

Kinerja Dinamis dan Sistem Kemudi Mobil Daihatsu Ayla Tipe 1.0 MT 2017

Dynamic Performance and Steering System of Daihatsu Ayla Type 1.0 MT 2017

Agung Wahyu Saputra¹, M. Abdulkadir², Aris Warsita², Daru Sugati^{3*}

^{1,2,3} Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

**Email Korespondensi : daru.tm@itny.ac.id*

Email : AgungWahyu.YK@gmail.com

Email : Ariswarsita@itny.ac.id

ABSTRAK

Sistem independen yang saling terkait untuk menciptakan prinsip gerakan maupun stabilitas pengendaliannya merupakan sistem penting yang ada pada sarana transportasi. Sistem penunjang transportasi kususny pada mobil yang cukup vital adalah sistem kemudi dan sistem kinerja dinamis mesin. Keduanya memiliki peran penting sebagai penunjang stabilitas dan performa dalam operasional mobil. Publikasi ini menjelaskan studi analisis dinamika penggerakan kendaraan, analisis sistem pengereman, serta analisis sistem kemudi (Ackerman). Tujuan dari penelitian ini menganalisis sistem kemudi dan kinerja dinamis mobil yang sangat populer di Indonesia, yaitu Daihatsu Ayla tipe 1.0 MT tahun 2017. Hasil menunjukkan bahwa daya puncak mobil 65,8 Ps pada 5920 rpm, torsi puncak 96,47 Nm pada 3600 rpm, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kecepatan maksimal 55,5 m/s adalah 27,053 s. Selain itu karena Daihatsu Ayla adalah mobil berpenggerak depan, distribusi pengereman cenderung di roda depan karena berat mobil cenderung lebih berat di bagian depan. Daihatsu Ayla juga memiliki batas kecepatan aman ketika berbelok, apabila mobil berbelok melewati batas kecepatan, resiko mobil tergelincir dan terguling akan semakin besar.

Kata kunci: sistem kemudi, pengereman, kinerja dinamis, ackerman, Daihatsu Ayla tipe 1.0 MT tahun 2017

ABSTRACT

Independent interrelated systems to create the principle of movement and stability of its control are important systems in transportation facilities. The car's quite vital supporting systems are the steering system and the engine's dynamic performance system. Both have an important role in supporting stability and performance in the daily operation of the car. This paper describes the study of vehicle drive dynamics analysis, braking system analysis, and steering system analysis (Ackerman). The purpose of this study is to analyze the steering system and dynamic performance of a very popular car in Indonesia, namely the 2017 Daihatsu Ayla 1.0 MT type. The results show that the car's peak power is 65.8 Ps at 5920 rpm, peak torque is 96.47 Nm at 3600 rpm, the time required to reach a maximum speed of 55.5 m / s is 27.053 s. In addition, because the Daihatsu Ayla is a front-wheel drive car, the braking distribution tends to be on the front wheels because the weight of the car tends to be heavier at the front. Daihatsu Ayla also has a safe speed limit when turning, if the car turns beyond the speed limit, the risk of the car slipping and rolling over will be greater.

Keyword : *steering system, braking, dynamic performance, ackerman, Daihatsu Ayla type 1.0 MT year 2017*

PENDAHULUAN

Salah satu jenis mobil yang sangat populer di Indonesia adalah mobil LCGC (*Low Cost Green Car*) yang merupakan mobil murah dan ramah lingkungan. Mobil murah ini memang menjadi salah satu daya tarik konsumen, dikarenakan perusahaan mobil menawarkan teknologi berkualitas dengan penawaran harga terjangkau oleh konsumen. Contohnya pada tahun 2017 perusahaan Daihatsu yang sukses memasarkan mobil Ayla tipe 1.0 MT. Perusahaan Daihatsu merancang sistem percepatan, pengereman, dan sistem kemudi pada mobil Ayla tipe 1.0 MT tahun 2017 dengan teknologi yang baik. Seluruh komponen sudah dihitung gaya-gayanya yang akan bekerja, sistem kemudinya pun sudah dirancang supaya pengemudinya dapat mengendalikan nyaman dan aman. Performa dari Daihatsu Ayla tipe 1.0 MT tahun 2017 pun sudah termasuk mumpuni, walaupun hanya menggunakan mesin 1000 cc. Berdasarkan data yang berasal dari Gaikindo (Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesia) mobil tipe LCGC menjadi segmen dengan penjualan

terbesar di Indonesia. Salah satu mobil tipe LCGC yang menjadi paling laris adalah Daihatsu Ayla tipe 1.0 MT tahun 2017[1].

Daihatsu Ayla tipe 1.0 MT tahun 2017 sudah dilengkapi dengan sistem kemudi *steering system* yang memungkinkan memberi kenyamanan pengemudi dalam membelokan arah kendaraan oleh roda depan yang mengacu pada roda pengarah, sehingga dapat berbelok kekanan atau kekiri berdasarkan arah putaran *steer* kemudi. Sistem kemudi merupakan sistem yang sangat penting karena digunakan mengatur jalannya kendaraan sesuai yang diinginkan. Sistem kemudi harus dapat bekerja bersama-sama dengan sistem suspensi dan sistem pengereman, kondisi tersebut dimaksudkan untuk memperoleh kemudahan dan kenyamanan dalam mengemudi[2]. Ketika kendaraan berbelok secara tajam, sistem kemudi harus dapat memutar roda pengarah depan dengan tajam namun harus tetap mudah dan lembut, membelokan dengan mudah dan rasa nyaman bagi pengemudi merupakan faktor terpenting ketika kecepatan rendah sistem kemudi harus lebih ringan dan lebih rendah pada kecepatan tinggi. Recovery sistem kemudi juga harus lembut dan halus setelah kendaraan berbelok roda pengarah depan akan kembali keposisi lurus. Penelitian ini akan berfokus merekalkulasi sistem percepatan, pengereman, dan sistem kemudi. Sehingga dapat memberikan informasi kepada penulis maupun calon pembeli agar dapat mengetahui performa secara detail mengenai mobil Daihatsu Ayla Tipe 1.0 MT Tahun 2017.

METODE PENELITIAN

Kendaraan khususnya mobil yang sedang bergerak dari satu tempat ke tempat yang lain tentunya akan mendapatkan gaya dorong yang digunakan untuk bergerak dan hambatan yang terjadi ketika kendaraan tersebut bergerak. Sedangkan ketika kendaraan berbelok roda yang berdekatan dengan permukaan lingkaran harus berjalan dengan jari-jari yang lebih kecil dari permukaan luarnya[3], [4]. Jari-jari putar ditentukan toe, dimana perbedaan jari-jari pusat putaran kedua roda pada satu titik dimaksudkan untuk mencegah roda selip yang dapat mempercepat kebotakan pada ban dan mencegah terjadinya bunyi karena skid. Dalam pengujian ini kendaraan yang digunakan mobil Daihatsu Ayla Tipe 1.0 MT Tahun 2017 dengan spesifikasi yang diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi mobil Daihatsu Ayla Tipe 1.0 MT Tahun 2017

komponen	Spesifikasi
Tipe Mesin	1KR-DE DOHC 3 silinder segaris 12 katup
Kapasitas	998 cc
Daya Maksimum	(65-67) PS atau 64,1 hp pada 6.000 rpm
Torsi Maksimum	(85-89) Nm pada (3.600-4.400) rpm.
Transmisi	Manual 5-percepatan
Panjang	3.640 mm
Lebar	1.600 mm
Tinggi	1.520 mm
Jarak Sumbu Roda	2.455 mm
Kapasitas Tangki Bahan Bakar	33Liter
Kapasitas Tempat Duduk	5 orang.

Dalam pengujian dilakukan investigasi mengenai sistem percepatan, pengereman, dan sistem kemudi mobil Daihatsu Ayla Tipe 1.0 MT Tahun 2017 berdasarkan teori yang telah dipelajari sebagai berikut, Karakteristik daya dan torsi [3], [4], [5] mesin dapat diperoleh menggunakan persamaan (1) dan (2).

Daya mesin

$$P = P_1\omega_e + P_2\omega_e^2 + P_3\omega_e^3 \quad (1)$$

Torsi

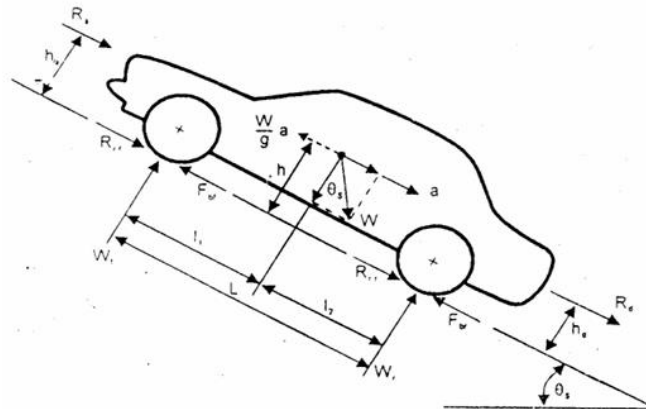
$$T = P_1 + P_2\omega_e + P_3\omega_e^2 \quad (2)$$

Kemampuan kendaraan menanjak dapat dihitung menggunakan persamaan (3) yang berkaitan dengan sudut kemiringan jalan yang biasa didefinisikan ϕ , kondisi tanjakan yang dianggap maksimum pada kemiringan 30° yang diperlihatkan pada Gambar 1.

$$\phi = \arcsin \frac{T}{R_w m g} \quad (3)$$

Pengereman [6][7] dilakukan dengan tujuan untuk memperlambat laju kendaraan, efisiensi pengereman dapat dihitung menggunakan persamaan (4).

$$\eta b = \frac{D_{xt}}{\mu p} \times 100\% \tag{4}$$



Gambar 1. Reaksi kendaraan menanjak

Sistem kemudi ketika kendaraan berbelok akibat gaya kesamping memungkinkan kendaraan akan mengalami *skid* (selip)[5]. Jika skid terjadi pada roda depan kemungkinan akan cenderung terjadi *under steer*, sedangkan jika terjadi pada roda belakang akan cenderung *over steer*. *Skid* pada saat berbelok dapat sangat berbahaya karena membuat kendaraan sulit untuk dikendalikan. Pada Gambar 2 diperlihatkan skema kendaraan saat berbelok. Kecepatan maksimum *skid* pada jalan datar dan miring dapat dihitung dengan persamaan (5) dan (6).

Kecepatan maksimum *skid* jalan datar dapat diperoleh dari,

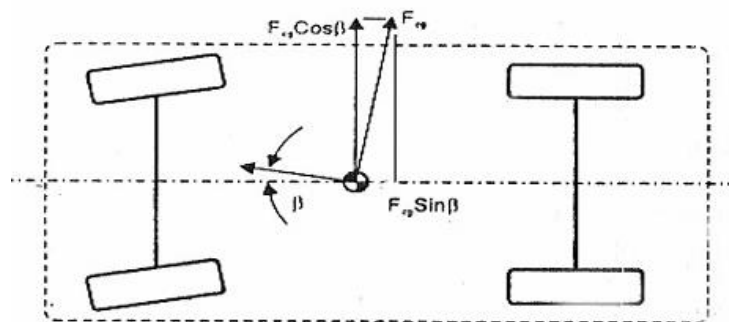
$$V_{sf} = \sqrt{\frac{R_n g}{W} \left[\frac{\mu b (w)}{b \cos \beta - \mu \sin \beta} \right]} \tag{5}$$

Kecepatan maksimum *skid* jalan miring dapat diperoleh dari,

$$V_{sf} = \sqrt{\frac{R_n g}{W} \left[\frac{(\mu b (w \cos \theta)) + (b w \sin \theta)}{b (\cos \beta \cos \theta - \mu \sin \beta \cos \theta) h \mu \sin \beta} \right]} \tag{6}$$

Sudut *skid* roda dapat diperoleh,

$$\alpha_f = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \tag{7}$$



Gambar 2. Reaksi kendaraan berbelok

Radius putar kendaraan berdasarkan kemampuan kendaraan berbelok merupakan peranan yang sangat penting dalam sistem kemudi yang diperlihatkan pada Gambar 3. Kemampuan kendaraan berbelok dengan jari-jari terkecil diilustrasikan pada Gambar 3 sudut ackerman. Sudut ackerman dapat dihitung dengan persamaan (8).

$$\text{Cot } \delta_o - \text{Cot } \delta_i = \frac{w}{l} \tag{8}$$

Sudut δ_o dapat diperoleh,

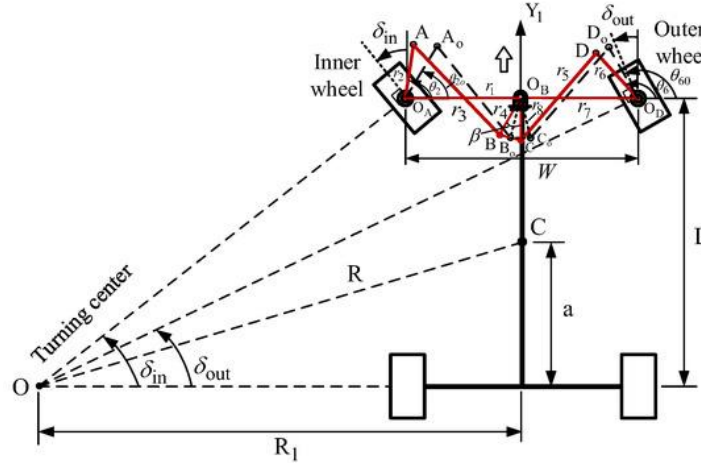
$$\delta_o = (\theta + \sigma + \beta - \frac{\pi}{2}) \tag{9}$$

Radius belok ackerman dapat diperoleh,

$$R_{ack} = \left(\frac{L}{\delta_f}\right) 57.29 \tag{10}$$

Sudut *side slip* (β) dapat diperoleh,

$$\beta = \text{arc sin}\left(\frac{lr}{R_{ack}}\right) \tag{11}$$



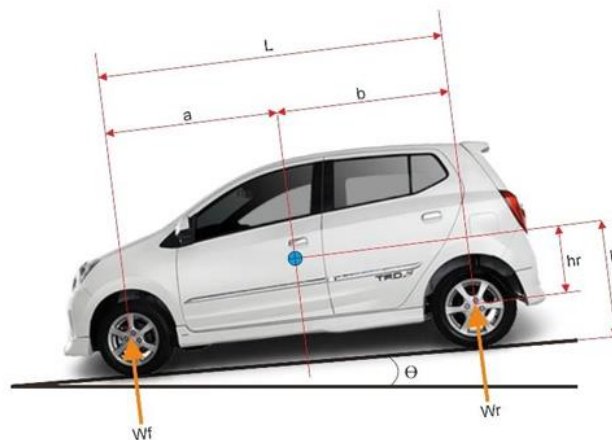
Gambar 3. Sistem kemudi ackerman

HASIL DAN ANALISIS

Pada bagian ini membahas mengenai hasil pengujian yang telah dilakukan dari mencari letak posisi titik berat mobil (*center of gravity*) dalam kondisi kosong atau tanpa penumpang, analisis daya dan torsi, dan sistem kemudi[8]. Untuk mencari letak titik berat mobil dapat dilakukan dengan menimbang massa mobil bagian depan dan belakang pada posisi datar kemudian mobil didongkrak dengan ketinggian 11 cm, yang mana dengan ketinggian tersebut dapat memberikan sudut tukikan sebesar 2.57° yang diperlihatkan pada Gambar 4.

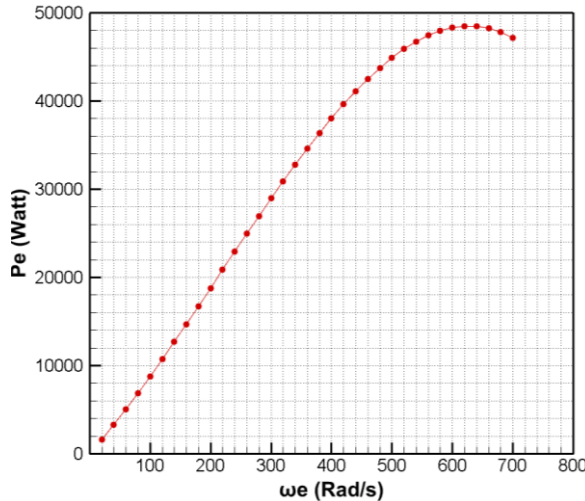
1. Karakteristik Daya dan Torsi

Pada spesifikasi teknis yang dipublikasi oleh pabrikan, tertera daya maksimalnya adalah 65 Ps pada putaran maksimal 6000 rpm . Apabila dibandingkan dengan hasil perhitungan, maka dapat disimpulkan bahwa daya maksimal yang tertera pada spesifikasi teknis lebih besar daripada hasil perhitungan. Pada Gambar 5 dapat diketahui hubungan antara putaran mesin dengan daya mobil, saat kecepatan mesin mulai naik maka daya mesin mobil pun ikut naik sampai putaran mencapai 620 rad/s maka daya mobil telah mencapai titik tertinggi pada 48454,9 W. Apabila putaran mesin terus ditambah melebihi 620 rad/s maka daya mobil pun akan berangsur-angsur menurun sampai dengan putaran maksimal mesin pada putaran 700 maka daya mesin mobil akan turun sampai 47142,2 W.

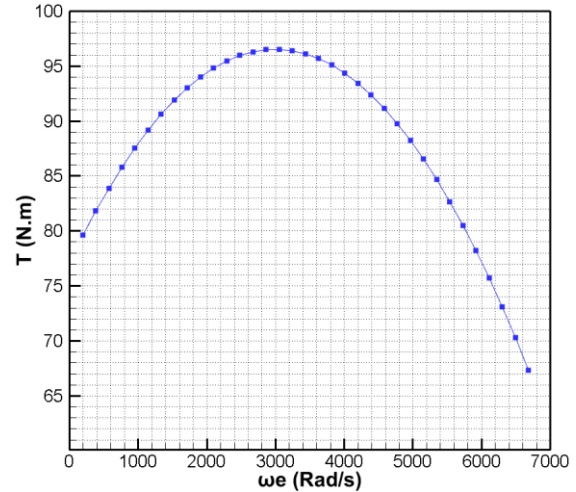


Gambar 4. Menimbang massa mobil pada posisi miring

Pada Gambar 6 dapat diketahui hubungan antara putaran mesin dengan torsi mobil, saat kecepatan putar mesin mulai naik maka torsi mesin mobil pun akan naik sampai putaran mencapai 320 rad/s maka torsi mesin mobil telah mencapai 96,47 Nm. Apabila putaran mesin terus ditambah melebihi 320 rad/s maka torsi mesin mobil pun akan berangsur-angsur turun sampai dengan putaran maksimal mesin 700 rad/s, maka torsi mobil akan turun sampai 67,35 Nm. Pada spesifikasi teknis yang dipublikasi oleh pabrikan, tertulis torsi maksimal adalah 86 Nm pada putaran maksimal 3600 rpm (377 rad/s). Apabila dibandingkan dengan hasil perhitungan, maka dapat disimpulkan bahwa torsi maksimal yang tertera pada spesifikasi teknis lebih kecil daripada hasil perhitungan.



Gambar 5. Karakteristik Daya



Gambar 6. Karakteristik Torsi

2. Kecepatan dan kemampuan menanjak

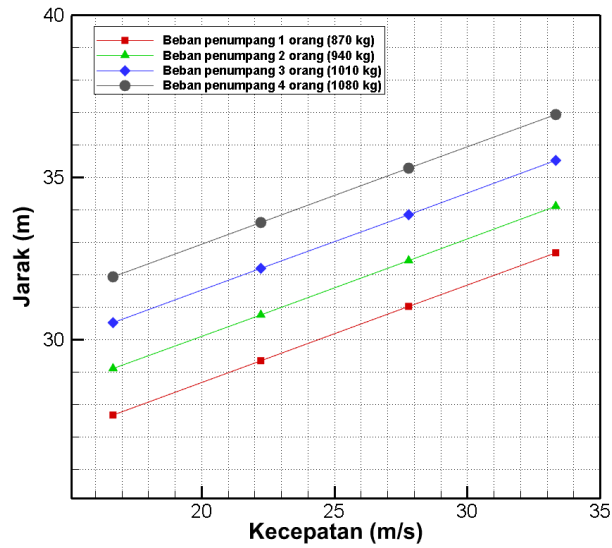
Kecepatan maksimal 56 m/s (200 km/jam) dapat diraih di putaran mesin 6264 rpm pada gigi ke-5. Selain itu waktu yang dibutuhkan dari kecepatan 0 sampai mencapai kecepatan maksimum 56 m/s (200 km/jam) adalah sebesar 27,053 s. Sedangkan kemampuan menanjak maksimal mobil dengan menggunakan rasio roda gigi yang stabil adalah 31,76° pada gigi ke-1 dengan kecepatan 6 m/s (21 km/jam), pada gigi kedua adalah 12,87° dengan kecepatan 8 m/s, pada gigi ketiga adalah 8,18 derajat dengan kecepatan 12 m/s (43,2 km/jam), pada gigi ke-4 adalah 5,65° dengan kecepatan 16 m/s (56 km/jam) dan pada gigi ke-5 adalah 4,62° dengan kecepatan 20 m/s (72 km/jam). Sehingga dapat diketahui bahwa kemampuan menanjak maksimal mobil Daihatsu Ayla adalah pada jalan menanjak dengan kemiringan 31,76° menggunakan gigi ke-1 pada kecepatan 6 m/s (21 km/jam).

3. Stabilitas Pengereman

Kestabilan kendaraan secara kebutuhan sistem diperlihatkan pada Tabel 2, dimana pada penumpang 1 orang (870 kg) (a/g)f = 3378,72 dan (a/g)r = 3826,05. Pada penumpang 2 orang (940 kg) (a/g)f = 3607,67 dan (a/g)r = 3757,64. Pada penumpang 3 orang (1010 kg) (a/g)f = 3641,66 dan (a/g)r = 3779,73. Hal ini menunjukkan bahwa arah kestabilan kendaraan adalah cenderung *understeer*. Namun pada penumpang 4 orang (1080 kg) (a/g)f = 3880,39 dan (a/g)r = 3724,00, hal ini menunjukkan bahwa arah kestabilan kendaraan cenderung menjadi *oversteer*. Sedangkan jarak pengereman akan semakin bertambah sebanding dengan bertambahnya kecepatan dan beban kendaraan yang diperlihatkan pada Gambar 7.

Tabel 2. Kestabilan kendaraan berdasarkan berat

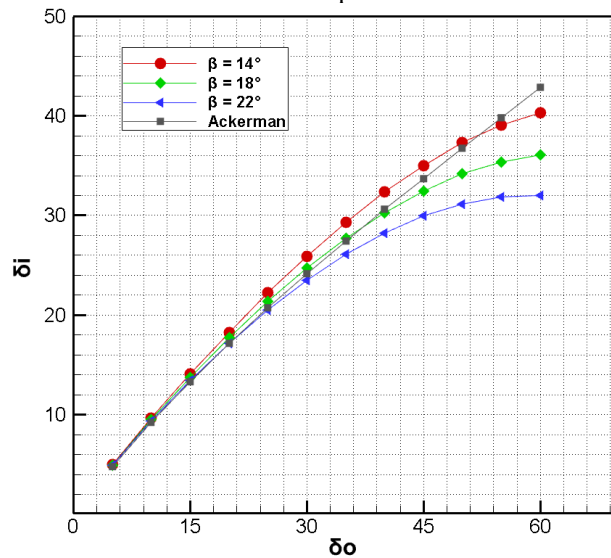
Jumlah penumpang	Massa total (kg)	(a/g)f	(a/g)r	Keterangan
1	870	3378,72	3826,05	<i>Understeer</i>
2	940	3607,67	3757,64	<i>Understeer</i>
3	1010	3641,66	3779,73	<i>Understeer</i>
4	1080	3880,39	3724,00	<i>Oversteer</i>



Gambar 7. Jarak pengereman dengan variasi pembebanan dan kecepatan

4. Sistem kemudi pada perilaku Ackerman

Besarnya nilai radius Ackerman (Rack) yaitu untuk mengetahui radius ideal yang dapat ditempuh kendaraan dengan sudut belok tertentu, maka dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (10). Sudut *side slip* (β) diperlukan untuk mengetahui sudut yang dibentuk kendaraan pada saat belok terhadap arah gerak mobil yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (11). Sudut *side slip* diperlukan untuk mengetahui gaya sentrifugal pada kendaraan. Pada Gambar 8 menunjukkan bahwa sudut β mobil Daihatsu Ayla = $19,4^\circ$ yang artinya tidak mencapai kondisi ackerman. Jika dibandingkan dengan sudut pembandingan lain, sudut $\beta = 14^\circ$ lebih mendekati kondisi ackerman daripada sudut $\beta = 19,4^\circ$, Sehingga dapat disimpulkan kendaraan akan memiliki resiko roda slip saat berbelok karena tidak mencapai kondisi ackerman.

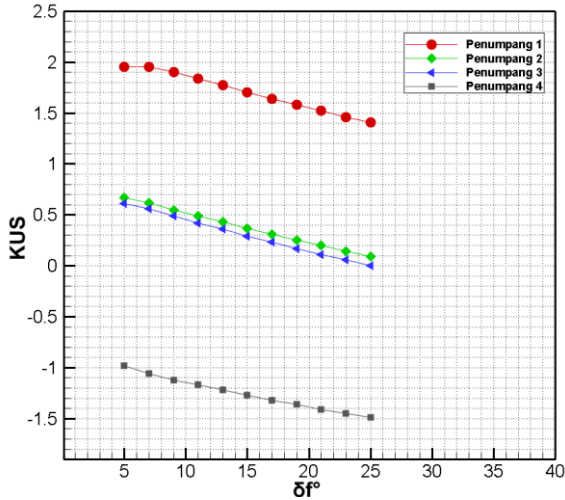


Gambar 8. Hubungan antara sudut δ_i dan δ_o

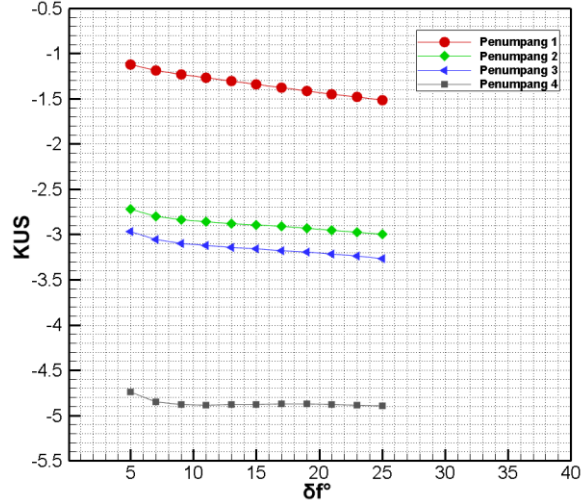
5. Sistem kemudi pada perilaku jalan datar dan kemiringan jalan

Gambar 9 menunjukkan perbandingan nilai KUS dan δf° pada mobil Daihatsu Ayla tipe 1.0 MT tahun 2017 pada jalan aspal datar dengan variasi jumlah penumpang adalah 1, 2, 3 dan 4 orang. Berdasarkan nilai Kus pada grafik, dapat diketahui bahwa mobil Daihatsu Ayla tipe 1.0 MT tahun 2017 akan mengalami perilaku arah *understeer* pada penumpang yang berjumlah 1 orang, selain itu mobil juga akan mengalami perilaku arah netral, *understeer* dan *oversteer* dengan variasi penumpang 2 dan 3 orang. Sedangkan pada penumpang yang berjumlah 4 orang, mobil tersebut akan mengalami kondisi *oversteer*. Sedangkan berdasarkan nilai Kus pada Gambar 10, dapat diketahui bahwa mobil Daihatsu Ayla akan mengalami perilaku arah netral, *understeer* dan

oversteer dengan variasi penumpang 1, 2, dan 3 orang pada kemiringan jalan 3°. Sedangkan pada penumpang yang berjumlah 4 orang pada kemiringan yang sama, mobil tersebut akan mengalami kondisi netral dan *oversteer*. Dari tersebut juga dapat diketahui bahwa ketika mobil dinaiki 2 atau 3 penumpang harga KUS nya lebih rendah dan kondisi *oversteer* nya lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah penumpang yang lainnya. Sehingga ketika mobil dinaiki oleh 2 atau 3 orang penumpang relatif lebih aman.



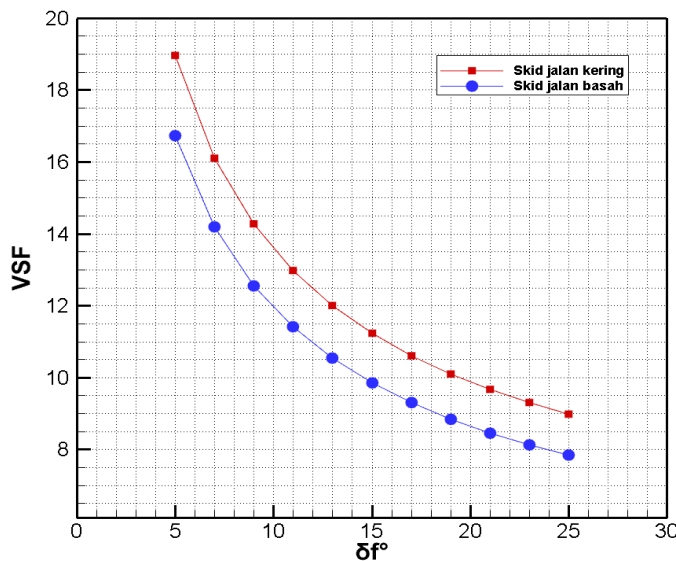
Gambar 9. Hubungan KUS dan δf° jalan datar



Gambar 10. Hubungan KUS dan δf° jalan miring

6. Skid perilaku arah belok kendaraan

Saat kendaraan melaju pada kondisi jalanan aspal kering, kendaraan memiliki batas kecepatan *skid* yang lebih besar dibandingkan dengan kondisi jalanan aspal basah. Hal ini terjadi karena koefisien adhesi aspal kering lebih besar dibandingkan dengan aspal basah. Untuk koefisien adhesi aspal kering sebesar 0.9, sedangkan untuk aspal basah sebesar 0.7. Sehingga kendaraan yang melaju pada jalan yang basah akan lebih cepat mengalami *skid*. *Skid* pada kendaran terjadi jika besarnya gaya sentrifugal yang terjadi pada kendaraan melebihi besarnya gaya gesek antara ban dengan permukaan jalan. Setelah melakukan perhitungan didapatkan kecepatan maksimum agar kendaraan tidak mengalami *skid* dapat dilihat pada Gambar 11. Berdasarkan Gambar 11 dapat diketahui mobil Daihatsu Ayla ini akan cenderung mengalami kondisi *understeer*. Hal ini dikarenakan kecepatan *skid* roda depan lebih kecil dari kecepatan *skid* roda belakang. Pada Gambar 11 juga dapat dilihat *trendline* batas kecepatan kendaraan tidak mengalami *skid* mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya sudut belok kendaraan.



Gambar 11. Kecepatan Skid roda depan (Vsr) dengan sudut belok (δf) pada aspal kering dan basah

KESIMPULAN

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan bahwa hasil perhitungan kinerja dinamis mendekati spesifikasi teknis mobil Daihatsu Ayla 1.0 MT 2017 yang dipublikasi oleh pabrikan. Mobil Daihatsu Ayla 1.0 MT 2017 belum dilengkapi fitur ABS, sehingga ketika mobil berjalan dalam kecepatan tinggi lalu diberikan pengereman secara tiba tiba, resiko roda lock dapat terjadi yang dapat menyebabkan mobil slip dan dapat membahayakan penumpang. Mobil Daihatsu Ayla 1.0 MT 2017 akan aman jika digunakan dalam kecepatan yang wajar, karena dalam kondisi tertentu mobil dapat tergelincir maupun terguling ketika berbelok dalam kecepatan tinggi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Green technology research center yang telah memfasilitasi seminar nasional penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gaikindo, "Domestic Auto Market & Eximby Category 2017," 2017.
- [2] KNKT, "Komite Nasional Keselamatan Transportasi Republik Indonesia," 2017.
- [3] Haryanto, "Teknologi Dasar Otomotif Hariyanto", Edisi Pertama. Jakarta, 2013.
- [4] Reza N. Jazar, *Vehicle Dynamics: Theory and Application*. Springer, 2008.
- [5] Gillespie, *Fundamentaln of Vehicle Dynamics*. Society of Automotive Engineers, 1992.
- [6] Muhammad Alwi, "Tinjauan Gaya Pengereman pada Kendaraan Roda Empat," *JNSTA*, 2022 [Online]. Available: <http://jurnal.adptersi.or.id/index.php/JNSTA/submissions>.
- [7] F. I. Maulana, N. Wahyudi, and I. Puspitasari, "Rancang Bangun Sistem Rem Mobil Listrik Fusena," *Politeknologi*, vol. 18, p. 248, 2019.
- [8] F. Rahman, A. Syaifudin, and I. N. Sutantra, "Analisis Stabilitas Arah Mobil Toyota Agya G dengan Variasi Jumlah Penumpang, Kecepatan Belok, Sudut Belok dan Kemiringan Melintang Jalan," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 6, no. 1, Feb. 2017, doi: 10.12962/j23373539.v6i1.22170.