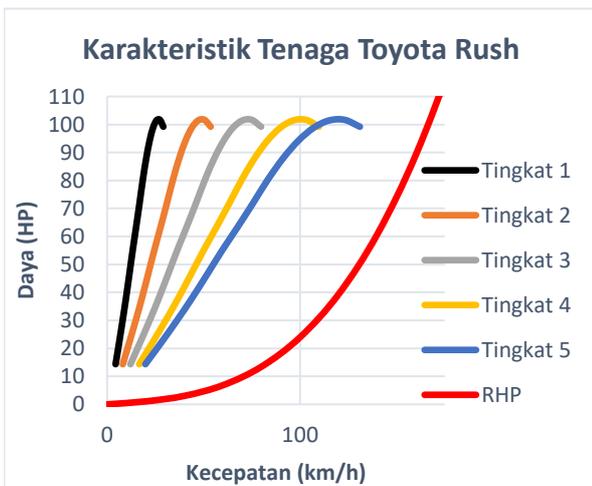
dimana,  
 $R_g$  = Gaya hambatan tanjakan (N)



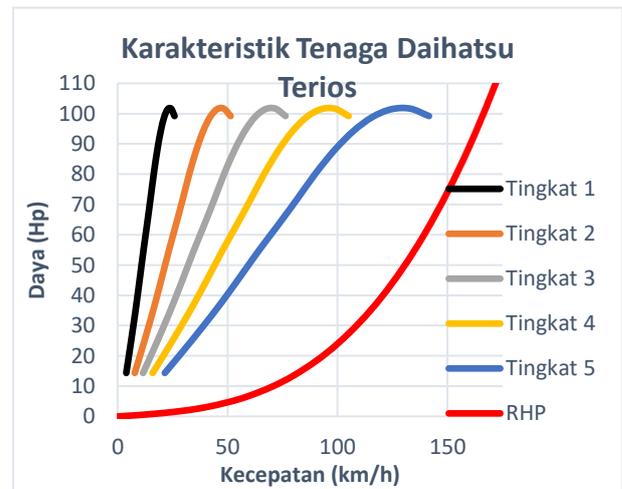
Gambar 8. Grafik karakteristik traksi Daihatsu Terios.



Gambar 10. Grafik karakteristik tenaga Mitsubishi Xpander.



Gambar 9. Grafik karakteristik tenaga Toyota Rush.



Gambar 11. Grafik karakteristik tenaga Daihatsu Terios.

$W$  = Berat kendaraan (N)

$\theta$  = Sudut tanjakan dalam derajat

Setelah mengetahui penjelasan dari masing-masing gaya hambat yang mempengaruhi kendaraan, maka dapat dirumuskan gaya hambat total yang terjadi pada kendaraan sebagai berikut:

$$F_r = R_a + R_r + R_g \quad (5)$$

**C. Menghitung Gaya Dorong Kendaraan**

Gaya dorong adalah gaya yang bekerja berlawanan dengan arah gerak gaya hambat kendaraan. Untuk dapat bergerak maju, suatu kendaraan harus memiliki gaya dorong yang cukup untuk melawan semua gaya hambat yang terjadi pada kendaraan. Untuk menghitung besarnya gaya dorong yang mampu dihasilkan kendaraan, digunakan persamaan berikut:

$$F_t = \frac{i_g \times i_t \times M_e \times \eta_t}{R} \quad (6)$$

dimana,

- $F_t$  = Gaya dorong pada kendaraan (N)
- $i_t$  = Perbandingan gigi transmisi
- $i_g$  = Perbandingan transmisi pada gardan
- $\eta_t$  = Efisiensi transmisi
- $R$  = Jari-jari roda (m)

**D. Karakteristik Traksi Kendaraan**

Untuk dapat mengetahui karakteristik suatu kendaraan, lebih mudah jika digunakan grafik gaya dorong – kecepatan dari kendaraan tersebut. Pada grafik tersebut ditunjukkan hambatan rolling ( $R_r$ ) dan hambatan aerodinamik ( $R_a$ ) yang terjadi pada kendaraan, serta gaya dorong total, gaya dorong bersih, dan gaya dorong maksimum yang dapat terjadi pada bidang kontak ban dan jalan dengan asumsi koefisien gesek tertentu. Grafik tersebut juga menunjukkan *gradeability* kendaraan sehingga besarnya kecepatan maksimum yang dapat dicapai kendaraan pada *gradeability* tertentu dapat diketahui.

**E. Karakteristik Tenaga Kendaraan**

Tenaga yang dibutuhkan untuk menggerakkan kendaraan pada beban dan kecepatan tertentu dinamakan *road load horsepower* ( $R_{hp}$ ). Besarnya tenaga yang dibutuhkan ( $R_{hp}$ ) tergantung pada besarnya gaya hambat yang terjadi pada kendaraan ( $F_r$ ) dan kecepatan kendaraan ( $V_k$ ). Tenaga yang dibutuhkan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$R_{hp} = \frac{F_r \times V_k}{375} \quad (11)$$

dimana,

- $R_{hp}$  = *Road load horsepower* (hp)
- $F_r$  = Gaya hambat kendaraan (lb)
- $V_k$  = Kecepatan kendaraan (mil/jam)

Untuk mendapatkan grafik karakteristik tenaga, dibutuhkan data *input* berupa tenaga yang disuplai dan kecepatan kendaraan. Tenaga yang disuplai dapat dihitung menggunakan perasamaan sebagai berikut:

$$P = P_e \times \eta_e \quad (12)$$

dimana,

P = Tenaga aktual yang disuplai oleh *engine*

$P_e$  = Tenaga *engine*

$\eta_e$  = Effisiensi *engine*

### III. HASIL DAN ANALISIS

Berdasarkan data teknis dan spesifikasi kendaraan diperhitungkan dan dianalisa karakteristik traksi dan karakteristik tenaga kendaraan dengan memperhatikan beberapa batasan:

1. Analisa dilakukan dengan kondisi kendaraan kosong
2. Kinerja *engine* tidak dipengaruhi oleh lingkungan sekitar.
3. Jalan yang dilalui menanjak dan rata (tidak bergelombang).
4. Tekanan ban 30 psi.
5. Letak pusat masa (CG) ketiga kendaraan sama

#### A. Perhitungan Gaya Hambatan Kendaraan

Gaya dorong yang dibutuhkan oleh kendaraan ditentukan berdasarkan tinjauan beban yang dialami kendaraan, yaitu beban saat kendaraan berjalan dalam kondisi lurus yang meliputi gaya hambat aerodinamis ( $R_a$ ) dan gaya hambat *rolling* ( $R_r$ ), serta saat kendaraan dalam kondisi menanjak ( $R_g$ ). Perhitungan gaya dorong digunakan untuk mengetahui kecepatan serta percepatan yang mampu dihasilkan kendaraan saat beroperasi.

Dengan menggunakan persamaan yang telah disebutkan sebelumnya, didapatkan grafik gaya hambat terhadap kecepatan kendaraan dapat dilihat pada Gambar 4 samapai Gambar 6.

#### B. Formula Matematika

Gaya dorong kendaraan dapat diperhitungkan menggunakan persamaan (6). Berikut merupakan karakteristik traksi kendaraan yang diperoleh dari memplotting gaya dorong dan gaya hambat terhadap kecepatan kendaraan, dapat dilihat pada Gambar 7.

Dari ketiga Gambar 7 samapai 9 grafik karakteristik yang telah didapat terlihat bahwa hanya Daihatsu Terios yang mampu melalui jalan tanjakan dengan gradeability 50%, sedangkan Toyota Rush dan Mitsubishi Xpander hanya mampu pada gradeability 40%. Untuk dapat melalui jalan menanjak dengan gradeability 60% ketiga mobil perlu menaikan traksi maksimal pada tingkat gigi pertama, terutama untuk Xpander yang memiliki traksi maksimum paling rendah. Tentu saja jika hanya traksi maksimum pada tingkat gigi pertama yang dinaikan kendaraan akan mengalami *losses* traksi saat melakukan perpindahan gigi ke tingkat berikutnya, oleh karena itu dari grafik pun terlihat bahwa ketiga kendaraan perlu mengoptimalkan traksi pada tiga tingkat transmisi awal.

Untuk kecepatan maksimal yang mampu dicapai kendaraan Xpander memiliki kemampuan terbesar dan Terios memiliki kecepatan maksimum terkecil. Dalam hal ini dengan melihat rumus 2.14.  $V_k = \frac{ne}{ik \times ig} \times \frac{\pi}{30} \times r$ , dimana

kecepatan maksimal pada tiap tingkat transmisi berbanding terbalik dengan rasio gardan dan rasio transmisi maka jika mengoptimalkan traksi maksimal pada tingkat gigi lima maka kecepatan maksimal kendaraan pun akan berkurang, oleh karena itu sebaiknya pada tingkat gigi ke empat dan kelima diminimalisir penambahan rasio transmisi dan rasio gardannya.

#### C. Karakteristik Tenaga

Gambar 10 samapai 11 merupakan grafik karakteristik tenaga kendaraan pada kondisi transmisi standar yang diperoleh melalui perhitungan daya yang disuplai kendaraan pada setiap tingkat transmisi kemudian dibandingkan dengan daya yang dibutuhkan kendaraan pada tingkatan kecepatan tertentu ( $R_{hp}$ ).

Mengacu pada grafik diatas, trendline garis nilai  $R_{hp}$  semakin besar dengan bertambahnya kecepatan yang ditempuh oleh kendaraan. Hal ini dikarenakan oleh gaya hambat yang terjadi pada kendaraan semakin besar seiring dengan bertambahnya kecepatan kendaraan.

Dari grafik diatas didapatkan bahwa karakteristik dari ketiga kendaraan pada setiap desain tingkat transmisi terhadap power yang dihasilkan mempunyai nilai yang sama dengan grafik karakteristik traksi kendaraan pada setiap tingkat transmisi. Dari spesifikasi kendaraan Toyota rush dan Daihatsu Terios memiliki daya maksimum yang sama dan Mitsubishi dibawah keduanya sesuai dengan grafik yang didapat. Pada tingkat gigi lima Rush dan Terios perlu dioptimalkan hingga mencapai batas  $R_{hp}$  yang diperlukan agar dapat mencapai kecepatan maksimal yang lebih besar sedangkan Xpander untuk mencapai kecepatan maksimal yang lebih besar perlu ditambah daya maksimal yang dapat dicapai.

### IV. KESIMPULAN

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan data dan analisa yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan penelitian sebagai berikut; (1)Toyota Rush mampu menempuh kecepatan maksimum sebesar 130,98 km/jam, Mitsubishi Xpander mampu menempuh kecepatan maksimum sebesar 166,28 km/jam, dan Daihatsu Terios mampu menempuh kecepatan maksimum sebesar 141,58 km/jam pada tingkat gigi terakhirnya; (2)Toyota Rush dan Mitsubishi Xpander mampu melaju pada jalan yang memiliki *gradeability* 40% sedangkan Daihatsu Terios mampu melewati jalan dengan *gradeability* 50%; (3)Traksi maksimum yang mampu dicapai oleh Toyota Rush adalah 9,31 kN pada putaran 4600 rpm pada tingkat gigi pertama, Mitsubishi Xpander mencapai 8,8 kN pada putaran 4200 rpm pada tingkat gigi pertama, dan Daihatsu Terios mencapai 10,36 kN pada putaran 4600 rpm pada tingkat gigi pertama; (4)Toyota Rush dan Daihatsu Terios memiliki daya maksimum yang sama dan Mitsubishi Xpander dibawah keduanya. Pada tingkat gigi lima Rush dan Terios perlu dioptimalkan hingga mencapai batas  $R_{hp}$  yang diperlukan agar dapat mencapai kecepatan maksimal yang lebih besar sedangkan Xpander untuk mencapai kecepatan maksimal yang lebih besar perlu ditambah daya maksimal yang dapat dicapai;(5)Perlu peningkatan gaya dorong dan pengurangan *losses* terutama pada tiga tingkat transmisi awal.

Diperlukanya peningkatan gaya dorong tersebut agar memungkinkan kendaraan untuk melalui jalan tanjak dengan *gradeability* yang lebih besar. Tetapi, dengan meningkatkan rasio

#### *B. Saran*

Setelah dilakukan analisa pada tugas akhir ini saran agar tugas akhir ini dapat menjadi lebih baik adalah, perlu

dilakukan analisa perhitungan menggunakan efisiensi aktual yang dapat ditentukan menggunakan pengujian dyno test pada kendaraan agar karakteristik traksi hasil perhitungan mendekati karakteristik traksi kendaraan pada kondisi aktual.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. J. Taborek, *Mechanics of Vehicles*. Cleveland: Penton, 1957.