

Analisis Dinamis Sistem Kemudi Dan Sistem Pengereman Kendaraan Toyota Avanza Tipe G Tahun 2011

Ferdion Ardiansyach Putra¹, M. Abdulkadir^{2,*}, Harianto³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta
Jl. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281

*Corresponding author: abdulkadir@itny.ac.id.

Abstract

Along with the times, technological advances in the automotive sector are also developing rapidly. Its development covers various aspects, both in terms of model design, engine technology, suspension comfort, safety in driving, and other technological sophistication that can be found in the latest vehicles. Automotive manufacturers are starting to compete to add advanced features to their latest cars. The steering system functions to regulate the direction of the vehicle's speed by turning the front wheels in the direction the driver wants. The formulation of the problem in this research is to analyze the dynamic performance, steering system, and braking system on the 2011 Toyota Avanza Type G. The research method used is to analyze and compare the results with vehicle specifications. This thesis includes a dynamic analysis, steering system, and braking system Toyota Avanza type G in 2011. The results of this study include a maximum power of 91.7 PS smaller than the specifications issued by the manufacturer. The maximum torque of 134.41 Nm is greater than the specifications issued by the manufacturer. The 2011 Toyota Avanza type G takes 24.87 s to reach 160 km/h. This Toyota Avanza has the ability to climb a maximum of on a road with a slope of 50.99° using 1st gear. When the vehicle turns with an angle i exceeding 40°, the difference between the angle α trapezoid and the angle α Ackerman is getting bigger, this will cause vehicles to have the risk of the wheel slipping when turning because it does not reach the Ackerman condition it should. The proportions of the front and rear brake forces of the 2011 Toyota Avanza G type are 0.425 N and 0.576 N. This indicates that braking tends to the rear wheels, which means that the vehicle tends to understeer when the vehicle is braked.

Keywords: Dynamic Analysis, Steering System, Braking System, Automotive.

Abstrak

Seiring dengan kemajuan zaman, kemajuan teknologi pada bidang otomotif ikut berkembang dengan pesat. Perkembangannya meliputi berbagai aspek, baik dari segi desain model, teknologi mesin, kenyamanan suspensi, keamanan dalam berkendara, dan kecanggihan teknologi lainnya yang dapat ditemui di kendaraan terbaru. Para produsen otomotif mulai berlomba – lomba untuk menambahkan fitur – fitur canggih pada mobil terbaru buatan mereka. Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah untuk menganalisa kinerja dinamis, sistem kemudi, dan sistem pengereman pada kendaraan Toyota Avanza Tipe G tahun 2011. Metode penelitian yang digunakan adalah menganalisa dan membandingkan hasilnya dengan spesifikasi kendaraan. Penelitian ini mencakup analisis dinamis, sistem kemudi, dan sistem pengereman Toyota Avanza tipe G tahun 2011. Hasil dari penelitian ini mencakup daya

maksimal sebesar 91,7 PS lebih kecil dari spesifikasi yang dikeluarkan pabrikan. Torsi maksimalnya sebesar 134,41 Nm lebih besar dari spesifikasi yang dikeluarkan pabrikan. Toyota Avanza tipe G tahun 2011 memerlukan waktu 24,87 s untuk mencapai kecepatan 160 km/jam. Toyota Avanza ini memiliki kemampuan menanjak maksimal di jalan dengan kemiringan $50,99^\circ$ menggunakan gigi 1. Saat kendaraan berbelok dengan sudut δ_i melebihi dari 40° maka selisih sudut δ_o trapesium dengan sudut δ_o Ackerman semakin besar, ini akan menyebabkan kendaraan memiliki resiko roda akan slip ketika sedang berbelok karena tidak mencapai kondisi Ackerman yang seharusnya. Proporsi gaya rem bagian depan dan belakang dari Toyota Avanza tipe G tahun 2011 sebesar 0,425 N dan 0,576 N. Hal ini menunjukkan bahwa pengereman cenderung ke roda belakang yang artinya kendaraan akan cenderung *understeer* saat kendaraan di rem.

Kata kunci: konversi energi, perancangan, manufaktur, pengolahan material, teknik mesin.

PENDAHULUAN

Seiring dengan kemajuan zaman, kemajuan teknologi pada bidang otomotif ikut berkembang dengan pesat. Perkembangannya meliputi berbagai aspek, baik dari segi desain model, teknologi mesin, kenyamanan suspensi, keamanan dalam berkendara, dan kecanggihan teknologi lainnya yang dapat ditemui di kendaraan terbaru. Sistem kemudi berfungsi untuk mengatur arah laju kendaraan dengan membelokkan roda depan sesuai dengan arah yang diinginkan pengemudi. Sistem kemudi yang bekerja dengan benar akan memberikan pengendalian kendaraan yang presisi sehingga kendaraan nyaman untuk dikendarai. Sistem pengereman berfungsi untuk mengurangi kecepatan dan menghentikan laju kendaraan saat diperlukan. Sistem pengereman ini sangat penting bagi keselamatan pengendara dan penumpang kendaraan saat berkendara. Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah untuk menganalisa kinerja dinamis, sistem kemudi, dan sistem pengereman pada kendaraan Toyota Avanza Type G tahun 2011. Batasan pada penelitian ini adalah subjek analisis yang digunakan adalah kendaraan Toyota Avanza tipe G tahun 2011 dan analisisnya meliputi kinerja dinamis, sistem pengereman dan sistem kemudi dari kendaraan Toyota Avanza Type G tahun 2011. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja dinamis yang terjadi pada kendaraan Toyota Avanza Type G tahun 2011 dan menganalisis pergerakan dinamis, sistem kemudi dan sistem pengereman dari Toyota Avanza Type G tahun 2011. Dari penelitian ini diharapkan menambah ilmu pengetahuan tentang kinerja dinamis, sistem kemudi kendaraan dan sistem pengereman kendaraan dan mengetahui hasil kinerja dinamis dari kendaraan Toyota Avanza Type G tahun 2011.

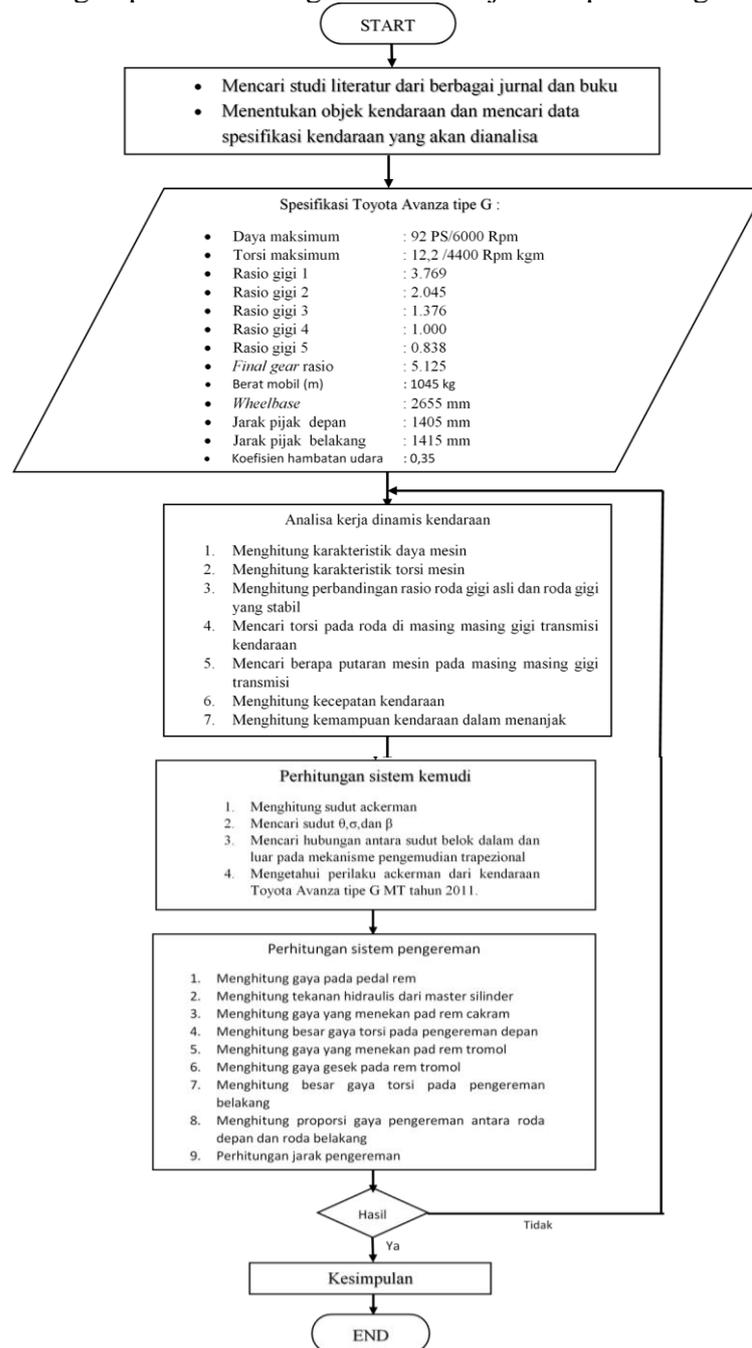
Agung wahyu saputro (2021), melakukan analisis kinerja dinamis, sistem pengereman, dan sistem kemudi pada Daihatsu Ayla Tipe 1.0 tahun 2017. Dari hasil analisis kinerja dinamis menyimpulkan bahwa spesifikasi kendaraan mendekati dengan spesifikasi pabrik. Pada sistem pengereman kendaraan saat berjalan pada kecepatan tinggi kemudian direm mendadak roda akan mengunci dan slip. Daihatsu ayla akan aman digunakan dalam kecepatan yang sewajarnya, karena dalam kondisi tertentu mobil dapat terguling ketika berbelok dalam kecepatan tinggi. Deajeng prameswari dan Yohanes (2019), menganalisa pengereman mobil multiguna pedesaan mendapatkan hasil perhitungan dan analisis adalah $Kbf=0,82$ dan $Kbr=0,18$. Nilai dari besar gaya rem depan adalah 5.181,34 N sedangkan untuk gaya rem belakang sebesar 1.100,58 N. Berdasarkan nilai proporsi pengereman, maka pada kondisi bermuatan kendaraan cenderung *understeer*, namun pada kondisi tanpa muatan kendaraan cenderung *oversteer*. Maka perlu adanya perbaikan pada sistem pengereman mobil multiguna pedesaan ini.

Fakih nurohman hadi (2016), menganalisa dan membandingkan performa dari kendaran toyota agya transmisi manual dengan toyota agya dengan transmisi otomatis. Dari hasil analisis

dan studi eksperimen didapat bahwa dengan kondisi mesin, dinamika kendaraan, dan sistem penyauran bahan bakar yang sama dari kedua kendaraan maka bisa dikatakan bahwa transmisi pada Agya G AT lebih baik dan lebih efektif jika dibandingkan dengan transmisi pada Agya G MT. Suminto (2009), menganalisis kemampuan menanjak kendaraan Mitsubishi L300 saat menanjak pada tanjakan dengan kemiringan sudut 30° , Berdasarkan hasil analisisnya maka di ambil kesimpulan bahwa mobil Colt L 300 Solar dapat menanjak sudut 30° dengan beban penuh dengan kecepatan 14 km/jam.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan prosedur sebagaimana ditunjukkan pada diagram alir berikut:



Gambar 1. Bagian alir penelitian

Cara Pengambilan Data

1. Mencari spesifikasi kendaraan yang akan dijadikan bahan analisis, dalam penelitian ini kendaraan yang digunakan adalah Toyota Avanza tipe G tahun 2011.
2. Mencari referensi tentang analisa dinamis, sistem kemudi, dan sistem pengereman.
3. Melakukan perhitungan analisis dinamis kendaraan Toyota Avanza tipe G tahun 2011 dengan menggunakan data dari spesifikasi yang sudah tersedia.
4. Melakukan perhitungan sistem kemudi yang meliputi menghitung ackerman pada kendaraan Toyota Avanza tipe G tahun 2011.
5. Melakukan perhitungan sistem pengereman pada kendaraan Toyota Avanza tipe G tahun 2011.
6. Setelah perhitungan selesai, dilakukan pengujian pada kendaraan, pengujiannya meliputi pengetestan pengereman dan kemampuan manajak kendaraan.

Alat dan Bahan

Bahan penelitian ini adalah kendaraan Toyota Avanza tipe G tahun 2011 dengan spesifikasi kendaraan sebagai berikut :



Gambar 2. Toyota Avanza Tipe G MT Tahun 2011

- a. Dimensi kendaraan :
 - Panjang total (*Overall Length*) : 4120 mm
 - Lebar total (*Overall Width*) : 1635 mm
 - Tinggi total (*Overall Height*): 1695 mm
 - *Wheelbase* : 2655 mm
 - Jarak pijak (*tread*) depan : 1405 mm
 - Jarak pijak (*tread*) belakang : 1415 mm
 - Berat kosong : 1045 kg
 - *Turning Radius* : 4700 mm
- b. Transmisi
Jenis transmisi yang digunakan adalah transmisi *5 Speed Manual*.
Rasio pada tiap roda gigi :
 - Rasio gigi 1 : 3.769
 - Rasio gigi 2 : 2.045
 - Rasio gigi 3 : 1.376
 - Rasio gigi 4 : 1.000
 - Rasio gigi 5 : 0.838
 - Rasio gigi mundur : 4.128
 - *Final gear* rasio : 5.125
- c. Mesin
 - Tipe mesin : K3-VE, 4 silinder, 16 katup, DOHC, VVT-i

- Isi silinder : 1298 cc
 - Bore x stroke : 72 mm x 79,2 mm
 - Daya maksimum : 92 PS/6000 Rpm
 - Torsi maksimum : 12,2 kgm/4400 Rpm
- d. Bahan bakar
- Sistem bahan bakar : *Electronic Fuel Injection (EFI)*
 - Jenis bahan bakar : Bensin
 - Kapasitas tangki : 45 liter
- e. Sistem pengereman
- Depan : Rem cakram (*disk brake*)
 - Belakang : Rem tromol (*drum brake*)
 - Ukuran ban : 195/50 R16

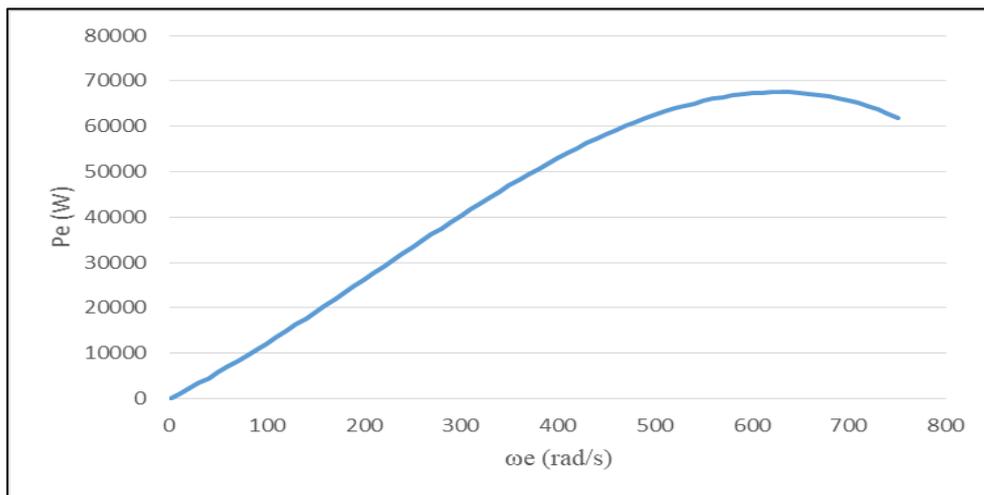
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Kinerja Dinamis Karakteristik Daya Mesin

Untuk menghitung daya mesin menurut Reza N Jazar (2008), dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_e = P_1\omega_e + P_2\omega_e^2 + P_3\omega_e^3$$

$$P_e = 107,59\omega_e + 0,171\omega_e^2 + -2,725 \times 10^{-4}\omega_e^3$$



Gambar 3. Grafik Unjuk Kerja Daya Mesin Toyota Avanza

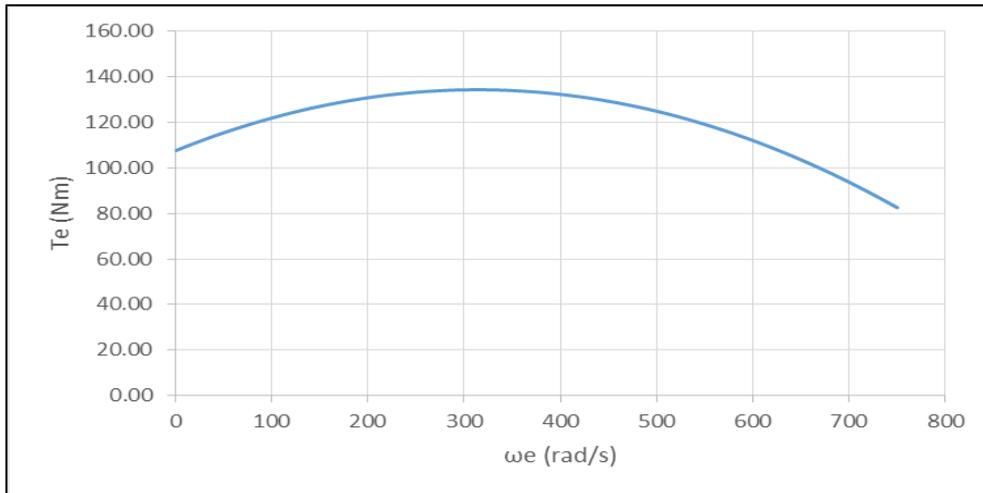
Pada grafik diatas dapat diketahui hubungan antara putaran mesin dengan daya kendaraan. Saat kecepatan putaran mesin mulai naik, maka daya pada mesin mobil juga ikut naik sampai putaran mesin 630 rad/s (6000 Rpm) maka daya yang dihasilkan mesin kendaraan sudah mencapai titik tertinggi yaitu pada 67513,79 W. Pada spesifikasi teknis yang dikeluarkan oleh pabrikan, Toyota Avanza tipe G tahun 2011 menghasilkan daya maksimal 92 PS (67600 W) pada putaran mesin 6000 Rpm. Apabila dibandingkan dengan hasil perhitungan, maka dapat disimpulkan bahwa daya maksimal hasil perhitungan mendekati yang tertera pada spesifikasi kendaraan.

Karakteristik Torsi Kendaraan

Untuk menghitung torsi mesin menurut Reza N Jazar (2008), dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$T_e = P_1 + P_2\omega_e + P_3\omega_e^2$$

$$P_e = 107,59 + 0,171\omega_e + -2,725 \times 10^{-4}\omega_e^2$$



Gambar 4. Grafik Unjuk Kerja Torsi Mesin Toyota Avanza

Pada grafik diatas dapat diketahui hubungan antara putaran mesin dengan torsi kendaraan. Saat kecepatan putaran mesin mulai naik, maka daya pada mesin mobil juga ikut naik sampai putaran mesin 320 rad/s (3054 Rpm) maka torsi yang dihasilkan mesin kendaraan sudah mencapai titik tertinggi yaitu pada 134,41 Nm. Pada spesifikasi teknis yang dikeluarkan oleh pabrikan, Toyota Avanza tipe G tahun 2011 menghasilkan torsi maksimal 12,2 kgm (119,6 Nm) pada putaran mesin 4400 Rpm. Apabila dibandingkan dengan hasil perhitungan, maka dapat disimpulkan bahwa torsi maksimal yang tertera pada spesifikasi lebih kecil daripada hasil perhitungan.

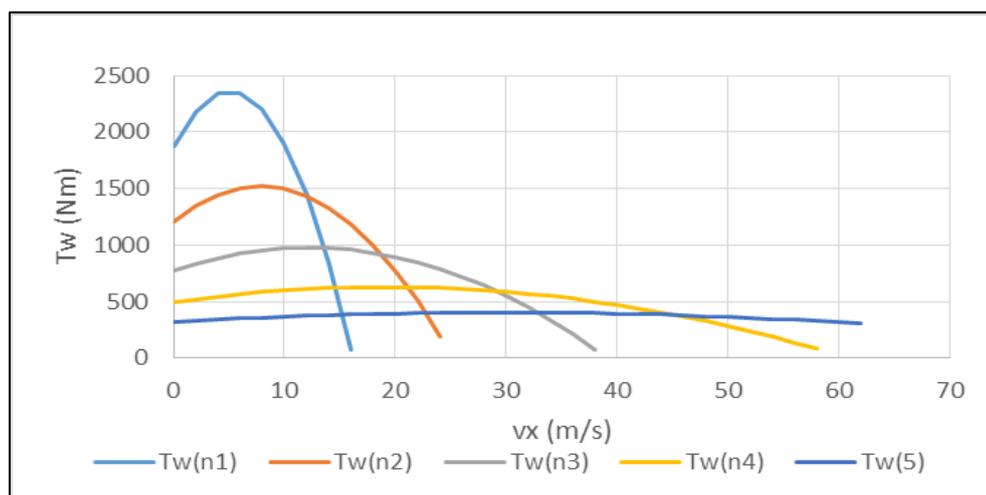
Mencari Perbandingan Rasio Roda Gigi Asli dan Rasio Roda Gigi Yang Stabil

Dari perhitungan perbandingan rasio roda gigi stabil, didapatkan rasio roda gigi stabil dari kendaraan Toyota Avanza tipe G tahun 2011 adalah $n_1=3,769$, $n_2=2,423$, $n_3=1,558$, $n_4=1,002$, dan $n_5=0,644$.

Mencari Torsi Roda Pada Masing-Masing Gigi Transmisi Kendaraan

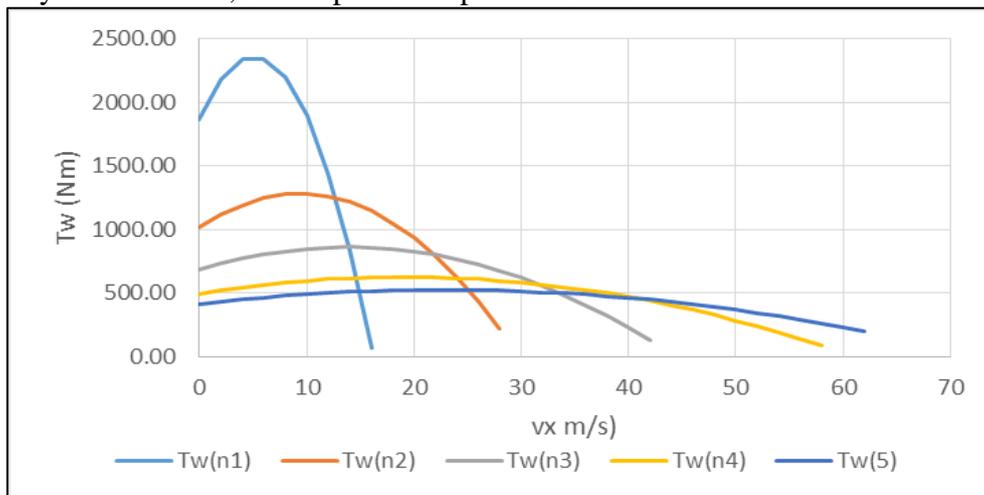
Untuk menghitung torsi pada masing-masing gigi transmisi menurut Reza N Jazar (2008), dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$T_w = \eta_i \eta_d (P_1 + P_2 \left(\frac{\eta_i \eta_d}{R_w} V_x \right) + P_3 \left(\frac{\eta_i \eta_d}{R_w} V_x \right)^2)$$



Gambar 5. Grafik Torsi Pada Roda Gigi Rasio Stabil

Pada tabel dan grafik diatas, menunjukkan torsi yang dihasilkan di roda kendaraan dengan menggunakan rasio roda gigi stabil. Pada gigi ke-1 torsi maksimalnya sebesar 2347,37 Nm pada kecepatan 6 m/s. Pada gigi ke-2 torsi maksimalnya sebesar 1519,65 Nm pada kecepatan 8 m/s. Pada roda gigi ke-3 torsi maksimalnya sebesar 977,09 Nm pada kecepatan 12 m/s. Pada gigi ke-4 torsi maksimalnya sebesar 628,15 Nm pada kecepatan 20 m/s. Pada gigi ke-5 torsi maksimalnya sebesar 403,91 Nm pada kecepatan 30 m/s. Pada grafik dibawah adalah hasil perhitungan torsi pada roda kendaraan menggunakan rasio roda gigi asli. Pada roda gigi ke-1 torsi maksimalnya sebesar 2347,37 Nm pada kecepatan 6 m/s. Pada roda gigi ke-2 torsi maksimalnya sebesar 1281,32 Nm pada kecepatan 10 m/s. Pada roda gigi ke-3 torsi maksimalnya sebesar 863,02 Nm pada kecepatan 14 m/s. Pada roda gigi ke-4 torsi maksimalnya sebesar 626,92 Nm pada kecepatan 20 m/s. Pada roda gigi ke-5 torsi maksimalnya sebesar 525,46 Nm pada kecepatan 22 m/s.



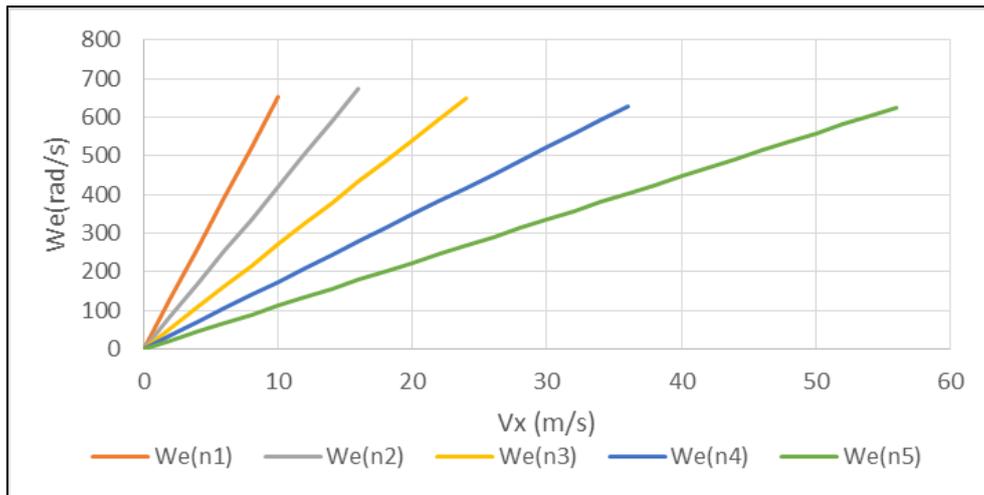
Gambar 6. Grafik Torsi Pada Tiap Roda Gigi Transmisi

Dari dua grafik diatas, dapat disimpulkan bahwa torsi maksimal yang di hasilkan pada roda gigi stabil dan pada roda gigi asli pada gigi ke-1 sama besarnya dan diraih pada kecepatan yang sama. Sedangkan pada roda gigi ke 2, 3, 4, dan 5 torsi maksimal yang dihasilkan berbeda, pada roda gigi stabil torsi maksimal yang dihasilkan lebih besar dan dapat diarah di kecepatan yang lebih rendah daripada torsi maksimal yang dihasilkan roda gigi asli.

Mencari Putaran Mesin Pada Masing-Masing Gigi Transmisi Dengan Menggunakan Rasio Roda Gigi Stabil

Untuk menghitung putaran mesin pada tiap gigi transmisi menurut Reza N Jazar (2008), dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\omega_e = \frac{n_i n_d}{R_w} v_x$$



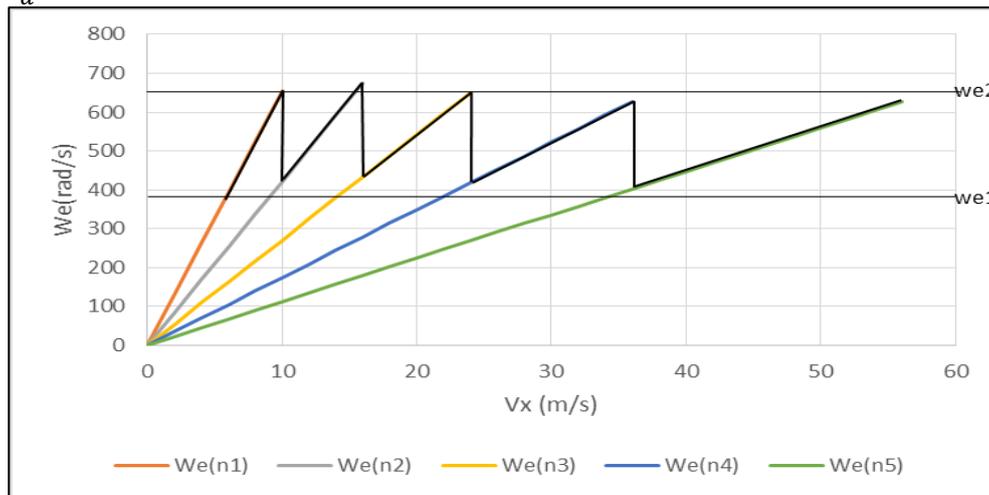
Gambar 7. Grafik Putaran Mesin Pada Masing-Masing Gigi

Dapat dilihat pada tabel dan grafik diatas bahwa kecepatan maksimal kendaraan Toyota Avanza tipe G tahun 2011 adalah 56 m/s dapat diraih pada putaran mesin 626,54 rad/s pada gigi 5.

Mencari Kecepatan Dengan Menggunakan Rasio Roda Gigi Transmisi

Untuk menghitung kecepatan kendaraan menurut Reza N Jazar (2008), dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$V_n^5 = \frac{R_w}{n_5 n_d} \omega_e$$



Gambar 8. Grafik Daerah Kerja Pembagian Kecepatan Tiap Gigi Transmisi

Dari grafik diatas didapatkan bahwa pembagian kerja disetiap gigi transmisi pada gigi ke-1 daerah kerja kecepatannya dimulai 5 m/s sampai 10 m/s. Pada gigi ke-2 daerah kerja kecepatannya dimulai dari 10 m/s sampai 16 m/s. Pada gigi ke-3 daerah kerja kecepatannya dimulai dari 16 m/s sampai 24 m/s. Pada gigi ke-4 daerah kerja kecepatannya dimulai dari 24 m/s sampai 36 m/s. Dan pada gigi ke-5 daerah kerja kecepatannya di mulai dari 36 m/s sampai 56 m/s. Jumlah waktu yang diperlukan kendaraan untuk mencapai kecepatan maksimalnya adalah :

$$T_{total} = t_0 + t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + (5 \times 0,47)$$

$$T_{total} = 2,58 + 1,67 + 2,59 + 3,98 + 6,11 + 5,49 + (5 \times 0,47)$$

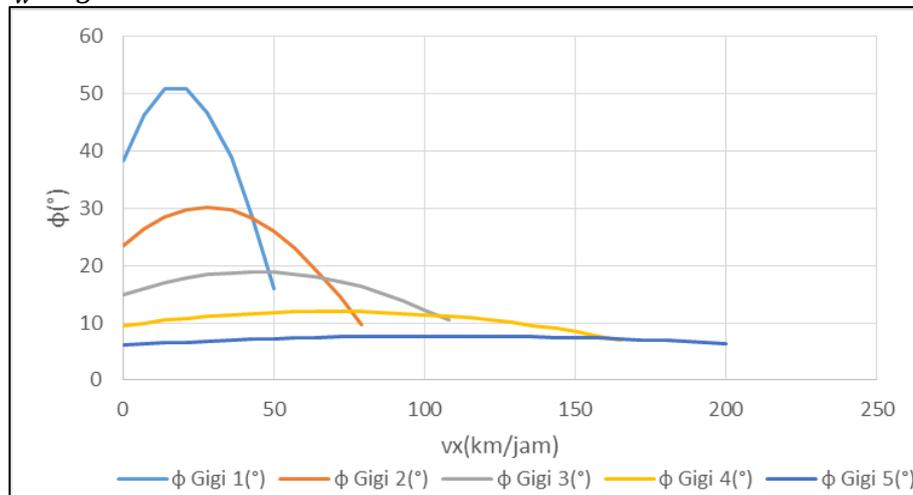
$$T_{total} = 24,87 \text{ s}$$

Jadi waktu yang diperlukan kendaraan Toyota Avanza tipe G tahun 2011 dari kecepatan 0 m/s sampai kecepatan 44,6 m/s adalah 24,87 s.

Mencari Kemampuan Menanjak Kendaraan Toyota Avanza Tipe G

Untuk menghitung kemampuan menanjak kendaraan menurut Reza N Jazar (2008), dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\phi = \text{asin} \frac{T}{R_w m g}$$



Gambar 9. Grafik Kemampuan Menanjak Pada Tiap Gigi Transmisi.

Dari grafik perhitungan di atas didapatkan bahwa kemampuan menanjak maksimal mobil Toyota Avanza tipe G tahun 2011 pada roda gigi ke-1 adalah sebesar 50,99° pada pada kecepatan 21,6 Km/jam (6 m/s). Sedangkan pada roda gigi ke-2 kemampuan menanjaknya sebesar 30,20° pada kecepatan 28,8 Km/jam (8 m/s). Pada roda gigi ke-3 kemampuan menanjaknya sebesar 18,87° pada kecepatan 43,2 Km/jam (12 m/s). Pada roda gigi ke-4 kemampuan menanjaknya sebesar 12° pada kecepatan 64,8 Km/jam (18 m/s). Dan pada roda gigi ke-5 kemampuan menanjaknya sebesar 7,68° pada kecepatan 100,8 Km/jam (28 m/s). Sehingga dapat diketahui bahwa kemampuan menanjak maksimal mobil Toyota Avanza tipe G tahun 2011 adalah pada jalan menanjak dengan kemiringan 50,99° dengan menggunakan gigi ke-1 pada kecepatan 21,6 Km/jam. Kemudian dilakukan pengetesan menanjak. Kendaraan di uji coba pada jalan menanjak dengan meniringan sekitar 20° dengan keadaan awal berhenti. Kendaraan mampu menanjak dengan menggunakan gigi 1 dengan kecepatan 20 km/jam sampai ke akhir tanjakan. Jadi setelah melakukan perhitungan dan uji coba menanjak, didapatkan bahwa kendaraan Toyota Avanza tipe G tahun 2011 mampu menanjak dengan pada jalan menanjak dengan kemiringan sudut 20° dengan kecepatan 20 km/jam.

Analisa Sistem Kemudi

Untuk menghitung berbandingan Antara ackerman dengan sistem kemudi trapesium menurut Reza N Jazar (2008), dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$C, D = W - (2 d \sin\beta)$$

$$\tau = \left(\frac{\pi}{2}\right) - \delta_i - \beta$$

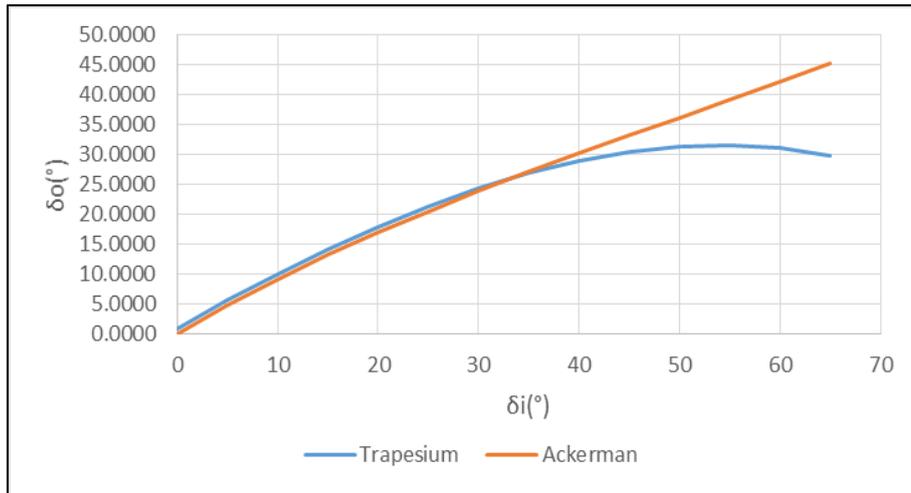
$$C, B = \sqrt{W^2 + d^2 - 2 W d \cos\tau}$$

$$\sin \theta = \frac{d}{C, B \sin\tau}$$

$$\cos \sigma = \frac{W^2 + C, B^2 - C, D^2}{2d C, B}$$

$$\delta_0 = \beta + \theta + \sigma - \left(\frac{\pi}{2}\right)$$

$$\cot\delta_0 - \cot\delta_i = \frac{w}{l}$$



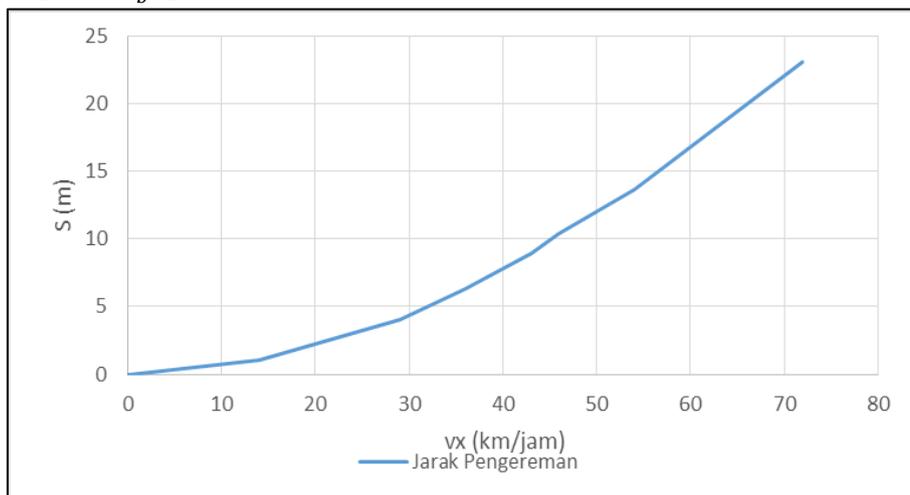
Gambar 10. Grafik Perbandingan Antara Sudut δ_i Dan δ_o Sistem Kemudi Trapezium Dengan Ackerman

Dari grafik diatas, dapat diketahui kendaraan Toyota Avanza tipe G tahun 2011 dengan menggunakan sudut β 18° , sudut δ_o trapezium dengan sudut δ_o ackerman memiliki selisih sudut. Jika kendaraan berbelok dengan sudut δ_i melebihi dari 40° maka selisih sudut δ_o trapezium dengan sudut δ_o ackerman semakin besar. Hal ini akan menyebabkan kendaraan akan memiliki resiko roda akan slip ketika kendaraan sedang berbelok karena tidak mencapai kondisi ackerman yang seharusnya.

Perhitungan Analisa Sistem Pengereman

Untuk menghitung kemampuan pengereman kendaraan menurut Reza N Jazar (2008), dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$S = \frac{\gamma_m m}{2g C_D} \ln \left[1 + \frac{C_D V_1^2}{F_b} \right]$$



Gambar 11. Grafik Kemampuan Pengereman Kendaraan

Dari grafik kemampuan pengereman, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kecepatan kendaraan saat melaju di jalan, maka semakin besar juga jarak pengereman yang dibutuhkan kendaraan agar dapat berhenti. Setiap kendaraan yang bergerak tidak dapat langsung berhenti begitu saja. Setelah melakukan perhitungan, dilakukan percobaan pengetesan pengereman. Percobaan pengetesan pengereman dilakukan dengan tiga variasi kecepatan, yaitu pada kecepatan 10 km/jam, 20 km/jam, dan 30 km/jam. Setelah dilakukan percobaan pengetesan pengereman, didapatkan bahwa untuk pengereman dengan kecepatan 10

km/jam Toyota Avanza memerlukan jarak pengereman sepanjang 1,14 meter untuk berhenti. Pada kecepatan 20 km/jam memerlukan jarak pengereman sepanjang 2,2 meter untuk kendaraan berhenti. Sedangkan pada kecepatan 30 km/jam memerlukan jarak pengereman sepanjang 3,64 meter untuk kendaraan berhenti.

Jika di bandingkan dengan hasil perhitungan diatas, jarak pengereman kendaraan saat dilakukan pengetestan pengereman dengan hasil perhitungan memiliki perbedaan. Pada kecepatan 10 km/jam saat pengetestan memerlukan jarak pengereman yang lebih panjang dari hasil perhitungan yang sudah dilakukan. Sedangkan pada kecepatan 20 km/jam jarak pengeremannya memiliki sedikit perbedaan dengan hasil perhitungan. Pada kecepatan 30 km/jam saat pengetestan jarak pengereman jarak pengeremannya lebih pendek dari hasil perhitungan yang sudah dilakukan.

KESIMPULAN

Dari perhitungan dan analisa yang sudah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan kinerja mesin kendaraan, daya yang dihasilkan kendaraan sebesar 67513,79 W (91,7 PS) lebih kecil dari spesifikasi kendaraan. Torsi mesin yang dihasilkan sebesar 134,41 Nm lebih besar dari spesifikasi kendaraan.
2. Kendaraan Toyota Avanza tipe G tahun 2011 untuk mencapai kecepatan 160 km/jam membutuhkan waktu selama 24,87 s.
3. Kemampuan menanjak maksimal mobil Toyota Avanza tipe G tahun 2011 adalah pada jalan menanjak dengan kemiringan $50,99^\circ$ dengan menggunakan gigi ke-1 pada kecepatan 21,6 km/jam.
4. Saat kendaraan berbelok dengan sudut δ_i melebihi dari 40° maka selisih sudut δ_o trapesium dengan sudut δ_o Ackerman semakin besar, ini akan menyebabkan kendaraan memiliki resiko roda akan slip ketika sedang berbelok karena tidak mencapai kondisi Ackerman yang seharusnya.
5. Proporsi gaya rem bagian depan dan belakang dari Toyota Avanza tipe G tahun 2011 sebesar 0,425 dan 0,576 . Hal ini menunjukkan bahwa pengereman cenderung ke roda belakang yang artinya kendaraan akan cenderung *understeer* saat kendaraan di rem.
6. Semakin besar kecepatan kendaraan saat melaju di jalan, semakin besar juga jarak yang dibutuhkan kendaraan untuk berhenti dengan sempurna.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

REFERENSI

- Agung, W. S. (2021). *Menganalisis Kinerja Dinamis Dan Sistem Kemudi Mobil Daihatsu Ayla Tipe 1.0 MT 2017*. Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
- Deajeng Prameswari, dan Yohanes. (2019). *Analisa Sistem Pengereman pada Mobil Multiguna Pedesaan*. Jurnal Teknik ITS Vol. 8, No. 1, Institut Teknologi Sepuluh November.
- Fakhri, H. N. (2016). *Analisa Dan Studi Eksperimen Peforma Toyota Agya Yang Menggunakan Transmisi Manual Dengan Toyota Agya Yang Menggunakan Transmisi Otomatis*, PhD Thesis. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Reza N. Jazar (2008). *Vehicle Dynamics Theory and Application*. Springer Science+Business Media. New York.
- Suminto. (2009). *Analisis Kecepatan Kendaraan Mobil Colt L00 Solar Saat Menanjak 30° Dengan Beban Penuh Trayek Pekanbaru - Pasir Pengaraian*, Jurnal Aptek, Politeknik Negeri Sriwijaya