



DESAIN DAN ANALISIS AERODINAMIS *BODY* MOBIL HEMAT ENERGI JOGOPATI TIPE *PROTOTYPE* MENGGUNAKAN METODE *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS*

Agung Fauzi Hanafi^{a*}, Prabuditya Bhisma Wisnu Wardhana^a, Mega Lazuardi Umar^a, Asmar Finali^a, Wahyu Saputra^a

^aProgram Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Politeknik Negeri Banyuwangi, Jl. Raya Jember No. KM13, Kawang, Labanasem, Kec. Kabat, Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur 68461, Indonesia

*Corresponding Author: E-mail : agung@poliwangi.ac.id (Agung Fauzi H.) Tel.: +62 812-3432-3385

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diajukan pada 18 Juli 2024

Direvisi pada 22 Agustus 2024

Disetujui pada 27 Agustus 2024

Tersedia daring pada 06 September 2024

Kata Kunci :

Aerodinamis, CFD, gaya angkat

Keywords:

Aerodynamic, CFD, lift force

ABSTRAK

Besar konsumsi bahan bakar dari sebuah mobil tergantung pada berbagai faktor, salah satunya ke aerodinamis-an suatu *body* mobil tersebut. Semakin aerodinamis suatu *body* mobil, keajaiban mesin akan semakin ringan sehingga konsumsi bahan bakar juga akan dapat diminimalisir. Jogopati Proto merupakan kendaraan masa depan dengan performa aerodinamis yang sangat baik dan tingkat efisiensi yang tinggi. Kendaraan *prototype* ini memiliki tiga roda (dua roda depan dan satu roda belakang) yang akan dikemudikan oleh satu orang. Untuk mengetahui *drag force* dan *lift force* pada mobil dilakukan analisis karakteristik aliran fluida di sekitar *body* mobil Jogopati Proto menggunakan *Ansys 2020 R2*. Penelitian ini bertujuan untuk pengembangan desain *body* mobil hemat energi dan menganalisis aliran fluida di sekitar *body* mobil dalam kondisi kecepatan tertentu dengan metode *Computational Fluid Dynamics (CFD)* untuk meningkatkan kinerja aerodinamis mobil hemat energi Jogopati Proto serta mengurangi konsumsi bahan bakar. Dari hasil analisis aliran fluida yang melintasi *body* mobil hemat energi Jogopati Proto *pressure* terbesar terdapat pada bagian depan mobil dan pada visualisasi vektor kecepatan didapatkan bahwa terdapat area turbulensi terbesar pada *body* Jogopati Proto 1, dimana jika terdapat area turbulensi maka akan menambah *drag force* pada mobil tersebut. Besar gaya yang dihasilkan pada *body* Jogopati Proto 1 *drag force* (F_D) dan *lift force* (F_L) yang diperoleh senilai (F_D) 4,5 N dan (F_L) 2,4 N, sedangkan pada *body* Jogopati Proto 2 *drag force* (F_D) dan *lift force* (F_L) yang diperoleh senilai (F_D) 2,7 N dan (F_L) 1,7 N.

ABSTRACT

The aerodynamics of the car body is one of the many aspects that determine how much fuel an automobile uses. An automobile's body with greater aerodynamics will require less engine work, which will reduce fuel consumption as well. The JOGOPATI Proto is a futuristic car with superior aerodynamic capabilities and high efficiency. One person will be in charge of all three of the wheels on this prototype vehicle—two in the front and one at the back. Ansys 2020 R2 was used to analyse the fluid flow characteristics surrounding the Jogopati Proto automobile body in order to calculate the drag and lift forces on the vehicle. The goal of this research is to create an energy-efficient car body design and use the Computational Fluid Dynamics (CFD) method to analyse the fluid flow around the car body at different speeds in order to enhance the aerodynamic performance and decrease fuel consumption of the JOGOPATI Proto energy-efficient car. According to the analysis of fluid flow across the JOGOPATI Proto energy-efficient car's body, the front of the vehicle experiences the highest pressure, and the JOGOPATI Proto 1 body has the largest turbulence area, which increases the drag force on the vehicle. These findings are shown in the velocity vector visualisation. The JOGOPATI Proto 1 generates a force (F_D) 4.5 N and (F_L) 2.4 N, in terms of drag force and lift force, respectively. On the JOGOPATI Proto 2, the drag force and lift force are worth (F_D) 2.7 N and (F_L) 1.7 N.

1. PENGANTAR

Persediaan bahan bakar sebagai sumber energi yang semakin menipis harus berhadapan dengan kebutuhan energi meningkat. Hal ini menyebabkan energi menjadi permasalahan di seluruh dunia termasuk Indonesia. Hal ini membuat semua pihak berpikir mencari

solusi terbaik dalam mengatasi krisis energi. Salah satu strategi pemecahan masalah kelangkaan energi adalah dengan melakukan penelitian dan pengembangan yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar. Hampir seluruh perusahaan yang bergerak di bidang otomotif berlomba untuk menghasilkan produk yang mampu menghemat pemakaian bahan bakar (A. Sukmayadi dkk, 2024). Sebuah lomba kendaraan yang berfokus pada penghematan bahan bakar pada tingkat nasional yaitu Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) 2024. Kegiatan ini diharapkan dapat mendorong generasi muda bangsa utamanya para mahasiswa untuk melahirkan teknologi otomotif yang hemat energi dan bermanfaat bagi kemajuan bangsa dan negara Indonesia. Kemampuan untuk merancang dan membangun kendaraan yang irit, aman, dan ramah lingkungan merupakan kemampuan yang harus dimiliki oleh seluruh peserta dalam kegiatan ini. Peserta dituntut agar mampu menggunakan kreativitasnya dalam mewujudkan karya nyata berupa kendaraan yang akan dilombakan (A. Sukmayadi dkk, 2024).

Besar konsumsi bahan bakar dari sebuah mobil tergantung pada berbagai faktor, salah satunya ke aerodinamis-an suatu *body* mobil tersebut. Semakin aerodinamis suatu *body* mobil, kerja mesin akan semakin ringan sehingga konsumsi bahan bakar juga akan dapat diminimalisir. Dengan bentuk *body* yang aerodinamis, gaya samping dan momen yang terjadi pada mobil terkendali lebih baik, sehingga stabilitas mobil tetap baik dan aman saat mobil berkecepatan tinggi seperti pada perubahan kecepatan, pengereman, jalan belok, jalan naik-turun dan berbagai manuver lainnya (Nafisah dkk, 2017).

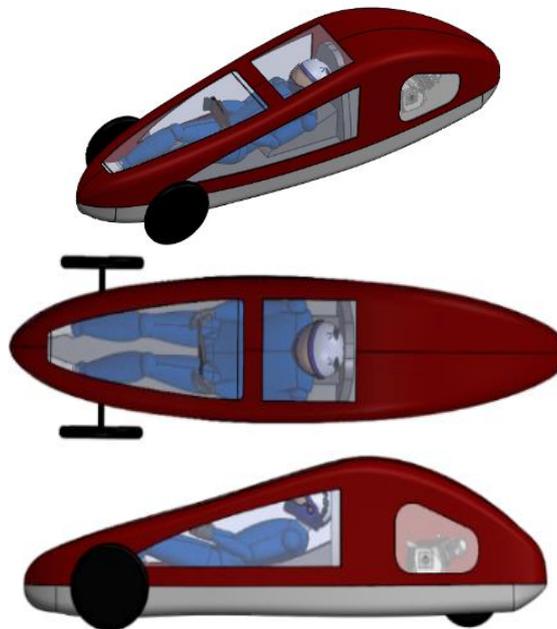
Kendaraan yang tengah dirancang tim JOGOPATI ini berbeda dengan kendaraan pada umumnya dengan menyesuaikan regulasi lomba. Kendaraan ini merupakan kendaraan masa depan dengan performa aerodinamis yang sangat baik dan tingkat efisiensi yang tinggi. Kendaraan prototype ini memiliki tiga roda (dua roda depan dan satu roda belakang) yang akan dikemudikan oleh satu orang. Pada *body* kendaraan ini didesain dan dirancang dengan lebih mengutamakan segi aerodinamis namun juga melindungi berbagai aspek (mesin, transmisi, kemudi, pengereman, dan kelistrikan) dari faktor eksternal seperti cahaya matahari, hujan dan lain – lain. Sementara itu, bentuk *body* kendaraan yang aerodinamis dapat membantu mengurangi bahan bakar dan meminimalkan gaya yang menghambat kecepatan kendaraan (Hendry sake dkk, 2023). Maka dari itu penelitian ini di buat untuk melakukan perbandingan analisis dan pengembangan desain *body* yang sesuai dengan standar regulasi lomba yang nantinya akan di uji dengan simulasi *Computational Fluid Dynamics (CFD)* untuk mendapatkan *body* mobil hemat energi yang lebih aerodinamis.

2. METODE

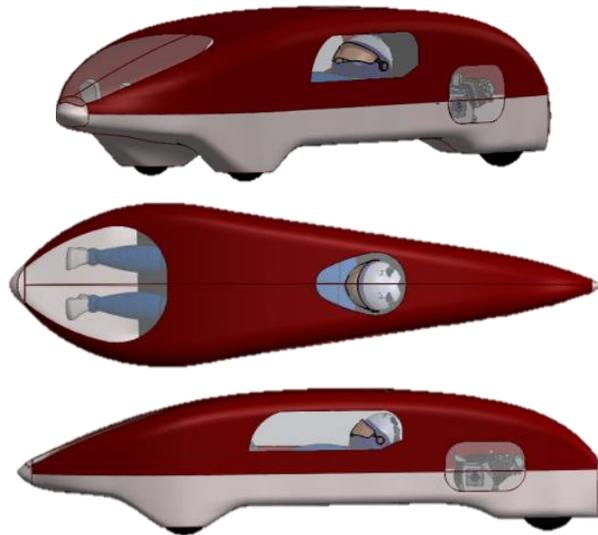
Metode penelitian yang digunakan adalah *Computational fluid Dynamics (CFD)* yaitu sebuah metode yang digunakan untuk melakukan analisis pengujian sistem aliran fluida melalui penggunaan komputer. Ada beberapa proses yang akan dilakukan antara lain :

2.1 Desain Model Bentuk Bodi

Pada proses pemodelan bodi di desain dengan 2 bentuk model desain yang berbeda. Perbedaan pada desain bodi Jogopati Proto terdapat pada posisi roda depan di luar bodi pada Gambar 1 desain bodi Jogopati Proto 1 sedangkan pada Gambar 2 desain bodi Jogopati Proto 2 posisi roda depan berada di dalam bodi. Pembuatan desain bodi Jogopati Proto ini menggunakan software solidworks untuk menjadi pembandingan antara desain bodi mana yang lebih aerodinamis.



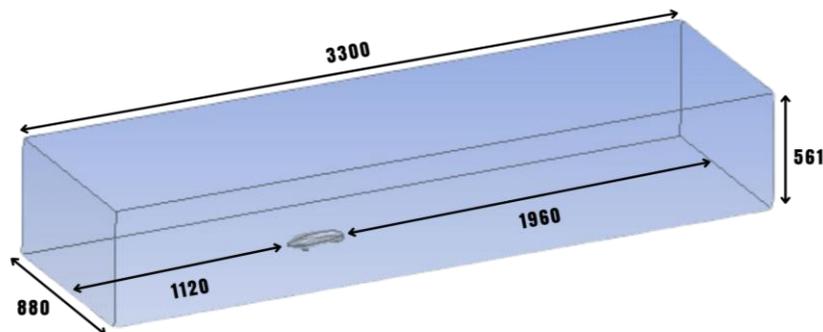
Gambar 1. Desain bodi jogopati proto 1



Gambar 2. Desain bodi jogopati proto 2

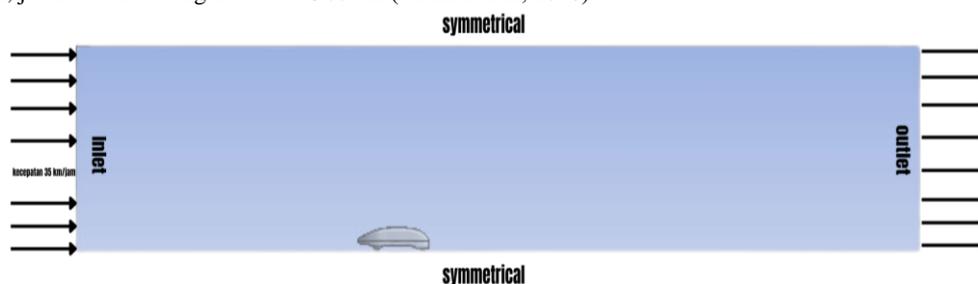
2.2 Pre - Processing

Pada proses ini model desain dari solidwork akan dipindah ke *software Ansys 2020 R2* untuk dilakukan simulasi dan memasukkan parameter – parameter yang diperlukan, seperti : Pembuatan Komputasi Domain, *Meshing*, *Boundary Condition (Inlet, Outlet dan velocity)*.



Gambar 3. Domain

Pada Gambar 3 ukuran domain pada *pre - processing* memiliki ukuran $P = 3300$ cm, $L = 880$ cm, $T = 561$ cm, jarak area depan bodi $P = 1120$ cm, jarak area belakang bodi $P = 1960$ cm (Rahman dkk, 2016).

Gambar 4. *Boundary condition*

Pada Gambar 4 parameter *boundary condition* pada *pre – processing* menggunakan *inlet*, *symmetrical*, dan *outlet*. *Velocity* di ambil dari rata-rata penelitian sebelumnya dan riset tim Jogopati Racing Tim dengan tim – tim mobil hemat energi yang lain. Saat berada di siruit perlombaan kecepatan rata-rata mobil hemat energi sebesar 35 km/jam ($9,72$ m/s). Simulasi ini juga menggambarkan kondisi yang menyerupai kondisi pada saat perlombaan dimana perbedaan kecepatan angin yang digunakan pada pengujian akan memberikan nilai yang berbeda pula pada *Drag Force* dan *Lift Force* yang dihasilkan.

2.3 Processing

Pada proses ini dilakukan tahap simulasi aerodinamis *body 1* dan *2* mobil hemat energi untuk mendapatkan nilai *Drag Force* dan *Lift Force*.

2.4 Post Processing

Pada proses ini setelah dilakukan simulasi akan terdapat penampilan data dari hasil simulasi kedua body mobil hemat energi, kemudian dilakukan analisa terhadap hasil data simulasi dari kedua body tersebut, seperti : *Velocity*, *Pressure*, *Drag* dan *Lift* untuk mendapatkan manakah bentuk desain *body* yang lebih aerodinamis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini proses simulasi menggunakan *Ansys 2020 R2* yang dilakukan pada body mobil hemat energi Jogopati Proto 1 dan Jogopati Proto 2. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi *Drag Force* dan *Lift Force* yang terdapat pada body mobil hemat energi.

3.1 Material

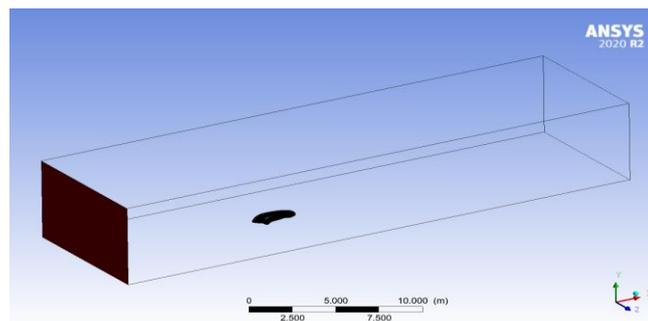
Material fluida aerodinamis adalah zat atau medium yang mengalir dan miliki sifat – sifat yang memengaruhi serta dipengaruhi oleh gerakan udara. Karakteristik dan perilaku material fluida aerodinamis sangat penting dalam desain dan analisis[4]. Material fluida yang digunakan pada penelitian ini adalah udara dengan keterangan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1: Material

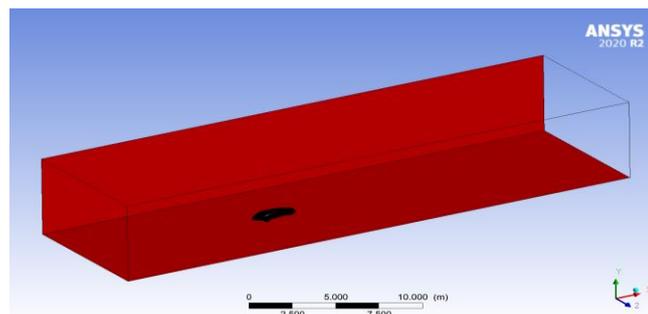
MATERIAL	JENIS FLUIDA
JENIS FLUIDA	Udara
Densitas (ρ) kg/m^3	1,225
Viskositas (μ) kg/ms	1,7894 x 10 ⁵

3.2 Boundary Condition

Penggunaan *boundary condition* yang tepat sangat penting dalam analisis aerodinamis untuk memastikan hasil simulasi akurat dan representatif dari kondisi nyata. Kondisi batas dalam analisis aliran fluida pada body Jogopati Proto menggunakan kecepatan aliran fluida sebesar 35 km/jam (9,72 m/s) yang akan masuk melalui depan domain atau *inlet* seperti pada Gambar 5.

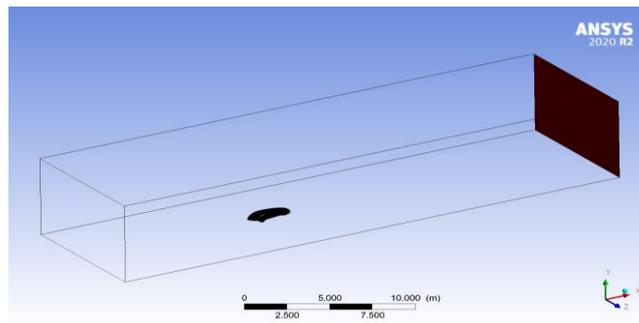


Gambar 5. Inlet



Gambar 6. Simetris

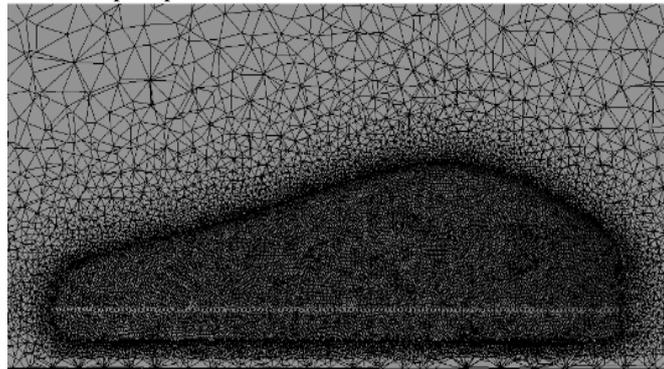
Selanjutnya aliran fluida akan melewati area domain yang diasumsikan simetris seperti Gambar 6 untuk mengurangi domain yang perlu dihitung dan dapat membantu dalam memodelkan aliran di sekitar benda kerja yang simetris untuk mengurangi biaya komputasi dan kecepatan simulasi. Terakhir aliran fluida akan keluar melalui bagian domain simulasi *outlet* seperti pada Gambar 7 dengan nilai *pressure outlet* 0 Pa.



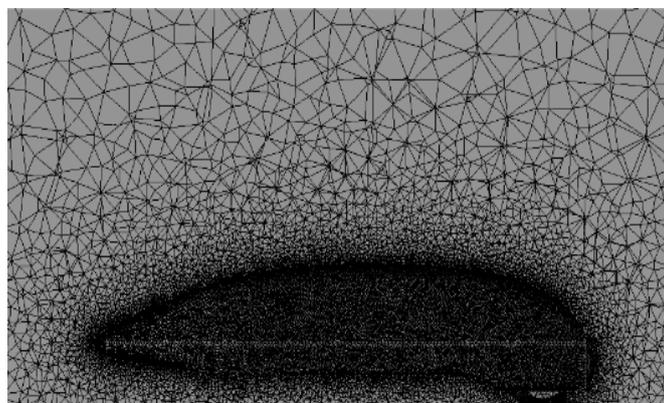
Gambar 7. Outlet

3.3 Meshing

Proses mesh dilakukan untuk membagi bagian – bagian bodi kendaraan menjadi kecil menggunakan ukuran interval 10 cm pada domain dan ukuran interval *sizing* pada bodi 1 cm. Ukuran ini dipilih karena pada ukuran mesh lebih dari 10 cm terjadi *error* pada saat proses *calculation* dan ukuran kurang dari 10 cm terjadi *error* pada proses *meshing*. Visualisasi hasil mesh yang dilakukan pada body mobil hemat energi Jogopati Proto 1 dan 2 seperti pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 8. Mesh jogopati proto 1



Gambar 9. Mesh jogopati proto 2

3.4 Node dan Elemen

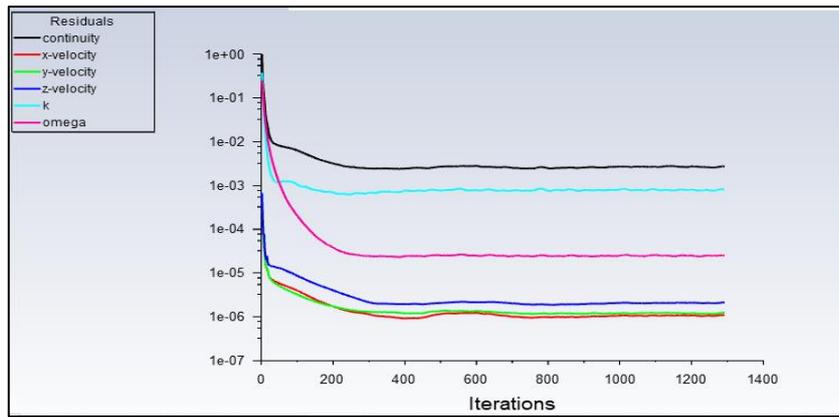
Kombinasi node dan elemen membentuk struktur mesh yang digunakan untuk mempresentasikan objek dalam simulasi. Hasil dari proses mesh menunjukkan bahwa jumlah node dan elemen yang dihasilkan lebih banyak bodi Jogopati Proto 1 dibandingkan dengan bodi Jogopati Proto 2. Perbedaan jumlah node dan elemen ini dikarenakan bentuk geometri yang berbeda untuk menghasilkan bodi yang lebih aerodinamis. Jumlah node dan elemen pada bodi mobil Jogopati Proto 1 dan Jogopati Proto 2 pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah node dan elemen

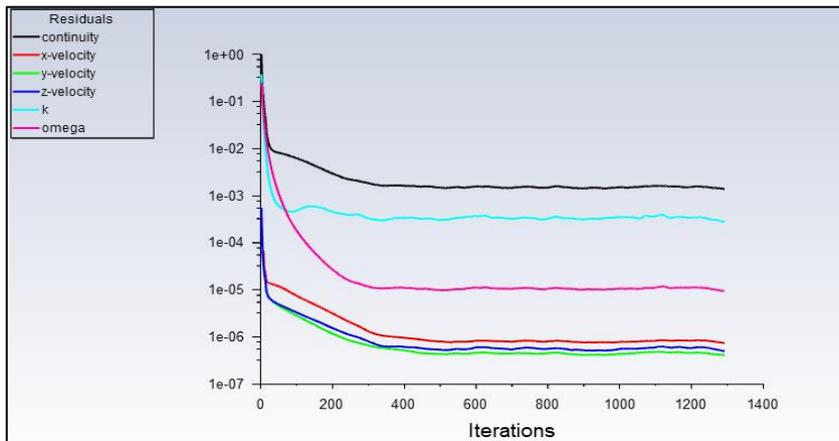
NAMA	NODE	ELEMEN
Jogopati Proto 1	5038624	3527043
Jogopati Proto 2	4320396	3022504

3.5 Grafik Residual

Proses simulasi ini menggunakan kecepatan udara 35 km/jam atau 9,72 m/s. Untuk mencapai kovergensi, penelitian ini menggunakan 1300 *Iterations* dan membutuhkan waktu untuk running selama kurang lebih 10 jam. Hasil dari proses simulasi dapat dilihat pada grafik residual pada Gambar 10 dan Gambar 11. Gambar tersebut menunjukkan bahwa setelah dilakukan proses simulasi sudah stabil dan konvergensi pada angka 1e-02.



Gambar 10. Residual jogopati proto 1



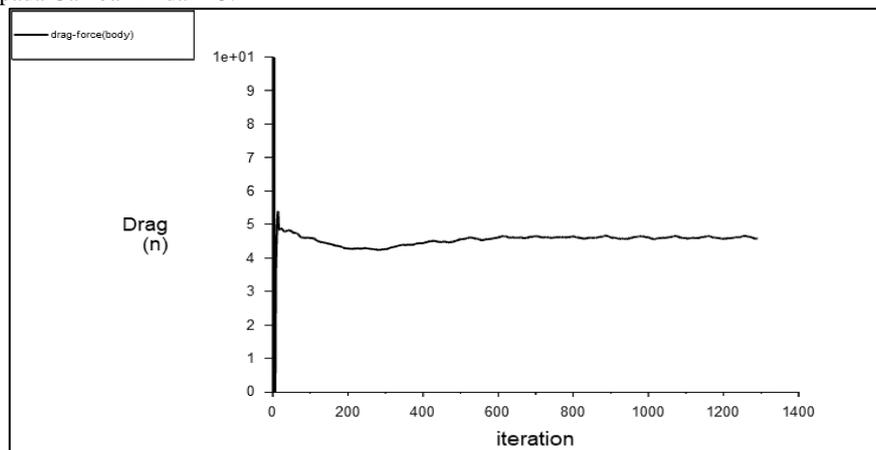
Gambar 11. Residual jogopati proto 2

3.6 Grafik Drag Force dan Lift Force

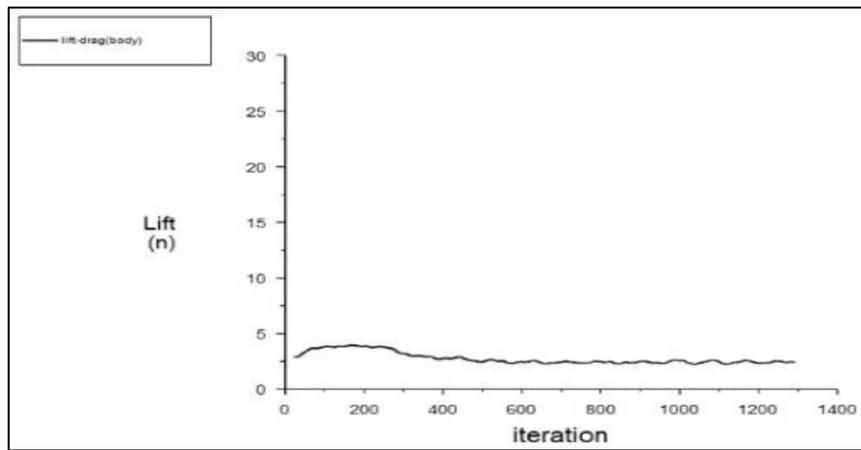
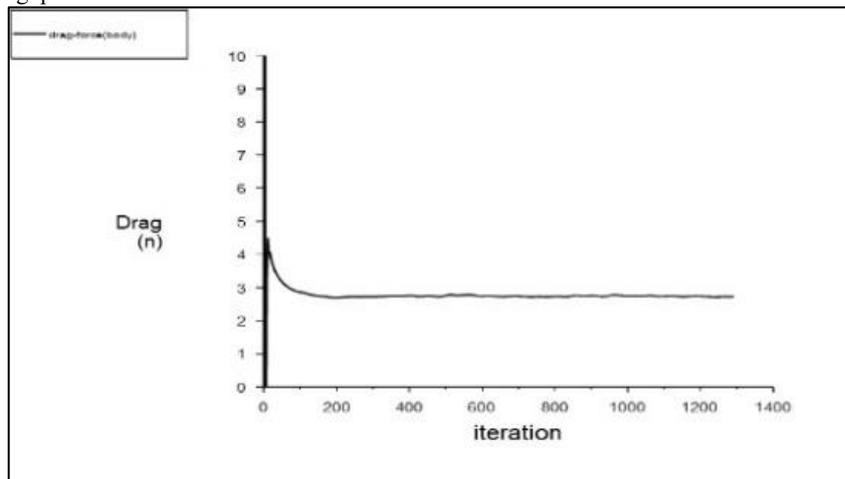
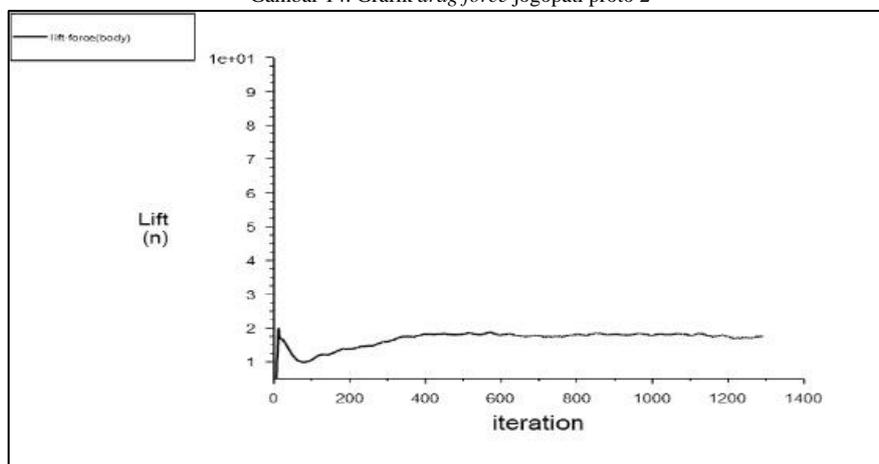
Grafik *Drag force* dan *Lift Force* pada umumnya tergantung dari beberapa faktor, termasuk kecepatan, bentuk objek, dan sifat-sifat fluida (seperti viskositas dan kepadatan). Secara umum grafik *Drag Force* biasanya meningkat dengan kecepatan, mencapai puncak tertentu dan kemudian mungkin menurun atau tetap konstan tergantung dengan berbagai faktor. Sementara *Lift Force* juga bereaksi tergantung pada banyak faktor, termasuk sudut serangan (*angle of attack*) objek terhadap aliran fluida, profil objek, kecepatan dan sifat-sifat fluida lainnya.

1. Grafik *Drag Force* Jogopati Proto 1

Hasil simulasi dengan *iteration* 1300 pada bodi Jogopati Proto 1 menghasilkan *Drag Force* sebesar 4,5 N dan 2,4 N untuk *Lift Force*. Yang dimana semakin kecil nilai *Drag Force* dan *Lift Force* yang terjadi pada bodi Jogopati Proto 1 maka semakin aerodinamis mobil tersebut seperti pada Gambar 12 dan 13.



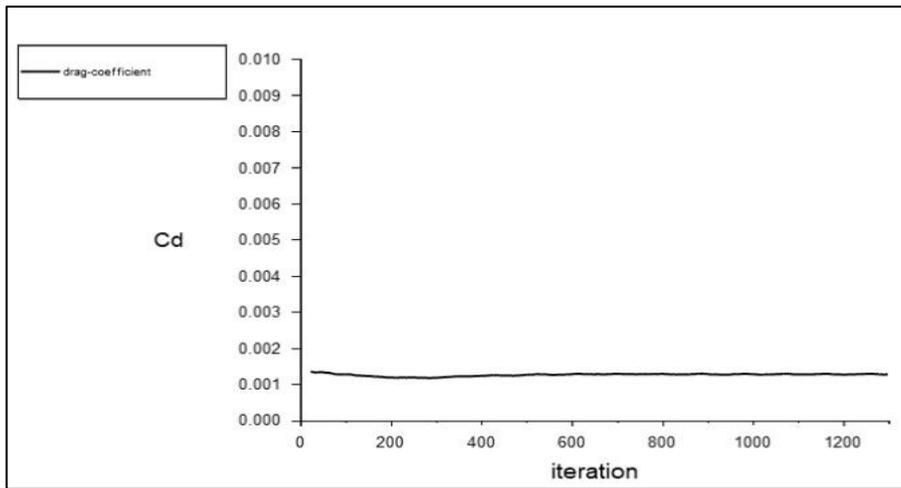
Gambar 12. Grafik *drag force* jogopati proto 1

Gambar 13. Grafik *lift force* jogopati proto 12. Grafik *Lift Force* Jogopati Proto 2Gambar 14. Grafik *drag force* jogopati proto 2Gambar 15. Grafik *lift force* jogopati proto 2

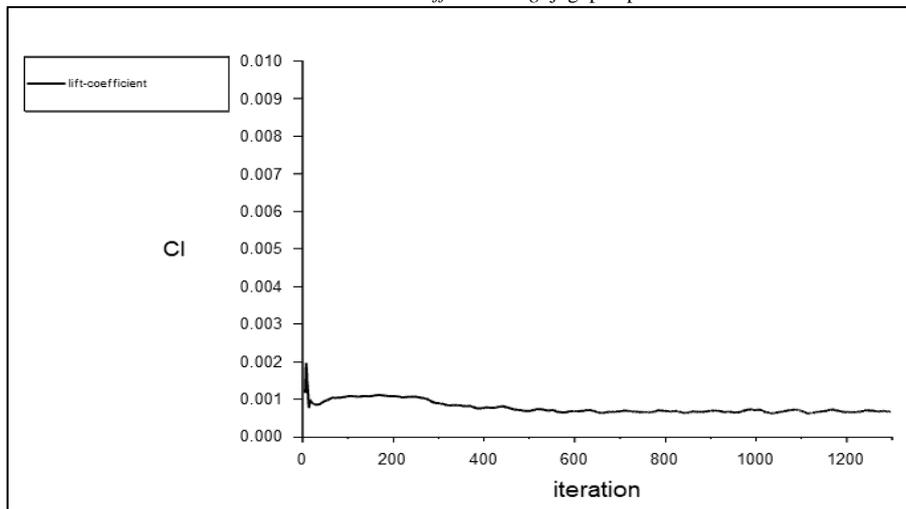
Pada Gambar 14 dan Gambar 15 menunjukkan bahwa hasil *iteration* pada bodi Jogopati Proto 1 menghasilkan *Drag Force* sebesar 2,7 N dan 1,7 N untuk *Lift Drag Force*. Semakin kecil nilai *Drag Force* dan *Lift Force* yang terjadi pada bodi Jogopati Proto 1 maka semakin aerodinamis mobil tersebut.

3. Grafik *Cd* dan *Cl* Jogopati Proto 1

Istilah koefisien hambatan umumnya digunakan dalam berbagai bidang kehidupan sehari-hari. Produsen mobil mencoba menarik konsumen dengan menunjukkan rendahnya koefisien hambatan pada mobil mereka berkisar dari sekitar 1,0 untuk semitrailer besar, 0,4 untuk minivan dan 0,3 untuk mobil penumpang. Secara umum, semakin tumpul kendaraan, semakin tinggi koefisien hambatannya (Bagus, 2020).



Gambar 16. Grafik *coefficient drag* jogopati proto 1

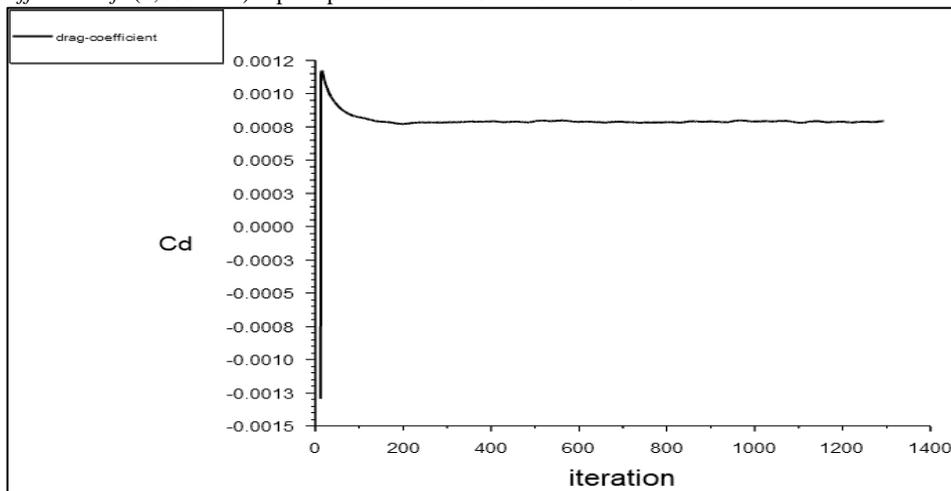


Gambar 17. Grafik *coefficient lift* jogopati proto 1

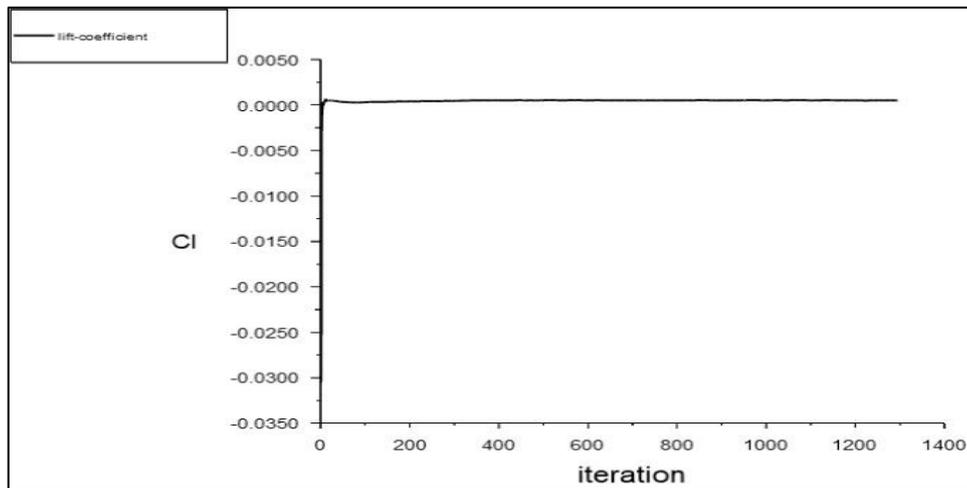
Pada Gambar 16 dan Gambar 17 dengan kecepatan 30 km/s atau 9,72 m/s pada simulasi body Jogopati Proto 1 mendapatkan nilai sebesar *Coefficient Drag* (0,0012 N) dan *Coefficient Lift* (0,00067 N).

4. Grafik *Cd* dan *Cl* Jogopati Proto 2

Hasil simulasi body Jogopati Proto 2 dengan kecepatan 30 km/s atau 9,72 m/s pada mendapatkan nilai sebesar *Coefficient Drag* (0,00079 N) dan *Coefficient Lift* (0,00051 N) seperti pada Gambar 18 dan Gambar 19.

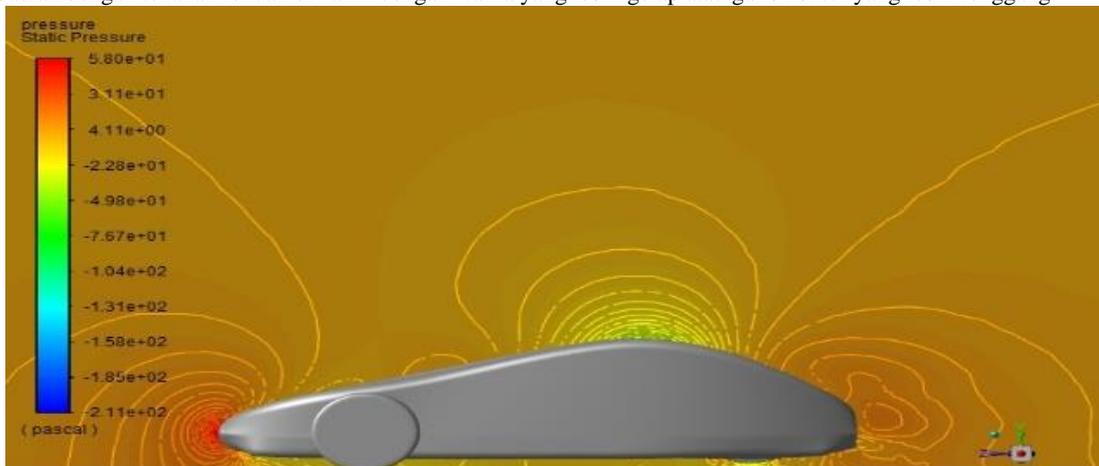


Gambar 18. Grafik *coefficient drag* jogopati proto 2

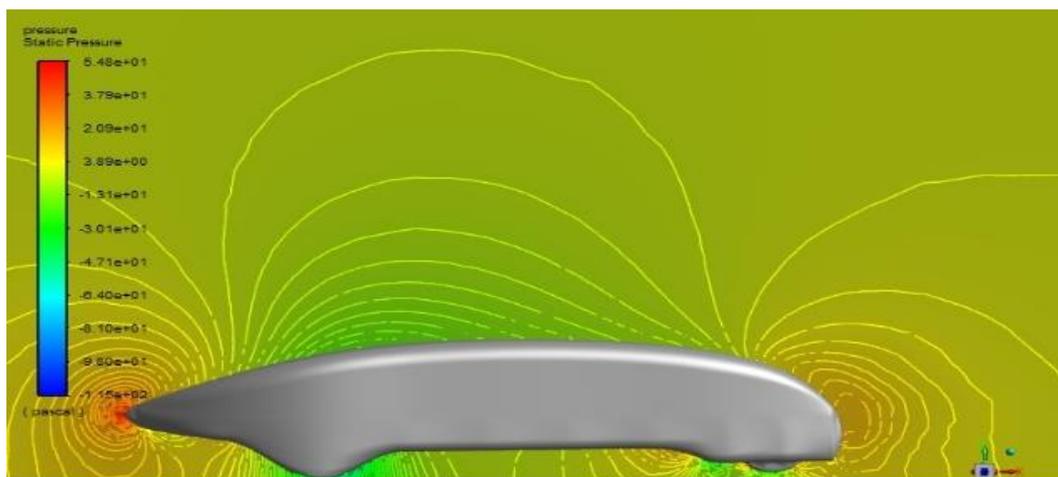
Gambar 19. Grafik *coefficient lift* jogopati proto 2

3.7 Kontur Tekanan

Dalam visualisasi tekanan kontur, tekanan pada setiap bagian dalam domain dan bodi mobil dipresentasikan dengan menggunakan garis kontur atau warna. Daerah dengan tekanan tinggi diwakili dengan warna yang lebih terang atau garis kontur yang lebih rapat, sementara daerah dengan tekanan rendah diwakili dengan warna yang lebih gelap atau garis kontur yang lebih renggang.



Gambar 20. Visualisasi kontur tekanan jogopati proto 1



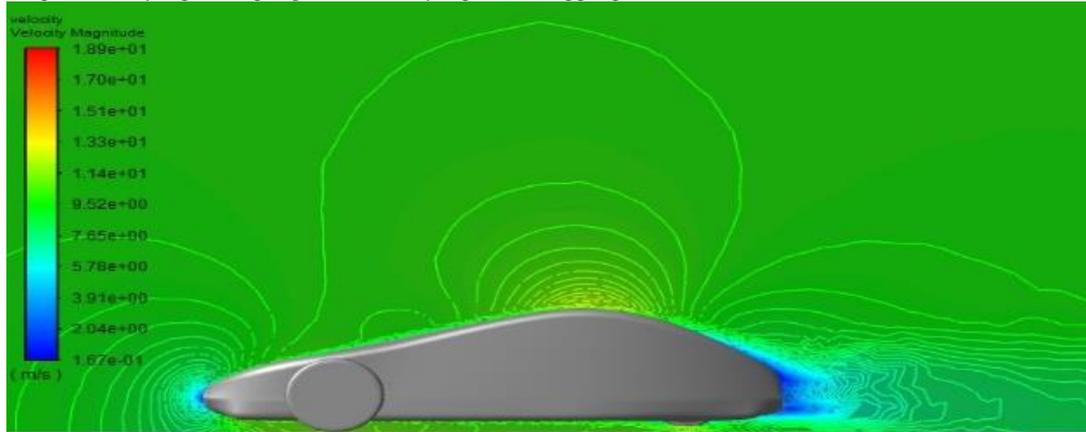
Gambar 21. Visualisasi kontur tekanan jogopati proto 2

Seperti pada Gambar 20 dan Gambar 21 hasil setelah simulasi menunjukkan bahwa tekanan yang dihasilkan dapat dilihat pada warna merah dan kontur yang lebih rapat terdapat pada bagian depan dan belakang bodi mobil, tekanan yang dihasilkan lebih besar bodi Jogopati Proto 1 dengan nilai 5,80 Pa dibandingkan dengan bodi Jogopati Proto 2 dengan nilai 5,48 Pa.

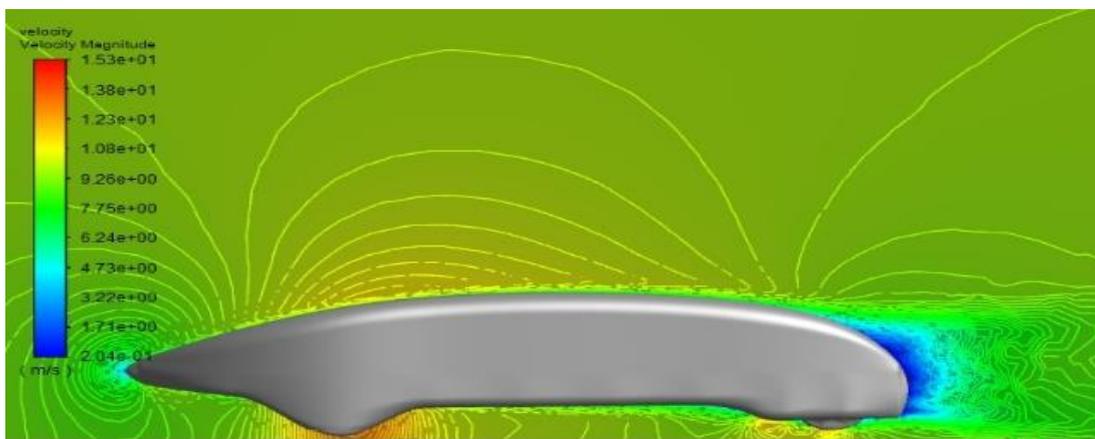
3.8 Kontur Kecepatan

Visualisasi kontur kecepatan biasanya dilakukan dengan menggunakan garis kontur atau warna untuk menggambarkan berbagai tingkat kecepatan di seluruh bagian bodi mobil. Dalam Visualisasi, *velocity magnitude* sering diwakili dengan menggunakan skala warna atau garis kontur untuk menunjukkan variasi kecepatan di seluruh bagian bodi. Area dengan *velocity magnitude* tinggi cenderung

ditampilkan dengan warna yang lebih terang atau kontur yang lebih rapat, sementara area dengan *velocity magnitude* rendah cenderung ditampilkan dengan warna yang lebih gelap atau kontur yang lebih renggang.

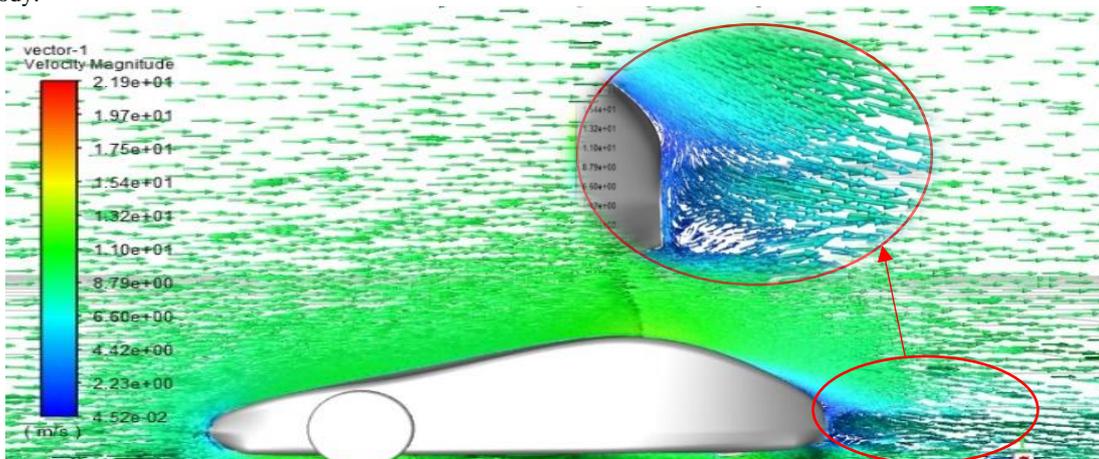


Gambar 22. Visualisasi kontur kecepatan jogopati proto 1

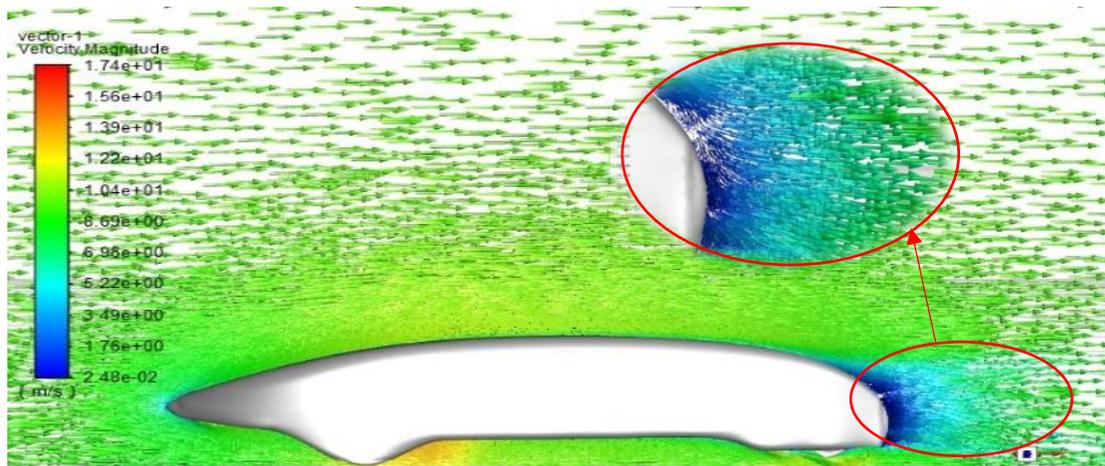


Gambar 23. Visualisasi kontur kecepatan jogopati proto 2

Semakin besar kontur *wake* maka akan semakin tinggi nilai turbulensi yang dihasilkan. Pertambahan *wake* yang semakin besar berarti separasi aliran yang terjadi lebih cepat. Semakin besar kontur *wake* yang dihasilkan dan semakin tinggi nilai *turbulence kinetic energy* yang terjadi maka akan semakin besar gaya hambat yang dihasilkan. Dapat disimpulkan bahwa besarnya turbulensi yang terjadi berbanding lurus dengan gaya hambat yang dihasilkan seperti Gambar 22 dan Gambar 23 Adanya perbedaan tekanan serta kecepatan aliran udara yang melewati bagian bawah dan bagian atas body menyebabkan aliran udara yang tidak teratur dan memutar saat melewati bagian belakang body.



Gambar 24. Visualisasi vektor kecepatan jogopati proto 1

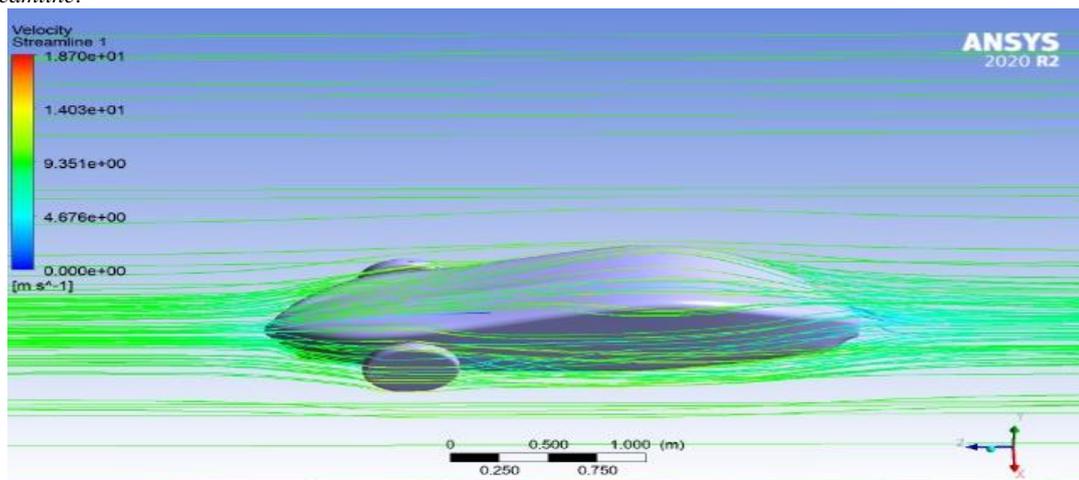


Gambar 25. Visualisasi vektor kecepatan jogopati proto 2

Pada visualisasi vektor kecepatan sering digambarkan sebagai panah dengan panjang dan arah yang sesuai. Panjang panah menunjukkan besarnya kecepatan, sementara arah panah menunjukkan arah pergerakan. Visualisasi vector kecepatan digunakan untuk menampilkan daerah turbulensi atau kecepatan aliran fluida yang tidak teratur pada mobil. Semakin banyak area turbulensi pada sebuah mobil akan menambah gaya hambatan (*Drag Force*) pada mobil. Pada Gambar 24 dan Gambar 25 menunjukkan bahwa daerah turbulensi yang lebih besar di tampilan pada bodi Jogopati Proto 1 dibandingkan dengan bodi Jogopati Proto 2.

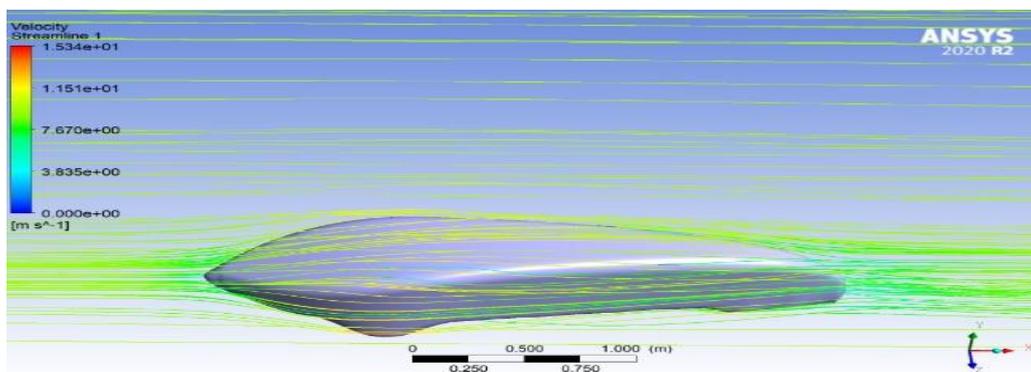
3.9 Streamline Kecepatan

Visualisasi pada streamline menunjukkan garis atau jalur dalam aliran fluida pada setiap titik area bodi mobil hemat energi. Di sepanjang streamline, kecepatan fluida bersifat tangensial terhadap garis tersebut, yang berarti tidak ada komponen aliran yang tegak lurus terhadap *streamline*.



Gambar 26. Visualisasi streamline jogopati proto 1

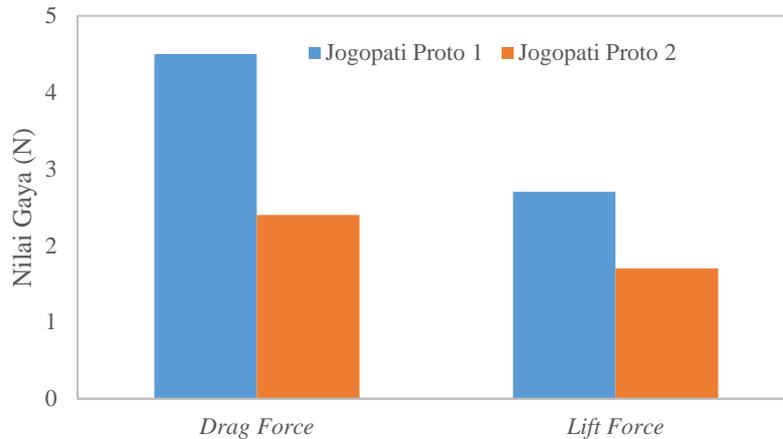
Pada Gambar 26 menunjukkan area dengan potensi turbulensi atau perubahan kecepatan aliran yang terjadi setelah melewati bagian roda depan dan belakang mobil. Dibandingkan pada Gambar 27 menunjukkan kecepatan aliran fluida yang lebih stabil dan terstruktur tanpa adanya area turbulensi atau perubahan kecepatan aliran fluida.



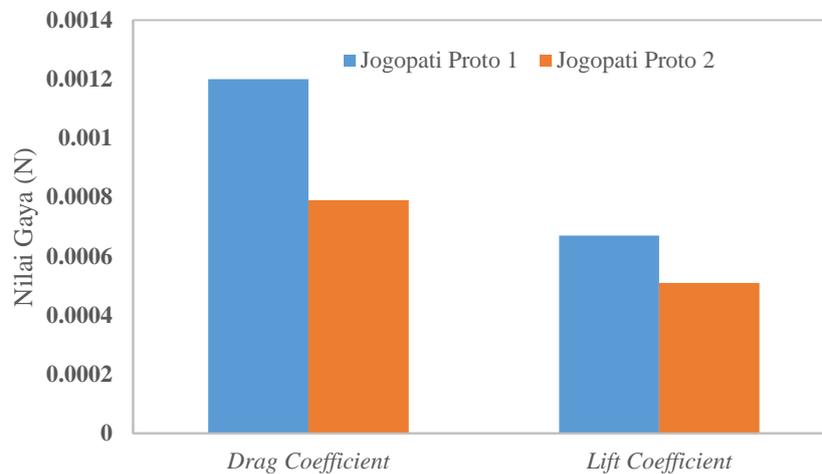
Gambar 27. Visualisasi streamline jogopati proto 2

3.10 Report Force (Drag Force dan Lift Force)

Pada *Report Force* menyajikan data dan analisis tentang gaya – gaya yang bekerja dalam aliran fluida pada Mobil Hemat Energi Jogopati Proto seperti *Drag Force* dan *Lift Force*. Hasil data simulasi dapat dilihat pada Gambar 28 nilai *drag force* dan *lift force* yang dihasilkan pada Jogopati Proto 2 lebih kecil dimana semakin kecil nilai *drag force* dan *lift force* yang dihasilkan, maka semakin aerodinamis bodi mobil tersebut.



Gambar 28. Report force drag



Gambar 29. Report coefficient

Hasil data simulasi dapat dilihat pada Gambar 29. Nilai *Coefficient Drag* dan *Coefficient Lift* yang dihasilkan pada Jogopati Proto 2 lebih kecil dibandingkan dengan Jogopati Proto 1, dimana semakin kecil nilai *coefficient* yang dihasilkan, maka semakin aerodinamis bodi mobil tersebut.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa aliran fluida yang melintasi bodi Mobil Hemat Energi Jogopati Proto menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics (CFD)* dengan *software Ansys 2020 R2*, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut, yaitu hasil dari analisis aliran fluida pada area bodi mobil hemat energi dengan kecepatan 35km/jam mendapatkan nilai *drag force* dan *lift force* pada bodi Jogopati Proto 1 sebesar (F_D) 4,5 N dan (F_L) 2,4 N sedangkan pada bodi Jogopati Proto 2 sebesar (F_D) 2,7 N dan (F_L) 1,7 N. Kesimpulan berikutnya adalah modifikasi bentuk bodi mobil yang dilakukan pada bodi Jogopati Proto 2 terbukti lebih baik dengan hasil nilai *drag force* dan *lift force* yang lebih kecil, dimana semakin kecil nilai *drag force* dan *lift force* yang didapatkan maka semakin aerodinamis bodi mobil tersebut.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan Rahmat-Nya penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik. Ucapan terimakasih juga dihaturkan kepada dosen pembimbing serta seluruh pihak yang telah mendampingi dan membimbing sampai saat ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Basid, R. S. (2020). Aerodynamic analysis and car body optimalization of saving energy “WARAK” using software Ansys Fluent R15.0. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1 - 11.
- Aji Pranoto, S. W. (2021). Redesain Body Mobil Mataram Proto V5 Dengan Mempertimbangkan Aspek Aerodinamis. *Jurnal Pendidikan Vokasi Otomatis*, Vol. 3(No. 2), 73-80.
- ANSYS, I. a. (2017). *Ansys Fluent Tutorial Guide*. U.S.A: Ansys, Inc.
- Bagus Wahyu Prastyo, I. S. (2020). Analisa Aerodinamika Pada Mobil Eneegi Lintang Energi Samudra Menggunakan Computational Fluid Dynamics. *Momentum*, Vol. 16(No. 2), 80-86.
- Cimbala, Y. A. (2006). *Fluid Mechanics Fundamental And Applications*. Singapore: SI Units.
- Haidong Yuan, Z. Y. (2017). Effects of Installation Environment on Flow around Rear View Mirror. *SAE International* , Vol. 10(No. 2), 1-12.
- Harson S, A. d. (2020). Computational Methodology For The Development Of Microdevices And Microreactors With ANSYS CFX. *ELSEVIER B.V.(Engineering)*, 1-22.
- Hendry Sakke Tiraa, M. A. (2023). Numerical Analysis of the Drag Coefficient on Energy-Efficient Vehicle Prototypes. *ROTASI*, Vol. 25(No. 3), 46-51.
- I Gusti Gede Badrawada, A. P. (2019). Analisa Aerodinamika Bodi Kendaraan Mataram Proto Diesel Dengan Ansys 15.0. *jurnal ENGINE*, Vol. 3(No. 1), 8-14.
- Nafisah Arina Hidayati, F. S. (2017). Analisis Aerodinamis Pada Variasi Bentuk Ekor Desain Bodi Mobil Hemat Energi. *Jurnal Energi dan Manufaktur*, Vol. 10(No. 2), 66-70.
- Rahman Hakim, C. B. (2016). Desain Dan Analisa Aerodinamika Dengan Menggunakan Pendekatan CFD Pada Model 3D Mobil Prototype "Engku Putri". *Jurnal Integrasi*, Vol. 8(No. 1), 06-11.
- Ram Kumar Raman, Y. D. (2018). A Review On Applications Of Computational Fluid Dynamics. *Internasional Journal Of LNCT*, Vol. 2, No. 6(No. 6), 137-143.
- Rengga Purwa Ananda, Y. S. (2021). Analisis Bodi Kendaraan KMHE Jayabaya Prototype 2.0. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi*, 218-223.
- Rina, F. R. (2023). Aerodynamic Analysis of The “Marapi Evo 1” Car Prototype Using CFD Software. *International Journal of Dynamics in Engineering and Sciences (IJDES) LLDIKTI Wilayah X Vol. 8, No. 2*, 60 - 65.
- Sukmayadi, A. (2024). *Pedoman Kontes Mobil Hemat Energi* . Jakarta: BPTI, PUSPRESNAS, KEMENDIKBUD.
- Wahyudi, Y. E. (2021). Rancang Bangun Body Fibercarbon Dan Simulasi Arodinamis Dengan Ansys Untuk Mobil Hemat Energi Kategori Prototype. *Jurnal Engine : Energi, Manufaktur, dan Material*, Vol. 5, No. 2, 90-96.