

Pengaruh Variasi Model *Body Formula SAE* (*Formula Society of Automotive Engineers*) terhadap Efisiensi Kerja dengan Uji Simulasi Aerodinamika

Yuniarko Indrawan*, Mulyadi Mulyadi

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Abstrak: Bentuk bodi yang aerodinamis merupakan faktor penting dalam perlombaan balap mobil seperti kontes mobil FORMULA SAE (*Formula Society of Automotive Engineers*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gaya hambat pada bodi kendaraan (*Drag Force*) dan mengetahui bagian-bagian bentuk bodi yang memiliki tingkat *pressure* yang lebih. Selanjutnya, dilakukan simulasi pendekatan CFD dengan menggunakan *software solidwork 2022-flow simulation* dengan perbandingan koefisien *drag* dan *pressure* dan pemberian kecepatan konstan yaitu 100 km/jam pada tiga variasi sudut *nose* yang berbeda. Hasil simulasi didapatkan nilai koefisien *drag* rata-rata pada desain variasi *nose* dengan sudut yaitu 30 mm sebesar -0.386.16 N, sedangkan pada variasi *nose* sudut 60 mm sebesar -0.490.39 N, dan pada variasi *nose* sudut 90 mm sebesar 0.497.46 N. Melalui simulasi ini di dapatkan avg. *Pressure* tertinggi terdapat pada variasi sudut *nose* bodi mobil, dimana desain dengan variasi sudut *nose* 90 mm yang mana lebih aerodinamis dibandingkan dengan desain variasi sudut *nose* 30 mm dan 60 mm karena memiliki nilai avg *pressure* yang lebih kecil yaitu sebesar 101740.92 Pa.

Kata Kunci: Koefisien Drag, Avg. *Pressure*, Solidworks 2022- Flow Simulation

DOI:

<https://doi.org/10.47134/innovative.v3i3.111>

*Correspondence: Yuniarko

Indrawan

Email:

yuniarkoindrawan46@gmail.com

Received: 01-07-2024

Accepted: 15-08-2024

Published: 30-09-2024



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: The aerodynamic body shape is an important factor in auto racing competitions such as the FORMULA SAE (*Formula Society of Automotive Engineers*) car contest. This study aims to determine the drag force on the vehicle body (*Drag Force*) and determine the parts of the body that have a higher level of pressure. Furthermore, a simulation of the CFD approach was carried out using Solidwork 2022 – flow simulation software with a ratio of drag and pressure coefficients and a constant speed of 100 km/hour at three different nose angle variations. The simulation results show that the average drag coefficient on the nose variation design with an angle of 30 mm is -0.386.16 N, while the nose angle variation of 60 mm is -0.490.39 N, and the nose angle variation of 90 mm is 0.497.46 N. Through this simulation, we get avg. The highest pressure is found in the variation of the nose angle of the car body, where the design with the variation of the nose angle of 90 mm which is more aerodynamic than the design of the nose angle variation of 30 mm and 60 mm because it has a smaller avg pressure value of 101740.92 Pa.

Keywords: Drag Coefficient, Avg. *Pressure*, Solidworks 2022- Flow Simulation

Pendahuluan

Kompetisi *FORMULA SAE* adalah sebuah kompetisi yang membuat kendaraan di bawah naungan *Society of Automotive Engineer (SAE)* internasional yang diikuti oleh mahasiswa seluruh dunia setiap tahunnya *FORMULA SAE* sendiri dibagi ada dua kategori yang harus diikuti peserta yaitu *static event* meliputi *design report*, *cost report*, dan *bussines logic* serta *dinamik event* meliputi *accseleration*, *skid pad*, *autocross*, *endurance*, dan *fuel efficiency* (Garc et al., 2013). Desain dan bentuk mobil dalam kompetisi ini menyerupai mobil balap kecil dengan gaya formula. Maka dari itu perlombaan ini perlombaan ini dijadikan ajang pembelajaran dan penelitian teknologi mobil formula untuk tingkat mahasiswa (Hakim & Nugroho, 2018).

Tiap peserta harus benar-benar matang dalam mendesain mobil karena tiap *dynamic event* memiliki karakteristik lintasan yang berbeda (Liu, 2024; Bradford, 2023; Karthikeyan, 2023; Merton, 2023; Shah, 2023). Dalam *acceleration event*, mobil diuji dengan melaju secepat mungkin lintasan lurus sepanjang tujuh puluh lima meter. Berbeda dengan *acceleration event*, keempat *dynamic event* lainnya memiliki karakteristik lintasan *stop and go* (Prihadnyana, 2017). Lintasan *event skip pad* berupa dua lingkaran berdiameter sepuluh meter untuk dilalui mobil seperti angka delapan. Sedangkan lintasan *tiga event* lainnya merupakan perpaduan antara lintasan lurus, *slalom*, dan setengah lingkaran beradius tertentu (Barus et al., 2018).

Karakteristik *body* dapat dipengaruhi material pembentuk bodi walaupun geometri memiliki pengaruh yang tidak begitu besar (Fu, 2023; Hasan, 2023; Neto, 2023). Terdapat berbagai macam material pembentuk *body*. Pada manufaktur bodi kendaraan, material yang digunakan dapat berupa logam dan komposit (Crossan, 2023; Sasikumar, 2023; Subagyo, 2023). Logam sebagai material pada bodi kendaraan dapat kita temui pada kendaraan di sekitar kita namun, biasanya juga terdapat kendaraan yang memakai material komposit (Sholikin & Wailandouw., 2014). Komposit memiliki kelebihan dibandingkan dengan logam, yaitu dalam hal massa jenis yang lebih kecil, serta nilai kekerasan yang lebih besar. Massa jenis menentukan bobot bodi sedangkan kekerasan berpengaruh pada kekakuan material pada manufaktur bodi diantaranya adalah *fiber glass* dan *carbon fiber* (Banga et al., 2015).

Menurut Sam & Utomo (2017), *Computer Fluid Dynamics (CFD)* mempelajari perilaku cairan menggunakan simulasi komputer. Tujuannya adalah untuk menemukan solusi tentang persamaan fluida, membagi ruang dalam elemen kecil yang disebut *mesh*, menyelesaikannya dalam setiap persamaan, persamaan dan menghubungkan solusi di setiap selnya (Jumini, 2013). Tahanan *Aerodinamika*, gaya angkat *Aerodinamika*, dan momen anguk *Aerodinamika* pengaruh yang bermakna pada unjuk kendaraan pada kecepatan sedang dan tinggi (Febrianto & Lianto, 2020). Peningkatan penekanan pada penghematan bahan bakar dan pada penghematan energi telah memacu keterkaitan baru dalam memperbaiki unjuk kerja aerodinamika. Seiring berkembangnya teknologi para *engineer*

industri otomotif berusaha menekan koefisien gaya tahanan (C_d) seminimal mungkin simulasi aerodinamika dilakukan di dalam *wind tunnel* yang ditetapkan sebagai domain komputasi dengan menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) (Yamin & Darussalam, 2012). Menggunakan metode turbulen *k-epsilon realizable standart wall function*, yang ditentukan berdasarkan validasi pada fenomena aliran *streamline*. Menggunakan metode *diskretisasi second order upwind* untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat (Atmika & Lokantara, 2010).

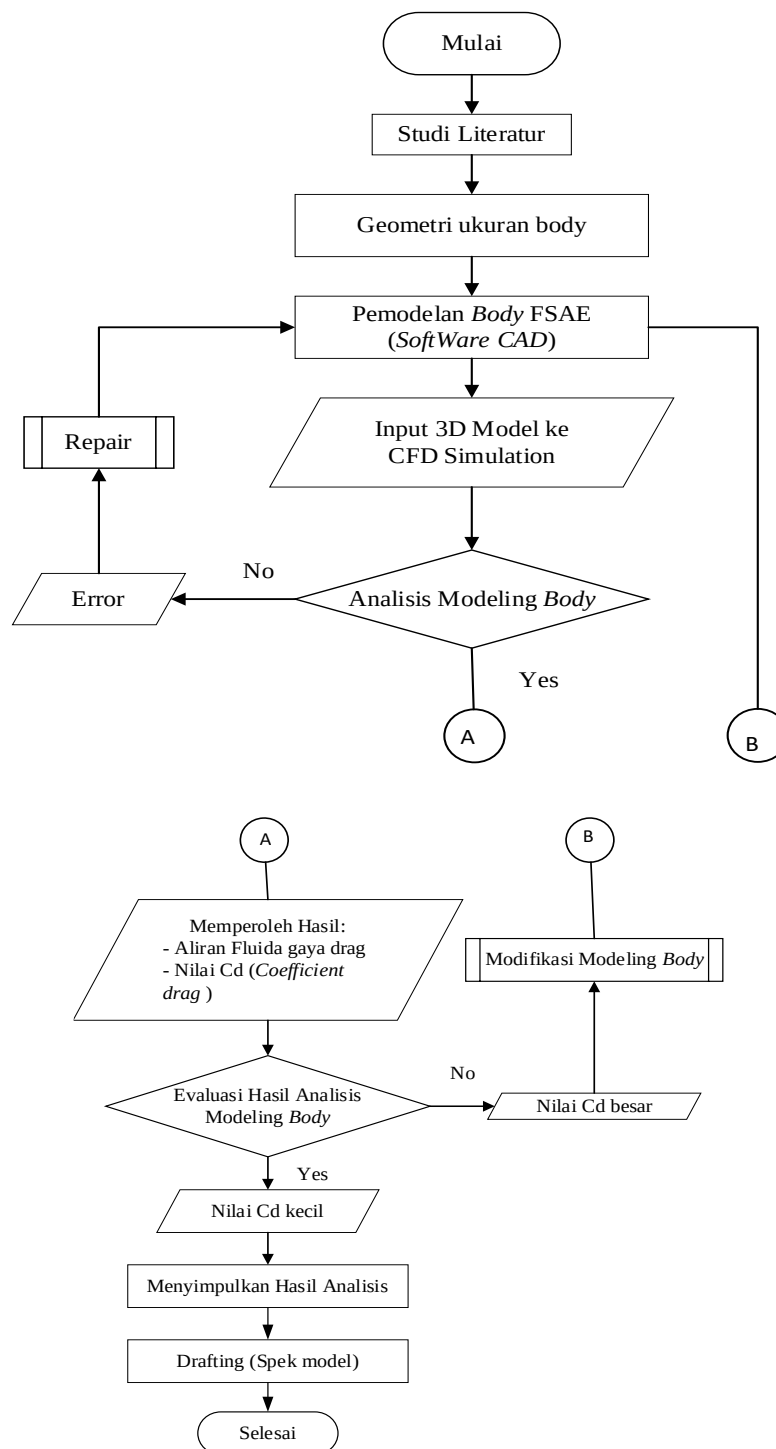
Dalam keseharian pada temperatur normal bentuk dasar dari suatu bahan umumnya terbagi menjadi tiga sifat, yaitu; zat padat, zat cair dan zat gas, walaupun ada pula yang mempunyai sifat-sifat ganda (Sochib & Hidayatulloh, 2018). Sebuah zat padat umumnya mempunyai bentuk tertentu dan bila dilihat dari struktur molekulnya, zat padat memiliki jarak antar-molekul yang lebih rapat serta gaya kohesi antar-molekul yang lebih besar dibandingkan zat lainnya sehingga zat padat tidak mudah berubah bentuk. Sedangkan zat cair dan zat gas (yang merupakan suatu jenis fluida) umumnya mempunyai bentuk yang ditetapkan oleh wadahnya masing-masing (di mana wadah tersebut biasanya terbuat dari zat padat) dan bila dilihat dari struktur molekulnya, fluida memiliki jarak antar-molekul yang lebih besar serta gaya kohesi antar molekul yang lebih rapat dibandingkan zat padat sehingga fluida mudah berubah bentuk tergantung dari wadah atau tempatnya (Yudhatama et al., 2018).

Dalam aerodinamika mobil diperlukan untuk mendapatkan kecepatan udara tinggi atau udara bertekanan rendah untuk pergi di bawah mobil menciptakan lift negatif, untuk memfasilitasi mobil memiliki pegangan yang baik ketika berjalan (Sultan et al., 2020). Semakin cepat mobil berjalan, semakin banyak *downforce* yang didapat dan semakin banyak grip yang didapat, mendorong mobil ke lintasan. Semakin banyak cengkeraman yang dimilikinya, semakin banyak daya cengkeram, terutama yang melewati sudut-sudut, karena saat menggandakan kecepatan, ia mendapatkan empat kali *downforce* dan *drag* (Yogatama & Trisno, 2018).

Metode

Perancangan bodi pada penelitian mobil *fsae* ini memiliki beberapa aspek dan pertimbangan nilai *aerodinamika*. *Aerodinamika* memiliki dampak yang sangat besar terhadap laju kendaraan. Beberapa aspek yang dapat meningkatkan nilai laju *aerodinamika* pada *body* mobil *formula sae* pada penelitian ini.

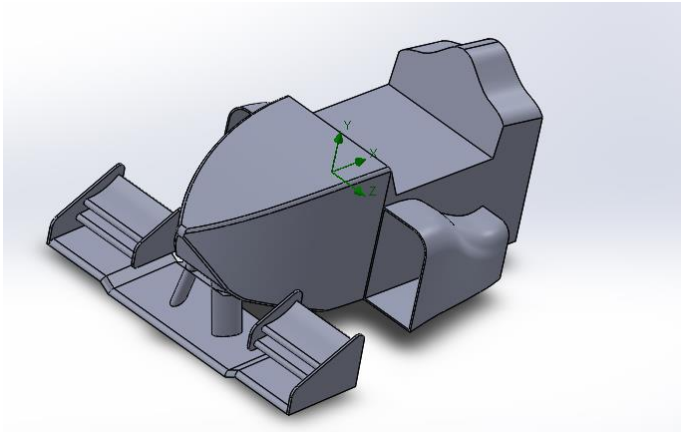
Design variasi sudut radius nose pada *body Formula Society of Automotive Engineers* (FSAE) akan dijelaskan pada diagram alir sebagai berikut:



Gambar. 1 Diagram Alir Penelitian

A. Perancangan desain *body Formula SAE*

Perancangan bodi pada penelitian mobil *fsae* ini memiliki beberapa aspek dan pertimbangan nilai *aerodinamika*. *Aerodinamika* memiliki dampak yang sangat besar terhadap laju kendaraan. Beberapa aspek yang dapat meningkatkan nilai laju *aerodinamika* pada *body* mobil *formula sae* pada penelitian ini sebagai berikut.



Gambar. 2 Body Formula Sae

B. Proses Simulasi

Proses simulasi dalam tahapan kali ini secara umum terbagi dalam beberapa langkah, yaitu *preprocessing*, *boundary condition*, *messaging*, *silving* (*post processing*)

1. *Preprocessing*

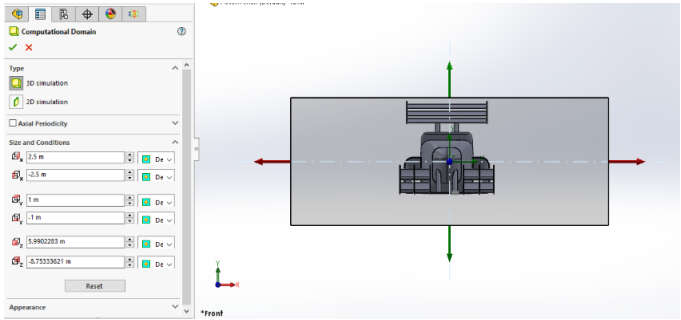
Merupakan tahapan yang akan menentukan sistem satuan jenis fluida, serta karakteristik aliran yang akan digunakan adalah luminer dan turbulen.

Tabel 1. *Setting* parameter simulasi

Preprocessing Data		
No		
1	Setting unit sistem	SI (m-kg-s)
2	Analysis tipe	External
3	Default fluid	Air (gases)
4	Initial dan ambient condition	- Pressure : 101325.00 Pa - Temperature : 293.20 K

2. *Boundary Condition*

Kondisi batas yang digunakan dengan menggunakan pilihan *default* yang ada. Kecepatan aliran yang akan digunakan adalah 27.778 m/s (100 km/jam). Penentuan hasil dan geometri yang digunakan dalam simulasi ini ada pada angka 5. Selanjutnya adalah penentuan *fluid* domain yang akan digunakan sebagai batas komputasi fluida



Gambar 2. Fluid domain pada body formula SAE

Selanjutnya penentuan *goal* yang akan diharapkan pada simulasi adalah berupa daya *drag* dan *pressure*. Untuk menghitung koefisien *drag* dilakukan dengan cara pemberian input rumus detail pada menu *global goal*. Rumus variasi moncong bodi depan 30 mm:

$$\begin{aligned}
 Cd &= 2.D / \rho.U^2. A \\
 &= \frac{2 \times (-231.699)}{1.2 \times (100)^2} \\
 &= -0.386.165 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Rumus variasi moncong bodi depan 60 mm:

$$\begin{aligned}
 Cd &= 2.D / \rho.U^2. A \\
 &= \frac{2 \times (-2942.39)}{1.2 \times (100)^2} \\
 &= 0.0490 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Rumus variasi moncong bodi depan 90 mm:

$$\begin{aligned}
 Cd &= 2.D / \rho.U^2. A \\
 &= \frac{2 \times (-2984.79)}{1.2 \times (100)^2} \\
 &= -0.497 \text{ N}
 \end{aligned}$$

3. Messing

Simulasi ini menggunakan *Mesh* yang terstruktur dimana bentuk dan pola *grid* yang ada pada *fluid* domain maupun pada profil bodi *formula SAE* dengan jumlah *cell* sebanyak 10.626 elemen. Dimana proses ini juga dilakukan pada *software* yang ada pada Solidwork 2022 – *Flow Simulation*.

4. Solving (post prosessing)

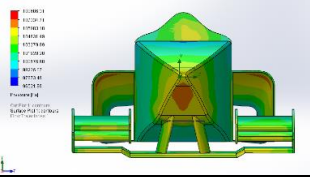
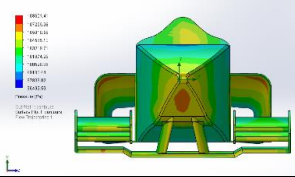
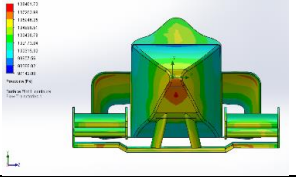
Proses perhitungan ini akan terulang pada setiap elemen yang dihasilkan secara otomatis dan akan berhenti jika hasilnya sudah sama (*Convengen*).

Hasil dan Pembahasan

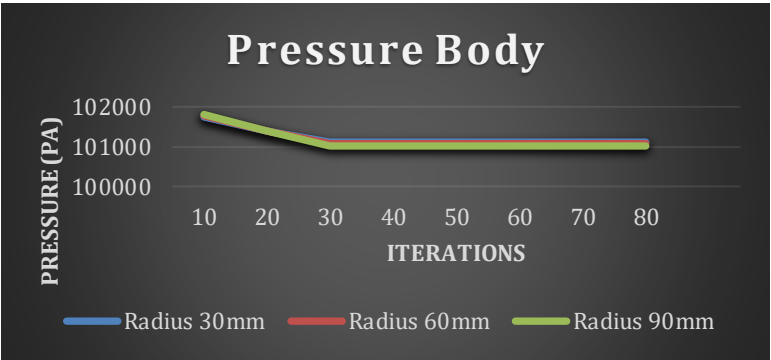
A. Analisa Hasil Distribusi Tekanan

Pada analisa dan pembahasan yang akan dijelaskan meliputi desain dan hasil simulasi bodi mobil *FSAE* menggunakan *solidwork flow simulation*. Hasil dari perancangan pada penelitian ini mengacu pada beberapa aspek yang mempengaruhi *aerodinamika*. Mobil dengan bentuk *aerodinamika* yang baik akan melaju lebih cepat dikarenakan memiliki sedikit hambatan udara. Dengan visualisasi kontur dan juga tekanan akan mengetahui area yang menyebabkan terjadinya turbulensi pada hasil uji akan ditandai dengan adanya perbedaan warna yang mewakili pada area bodi tersebut dari nilai tertinggi hingga nilai terendah. Berikut ini adalah perbandingan kontur *body formula sae* pada variasi depan.

Tabel 2. Kontur Tekanan pada Permukaan Bodi Tampak Depan

Kecepatan (Km/jam)	Sudut radius nose bodi		
	30mm	60mm	90mm
100 km/jam			

Dilihat dari tabel di atas distribusi tekanan pada permukaan depan bodi dapat di lihat dari tekanan yang diakibatkan oleh udara yang menabrakkan bodi dengan arah berlawanan berserta laju kendaraan tersebut. Kontur berwarna jingga mempunyai rentan tekanan antara 105983 Pa dan 107203 Pa. Kontur berwarna jingga areanya semakin luas dengan seiring bertambah besarnya radius *nose* depan bodi pada tiap variasi. Kontur warna merah menunjukkan tekanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontur yang memiliki warna jingga, dimulai dari kontur berwarna jingga dan merangkak naik hingga warnanya menjadikan merah yang memiliki rentang tekanan 107334 Pa sampai 108461 Pa pada kecepatan yang sama 100 Km/jam.



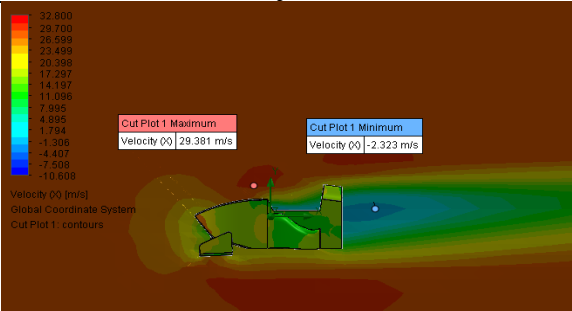
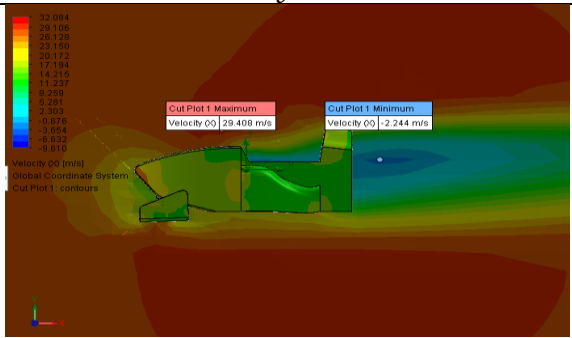
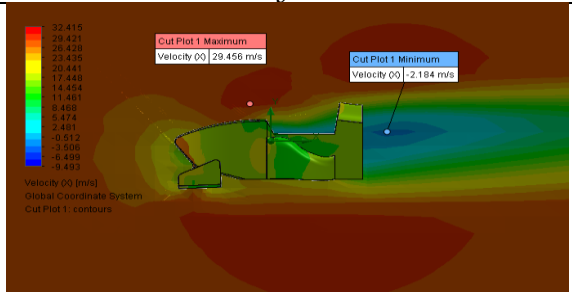
Gambar 3. Grafik *pressure* pada variasi radius *nose body formula sae*

Dilihat data grafik di atas dapat dilihat dari hasil *flow simulation* pada ketiga variasi *nose* bodi *formula SAE*. Pada grafik 4.19 dapat dilihat nilai *pressure* pada desain variasi *nose* bodi 30 mm, 60 mm, dan 90 mm mengalami kenaikan walaupun kecil lalu turun ketika nilainya menjadi yang terkecil nilai *pressure* nya dengan kecepatan konstan yaitu 100 km/jam. Dapat dilihat bahwa nilai *pressure* hasil simulasi rata-rata yaitu 101740.92 Pa untuk desain variasi sudut radius *nose* bodi 30 mm, sedangkan untuk variasi sudut radius *nose* bodi 60 mm dengan hasil simulasi nilai rata-rata 101773.85 Pa dan untuk variasi sudut radius *nose* bodi 90 mm yang merupakan bodi dengan nilai *pressure* tertinggi yaitu dengan nilai rata-rata 10806.69 Pa. Dari ke tiga *grafik* tersebut dapat dilihat bahwa bodi *Formula SAE* dengan tiga variasi sudut radius *nose* bodi di ambil nilai yang paling kecil nilainya yaitu variasi sudut radius *nose* bodi 30 mm lah yang paling kecil nilai *pressure* nya. Sehingga hasil pengujian variasi sudut radius *nose* bodi 30 mm sudah mendekati bentuk yang diinginkan dan *streamlined* bodi *Formula SAE*.

B. Analisa Hasil Distribusi Aliran

Karakteristik aliran aerodinamika dapat dilihat melalui visualisasi pada kontur kecepatan fluida di area bodi *fsae*. Pengaruh kecepatan fluida pada sekitar bodi tersebut mengakibatkan perbedaan tekanan yang berbeda beda. Sesuai pada hukum Bernoulli bahwa sesuatu peningkatan kecepatan fluida akan menimbulkan atau menaikkan pada aliran fluida tersebut. Berikut adalah perbandingan kontur kecepatan pada aliran fluida yang digunakan ialah 100 km/jam (27.77 m/s)

Tabel 3. Velocity pada Body Fsaе

No.	Tampak cut plot velocity body FSAE
	Velocity 30 mm
1	
	Velocity 60 mm
2	
	Velocity 90 mm
3	

Dari variasi ke 3 model tersebut menunjukkan adanya perbedaan kontur kecepatan antara lain variasi radius 30 mm, 60 mm dan 90 mm pada kecepatan 100 km/jam. Pada variasi 30 memiliki area *wake* yang mana area tersebut di tandai dengan warna merah dengan nilai 29.381 m/s dan variasi 90 mm memiliki area *wake* yang paling besar nilainya dengan tidak jauh hasil angka dari ke tiga variasi tersebut ialah 29.458 m/s dan terlihat

separasi aliran dimulai dengan warna biru lalu kemudian menjadi kuning yang diarahkan dari bagian depan bodi menuju bagian belakang. Namun apabila dilihat dari hasil koefisien *drag*-nya, maka koefisien *drag* tertinggi didapat pada variasi radius 90 mm lalu menurun pada variasi radius 60 mm dan radius 30 mm menjadi nilai koefisien *drag* terendah.

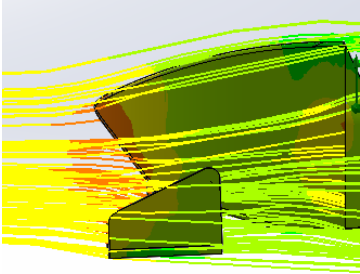
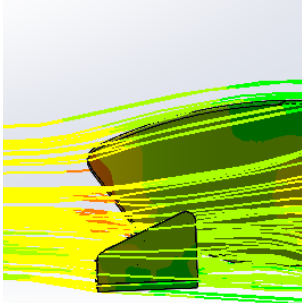
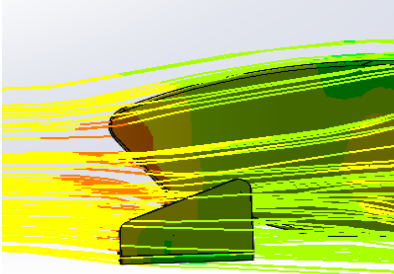
Tabel 4. *Koefficient drag* pada variasi *nose* bodi *formula sae*

Kecepatan udara (m/s)	Koefisien drag		
	Variasi model 30 mm	Variasi model 60 mm	Variasi model 90 mm
27.778 m/s	0.386.16	0.0490.39	0.497.46

C. Analisa Pola Aliran Udara

Suatu bentuk bodi yang memiliki nilai aerodinamika yang baik dapat melewati suatu fluida dengan efektifitas sehingga hambatan udara yang rendah. Keefektifan aliran yang bekerja di sekitaran bodi dapat dilihat melalui pola aliran udara yang bekerja pada area tersebut. Pola aliran yang mengikuti kontur suatu bodi disebut *streamline*. Kontur bodi yang baik adalah kontur yang memiliki bentuk *streamline* dengan atau tanpa separasi yang menimbulkan *wake* pada area belakang bodi. Dengan adanya *wake* maka selisih tekanan udara pada area depan dan belakang bodi menjadi besar. Hal itulah yang menyebabkan terjadinya *pressure drag*. Semakin besar *pressure drag* maka hambatan udara yang dihasilkan akan semakin besar.

Tabel 5. *Flow trajection* pada variasi *body FSAE*

Flow trajection pada variasi body FSAE		
Flow trajection 30 mm	Flow trajection 60 mm	Flow trajection 90 mm
		

Dari analisa aliran fluida tersebut dapat disimpulkan bahwa aliran fluida sangat berpengaruh terhadap kemampuan suatu bodi untuk melewati suatu secara efektif. Aliran fluida pada variasi sudut radius moncong 30 mm menghasilkan area *wake* yang lebih kecil jika dibandingkan dengan sudut radius 60 mm dan 90 mm. Oleh karena itu koefisien *drag* pada sudut 30 mm paling kecil nilainya daripada sudut variasi 60 mm dan 90 mm berturut turut dengan nilai masing-masing sebesar 0.386.16 N, 0.0490.39 N, dan 0.497.46 N.

Simpulan

Berdasarkan hasil dari analisa dan penelitian ini perencanaan variasi *body formula SAE* (*Formula Society of Automotive Engineers*), menggunakan *software solidwork 2022*, maka dapat disimpulkan bahwa, perubahan konsep tentang bagaimana desain pada setiap variasi sudut *radius nose* pada mobil dengan regulasi *FSAE* yang berfungsi untuk dapat mengetahui nilai *drag coefficient* dan *avg. Pressure* pada setiap variasi *nose body formula SAE*. Dari konsep yang telah dilakukan pemilihan desain secara lengkap pada setiap variasi sudut radius nose body yaitu variasi radius nose 30 mm, 60 mm, dan 90 mm.

Dari hasil perhitungan yang dalam penelitian ini didapatkan *drag coefficient* pada kecepatan 100 km/jam (27.778 m/s). Yaitu untuk variasi sudut radius nose 30 mm ialah 0.386.16 N, lalu 60 mm nilainya 0.0490.39 N. Kemudian untuk variasi radius nose 90 mm nilainya 0.497.46 N. Dari data ini dapat disimpulkan bahwa variasi sudut *radius nose body* 30 mm lah yang mempunyai lebih kecil nilai tahanannya. Semakin kecil nilai *drag coefficient* nya pada kendaraan, maka dapat mengurangi beban kinerja mesin untuk menggerakkan kendaraan sehingga konsumsi bahan bakar menjadi lebih irit.

Daftar Pustaka

- Atmika, I. K. A., & Lokantara, I. P. (2010). *Tinjauan Beban Aerodinamis Terhadap Kinerja Stabilitas Arah Kendaraan*, 4(2).
- Banga, S., Ansari, N. A., Sharma, S., & Dungriyal, R. S. (2015). *CFD Simulation of Flow around External Vehicle: Ahmed Body*, 12(4), 87–94. doi:10.9790/1684-12438794.
- Barus, C. B., Affif, J. M., Mesin, J. T., Industri, F. T., Trisakti, U., & Pustaka, S. (2018). *Modifikasi dan Analisa Aerodinamika Body Mobil Gladiator 2 Pnj Dengan Menggunakan Metode Computational Fluid*.
- Bradford, A. (2023). *Racing With ROS 2 A Navigation System for an Autonomous Formula Student Race Car*. *Australasian Conference on Robotics and Automation, ACRA*.
- Crossan, M. M. (2023). *Leader Character in Engineering Projects: A Case Study of Character Activation, Contagion, and Embeddedness*. *IEEE Transactions on Engineering Management*. <https://doi.org/10.1109/TEM.2023.3287191>
- Febrianto, W. S., & Lianto, F. (2020). *Penerapan Hukum Bernoulli Pada Konsep Perancangan Galeri Pesawat Terbang Dan Kantor Sewa di Kemayoran*. *Jurnal Muara Sains, Teknologi Kedokteran, dan Ilmu Kesehatan*, 4(2), 381–388.
- Fu, Y. (2023). *Improved model predictive control for autonomous racecar trajectory tracking*. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, 12922. <https://doi.org/10.1117/12.3009023>
- Garc, D., Ramos, P., Engineering, M., & Engineering, M. (2013). *Aerodynamic Design of Formula Student Car*.
- Hakim, R., & Nugroho, C. B. (2018). *Desain dan Analisa Aerodimanika Dengan menggunakan Pendekatan CFD Pada Model 3D Untuk Mobil Prototipe 'Engku Putri'*.

- Hasan, A. (2023). Lightweight Design and Analysis of Steering Knuckle of Formula Student Car Using Topology Optimization Method. *World Electric Vehicle Journal*, 14(9). <https://doi.org/10.3390/wevj14090233>
- Jumini, S. (2013). *Gaya Aerodinamik dalam Penerbangan Perspektif Q.S. An-Nahl*: 79. *Jurnal Studia Al-Quran dan Hadits*, 53(9), 1689–1699.
- Karthikeyan, K. (2023). CFD Analysis of Air Intake Manifold System to Improve the Efficiency of Student Formula Car. *International Journal of Vehicle Structures and Systems*, 15(6), 833–835. <https://doi.org/10.4273/ijvss.15.6.18>
- Liu, G. (2024). Design and Optimization of Steering-by-Wire System for FSAC Racing Car. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 374, 3–29. https://doi.org/10.1007/978-981-99-7011-7_1
- Merton, H. (2023). Deep Reinforcement Learning for Local Path Following of an Autonomous Formula SAE Vehicle. *Australasian Conference on Robotics and Automation, ACRA*.
- Neto, R. S. (2023). Performance Prediction of a 4WD High-Performance Electric Vehicle Using a Model-Based Torque-Vectoring Approach. *World Electric Vehicle Journal*, 14(7). <https://doi.org/10.3390/wevj14070183>
- Pahleviannur, M. R. (2022). *Penentuan Prioritas Pilar Satuan Pendidikan Aman Bencana (SPAB) menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)*. Pena Persada.
- Pahleviannur, M. R., Wulandari, D. A., Sochiba, S. L., & Santoso, R. R. (2020). Strategi Perencanaan Pengembangan Pariwisata untuk Mewujudkan Destinasi Tangguh Bencana di Wilayah Kepesisiran Drini Gunungkidul. *Jurnal Pendidikan Ilmu Sosial*, 29(2), 116–126.
- Prihadnyana, Y., Widiana, G., & Dantes, K. R. (2017). *Analisis Aerodinamika Pada Permukaan Bodi Kendaraan Mobil Listrik Gaski (Ganesha Sakti) Dengan Perangkat Lunak Ansys 14.5 Oleh Universitas Pendidikan Ganesha Mobil yang memiliki bodi yang Aerodinamis memiliki banyak hal yang*. *Jurnal Jurusan Pendidikan Teknik Mesin*, 08(02), 1–12.
- Sam Jhon, J., & Suryo Utomo, T. (2017). *Analisis Aerodinamika Body Mobil Hemat Energi Antawirya Residual-Sat Dengan Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics*. *Jurnal Teknik Mesin*, 5(1), 50–59.
- Sasikumar, A. (2023). Effects of Radiator Angle and Sidepod Profile on Aerodynamic Performance of a Race Car. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 104(2), 139–152. <https://doi.org/10.37934/arfmts.104.2.139152>
- Shah, S. S. (2023). Design, Development, and Validation of an Intake System for an FSAE Racecar. *Green Energy and Technology*, 401–413. https://doi.org/10.1007/978-981-16-8274-2_27
- Sholikin, M. F., & Wailandouw, A. G. (2014). *Karakteristik Aliran Pada Kendaraan Menyerupai MPV Dengan Penambahan Front Spoiler*. *Jurnal Teknik Mesin*, 03(02), 1–8.
- Sochib, M., & Hidayatulloh, A. R. (2018). *Perancangan Instalasi Pompa Air Dari Mata Air Danau Ngipik Ke Tandon Penampung Perumahan Kapasitas 900L/Jam*. *Jurnal Keilmuan dan Terapan Teknik*, 07(02), 164–173.

-
- Subagyo, R. (2023). Effect of Front Roll Hoop Chassis Length of FSAE Car on Stress Analysis and Deflection. *International Review of Mechanical Engineering*, 17(2), 63–70. <https://doi.org/10.15866/ireme.v17i2.22318>
- Sultan, A. D., Mulyani, S., & Yusuf, W. A. (2020). *Analysis of the Effect of Cross-sectional Area on Water Flow Velocity by Using Venturimeter Tubes*. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(1), 94–99.
- Yamin, M., & Darussalam. (n.d.). *Analisis Aerodinamika Pada Body Car Dengan Menggunakan Software Berbasis Computational Fluid Dynamics (CFD)*.
- Yogatama, M., & Trisno, R. (2018). *Studi Koefisien drag Aerodinamika Pada Model Ahmed Body Terbalik Berbasis Metode Numerik*. *Jurnal Teknik Mesin*, 7(01), 10–14.
- Yudhatama, I. W., Hidayat, M. I. P., & Jatimurti, W. (2018). *Simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD) Erosi Partikel Pasir dalam Aliran Fluida Gas Turbulen pada Elbow Pipa Vertikal – Horizontal*. *Jurnal Teknik ITS*, 7(2), 134–139.