

Simulasi Penggunaan *Rounding Front Hood* Kendaraan Terhadap Pola Aliran Dan Distribusi Koefisien Tekanan Pada *Upperside* Kendaraan Model

Pajar Doli Soripada Marbun, Anak Agung Adhi Suryawan, I Made Gatot Karohika

Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Kendaraan telah menjadi kebutuhan sehari-hari, hal ini menyebabkan tingginya permintaan kendaraan, dengan demikian konsumsi bahan bakar mengalami peningkatan sedangkan, bahan bakar minyak merupakan sumber daya tak terbarukan. Pembaharuan pada kendaraan agar lebih hemat bahan bakar sangat diperlukan guna menghemat bahan bakar minyak. Salah satunya pada *rounding front hood* kendaraan yang ditujukan untuk mengurangi vortex pada aliran udara yang melewati mobil dan mendapatkan koefisien hambat, serta melihat distribusi tekanan pada *upperside* kendaraan yang banyak terkena tekanan oleh aliran udara. Gaya-gaya aerodinamis suatu kendaraan salah satunya ditimbulkan oleh adanya tekanan pada permukaan bodi. Penelitian ini menggunakan simulasi pada CFD dengan menggunakan model kendaraan sedan yang divariasikan pada *rounding front hood*, dengan variasi tanpa *rounding* dan 400 mm *rounding*, model kendaraan disimulasikan dengan kecepatan 80 km/h. Hasil menunjukkan pola aliran udara yang melewati kendaraan *rounding* masih terdapat besarnya *forward bound vortex* pada bagian depan kendaraan sedangkan pada kendaraan model dengan 400 mm *rounding* lebih sedikit sehingga koefisien hambat yang didapat lebih kecil dari pada kendaraan model tanpa *rounding* dengan selisih koefisien hambat sebesar 0,10232696. Terjadi titik stagnasi pada model kendaraan tanpa *rounding* dan kendaraan dengan 400 mm *rounding* pada $x=0$, terjadi *separation point* pada $x=0,1$ pada kendaraan tanpa *rounding* dan pada $x=1,825$ pada kendaraan 400 mm *rounding*.

Kata kunci: Computational Fluid Dynamics, Koefisien hambat, Koefisien Tekanan, Pola Aliran Udara

Abstract

Vehicles have become a daily necessity, leading to a high demand for vehicles. Consequently, fuel consumption has increased, while oil fuel is a non-renewable resource. Therefore, innovations in vehicles to achieve fuel efficiency are highly needed in order to save oil fuel. One of these innovations is the rounding of the front hood of a vehicle, aimed at reducing vortexes in the airflow passing through the car and minimizing drag coefficients. It also involves examining the pressure distribution on the upper side of the vehicle, which experiences significant pressure from the airflow. The aerodynamic forces on a vehicle are partly caused by pressure on the body surface. This study utilizes Computational Fluid Dynamics (CFD) simulations using a sedan vehicle model, with variations in the rounding of the front hood, including no rounding and a 400 mm rounding. The vehicle models are simulated at a speed of 80 km/h. The results indicate that the airflow pattern passing through the rounding vehicle still exhibits a significant forward bound vortex at the front, whereas the vehicle model with a 400 mm rounding has a reduced forward bound vortex. As a result, the drag coefficient obtained is smaller than that of the vehicle model without rounding, with a difference in drag coefficient of 0.10232696. Stagnation points occur in the vehicle model without rounding and the vehicle with a 400 mm rounding at $x=0$, while separation points occur at $x=0.1$ in the vehicle without rounding and at $x=1.825$ in the vehicle with a 400 mm rounding.

Keywords: Computational Fluid Dynamics, Drag Coefficient, Pressure Coefficient, Airflow Patterns

1. Pendahuluan

Kendaraan telah menjadi kebutuhan sehari-hari, hal ini menyebabkan tingginya permintaan kendaraan di negara ini, oleh karena itu konsumsi bahan bakar minyak di Indonesia meningkat, mengingat bahan bakar minyak adalah sumber daya tak terbarukan maka ketersediaannya di Indonesia akan semakin berkurang setiap tahunnya. Sehingga untuk menghemat bahan bakar minyak perlu dilakukan pembaharuan pada kendaraan agar konsumsi bahan bakarnya lebih hemat. Beberapa metode dapat digunakan untuk pengujian, salah satunya pengujian eksperimental di dalam *wind tunnel*, namun metode ini membutuhkan waktu dan biaya yang cukup besar.

Sehingga muncul pertimbangan untuk memanfaatkan komputasi dan simulasi numerik sebagai solusi terhadap permasalahan ini dengan pertimbangan kecepatan dalam memperoleh data dan biaya yang lebih ringan.

Berbagai peningkatan telah dilakukan pada kendaraan bermotor, hal ini dilakukan akibat tuntutan efisiensi bahan sumber daya, optimasi pada bodi kendaraan menjadi salah satunya. Akan tetapi, hasil dari menggunakan metode simulasi tidak dapat menjadikan hasil yang didapatkan menjadi acuan dikarenakan diperlukan juga metode eksperimen yang lebih aktual untuk dijadikan pembandingan dari hasil analisa. Pada penelitian kali ini, dikarenakan

terbatasnya biaya dan waktu maka penelitian akan dilakukan dengan menggunakan metode simulasi dengan CFD. Berdasarkan hal di atas penulis ingin melakukan penelitian tentang pengaruh *rounding front hood* pada kendaraan model terhadap pola aliran, koefisien hambat dan distribusi koefisien tekanan, dengan variasi jari-jari *rounding* pada *front hood* kendaraan model menggunakan metode simulasi pada software Ansys workbench.

Dalam hal ini maka ada beberapa permasalahan yang akan dikaji, yaitu:

1. Bagaimana pola aliran udara yang melewati bodi dan koefisien *drag* pada kendaraan model, tanpa dan dengan 400 mm *rounding front hood*?
2. Bagaimana distribusi koefisien tekanan pada *upper side* bodi kendaraan model, tanpa dan dengan 400 mm *rounding front hood*?

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk Mengetahui pola aliran udara yang melintasi bodi dan mendapatkan nilai koefisien *drag* (cd) pada kendaraan model, tanpa dan dengan variasi *rounding front hood* dan mengetahui distribusi tekanan *upper side* pada bodi mobil, tanpa dan dengan variasi *rounding front hood*. Untuk membatasi masalah yang begitu luas maka dibuat batasan masalah.

Beberapa batasan ditetapkan dalam penelitian ini meliputi:

1. Fluida yang mengalir adalah udara yang diasumsikan dalam keadaan steady.
2. Temperatur udara diasumsikan konstan.
3. Distribusi koefisien tekanan diambil pada *upper side* bodi kendaraan model.
4. Kecepatan udara yang digunakan yaitu 80 km/h.

2. Dasar Teori

Aerodinamika terjadi karena adanya aliran fluida pada suatu bodi. Akibat terdapatnya fluida yang mengalir maka suatu bodi akan mendapatkan gaya tekan dan geser. *Drag* pada sebuah benda dibagi menjadi dua macam, yaitu *drag* gesekan yang diakibatkan oleh gaya gesek dan *drag* tekan yang diakibatkan oleh tekanan. Koefisien *drag* (C_D) ialah koefisien hambatan aerodinamik yang dipengaruhi oleh faktor bentuk dan kehalusan permukaan kendaraan. *Coefficient of Drag*, dapat dituliskan sebagai berikut:

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2}\rho v^2 A} \quad (1)$$

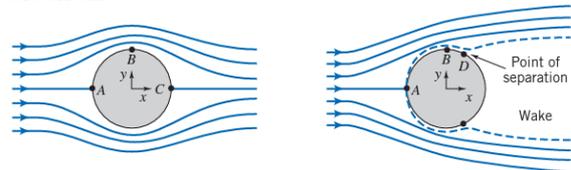
Maka benda yang berbentuk seperti mobil. Semakin besar nilai C_D maka semakin besar pula hambatan aerodinamiknya.

Koefisien tekanan (C_p) adalah selisih antara tekanan statis pada kontur lokal dengan tekanan statis *free stream* dibagi dengan tekanan dinamis pada *free-stream*. Secara umum persamaan koefisien tekanan adalah sebagai berikut :

$$C_p = \frac{P_c - P_\infty}{q} \quad (2)$$

Suatu Aliran yang melewati benda *streamline* akan mengalami penurunan tekanan (*pressure drop*) yang

sebagian besar disebabkan oleh hambatan gesekan permukaan (*friction drag*). Untuk aliran yang melintasi benda tumpul maka hambatan bentuk (*form drag*) akan berpengaruh besar terhadap penurunan tekanan dibandingkan hambatan gesekan permukaan. Berpisahannya aliran yang menghalangi menutupnya garis-garis aliran menyebabkan timbulnya hambatan bentuk atau hambatan tekanan (*pressure drag*), sehingga daerah tekanan rendah dibelakang benda terbentuk



Gambar 1 Separasi Aliran Melewati benda

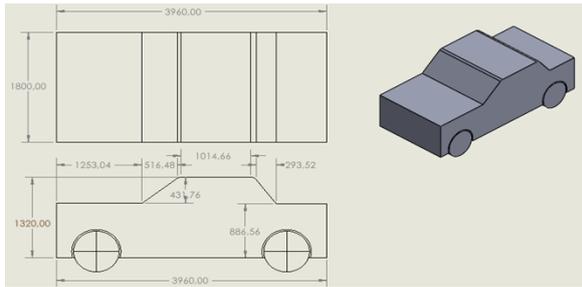
Lapisan batas timbul di permukaan benda dikarenakan sifat viskositas dari fluida yang cenderung menempel pada permukaan. Aliran pada bodi atau *streamline* adalah garis-garis yang dalam sebuah medan kecepatan yang berbentuk sedemikian rupa, sehingga mengikuti arah aliran di setiap titik di medan aliran tersebut. Maka pola aliran udara di sekitar kendaraan akan terbentuk.

Computational Fluid Dynamics atau CFD adalah salah satu metode untuk menganalisa sistem yang melibatkan aliran fluida, perpindahan panas dan fenomena fisik lainnya berdasarkan simulasi di komputer. Pada saat ini, CFD banyak digunakan dalam mencari solusi, terutama pada bidang mekanika fluida. Teknologi CFD sering digunakan untuk menjelaskan hasil yang didapatkan dari pendekatan analitis dan eksperimen. Simulasi pada CFD terdiri dari tiga tahapan proses pengerjaan, yaitu *preprocessing* (geometri dan *meshing*) kemudian Tahap CFD *solver* (parameter pemodelan) dan *postprocessing*.

3. Metode Penelitian

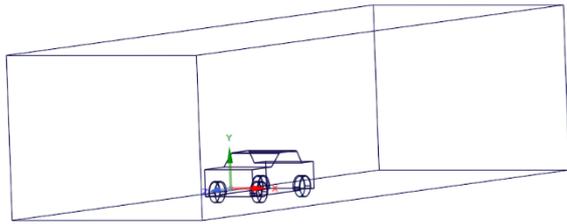
Penelitian ini sepenuhnya dilakukan di Lab Komputer PSTM-FT-Universitas Udayana, Bali

Penelitian ini dikerjakan dengan menggunakan simulasi pada software CFD (*Computational Fluid Dynamic*) Pada penelitian ini penulis melakukan penelitian tentang simulasi penggunaan *rounding front hood* terhadap pola aliran dan distribusi koefisien tekanan pada *upper side* kendaraan model, dengan menggunakan variasi jari-jari pada bagian *rounding front hood* kendaraan model. Geometri yang digunakan dalam penelitian ini adalah model 3D kendaraan tipe sedan dengan menggunakan ANSYS *Fluent 21.2*. Adapun geometri dan dimensi dari model kendaraan yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2 Ukuran Kendaraan model

Setelah menentukan geometri selanjutnya adalah membuat *computational domain* untuk kendaraan model pada ANSYS.



Gambar 3 Domain Pemodelan Mobil

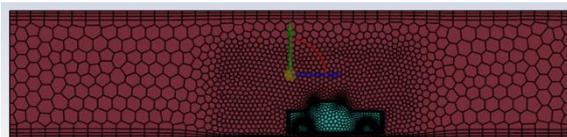
3.1. Parameter Pemodelan

Dalam penelitian ini digunakan model k-omega SST untuk memprediksi laju penyebaran fluida dengan harapan mendapatkan hasil yang akurat. Material yang digunakan pada penelitian ini adalah udara dengan densitas 1,225 kg/m³ dan viskositas 1,7894x10⁻⁵ kg/m.s. Kondisi batas digunakan pada *inlet*, *outlet*, *symmetry* dan *wall*. Pada *inlet* ditetapkan sebagai *velocity inlet* dan diberikan kecepatan sebesar 22,22 m/s. Sedangkan pada outlet adalah *pressure-outlet*. Kondisi pada batas dinding atas, samping kanan, bawah dan bodi kendaraan adalah *wall*. Solusi yang digunakan pada penelitian ini menggunakan *coupled*. Konvergensi dalam penelitian ini ditentukan hingga iterasi mencapai nilai residual yang diinginkan yaitu iterasi dinyatakan telah konvergen setelah residualnya mencapai harga 10⁻⁶ atau konstan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Meshing

Pada bagian domain, kendaraan model di mesh dengan metode *poly-hexcore*, setelah konsep mesh telah ditentukan akan dilakukan tahapan meshing pada model mobil dan *body of influence*. Setelah melakukan meshing dilakukan pengecekan terhadap kualitas mesh.



Gambar 4. Mesh pada mobil model dan domain pemodelan

Didapatkan rata-rata kualitas mesh sebesar 0,8942123 dengan metode orthogonal, yang menandakan *mesh* sudah bagus.

4.2. Hasil Simulasi

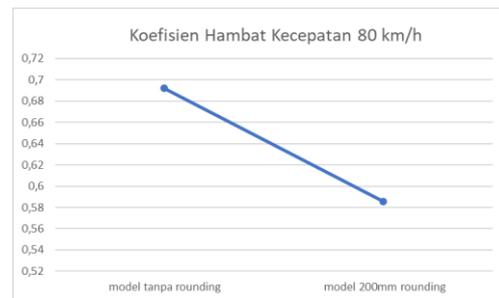
Setelah dilakukan meshing, memasukan parameter dan melakukan simulasi maka didapatkan hasil. Berikut merupakan hasil dari simulasi. Nilai koefisien hambatan mobil model tanpa dan dengan variasi *rounding* dengan kecepatan 80km/h .

Tabel 1. Koefisien Hambat Kendaraan Model tanpa *Rounding*

Kecepatan	Koefisien Hambat
80km/h	0,68619

Tabel 2. Koefisien Hambat Kendraaan Model 400 mm *Rounding*

Kecepatan	Koefisien Hambat
80km/h	0,58386



Gambar 5. Grafik Koefisien Hambat

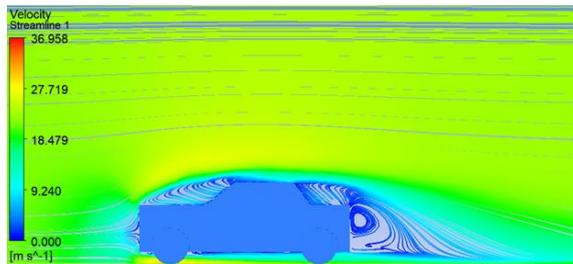
Koefisien drag dapat dihitung dengan persamaan 2.1

$$CD = \frac{FD}{\frac{1}{2} \rho V^2 A} = \frac{256,40018}{\frac{1}{2} \cdot 1,225 \cdot 22,22^2 \cdot 1,2356} = 0,68619$$

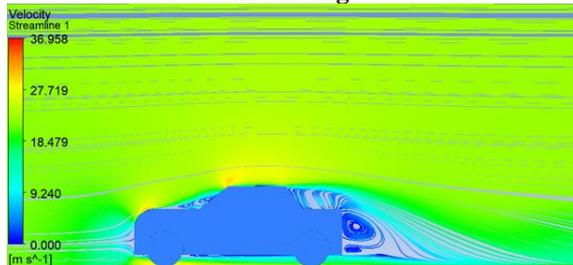
$$CD = \frac{FD}{\frac{1}{2} \rho V^2 A} = \frac{218,16508}{\frac{1}{2} \cdot 1,225 \cdot 22,22^2 \cdot 1,2356} = 0,58386$$

Terjadi penurunan koefisien hambatan pada kendaraan model yang menggunakan *rounding* 400 mm pada bagian *upperside* sebesar 0,10232696 pada kecepatan aliran udara 80 km/h yang menandakan kendaraan model dengan *rounding* 400 mm lebih aerodinamis daripada kendaraan tanpa *rounding front hood*.

4.2. Pola Aliran Udara Kendaraan Model



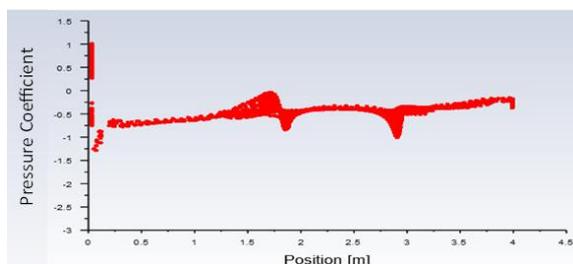
Gambar 6. Pola Aliran Udara Kendaraan Tanpa Rounding



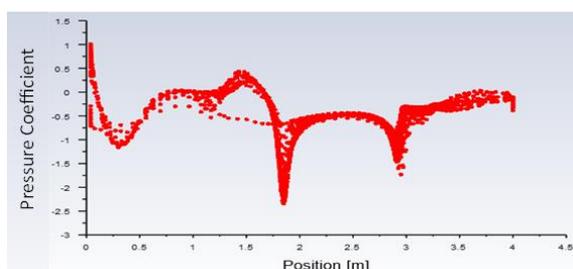
Gambar 7. Pola Aliran Udara Kendaraan 400 mm Rounding

Pada gambar 6 dan 7 adalah visualisasi pola aliran udara yang melewati kendaraan model, model kendaraan tanpa *rounding* memiliki kecepatan aliran tertinggi sebesar 31,593 m/s, sedangkan kendaraan dengan *rounding* 400 mm memiliki kecepatan aliran tertinggi sebesar 36,561. Model kendaraan tanpa *rounding* terlihat terdapat *forward bound vortex* yang cenderung lebih banyak dari pada kendaraan model dengan *rounding* 400 mm.

4.3 Distribusi Koefisien Tekanan pada Kendaraan Model



Gambar 8. Distribusi Koefisien Tekanan pada Upperside Kendaraan Model Tanpa Rounding



Gambar 8. Distribusi Koefisien Tekanan pada Upperside Kendaraan Model 400 mm Rounding

Pada $x=0$ terjadinya *stagnation point* yang menyebabkan nilai pada kendaraan tanpa *rounding* dan 400 mm *rounding*, terjadi *separation point* pada $x=0,1$ pada kendaraan tanpa *rounding* yang menyebabkan c_p turun sampai nilai $c_p -1,4$ dan pada $x=1,825$ pada kendaraan 400 mm *rounding* yang menyebabkan c_p turun sampai nilai $c_p -2,4$.

5. Kesimpulan

Dari hasil simulasi *Computational Fluid Dynamic* yang dilakukan pada aplikasi ANSYS. Penelitian Simulasi ini untuk mendapatkan nilai koefisien hambat, distribusi koefisien tekan pada *upperside* dan menggambarkan pola aliran udara pada mobil tanpa *rounding* dan dengan *rounding* yang bervariasi dan variasi kecepatan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Pola aliran udara pada kendaraan *rounding* terdapat besarnya *forward bound vortex* pada bagian depan kendaraan sedangkan pada kendaraan model dengan 400 mm *rounding* *forward bound vortex* semakin berkurang, yang menyebabkan nilai koefisien hambat kendaraan model tanpa *rounding* lebih besar daripada model kendaraan dengan *rounding* 400 mm dengan selisih koefisien hambat sebesar 0,10232696.
2. Terjadi titik stagnasi pada model kendaraan tanpa *rounding* dan kendaraan dengan 400 mm *rounding* pada $x=0$, terjadi *separation point* pada $x=0,1$ pada kendaraan tanpa *rounding* dan pada $x=1,825$ pada kendaraan 400 mm *rounding*. Nilai c_p terendah pada kendaraan model tanpa *rounding* didapatkan c_p sebesar $-1,4$ dan pada kendaraan model dengan *rounding* 400 mm didapatkan nilai c_p terendah sebesar $-2,4$.

Daftar Pustaka

- [1] Anderson John D. JR. (2017). Fundamentals of aerodynamics .New York: McGraw-Hill Education.
- [2] Kusaeri, Didi.(2020). Karakteristik Aerodinamika Terhadap Desain Mobil Hemat Energi Pada Kecepatan 15 km/jam Menggunakan Computational Fluid Dynamics Jurnal Eengineering Vol.11 No.1.
- [3] Sutantra, I Nyoman. 2001. Teknologi Otomotif: Teori dan Aplikasinya. Surabaya: Guna Widya.
- [4] Nashruddin, A. H., & Mirmanto, H. (2012). Studi Numerik Karakteristik Aliran 3 Dimensi di Sekitar Bodi Modifikasi SapuanganUrban Concept dengan Rasio Ground Clearance terhadap Panjang Model (C/L) 0,048. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- [5] Pritchard, Philip J., Fox & McDonald's. (2011). Introduction of fluid mechanics: Eight edition. USA: John Wiley & Sons, Inc
- [6] Jhon S, Joshua Sam., & Utomo, M.S.K. Tony Suryo. (2017). Analisis Aerodinamika Body Mobil Hemat Energi Antawirya Residual-Sat Dengan Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics. Jurnal Teknik Mesin S-1 Universitas Diponegoro, Vol. 5, No. 1.
- [7] Fakhrudin, Muhammad & Wicaksono, Hangga & Baananto, Fauzan & Firmansyah, Hilmi & Sari, Nurlia & Muzaki, Mochamad & D, Khelvindra & Hardyanto, Noveri. (2021). Optimasi Aerodinamika Bodi Mobil Hemat Energi Ken Dedes Electric Evo 3 Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics (CFD) Jurnal Teknik Energi Vol.17 No.1 Hal 36-45.
- [8] E. Oran, O Utcu. (2017). Aerodynamics Assessment Using CFD For A Low Drag Shell Eco-Marathon Car E. Abo-Serie Journal of Thermal Engineering, Vol. 3, No. 6, Special Issue 6, ber, Yildiz Technical University Press, Istanbul, Turkey.
- [9] Putro, S.H.S. (2017). Studi Numerik Karakteristik Separasi dan Reattachment Aliran Di Belakang Gundukan (BUMP) Setengah Lingkaran. Jurnal Penelitian vol 2 hal 100-109.
- [10] Putra, A.A Adi. 2021. "Penggunaan Rounding pada Front Hood Kendaraan Terhadap Pola Aliran dan Distribusi Tekanan Stasis Pada Upper Side Kendaraan Model". Skripsi. Jember: Universitas Udayana.
- [11] Terial, P.H Yudho. (2017). "Analisa Aerodinamika Bodi Mobil Tipe Prototype Battery Electric "Barqun Speed" Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics" TUGAS AKHIR, Universitas Muhammadiyah Malang.
- [12] Cahyaningsih, W. (2016). "Studi Eksperimen Karakteristik Aliran Melintasi Silinder Sirkular Berpengganggu Prisma Segitiga Samasisi, Prisma Segi Empat, dan Silinder Sirkular", Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Insitut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- [13] Marga, Yogatama., & Trisno, R. (2018). Studi Koefisien Drag Aerodinamika pada Model Ahmed Body Terbalik Berbasis Metode Numerik Jurnal Teknik Mesin (JTM): Vol. 07, No. 1.
- [14] Rahman, Ardiansyah., Farid, A., & Suriansyah (2014). Pengaruh Penggunaan Spoiler Pada Model Kendaraan Sedan Terhadap Tekanan Hisap Dalam Terowongan Angin. Proton: Jurnal Ilmu Teknik Mesin, vol. 6, no. 1, hal 1-7.
- [15] Mulyana, D.I., & Rofik, M. (2022). Implementasi Deteksi Real Time Klasifikasi Jenis Kendaraan Di Indonesia Menggunakan Metode YOLOV5, Halaman 13971-13982 Jurnal Pendidikan Tambusa Volume 6 Nomor 3 Hal. 13971-13982.
- [16] Hanif, Abdul H., M. S. K., & Tony Suryo Utomo. (2015). Simulasi Aerodinamika Desain Mobil Hemat Bahan Bakar 'ANTAWIRYA' Dengan Metode Computational Fluid Dynamics. Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol. 3, No. 2., Hal 188-197.
- [17] Rusyana, I.G.N.B Jaya. (2021). Visualisasi Pola Aliran Fluida Kerja dan Koefisien Tekanan Suatu Mobil yang Ber-Under Rear End Bervariasi. Skripsi: Universitas Udayana
- [18] Ferdiansyah, Pangki. 2015. Studi Numerik : Analisa Medan Aliran 2D Bodi Pada Mobil Basudewo. Tugas Akhir : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [19] Szudarek, M.; Piechna, J. 2021. CFD Analysis of the Influence of the Front Wing Setup on a Time Attack Sports Car's Aerodynamics. Energies 2021, 14, 7907. <https://doi.org/10.3390/en14237907>
- [20] Utomo, R. Ardiansyah (2017) Pemodelan Numerik Aliran 3 Dimensi Pada Bodi Modifikasi Mobil Listrik Nogogeni 6. Tugas akhir : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [21] Singh, Anugya Aravind S, Srinadhi K and Kannan B T (2020) Assessment of Turbulence Models on a Backward Facing Step Flow Using OpenFOAM IOP Conf. Ser: Mater. Sci. Eng. 912 042060



Pajar Doli Soripada Marbun merupakan mahasiswa Teknik Mesin Universitas Udayana Angkatan 2019, dan saat ini sedang menempuh tugas akhir dengan topik konversi energi.

Judul Tugas Akhir Simulasi Penggunaan Rounding Front Hood Kendaraan Terhadap Pola Aliran dan Distribusi Koefisien Tekanan Pada Upperside Kendaraan Model.