

Analisa Karakteristik Traksi serta *Redesign* Rasio Transmisi pada Mobil Mitsubishi Strada Triton GLX

Nyoman Angga Adwitya Kirana dan I Nyoman Sutantra

Departemen Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Corresponding Author: tantra@me.its.ac.id

ARTIKEL INFO

Informasi Artikel

Artikel masuk: 6-8-19

Artikel revisi: 26-12-19

Artikel diterima: 26-12-19

Kata Kunci

Karakteristik Traksi, Progressi Geometri, Redesign, 2WD, 4WD

ABSTRAK

Bandara sam Ratulangi berlokasi di Kota Manado Provinsi Sulawesi Utara. Evaluasi yang dilakukan terhadap ini adalah evaluasi panjang dan lebar runway, evaluasi kawasan keselamatan operasi penerbangan terhadap topografi, dan evaluasi pola pergerakan pesawat terhadap topografi. Selain itu dilakukan juga evaluasi kapasitas dan berat masing-masing pesawat terbang yang beroperasi berkaitan dengan penentuan jarak tempuh optimum pesawat yang digunakan untuk penentuan potensi rute tambahan. Terdapat 4 kesimpulan dalam Studi ini. Pertama, Untuk pesawat kritis Boeing 737 – 900, runway yang tersedia di Bandara Sam Ratulangi Manadomasih memenuhi dimana TORA pesawat Boeing 737 – 900 adalah 2580 m dan lebar runway dibutuhkan sesuai kriteria pesawat adalah 45 m. Sedangkan panjang runway yang tersedia adalah 2650 m dengan lebar 45m. Kedua, untuk evaluasi KKOP terhadap topografi, pada potongan memanjang topografi bandara masih memenuhi batasan KKOP. Sedangkan pada potongan melintangnya, terdapat topografi dimana ketinggiannya melebihi batas KKOP. Ketiga, pola pergerakan pesawat Boeing 737 – 900 tidak mengalami gangguan saat melakukan lift off. Sehingga untuk pola pergerakan pesawat selanjutnya tidak terjadi gangguan keselamatan operasi penerbangan akibat topografi. Sampai saat ini, Pesawat Boeing 737 – 900 beroperasi dengan jarak tempuh paling jauh 1790 nautical miles yaitu dari Bandara Sam Ratulangi Manado menuju Bandara Shanghai Pudong Tiongkok dengan konsumsi bahan bakar sebesar 18475.60 liter. Dari hasil jarak tempuh optimum yang bisa ditempuh pesawat diperoleh untuk jarak tempuh optimum pesawat Boeing 737 – 900 adalah 3544 km atau 1920 nautical miles dengan konsumsi bahan bakar sebesar 18720 liter.

PENDAHULUAN

Teknologi otomotif mengalami perkembangan pesat beberapa tahun terakhir. Dengan berkembangnya teknologi otomotif maka pengaplikasian penggunaan kendaraan terhadap berbagai medan jalan pun semakin berkembang. Salah satunya ialah penggunaan kendaraan operasional oleh perusahaan-perusahaan tertentu dalam berbagai proyek. Kendaraan operasional yang digunakan harus memiliki kemampuan untuk melewati berbagai medan seperti tanjakan dan jalan berlumpur dengan lancar.

Mitsubishi Strada Triton merupakan salah satu mobil yang paling banyak digunakan oleh perusahaan-perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan. Menurut PT Krama Yuda Tiga Berlian Motor selaku distributor resmi Mitsubishi Indonesia, penjualan Mitsubishi Strada Triton selama tahun 2014 hingga 2015 mengalami peningkatan sebanyak 50%. Salah satu penyebab hal ini ialah besarnya kebutuhan perusahaan-perusahaan pada bidang pertambangan akan mobil operasional yang memiliki kemampuan untuk melalui berbagai medan.

PT Darma Persada merupakan salah satu unit bisnis yang bergerak di bidang jasa dalam berbagai proyek dengan PT Chevron Pacific Indonesia. Dalam operasionalnya, dibutuhkan kendaraan yang mendukung mobilitas pada berbagai macam bidang, terutama jalan menanjak 30 derajat dan medan berlumpur. Oleh karena itu, diperlukan suatu penelitian terkait analisis kinerja traksi serta *redesign* terhadap rasio gigi dan transmisi Mitsubishi Strada Triton GLX 2012 untuk meningkatkan performa kendaraan tersebut.

URAIAN PENELITIAN

Secara umum kinerja kendaraan dapat dibedakan menjadi 3 jenis yaitu kinerja traksi kendaraan, kinerja kestabilan arah kendaraan, dan kinerja pengaman kendaraan. Pada kinerja traksi kendaraan, kemampuan kendaraan untuk melaju serta mengangkut beban pada dasarnya adalah kemampuan kendaraan untuk melawan gaya hambat. Gaya dorong atau kemampuan kendaraan juga sangat dipengaruhi oleh kemampuan mesin kendaraan, pemilihan tingkat dan rasio transmisi, dan jenis transmisi yang dipakai. Pada umumnya, informasi

mengenai karakteristik traksi sebuah kendaraan ditampilkan dalam sebuah grafik yang menampilkan data kecepatan kendaraan, gaya dorong kendaraan pada masing-masing tingkat transmisi, serta gaya hambat kendaraan

A. Gaya Hambat Aerodinamis

Gaya hambat karena udara pada mobil disebut dengan drag force.

$$R_a = \frac{1}{2} \times \rho \times C_d \times A_f \times V_a^2 \tag{1}$$

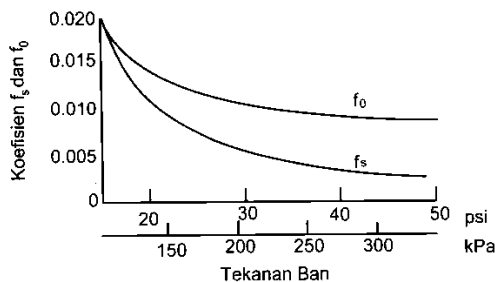
- dimana, R_a = hambatan aerodinamika (N)
- ρ = massa jenis udara (kg/m³)
- C_d = koefisien drag
- A_f = Luas frontal kendaraan (m²)
- V_a = kecepatan relatif angin terhadap kendaraan (m/s)

B. Gaya Hambat Rolling

Gaya hambat rolling yaitu gaya hambat yang terjadi pada ban karena disebabkan oleh sifat histeris pada ban karena adanya defleksi dari ban.

$$f_r = f_0 + f_s \left(\frac{V_k}{100}\right)^{2,5} \tag{2}$$

- dimana, f_r = koefisien hambat rolling
- f_0 dan f_s = koefisien yang nilainya tergantung pada tekanan ban sesuai pada gambar grafik 2.1
- V_k = Kecepatan kendaraan (km/h)



Gambar 1. Grafik pengaruh tekanan ban pada f_0 dan f_s [1].

Setelah mendapatkan koefisien hambat rolling (f_r), maka dengan menggunakan rumus berikut besarnya gaya hambat rolling dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut.

$$R_r = f_r \times W \tag{3}$$

- dimana, R_r = gaya hambat rolling (N)
- f_r = koefisien hambat rolling
- W = berat kendaraan (N)

C. Gaya Hambat Tanjakan

Gaya hambat tanjakan, yaitu gaya hambat yang diakibatkan adanya sudut tanjak yang dilewati oleh kendaraan sehingga beban kendaraan akan bertambah akibat gaya gravitasi yang muncul. Besarnya gaya hambat akibat sudut tanjak dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$R_g = W \times \sin \theta \tag{4}$$

- Dimana, R_g = gaya hambat tanjakan (N)
- W = berat kendaraan (N)
- θ = sudut kemiringan ($^\circ$)

D. Gaya Hambat Total

Setelah meninjau tiga buah gaya hambat yang bekerja pada kendaraan, maka gaya hambat total pada kendaraan dapat dirumuskan sesuai persamaan dibawah ini.

$$F_r = R_a + R_r + R_g \tag{5}$$

Dimana, F_r = gaya hambat total

- R_a = gaya hambat angin
- R_r = gaya hambat rolling
- R_g = gaya hambat tanjakan

Akan tetapi, pada saat kendaraan dalam posisi menanjak, besarnya sudut tanjak juga akan berpengaruh terhadap besarnya Rolling Resistance kendaraan akibat perbedaan gaya normal pada kendaraan Sehingga rumus gaya dorong kendaraan total sedikit dimodifikasi menjadi seperti berikut.

$$F_r = \frac{1}{2} \rho \cdot C_d \cdot A \cdot V^2 + f_r \cdot W \cdot \cos \theta_{\max} + W \cdot \sin \theta_{\max} \tag{6}$$

E. Gaya Dorong

Gaya Dorong adalah gaya yang bekerja berlawanan dengan arah gerak gaya hambat kendaraan yang dihasilkan oleh engine kendaraan yang kemudian disalurkan melalui sistem transmisi sehingga akhirnya dapat menggerakkan roda. Nilai dari gaya dorong (F_t) dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$F_t = \frac{i_t \cdot i_g \cdot M_e \cdot \eta_t}{r} \tag{7}$$

- dimana, F_t = gaya dorong
- M_e = torsi keluaran dari mesin (N.m)
- r = jari-jari roda (m)
- η_t = efisiensi transmisi,
- i_t = perbandingan gigi transmisi
- i_g = perbandingan transmisi pada garden

Lalu kecepatan maksimum kendaraan dalam setiap tingkat transmisi (V_k) dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$V_k = \frac{v_e}{i_k \times i_g} \times \frac{2\pi}{60} \times r \tag{9}$$

- dimana, V_k = kecepatan pada tingkat k (km/h)
- I_k = rasio transmisi pada tingkat k
- I_g = rasio garden

Dan percepatan kendaraan dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$a_k = \frac{(F_t - R_r - R_a)}{\text{massa}} \tag{10}$$

F. Gaya Dorong Kendaraan 4WD

Untuk memprediksi besarnya gaya dorong maksimum dapat didukung oleh kontak roda dan jalan, maka gaya normal pada roda depan dan belakang perlu dicari. Dengan mengambil momen dari titik A maka didapat gaya normal (R_f) tanpa menarik beban pada roda depan sebagai berikut.

$$Wf = \frac{W \cdot l_2 \cdot \cos \theta - R_a \cdot h_a - h \cdot a \cdot \frac{W}{g} \pm W \cdot h \cdot \sin \theta}{L} \tag{11}$$

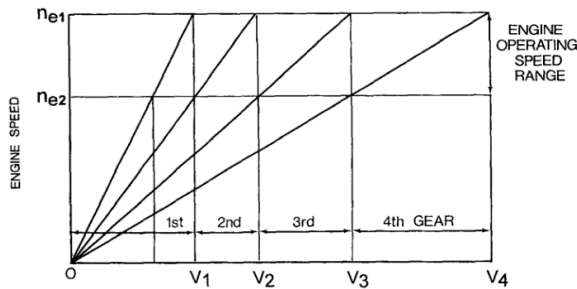
Sedangkan mengambil momen dari titik B didapat gaya normal (R_r) tanpa menarik beban pada roda belakang sebagai berikut.

$$Wr = \frac{W \cdot l_2 \cdot \cos \theta + R_a \cdot h_a + h \cdot a \cdot \frac{W}{g} \pm W \cdot h \cdot \sin \theta}{L} \tag{12}$$

G. Teori Progesi Geometri

Salah satu cara untuk mencari perbandingan gigi antara tingkat transmisi terendah dan tertinggi adalah dengan cara progresi geometris. Cara ini umumnya dipakai sebagai langkah iterasi awal. Batas kecepatan operasi dari

mesin terendah (n_{e1}) dan tertinggi (n_{e2}) harus ditetapkan terlebih dahulu. Penetapan ini berdasarkan karakteristik torsi dari mesin, batas ini biasa dipilih disekitar torsi maksimum mesin. Konsep dari progresi geometris ditunjukkan pada gambar 2.4, dimana menggambarkan transmisi dengan 4 tingkat kecepatan.



Gambar 2. Grafik pemilihan perbandingan gigi dengan rasio geometri.

Berdasarkan Gambar 2, dengan perbandingan geometris maka untuk transmisi 4 tingkat didapat hubungan perbandingan gigi sebagai berikut.

$$\frac{i_2}{i_1} = \frac{i_3}{i_2} = \frac{i_4}{i_3} = \frac{n_{e2}}{n_{e1}} = K_g \tag{13}$$

dimana, i_1, i_2, i_3, i_4 = perbandingan gigi pada tingkat transmisi I, II, III, IV

K_g = konstanta perbandingan

Langkah pertama untuk mendesain tingkat transmisi, harus ditentukan terlebih dahulu rasio transmisi pertama dan rasio transmisi terakhir kendaraan. Untuk menentukan rasio transmisi pertama, dapat dihitung dengan rumus.

$$i_1 = \frac{F_1 \cdot r}{M_e \cdot C_{tr} \cdot i_g \cdot i_{tc} \cdot \eta_{ctr} \cdot \eta_{tc} \cdot \eta_t} \tag{14}$$

Dimana, F_1 saat kondisi menanjak, besarnya $F_1 = W \cdot \sin \Theta_{maks} + f_r \cdot W \cdot \cos \Theta_{maks} + \frac{1}{2} \times \rho \times C_d \times A_f \times V_a^2$

Kemudian, rasio transmisi pada tingkat terakhir dirumuskan sebagai berikut.

$$i_n = \frac{F_n \cdot r}{M_e \cdot C_{tr} \cdot i_g \cdot i_{tc} \cdot \eta_{ctr} \cdot \eta_{tc} \cdot \eta_t} \tag{15}$$

Dimana, F_n adalah saat kondisi kecepatan maksimum, besarnya $F_n = f_r \cdot W + \frac{1}{2} \times \rho \times C_d \times A_f \times V_a^2$

Selanjutnya, nilai K_g tersebut digunakan untuk menentukan nilai i_2, i_3 dst.

$$K_g = \left(\frac{i_n}{i_1} \right)^{\frac{1}{n-1}} \tag{16}$$

H. Tahapan Penelitian

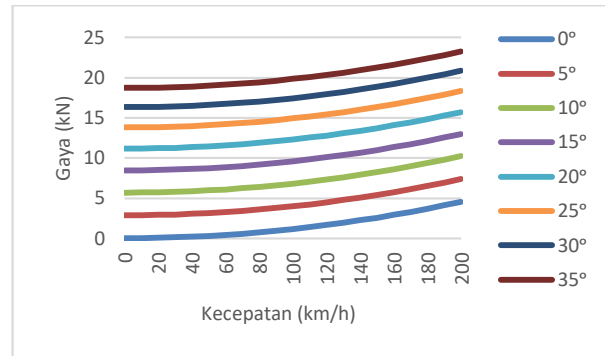
Pada penelitian ini langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan perhitungan gaya hambat dan gaya dorong kendaraan Mitsubishi Strada Triton GLX pada kondisi standar. Setelah itu, dilakukan analisis perhitungan gaya kontak yang terjadi pada 2WD dan 4WD. Lalu terakhir dilakukan evaluasi terhadap grafik karakteristik traksi kendaraan pada kondisi standar, kemudian redesign rasio tiap tingkatan transmisi menggunakan teori progresi geometri sehingga kendaraan memiliki kemampuan tanjak terhadap berbagai medan jalan dan kecepatan maksimum yang lebih baik. Pada

penelitian ini akan dilakukan redesign 5, 6, dan 7 tingkat kecepatan dan terakhir akan dilakukan penilaian terhadap hasil redesign pada setiap tingkat kecepatan.

ANALISA DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Gaya Hambat Total

Dengan menggunakan rumus 6 didapatkan grafik gaya hambat total sebagai berikut.

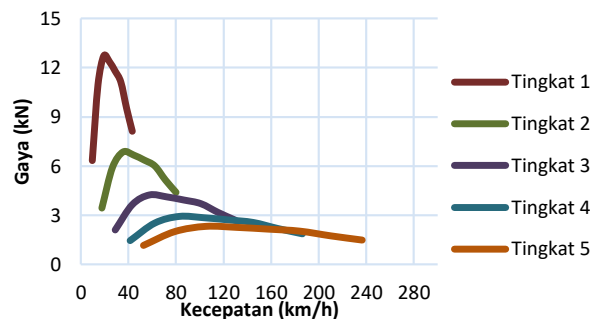


Gambar 3. Grafik gaya hambat total Mitsubishi Strada Triton GLX.

Dari grafik tersebut dapat kita simpulkan bahwa semakin besar kecepatan kendaraan dan tanjakan yang dilewati, maka semakin besar pula gaya hambat yang diterima kendaraan.

B. Perhitungan Gaya Dorong Kendaraan Kondisi Standar

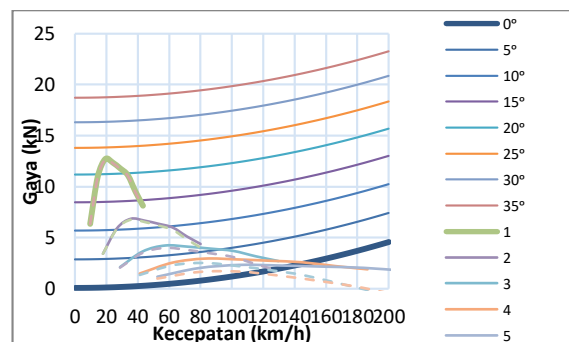
Dengan menggunakan rumus 7 didapatkan grafik gaya dorong kendaraan sebagai berikut.



Gambar 4. Grafik gaya dorong Mistubishi Strada Triton GLX kondisi standar

Dari gambar 4 disimpulkan, pada tingkat gigi pertama Mitsubishi Strada Triton GLX dapat mencapai gaya dorong maksimum sebesar 12.35804 kN dan kecepatan sebesar 24.02 km/jam.

C. Karakteristik Traksi Kendaraan Kondisi Standar



Gambar 5. karakteristik traksi Mitsubishi Strada Triton GLX kondisi standar

Dari Gambar 5 dapat disimpulkan, bahwa pada tingkat gigi pertama traksi maksimum pada 2000 rpm sebesar 12.707 kN sehingga mobil ini mampu melewati jalanan dengan sudut kemiringan sebesar 20°, kecepatan maksimum yang dapat dicapai oleh Mitsubishi Strada Triton GLX adalah sebesar 145 km/jam. Selain itu, antara gigi 1 dan 2 pada kecepatan 5 km/jam saat perpindahan tingkat gigi pertama menuju tingkat gigi kedua terjadi losses traksi sebesar 6.51 kN.

D. Mode Operasi 4WD

Transfer case merupakan komponen yang berfungsi untuk membagi daya antara penggerak roda depan dengan penggerak roda belakang. Pembagian daya pada transfer case bisa didapatkan dengan membandingkan antara gaya normal (W_f dan W_r) yang terjadi pada ban depan dan ban belakang seperti pada persamaan 11 dan 12.

$$W_f = \frac{32569.2 \times 1.5 - 103.93 \times 1 - 0.7 \times 3.29 \times 3320}{3}$$

$$W_f = 13736 \text{ N}$$

$$W_r = \frac{32569.2 \times 1.5 + 103.93 \times 1 + 0.7 \times 3.29 \times 3320}{3}$$

$$W_r = 18834 \text{ N}$$

Selanjutnya pembagian daya dapat dihitung dengan membandingkan gaya normal pada ban depan atau belakang dengan total gaya normal yang terjadi pada kedua ban.

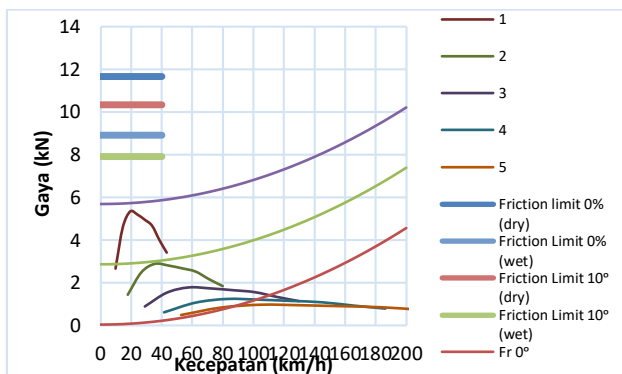
$$\eta_{tf} = \frac{W_f}{W_r + W_f}$$

$$= \frac{13736}{18834 + 13736} = 42.1\%$$

$$\eta_{tr} = \frac{W_r}{W_r + W_f}$$

$$= \frac{16696.61}{16696.61 + 15872.58} = 57.9\%$$

Berdasarkan perhitungan didapatkan bahwa daya yang disalurkan ke ban depan sebesar 42.1% dan daya yang disalurkan ke ban belakang sebesar 57.9%.

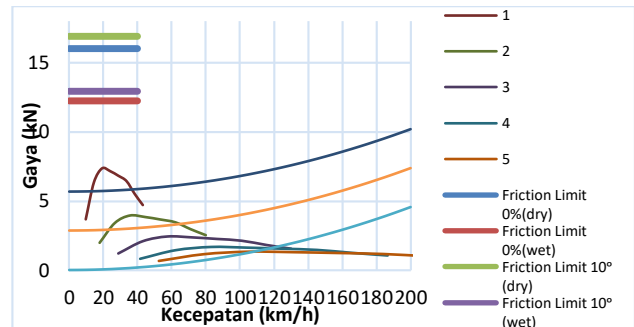


Gambar 6. Karakteristik traksi 4WD (ban depan) pada kondisi jalan aspal.

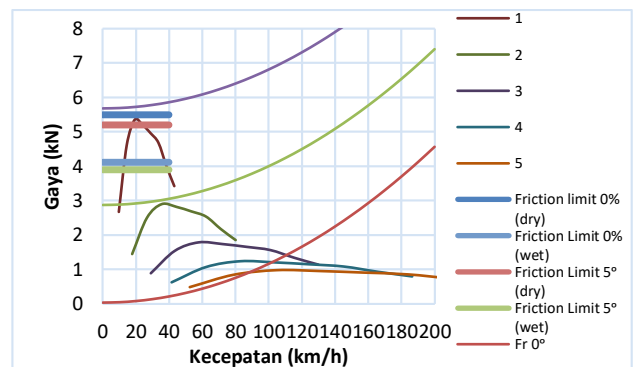
Gambar 6 menunjukkan bahwa pada gigi 1 traksi yang dihasilkan tidak melewati garis friction limit 0% untuk kondisi jalan kering maupun basah dan juga pada kondisi jalan kering maupun basah dengan tanjakan sebesar 10° hal ini menunjukkan bahwa pada kondisi jalan aspal dengan kemiringan 0° sampai dengan 10° tidak akan terjadi slip. Tetapi ban depan pada kondisi 4WD tidak mampu melewati tanjakan 10° hal ini dapat dilihat pada gambar 7 bahwa gigi 1 tidak mampu melewati gaya hambat yang dihasilkan pada jalan dengan kemiringan 10°.

Gambar 7 menunjukkan traksi yang dihasilkan pada kondisi jalan aspal dengan pembagian torsi ke ban

belakang adalah 57.9%. Dapat dilihat bahwa pada gigi 1 traksi yang dihasilkan tidak melewati garis friction limit 0° hingga 10° untuk kondisi jalan kering maupun basah tidak akan terjadi slip. Ban belakang pada kondisi 4WD mampu melewati tanjakan 10° hal ini dapat dilihat pada gambar 8 bahwa gigi 1 mampu melewati gaya hambat yang dihasilkan pada jalan dengan kemiringan 10° sehingga pada kondisi 4WD mampu melewati tanjakan sebesar 10°.



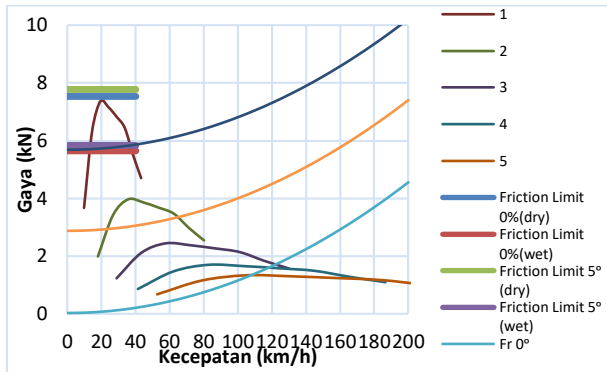
Gambar 7. Karakteristik traksi 4WD (ban belakang) pada kondisi jalan aspal.



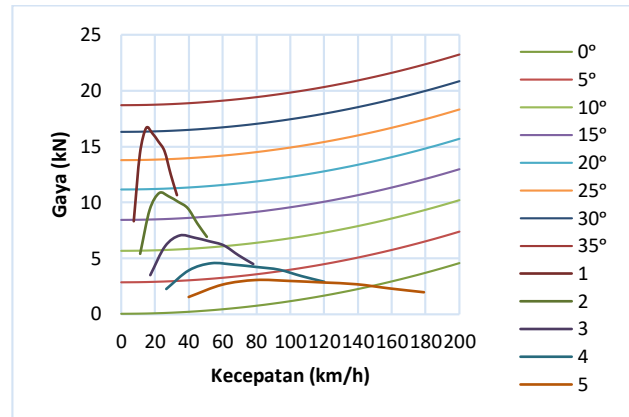
Gambar 8. Karakteristik Traksi 4WD (ban depan) pada Kondisi Jalan Tanah.

Gambar 8 menunjukkan traksi yang dihasilkan pada kondisi jalan tanah dengan pembagian torsi ke depan adalah 42.1%. Dapat dilihat bahwa pada gigi 1 traksi yang dihasilkan melewati garis friction limit 0° untuk jalan basah dan 5° untuk kondisi jalan kering maupun basah. Hal ini menunjukkan bahwa pada kondisi jalan tanah menggunakan gigi 1 dengan kemiringan 0° (basah) sampai dengan 5° (basah dan tidak basah) akan terjadi slip. Maka pada kondisi jalan bertanah baik basah maupun kering dapat dilewati dengan gigi 2. Tetapi ban depan pada kondisi 4WD hanya mampu melewati tanjakan 0°. Hal ini dapat dilihat pada gambar 11 bahwa gigi 2 tidak mampu melewati gaya hambat yang dihasilkan pada jalan dengan kemiringan 5° dan 10°.

Gambar 9 menunjukkan traksi yang dihasilkan pada kondisi jalan tanah dengan pembagian torsi ke belakang adalah 57.9%. Dapat dilihat bahwa pada gigi 1 traksi yang dihasilkan melewati garis friction limit 0° dan 5° untuk kondisi jalan basah. Hal ini menunjukkan bahwa pada kondisi jalan tanah menggunakan gigi 1 dengan kemiringan 0° hingga 5° pada kondisi jalan basah akan terjadi slip, namun tidak terjadi slip pada kemiringan 0° dan 5° pada kondisi jalan kering. Maka pada kondisi jalan bertanah baik basah maupun kering dapat dilewati dengan menggunakan gigi 2. Ban belakang pada kondisi 4WD menggunakan gigi 2 mampu melewati tanjakan 0° dan 5° pada jenis jalan kering maupun basah tanpa terjadi slip.



Gambar 9. Karakteristik Traksi 4WD (ban belakang) pada kondisi jalan tanah.



Gambar 10. Karakteristik traksi 5 tingkat kecepatan hasil redesign.

E. Perhitungan Rasio Transmisi Menggunakan Teori Progresi Geometri

Untuk melakukan perhitungan rasio transmisi yang baru menggunakan teori progresi geometri dibutuhkan informasi daya maksimum yang mampu dihasilkan oleh engine, yaitu 131 kW. Langkah pertama ialah menghitung rasio tingkat gigi pertama, dengan perhitungan sebagai berikut.

$$i_1 = \frac{16683.15 \times 0.406}{400 \times 3.692 \times 0.81} = 5.66$$

Langkah selanjutnya ialah menghitung rasio tingkat gigi akhir dengan perhitungan sebagai berikut.

$$i_n = \frac{1321.04 \times 0.406}{400 \times 3.692 \times 0.81} = 1.041$$

Terakhir ialah menentukan tingkatan rasio gigi sebagai berikut

Pada pemasangan 5 tingkat kecepatan

$$K_g = \left(\frac{1.041}{5.66}\right)^{\frac{1}{4}} = 0.65$$

Sehingga,

$$i_2 = 0.65 \times 5.66 = 3.679$$

$$i_3 = 0.65 \times 3.679 = 2.391$$

$$i_4 = 0.65 \times 2.391 = 1.554$$

Pada pemasangan 6 tingkat kecepatan

$$K_g = \left(\frac{1.041}{5.66}\right)^{\frac{1}{5}} = 0.712$$

Sehingga,

$$i_2 = 0.712 \times 5.66 = 4.029$$

$$i_3 = 0.712 \times 4.029 = 2.868$$

$$i_4 = 0.602 \times 2.868 = 2.042$$

$$i_5 = 0.602 \times 1.234 = 1.453$$

Pada pemasangan 7 tingkat kecepatan

$$K_g = \left(\frac{1.041}{5.66}\right)^{\frac{1}{6}} = 0.754$$

Sehingga,

$$i_2 = 0.754 \times 5.66 = 4.267$$

$$i_3 = 0.754 \times 3.707 = 3.217$$

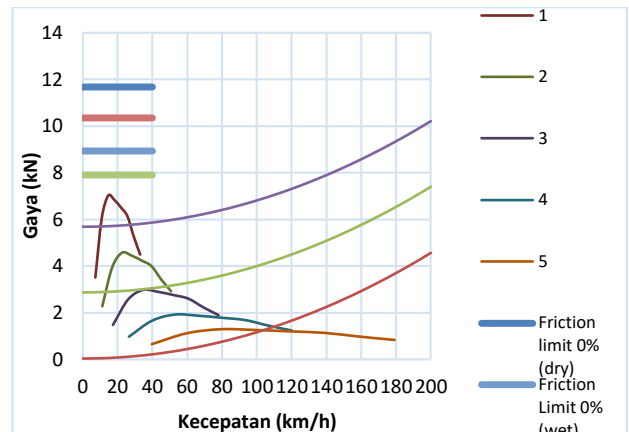
$$i_4 = 0.754 \times 3.217 = 2.425$$

$$i_5 = 0.754 \times 2.425 = 1.828$$

$$i_6 = 0.754 \times 1.828 = 1.378$$

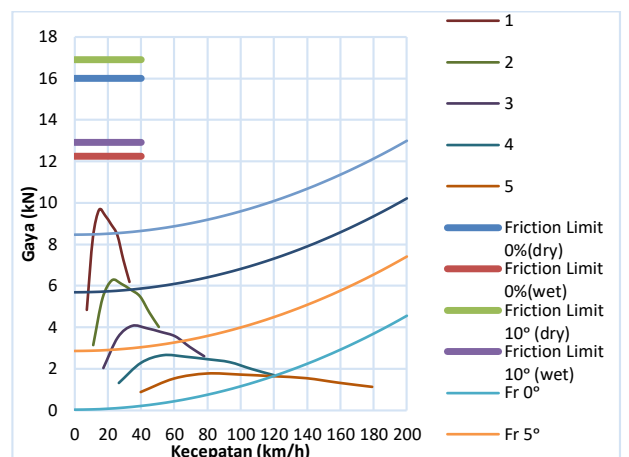
F. Karakteristik Traksi Hasil Redesign dengan 5 Tingkat Kecepatan

Pada Gambar 10 terlihat bahwa pada tingkat gigi pertama besarnya traksi maksimum sebesar 16.676 kN pada 2000 rpm sehingga mobil ini mampu melewati jalanan dengan sudut kemiringan sebesar 30° dan kecepatan maksimum yang dapat dicapai sebesar 146 km/jam. Dan dari gambar 12, pada kecepatan 25 km/jam saat perpindahan tingkat gigi pertama menuju tingkat gigi kedua terjadi loses traksi sebesar 3.94 kN.



Gambar 11. Karakteristik traksi 4WD (ban depan) pada kondisi jalan aspal 5 tingkat kecepatan setelah redesign

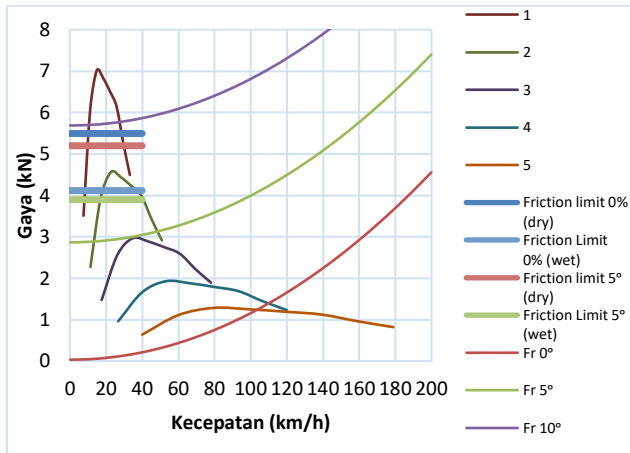
Gambar 11 menunjukkan traksi yang dihasilkan pada kondisi jalan aspal dengan pembagian torsi ke depan adalah 42.1%. Traksi maksimum yang dihasilkan gigi 1 sebesar 16.67 kN. Setelah redesign ban depan pada kondisi 4WD mampu melewati tanjakan 10°. Dapat dilihat pada gambar 13 gigi 1 mampu melewati gaya hambat yang dihasilkan pada jalan dengan kemiringan 10° tanpa terjadi slip.



Gambar 12. Karakteristik traksi 4WD (ban belakang) pada kondisi jalan aspal 5 tingkat kecepatan setelah redesign

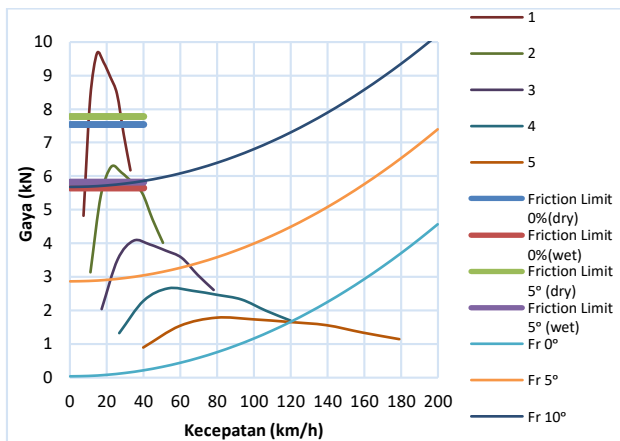
Gambar 12 menunjukkan traksi yang dihasilkan pada kondisi jalan aspal dengan pembagian torsi ke ban belakang adalah 57.9%. Traksi maksimum yang dihasilkan gigi 1 adalah sebesar 16.67 kN. Setelah redesign, ban belakang pada kondisi 4WD mampu melewati tanjakan hingga 15° hal ini dapat dilihat pada

grafik 4.15 bahwa gigi 1 mampu melewati gayaambat yang dihasilkan pada jalan dengan kemiringan 15⁰.



Gambar 13. Karakteristik traksi 4WD (ban depan) pada kondisi jalan tanah 5 tingkat kecepatan setelah redesign.

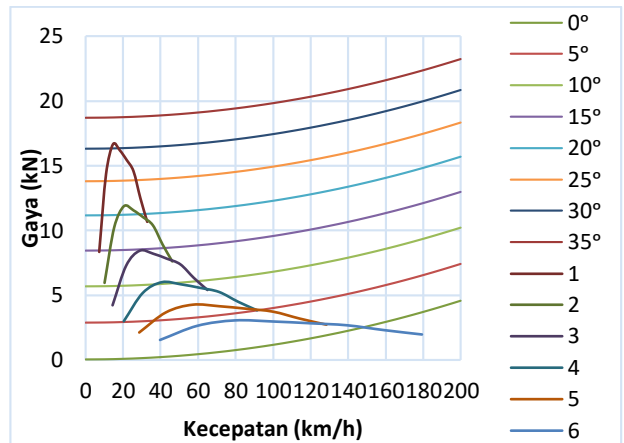
Gambar 13 menunjukkan traksi yang dihasilkan pada kondisi jalan tanah dengan pembagian torsi ke depan adalah 42.1%. Dapat dilihat bahwa pada gigi 1 mampu melewati tanjakan dengan kemiringan 10⁰ tetapi melewati semua garis adhesi limit, sehingga pada jalan tanah dengan kemiringan 0⁰ sampai dengan 5⁰ baik kering maupun basah jika dilewati dengan menggunakan gigi 1 maka akan terjadi slip. Dengan menggunakan gigi 2 maka dapat menghindari terjadinya slip pada jalan tanah dengan kondisi kering tetapi pada kondisi basah slip tetap terjadi. Pada saat gigi 2 kendaraan mampu melewati jalan dengan kemiringan 5⁰ lebih baik dibandingkan dengan sebelum redesign yaitu kemiringan 0⁰.



Gambar 14. Karakteristik traksi 4WD (ban belakang) pada kondisi jalan tanah 5 tingkat kecepatan setelah redesign.

Gambar 14 menunjukkan traksi yang dihasilkan pada kondisi jalan tanah dengan pembagian torsi ke belakang adalah 57.9%. Dapat dilihat bahwa pada gigi 1 mampu melewati tanjakan dengan kemiringan 10⁰ tetapi melewati semua garis adhesi limit, sehingga pada jalan tanah dengan kemiringan 0⁰ sampai dengan 5⁰ baik kering maupun basah jika dilewati dengan menggunakan gigi 1 maka akan terjadi slip. Jika menggunakan gigi 2 dapat melewati jalan tanah kering tanpa mengalami slip, tetapi slip tetap terjadi jika jalannya basah. Pada saat gigi 2 kendaraan mampu melewati jalan dengan kemiringan hingga 10⁰.

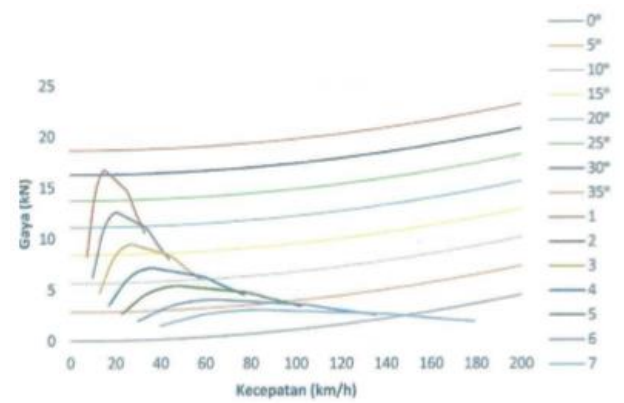
G. Karakteristik Traksi Hasil Redesign dengan 6 Tingkat Kecepatan



Gambar 15. Karakteristik traksi 6 tingkat kecepatan hasil redesign.

Pada Gambar 15, pada tingkat gigi pertama besarnya traksi maksimum sebesar 16.672 kN pada 2000 rpm sehingga mobil ini mampu melewati jalanan dengan sudut kemiringan sebesar 30⁰ dan kecepatan maksimum yang dapat dicapai adalah sebesar 146 km/jam. Dan dari gambar 19, kecepatan 25 km/jam saat perpindahan tingkat gigi pertama menuju tingkat gigi kedua terjadi loses traksi 3.05 kN. Selain itu, pada kecepatan 40 km/jam saat perpindahan tingkat gigi kedua menuju tingkat gigi ketiga terjadi loses traksi sebesar 1.1 kN. Namun, bertambahnya sepasang gear akan berpengaruh terhadap dimensi poros pada tranmisi yang menyebabkan perubahan terhadap dimensi *transmission case*.

H. Karakteristik Traksi Hasil Redesign dengan 7 Tingkat Kecepatan



Gambar 16. Karakteristik traksi 7 tingkat kecepatan hasil redesign.

Pada Gambar 16, terlihat bahwa pada tingkat gigi pertama besarnya traksi maksimum sebesar 16.67 kN pada 2000 rpm sehingga mobil ini mampu melewati jalanan dengan sudut kemiringan sebesar 30⁰ dan kecepatan maksimum yang dapat dicapai sebesar 146 km/jam. Hasil redesign transmisi dengan 7 tingkat kecepatan menghasilkan distribusi traksi pada range kecepatan 0 km/jam sampai dengan 146 km/jam yang jauh lebih merata jika dibandingkan dengan karakteristik traksi standar, maupun redesign 5 dan 6 tingkat kecepatan. Hal ini dapat dilihat dari semakin mengecilnya celah antara garis grafik traksi kendaraan saat melakukan perpindahan tingkat kecepatan. Dari gambar 26 dapat disimpulkan bahwa redesign menggunakan 7 tingkat transmisi memiliki nilai *losses* yang paling kecil. Redesign ini akan berpengaruh terhadap dimensi *transmission case*

kendaraan, dimana ukuran poros harus diperpanjang untuk dapat memasang 2 pasang gear tambahan. Oleh karena itu jika ditinjau dari efisiensi konstruksi, *redesign* dengan menggunakan 7 tingkat transmisi memiliki efisiensi biaya dan efisiensi konstruksi yang paling rendah.

I. Pemilihan Hasil Redesign untuk Digunakan

Untuk memilih hasil redesign yang akan digunakan, maka penulis akan memberikan penilaian kepada setiap tingkat transmisi yang diredesign. Penilaian meliputi beberapa faktor. Dan setiap faktor penilaian memiliki bobot yang berbeda. Berikut hasil penilaian yang telah dilakukan.

Tabel 2. Penilaian hasil *redesign*

Faktor	bobot penilaian	5 tingkat kecepatan	6 tingkat kecepatan	7 tingkat kecepatan
Efisiensi konstruksi	40%	3	2	1
Distribusi traksi	15%	1	2	3
Losses traksi	15%	1	2	3
Percepatan	20%	1	1	2
Beban	10%	3	2	1
Total nilai		2	1.8	1.8

Setelah dilakukan penilaian, hasil tertinggi didapatkan oleh transmisi hasil redesign 5 tingkat kecepatan. Transmisi hasil *redesign* 5 tingkat kecepatan memiliki efisiensi konstruksi yang paling baik dan penambahan beban yang tidak terlalu signifikan walaupun dalam hal distribusi traksi, losses yang dihasilkan pada tingkat kecepatan tertentu, serta percepatan yang dihasilkan masih kurang baik jika dibandingkan transmisi hasil *redesign* 6 dan 7 tingkat kecepatan.

KESIMPULAN/RINGKASAN

1. Pada kondisi standar traksi maksimum yang dicapai Mitsubishi Strada Triton GLX 2012 sebesar 12.7075 kN pada 2000 rpm dengan menggunakan tingkat gigi pertama, tahanan maksimum yang dapat dilewati adalah tahanan dengan kemiringan hingga 20°.
2. Pada kondisi standar, mobil mitsubishi strada triton GLX mampu mencapai kecepatan maksimum sebesar 145 km/jam pada tingkat gigi keempat. Sedangkan, traksi yang dihasilkan oleh tingkat gigi ke lima dengan gradeability 0% (kondisi jalan datar) hanya mampu mendorong kendaraan sampai kecepatan maksimum 135 km/jam akibat adanya gaya hambat angin dan rolling yang muncul. Sehingga, berdasarkan analisa dapat dikatakan rasio gigi ke lima pada kondisi standar kurang optimal.

3. Pada kondisi standar, ban depan tanpa dibantu oleh ban belakang dengan menggunakan gigi 1 hanya mampu melewati tanjakan sebesar 5° dan ban belakang sebesar 10°. Dengan menggunakan gigi 1 slip yang terjadi di ban depan adalah ketika jalan bertanah kondisi basah dengan kemiringan 0° hingga 5° dan juga kondisi kering pada kemiringan 5°. Pada ban belakang dengan menggunakan gigi 1 slip yang terjadi di ban depan adalah ketika melewati jalan bertanah kondisi basah dengan kemiringan 0° hingga 5°. Dengan menggunakan gigi 1 slip yang terjadi dapat diatasi dengan menggunakan rpm rendah yaitu 1000 sampai dengan 1300 rpm, atau dengan menggunakan gigi 2.
4. Hasil redesign rasio transmisi pada tingkat gigi pertama (baik pada 5,6 maupun 7 tingkat kecepatan) menghasilkan traksi kotor yang lebih tinggi dari kondisi standar yaitu sebesar 16.6762 kN dengan menggunakan tingkat gigi pertama, tahanan maksimum yang dapat dilewati adalah tanjakan dengan kemiringan hingga 30°.
5. Hasil redesign rasio transmisi pada tingkat gigi terakhir (baik pada 5,6 maupun 7 tingkat kecepatan) menghasilkan gaya dorong yang mampu melawan gaya hambat angin sampai kecepatan 148 km/jam.
6. Hasil redesign rasio transmisi (baik pada 5, 6, maupun 7 tingkat kecepatan), ban depan menggunakan gigi 1 tanpa dibantu oleh ban belakang mampu melewati tanjakan hingga 10° dan ban belakang sebesar 15°. Dengan menggunakan gigi 1 slip terjadi di ban depan ketika melewati jalan bertanah kondisi basah dan kering dengan kemiringan 0° hingga 5°. Pada ban belakang dengan menggunakan gigi 1 slip terjadi ketika melewati jalan bertanah kondisi basah dengan kemiringan 0° hingga 5°. Agar slip tidak terjadi dapat menggunakan gigi 2 dengan menggunakan rpm rendah yaitu dari 1000 sampai dengan 1500 rpm.
7. Besarnya loses traksi pada tingkat gigi pertama menuju tingkat gigi kedua ditinjau pada kecepatan 25 km/jam mengalami penurunan dari kondisi standar sebesar 6.51 kN, hasil redesign 5 tingkat sebesar 3.94 kN, hasil redesign 6 tingkat kecepatan sebesar 3.05 kN, kemudian pada hasil redesign 7 tingkat kecepatan sebesar 2.47 kN, begitu pula jika ditinjau pada perpindahan tingkat gigi berikutnya. Artinya loses traksi dapat diminimalisir dengan menambah jumlah tingkatan kecepatan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] I. N. Sutantra and B. Sampurno, *Teknologi Otomotif*, 2nd ed. Surabaya: Guna Widya, 2010.