

Analisis Pengaruh Elevasi Terhadap Jalan pada Aerodinamika Kendaraan

Ridwan^{1*}, Abi Bahri H¹, Iwan Setyawan¹

¹Program Studi Teknik Mesin, FTI Universitas Gunadarma

Jl. Margonda Raya No. 100 Depok Jawa Barat 16424

*Email: ridwan@staff.gunadarma.ac.id

DOI: 10.25042/jpe.112020.05

Abstrak

Teknologi terkait aerodinamika terus dikaji dan menjadi perhatian diperbagai bidang, termasuk dibidang otomotif/kendaraan. Karakteristik aerodinamika pada Sebuah kendaraan sangat penting untuk diketahui, karena sangat mempengaruhi unjuk kerja (performa) kendaraan tersebut. Aerodinamika utamanya terkait gaya Drag (gaya seret) yang terjadi pada kendaraan yang dipengaruhi oleh gerakan/kecepatan aliran udara di sekitar permukaan kendaraan, luas permukaan, serta kondisi udara saat bersentuhan dengan body kendaraan, yang berpengaruh juga terhadap tekanan udara sekitar permukaan kendaraan, gaya dorong/seret dan momen yang dibangkitkan. Makalah ini menyajikan hasil analisis numerik berbasis metode elemen hingga (finite element methode) pada sebuah model kendaraan jenis sedan. Dilakukan pengambilan data dengan metode komputasi/simulasi berbantu perangkat lunak (*Software*) solidworks flow simulation. Analisis difokuskan pada gaya seret (*drag force*) dan tekanan udara pada sekeliling model kendaraan uji jenis. Dilakukan variasi terhadap elevasi/ketinggian kendaraan teradap jalan (*ground clearance*) dengan variasi 140 mm, dan 80 mm, serta dengan variasi kecepatan diterapkan pada masing-masing posisi/ketinggian kendaraan terhadap jalan, yakni pada kecepatan 150 km/jam dan 180 km/jam. Berdasarkan hasil simulasi numerik yang telah dilakukan, maka diketahui bahwa terjadi fluktuasi (perubahan) nilai dari *drag force* dan distribusi tekanan tekanan yang terjadi pada bagian bodi kendaraan. Pada kecepatan 150 km/jam dengan variasi *ground clearance* 140 mm di dapat *drag force* 49.0127 N, nilai tekanan tertinggi 122182.54 Pa dan nilai terendahnya 86285.24 Pa. sedangkan untuk variasi *ground clearance* 80 mm mendapat nilai *drag force* sebesar 46.6192 N, nilai tekanan tertinggi 118547.78 Pa, dan nilai terendahnya 87708.60 Pa.

Abstract

Analysis of Effect at Road Elevation for The Aerodynamics of Vehicles. Aerodynamics related to technology continues to be studied and is of concern in various fields, including in the automotive/vehicle sector. The aerodynamic character of a vehicle is very important to know, because it greatly affects for the performance of the vehicle. Aerodynamics is mainly related to the drag force that occurs in a vehicle which can be used by the velocity air of the flow around the vehicle surface, surface area, and the air condition when it comes into contact with the body of the vehicle which also affects the air pressure around the vehicle, the thrust/drag and resurrected moment. This paper presents the results of numerical analysis based on the finite element method on a type sedan car model. Perform data retrieval using computation/simulation methods is using by software, flow simulation. This Paper the analysis is focused on the drag force and air pressure around the type test vehicle model. Variations were made to the elevation/height of the vehicle to the road (ground clearance) with variations of elevations 140 mm and 80 mm, and with variations in the application of each vehicle's position/height to the road, namely at speeds of 150 km/hour, and 180 km/hour. Based on the results of numerical simulations that have been done, it is known that there is a fluctuation in the value of the drag force and the pressure distribution that occurs on the body of the vehicle. At a velocity of 150 km/hour with a ground clearance variation of 140 mm, the drag force is 49.0127 N, the highest pressure value is 122182.54 Pa and the lowest than value is 86285.24 Pa. Where as for the variation of ground clearance of 80 mm, the value of drag force was 46.6192 N, the highest value of pressure was 118547.78 Pa, and the lowest value was 87708.60 Pa.

Kata Kunci: Aerodinamika, kendaraan, tekanan, udara, elevasi jalan

1. Pendahuluan

Aerodinamika yang terjadi pada kendaraan sangat penting untuk diketahui karena mempengaruhi performa pada kendaraan tersebut. Gaya hambat yang terjadi akibat terjadinya kontak antara pergerakan udara dan

bodi kendaran yang sedang melaju. Semakin cepat kendaraan melaju akan mempengaruhi gaya drag yang terjadi [1], [2]. Kecepatan kendaraan sangat mempengaruhi besar gaya seret yang terjadi, dimana karakteristik gerakan aliran udara di sekitar permukaan benda dengan



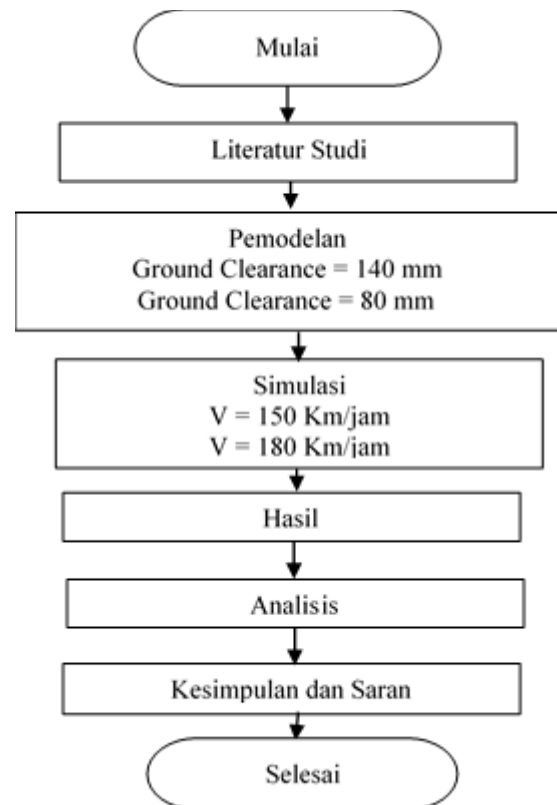
bentuk tertentu untuk mempengaruhi distribusi tekanan, dan distribusi kecepatan udara sekitar permukaan benda (model) uji [3]–[5].

Aerodinamika juga terkait dengan gaya dan momen yang dibangkitkan atau terjadi antara fluida bergerak dan bodi kendaraan saat terjadi tumbukan/kontak. Kajian terkait aerodinamika diberbagai bidang mengalami perkembangan pesat, khususnya bidang transportasi, termasuk transportasi darat (kendaraan penumpang), sangat diminati para peneliti baik kajian secara eksperimental maupun simulasi numerik, dan juga keduanya (penggabungan). Kajian aerodinamika juga terkait dengan kestabilan kendaraan, dan hemat bahan bakar karena mempengaruhi kinerja mesin kendaraan/alat transportasi [6]. Tinggi rendahnya elevasi kendaraan terhadap permukaan jalan berpengaruh terhadap aerodinamika yang timbul pada kendaraan.

Ground clearance merupakan jarak antara titik terendah kendaraan dengan permukaan jalan. *Ground clearance* adalah faktor kritis dalam penentuan karakteristik kendaraan. Variasi *ground clearance* menentukan besarnya kemampuan kendaraan dalam menangani medan, *handling* [7]. *Ground clearance* yang tinggi menyebabkan pusat massa dari kendaraan semakin jauh dengan permukaan jalan sehingga kemungkinan untuk terjadi *rollover* semakin tinggi. Namun kendaraan dengan *ground clearance* yang tinggi mampu melewati jalanyang tidak rata tanpa merusak *chassis*. *Ground clearance* yang rendah menjadikan kendaraan memiliki karakteristik yang baik sehingga mampu bergerak di jalan yang datar dengan kecepatan tinggi dan minim gesekan dengan udara.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung *drag force* kendaraan (jenis sedan), mengetahui fenomena distribusi tekanan, dan distribusi kecepatan udara kontak dan sekeliling kendaraan uji, dan menganalisis pengaruh variasi *ground clearance* terhadap aerodinamika kendaraan model.

2. Metode Penelitian

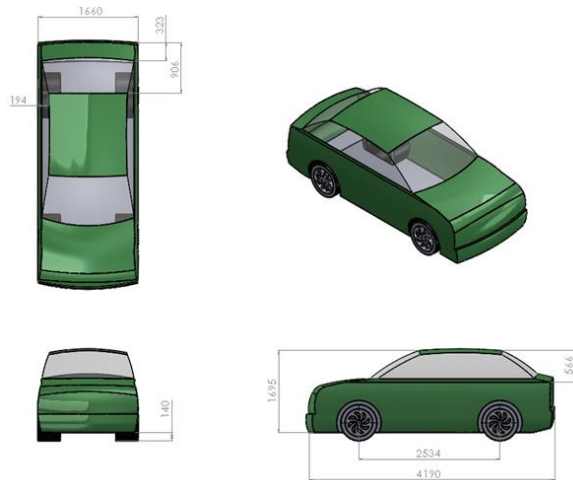


Gambar 1. Flow chart penelitian

Penelitian ini menggunakan metode numerik (simulasi) berbantu perangkat lunak solidworks (flow simulation). Gambar 1 menunjukkan *flow chart* penelitian. Model kendaraan (jenis sedan) sebagaimana pada Gambar 2 dijadikan sebagai obyek penelitian. Dimensi kendaraan yakni panjang, tinggi dan lebar kendaraan yang disimulasikan adalah: 4190 mm, 1695 mm, dan 1660 mm.

Ada dua variasi elevasi/ketinggian kendaraan terhadap sisi jalan (*ground clearance*) yakni 80 mm dan 140 mm. Sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 1. Serta diterapkan dua variasi kecepatan yakni kecepatan kendaraan uji 150 km/jam dan 180 km/jam. Data berupa *front area*, koefisien drag, distribusi kecepatan, dan distribusi tekanan dipeoleh dari hasil simulasi.





Gambar 2. Model kendaraan uji

Tabel 1. Spesifikasi/dimensi kendaraan uji

No	Keterangan Ukuran Dimensi Kendaraan	Satuan (mm)
1	Panjang Kendaraan	4190
2	Tinggi Kendaraan	1695
3	Lebar Kendaraan	1660
4	Jarak Titik Tengah Roda Depan Dan Belakang	2534
5	Variasi <i>Ground Clearance</i>	80 & 140

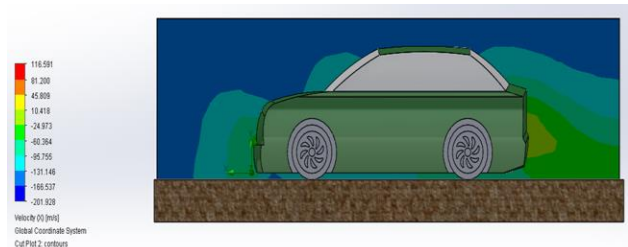
3. Hasil dan Pembahasan



Gambar 3. Tampilan *cut plot* kecepatan 150 km/jam dengan *ground clearance* 140 mm

Gambar 3 merupakan tampilan *cut plot* hasil simulasi model uji, pada kecepatan 150 km/jam dengan variasi *ground clearance* 140 mm. Pada tampilan *cut plot* dapat dilihat perbedaan kontur warna yang terjadi di area sekitar model kendaraan. Dapat diketahui pada keterangan kontur warna dimana warna merah menandakan kecepatan relatif fluida tertinggi dan warna biru merupakan kecepatan relatif fluida terendah pada pada permukaan area model kendaraan dan dimana pada Gambar 3 kecepatan relatif fluida tertingginya mendapat nilai 53.653 km/jam sedangkan kecepatan relatif terendahnya mendapat nilai -177.200 km/jam.

Dapat pula dilihat pada Gambar 1 terjadi benturan antara aliran fluida dan area / sekitar permukaan model kendaraan. Terlihat pada bagian depan kendaraan terdapat perbedaan kontur warna yang berwarna agak kehijauan, pada bagian belakang kendaraan terdapat kontur warna berwarna kuning kehijauan akibat benturan atau gesekan fluida/udara dan permukaan kendaraan.



Gambar 4. Tampilan *cut plot* kecepatan 150 km/jam dengan *ground clearance* 80 mm

Sama seperti pada Gambar 1, pada Gambar 4 juga memiliki perbedaan kontur warna yang berada disekitar area model kendaraan. Pada Gambar 2 ini merupakan tampilan *cut plot* hasil simulasi kecepatan 150 km/jam dengan variasi *ground clearance* 80 mm. kecepatan relatif fluida tertingginya mendapat nilai 116.591 sedangkan kecepatan relatif fluida terendahnya mendapat nilai -201.928.

Pada Gambar 4 benturan atau gesekan pada area sekitar model kendaraan sedikit lebih lemah karena pengaruh variasi *ground clearance*. Dapat dilihat pada bagian depan dan belakang kendaraan kontur warna yang dihasilkan sedikit lebih halus dan pola aliran disekitar kendaraan sedikit lebih teratur pada kontur warna pada Gambar 3.



Gambar 5. Tampilan *cut plot* kecepatan 180 km/jam dengan *ground clearance* 140 mm

Gambar 5 merupakan tampilan *cut plot* simulasi kecepatan 180 km/jam dengan variasi *ground clearance* 140 mm. Pada simulasi kecepatan 180 km/jam, perbedaan kontur warna pada area model kendaraan tidak terlalu berbeda

secara signifikan dengan tampilan-tampilan cut plot sebelumnya. Pada Gambar 3 kecepatan relatif fluida tertingginya mendapat nilai 71.073 sedangkan nilai kecepatan relatif terendahnya mendapat nilai -213.812.



Gambar 6. Tampilan cut plot kecepatan 180 km/jam dengan ground clearance 80 mm

Pada Gambar 6 merupakan simulasi kecepatan 180 km/jam dengan variasi ground clearance 80 mm. Pada hasil simulasinya pada Gambar 6 nilai kecepatan relatif fluida tertingginya mendapat nilai 62.736 dan kecepatan relatif terendahnya mendapatkan nilai -217.971.

Berdasarkan analisis simulasi kecepatan pada perangkat lunak/software solidworks (flow simulation) maka didapat nilai Coefficient drag dan nilai kecepatan relatif aliran fluida (velocity) yang berbeda-beda. Perbedaan nilai tersebut diakibatkan pengaruh perbedaan model desain kendaraan sedan baik dalam simulasi kecepatan 150 km/jam ataupun simulasi kecepatan 180 km/jam. Nilai lengkap dapat dilihat pada tabel. 1, berupa tabel hasil simulasi model kendaraan pada kecepatan 150 km/jam dan 180 km/jam berdasarkan masing-masing variasi ground clearance.

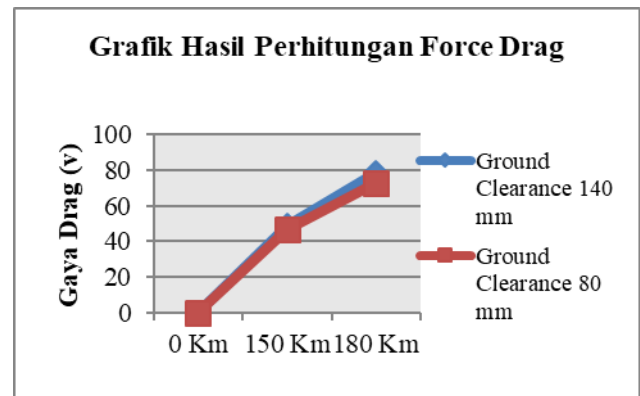
Tabel 2. Hasil simulasi kecepatan 150 km/jam dengan variasi ground clearance 140 mm dan 80 mm

No.	Variasi Ground Clearance	Kecepatan 150 km/jam	
		Coefficient Drag (CD)	Velocity
1	140 mm	0.543539	53.3059
2	80 mm	0.582678	47.297

Tabel 3. Hasil Simulasi kecepatan 180 km/jam dengan variasi ground clearance 140 mm dan 80 mm

No.	Variasi Ground Clearance	Kecepatan 180 km/jam	
		Coefficient Drag (CD)	Velocity
1	140 mm	0.649759	71.2613
2	80 mm	0.688083	62.6107

Berdasarkan Tabel 2 dan Tabel 3 masing-masing nilai coefficient drag dan velocity maka dapat diketahui nilai dari drag force atau nilai hambatan pada model kendaraan yang diuji.



Gambar 7. Grafik hasil perhitungan drag force

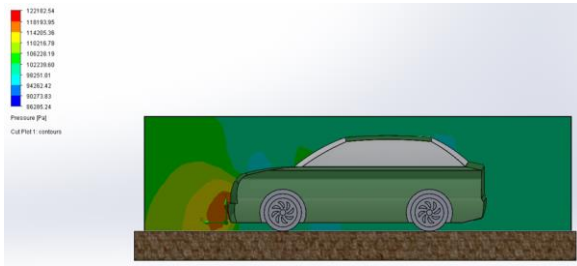
Gambar 7 merupakan representasi dari nilai hasil perhitungan drag force, dimana berdasarkan nilai hasil perhitungan drag force dapat dilihat tingkat tinggi rendahnya titik nilai drag force pada 2 model desain kendaraan sedan baik simulasi 150 km/jam ataupun 180 km/jam. Untuk simulasi kecepatan 150 km/jam titik nilai tertingginya terdapat pada model kendaraan sedan dengan variasi ground clearance 140 mm dengan nilai 49.0127 N dan titik terendahnya terdapat pada model kendaraan sedan dengan variasi ground clearance 80 mm dengan nilai 46.6192 N.

Sedangkan untuk simulasi 180 km/jam titik nilai tertingginya masih sama seperti simulasi 150 km/jam yaitu titik tertingginya terdapat pada model kendaraan sedan dengan variasi ground clearance 140 mm dengan nilai 78.3265 N dan titik terendahnya terdapat pada model kendaraan sedan dengan variasi ground clearance 80 mm dengan nilai 72.8772 N.

Tabel 4. Hasil perhitungan drag force

No	Kecepatan (Km/jam)	Drag force (N)	
		Ground Clearance 140 mm	Ground Clearance 80 mm
1	150	49.0127	46.6192
2	180	78.3265	72.8772

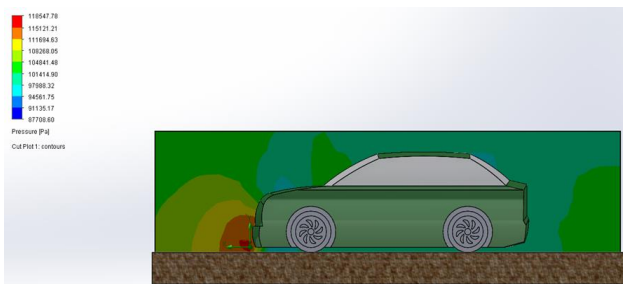




Gambar 8. Cut plot tekanan, pada kecepatan 150 km/jam dan ground clearance 140 mm

Gambar 8 merupakan tampilan *cut plot* tekanan (*pressure*) berdasarkan hasil simulasi kecepatan 150 km/jam dengan *ground clearance* 140 mm. Sama seperti tampilan *cut plot velocity*, tampilan *cut plot* tekanan juga memiliki perbedaan kontur warna pada area sekitar model kendaraan dan juga memiliki keterangan warna untuk kontur warna yang dihasilkan.

Pada Gambar 8 mendapatkan Pmax (tekanan maksimal) dengan nilai 122182.54 Pa, sedangkan untuk Pmin (tekanan minimal) didapatkan nilai 86285.24 Pa. Pada Gambar 6 terlihat perbedaan kontur warna pada bagian depan bumper model kendaraan. Perbedaan kontur warna tersebut menandakan benturan yang mengakibatkan penumpukan udara pada bagian depan bumper dan pada bagian itu merupakan area dengan tekanan tertinggi disekitar area model kendaraan.

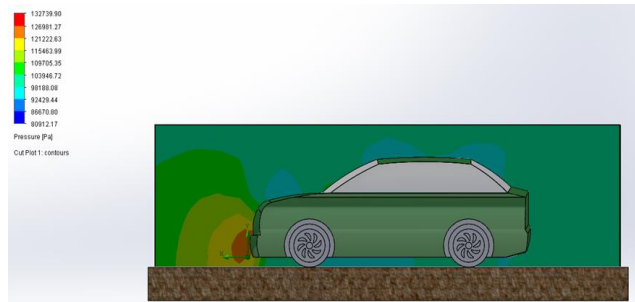


Gambar 9. Cut plot tekanan dengan kecepatan 150 km/jam dan ground clearance 80 mm

Pada Gambar 9 terlihat tampilan *cut plot* tekanan berdasarkan hasil simulasi kecepatan 150 km/jam dengan *ground clearance* 80 mm. Pada Gambar 9 mendapatkan nilai Pmax sebesar 118547.78 sedangkan untuk Pmin mendapatkan nilai 87708.60. Sama seperti pada Gambar 8, pada Gambar 9 juga terlihat penumpukan udara pada bagian depan bumper model kendaraan.

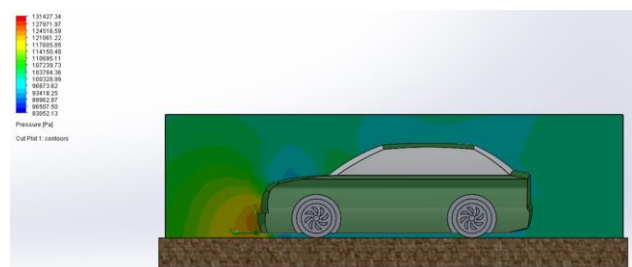
Pada tumpukan udara tersebut sedikit lebih besar dari tumpukan udara pada model

kendaraan Gambar 8, di Gambar 9 area tumpukan udara sampai ke bagian permukaan jalan yang dikarenakan berkurangnya ruang udara pada bagian bawah model kendaraan atau pengaruh variasi *ground clearance*.



Gambar 10. Cut plot tekanan dengan kecepatan 180 km/jam dan ground clearance 140 mm

Gambar 10 merupakan tampilan *cut plot* tekanan berdasarkan hasil simulasi kecepatan 180 km/jam dengan *ground clearance* 140 mm. Dari tampilan *cut plot* pada Gambar 10 dapat diketahui nilai tekanan yang berada disekitar area model kendaraan dengan nilai Pmax 132739.90 Pa, dan Pmin mendapatkan nilai 80912.17 Pa.

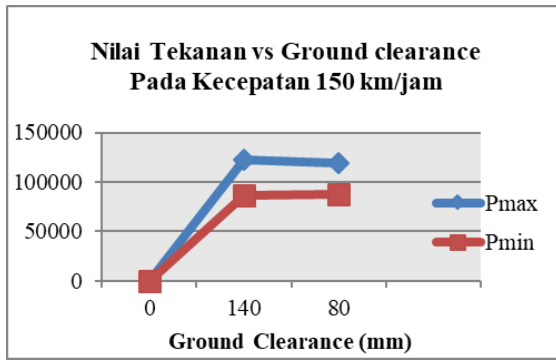


Gambar 11. Cut plot tekanan dengan kecepatan 180 km/jam dan ground clearance 80 mm

Tampilan *cut plot* pada Gambar 11 merupakan tampilan *cut plot* tekanan hasil simulasi kecepatan 180 km/jam dengan *ground clearance* 80 mm. Dapat dilihat pada Gambar 11, didapatkan nilai Pmax sebesar 131427.34 Pa sedangkan Pmin mendapat nilai sebesar 83052.13 Pa.

Tabel 5. Hasil simulasi tekanan (*pressure*) pada kecepatan 150 km/jam

No	Ground Clearance	150 Km/jam	
		Pmax	Pmin
1	140	122182.54	86285.24
2	80	118547.78	87708.60



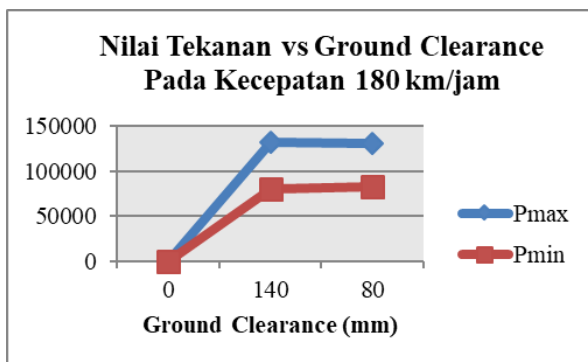
Gambar 12. Grafik nilai tekanan simulasi kecepatan 150 km/jam

Gambar 12 merupakan grafik nilai tekanan pada kecepatan 150 km/jam baik dengan variasi *ground clearance* 140 mm ataupun 80 mm. berdasarkan Gambar 12 dapat diketahui bahwa garis warna biru menandakan tekanan maksimal dan warna merah menandakan tekanan minimal.

Pada Gambar 12, dapat dilihat tekanan minimal dari model kendaraan dengan variasi *ground clearance* 80 mm untuk tekanan minimalnya lebih besar dari model kendaraan dengan variasi *ground clearance* 140 mm. Hal tersebut menurut penulis tidak perlu dikhawatirkan atau dipermasalkan karena untuk nilai yang lebih besar adalah nilai tekanan minimal dan bukan nilai tekanan maksimal, karena nilai tekanan minimal tidak terlalu berpengaruh pada laju kendaraan tidak seperti tekanan maksimal yang sangat berpengaruh pada laju kendaraan.

Tabel 6. Hasil simulasi tekanan (*pressure*) pada kecepatan 180 km/jam

No	Ground Clearance	180 Km/jam	
		Pmax	Pmin
1	140	132739.90	80912.17
2	80	131427.34	83052.13



Gambar 13. Grafik nilai tekanan simulasi kecepatan 180 km/jam

Pada Gambar 13 sama seperti Gambar 12, akan tetapi Gambar 13 merupakan grafik nilai tekanan pada kecepatan 180 km/jam dengan variasi *ground clearance* 140 mm dan 80 mm.

Perubahan kecepatan kendaraan uji, dan perubahan *ground clearance*, mengakibatkan variasi nilai teradap distribusi tekanan dan gaya seret (*drag force*) yang terjadi, Hal ini terjadi karena pada saat udara yang melewati bagian area sekitar model kendaraan akan semakin cepat memberikan benturan/gaya dorong pada bodi kendaraan uji, sehingga mempengaruhi besar kecilnya nilai hambat atau *drag force* dan distribusi tekanan, serta kecepatan relatif yang terjadi.

4. Kesimpulan

- Nilai *drag force* pada masing-masing model desain kendaraan sangat dipengaruhi oleh tinggi rendahnya *ground clearance*. Pada kondisi kecepatan (*velocity*) kendaraan yang sama, maka semakin tinggi nilai *ground clearance* akan terjadi gaya hambat (*drag force*) semakin besar.
- Semakin tinggi permukaan elevasi kendaraan (*ground clearance*), terhadap elevasi jalan pada laju kecepatan (*velocity*) kendaraan akan terjadi tekanan maksimum, tumbukan antara udara dan bodi kendaraan. Hal ini terjadi baik pada kecepatan 150 km/jam maupun pada kecepatan kendaraan 180 Km/jam.
- Ground clearance* mempengaruhi gaya hambat (*drag force*), dan distribusi tekanan yang terjadi.

Referensi

- C. Landstrom, L. Josefsson, T. Walker, and L. Lofdahl, "Aerodynamic Effects of Different Tire Models on a Sedan Type Passenger Car," *SAE Int. J. Passeng. Cars-Mechanical Syst.*, vol. 5, pp. 136–151, 2012.
- K. S. Song *et al.*, "Aerodynamic Design Optimization of Rear Body Shapes of a Sedan for Drag Reduction," *Int. J. Automot. Technol.*, vol. 13, no. 6, pp. 905–914, 2012.
- A. Ahmed and M. A. Murtaza, "Cfd Analysis of Car Body Aerodynamics Including Effect of Passive Flow Devices—A Review," *Rev. Int. J. Res. Eng. Technol.*, vol. 5, no. 3, pp. 141–144, 2016.
- S. Mishra, A. Misra, P. R. Rao, and D. N. Rao, "Simulation of Aerodynamic Flow Parameters over a Simplified Sedan Car," *Int. J. Eng. Sci. Math.*, vol. 6, no. 8, pp. 1265–1274, 2017.



- [5] P. N. Selvaraju and K. M. Parammasivam, "Empirical and Numerical Analysis of Aerodynamic Drag on a Typical SUV Car Model at Different Locations of Vortex Generator," *Appl. Fluid Mech.*, vol. 12, no. 5, pp. 1487–1496, 2019.
- [6] A. R. Ansari, "CFD Analysis of Aerodynamic Design of Tata Indica Car," *Int. J. Mech. Eng. Technol.*, vol. 8, no. 3, pp. 344–355, 2017.
- [7] J. Niu, Y. Wang, and D. Zhou, "Effect of the Outer Windshield Schemes on Aerodynamic Characteristics around the Car-Connecting Parts and Train Aerodynamic Performance," *Mech. Syst. Signal Process.*, vol. 130, pp. 1–16, 2019.

