

## ANALISA AERODINAMIKA PADA KENDARAAN GARED IV DENGAN VARIASI SUDUT REAR DIFFUSER MENGGUNAKAN METODE COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS

**Hilal Luthfi Hibatullah**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: [hilalluthfi16@gmail.com](mailto:hilalluthfi16@gmail.com)

**A. Grummy Wailanduw**

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: [grummywailanduw@unesa.ac.id](mailto:grummywailanduw@unesa.ac.id)

### Abstrak

Kelangkaan bahan bakar dan meningkatnya polusi udara di Indonesia mendorong pengembangan kendaraan hemat energi dan ramah lingkungan. Universitas Negeri Surabaya (UNESA) turut berpartisipasi dalam Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) dengan merancang kendaraan diesel hemat energi bernama GARED IV. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi sudut *rear diffuser* terhadap koefisien drag dan karakteristik aliran fluida di bagian belakang kendaraan. Simulasi dilakukan menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dengan perangkat lunak Ansys Fluent, memvariasikan sudut diffuser sebesar 0°, 5°, 10°, 15°, dan 20° pada tiga kondisi *Reynolds number* ( $0,46 \times 10^6$ ;  $0,64 \times 10^6$ ; dan  $0,91 \times 10^6$ ). Model turbulensi yang digunakan adalah k-ε standar, dengan ukuran *mesh face sizing* sebesar 0,035 m untuk meningkatkan akurasi di area kritis. Hasil simulasi menunjukkan bahwa peningkatan sudut diffuser secara signifikan menurunkan koefisien drag, dengan nilai terendah dicapai pada sudut 20°, yaitu 0,258; 0,246; dan 0,238 secara berturut-turut. Kontur tekanan menunjukkan distribusi yang semakin luas dan merata, sementara area *wake* menyempit dan aliran fluida menjadi lebih stabil dan terarah pada sudut terbesar. Dengan demikian, sudut *rear diffuser* 20° memberikan performa aerodinamika terbaik bagi kendaraan GARED IV, menjadikannya desain paling efisien dalam mendukung pengembangan kendaraan hemat energi.

**Kata Kunci:** KMHE, GARED IV, *Rear Diffuser*, *Drag Force*, *Computational Fluid Dynamic*.

### Abstract

The scarcity of fuel and increasing air pollution in Indonesia have driven the development of energy-efficient and environmentally friendly vehicles. Universitas Negeri Surabaya (UNESA) participated in the Energy-Efficient Car Contest (KMHE) by designing a diesel-powered energy-efficient vehicle named GARED IV. This study aims to analyze the effect of rear diffuser angle variations on the drag coefficient and fluid flow characteristics at the rear of the vehicle. Simulations were conducted using Computational Fluid Dynamics (CFD) with Ansys Fluent software, varying diffuser angles at 0°, 5°, 10°, 15°, and 20° under three Reynolds number conditions ( $0.46 \times 10^6$ ;  $0.64 \times 10^6$ ; and  $0.91 \times 10^6$ ). The standard k-ε turbulence model was used, with a mesh face sizing of 0.035 m to enhance accuracy in critical areas. The simulation steps included geometry creation, meshing, boundary condition setup, and analysis of results in the form of graphs, pressure and velocity contours, and streamline visualization. The results showed that increasing the diffuser angle significantly reduced the drag coefficient, with the lowest values achieved at a 20° angle: 0.258, 0.246, and 0.238, respectively. Pressure contours indicated a broader and more uniform pressure distribution with increasing angles, while the wake area behind the vehicle narrowed progressively, and fluid flow became more stable and directed at 20°, as shown in the streamline visualization. In conclusion, a 20° rear diffuser angle provides the best aerodynamic performance for the GARED IV vehicle, resulting in lower drag, more uniform pressure, and optimized fluid flow, making it the most efficient design choice for supporting energy-efficient vehicle development.

**Keywords:** KMHE, GARED IV, *Rear Diffuser*, *Drag Force*, *Computational Fluid Dynamic*.

### PENDAHULUAN

Peningkatan pesat jumlah kendaraan bermesin pembakaran dalam turut memperburuk perubahan iklim dan pemanasan global. Antara 2019 dan 2023, jumlah kendaraan di Indonesia naik dari 267,2 juta menjadi 296,5 juta kenaikan 9,9% sementara emisi rumah kaca nasional pada 2022 mencapai 1,24 Gt CO<sub>2</sub>, setara 2,3% dari total global, menjadikan Indonesia penyumbang emisi terbesar di Asia Tenggara. Bahkan suhu rata-rata global pada 2023 tercatat naik 1,5 °C dari era pra-industri, mendekati batas

aman Perjanjian Paris. Sejak revolusi industri, pemanfaatan energi fosil seperti batu bara, minyak, dan gas meningkat drastis, menggantikan biomassa tradisional, dan menambah beban emisi CO<sub>2</sub> gas rumah kaca antropogenik terpenting menurut Protokol Kyoto. Kekhawatiran atas kelangkaan bahan bakar dan lonjakan permintaan energi memacu riset efisiensi bahan bakar: hampir semua produsen otomotif kini berlomba mengurangi konsumsi (Irma & Gusmira, 2024).

Mahasiswa sebagai agen perubahan didorong untuk berperan aktif dalam mengatasi krisis energi, khususnya di Indonesia. Kompetisi Kendaraan Hemat Energi (KMHE) 2023 menjadi wadah nasional bagi mahasiswa dalam mengembangkan teknologi otomotif hemat bahan bakar. Diselenggarakan oleh BPTI Pusat Prestasi Nasional Kemdikbudristek bersama perguruan tinggi tuan rumah, KMHE bertujuan mendorong lahirnya inovasi kendaraan efisien demi kemajuan bangsa (Reksowardojo et al., 2023).

Berdasarkan hal tersebut, mahasiswa Universitas Negeri Surabaya membentuk Garnesa Racing Team pada 2009 sebagai tim riset mobil hemat energi. Tim ini aktif mengikuti ajang KMHE yang diselenggarakan Kemendikbudristek serta Shell Eco Marathon Asia Pacific and Middle East (SEM APME) oleh PT Shell. Pada KMHE 2023, Garnesa bertanding di kategori Urban Concept mesin diesel di Sirkuit Jakarta International E-Prix Ancol. Saat ini, tim masih mengembangkan GARED IV (Garuda Revolution Diesel IV), mobil hemat energi generasi keempat dengan konsep Urban Concept, yakni kendaraan roda empat yang menyerupai mobil konvensional dan cocok digunakan di jalan raya (Reksowardojo et al., 2023).

Menurut Utomo (2017), aerodinamika otomotif berfokus pada studi aliran udara di sekitar kendaraan untuk mengurangi hambatan, meningkatkan efisiensi bahan bakar, serta menjaga stabilitas dan kontrol saat kecepatan tinggi. Bentuk bodi kendaraan sangat memengaruhi hambatan udara; semakin kecil gaya hambat, semakin efisien konsumsi bahan bakar dan performa kecepatan (Kahsay & Zeleke, 2024).

Untuk mengurangi hambatan angin, perlu dilakukan modifikasi bentuk atau penambahan komponen pada bagian luar kendaraan. Desain ulang ini bertujuan meminimalkan gaya hambat, sehingga konsumsi bahan bakar juga lebih efisien. Beberapa penelitian, seperti yang dilakukan oleh Siregar (2016), menunjukkan bahwa pengaturan sudut *rear diffuser* dapat menjadi salah satu cara efektif untuk mengoptimalkan aerodinamika kendaraan.

Simulasi yang digunakan adalah simulasi numerik dengan menggunakan Computational Fluid Dynamics (CFD). Keunggulan metode ini adalah fleksibilitasnya dalam memodifikasi desain objek tanpa memerlukan biaya besar seperti pengujian fisik langsung. Selain itu, CFD memungkinkan pemantauan aliran udara secara lebih rinci dan akurat dalam dimensi ruang dan waktu, sehingga memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai perilaku aliran udara di sekitar objek (Fox dan McDonalds, 2011).

## METODE

### Jenis Penelitian

Penelitian ini melakukan simulasi aerodinamika kendaraan menggunakan metode numerik Computational Fluid Dynamics (CFD) melalui perangkat lunak Ansys Fluent. Simulasi ini bertujuan untuk menentukan koefisien drag dan pola aliran fluida di bagian belakang kendaraan. Hasil dari parameter tersebut akan disajikan dalam bentuk kontur, vektor, tabel, dan grafik.

### Tempat dan Waktu Penelitian

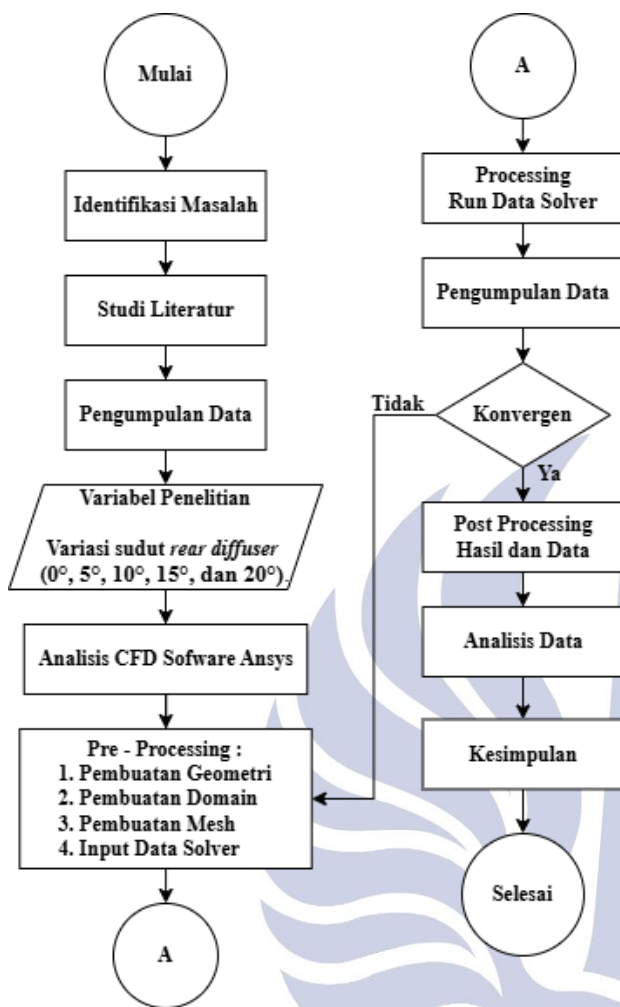
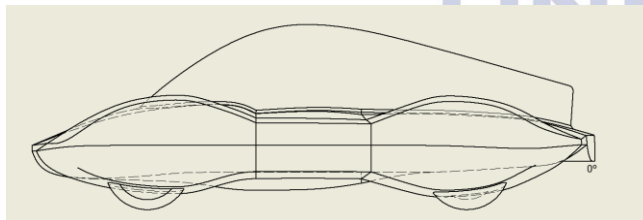
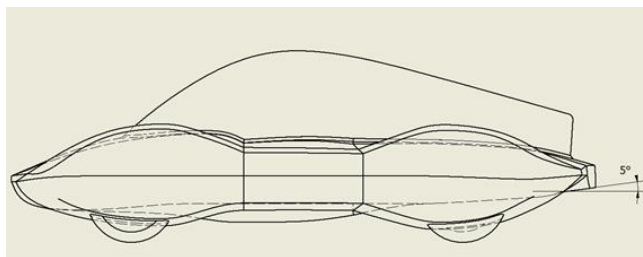
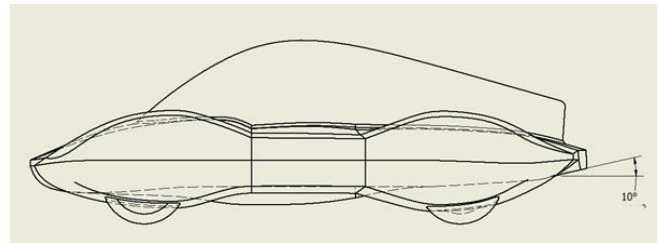
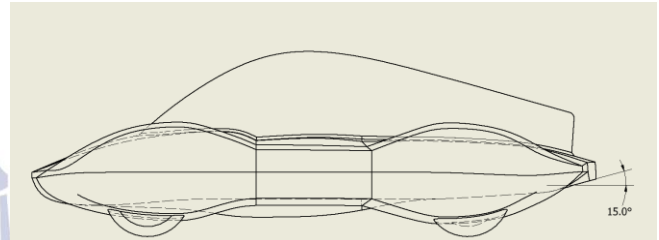
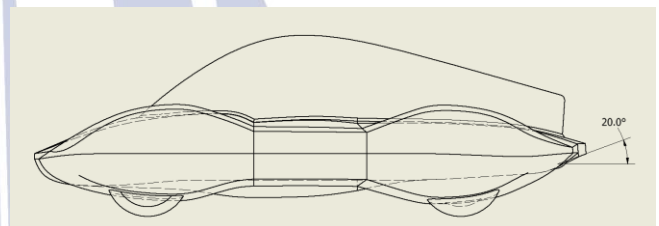
- Lokasi Penelitian  
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Aerodinamika yang berlokasi di Gedung A8, Universitas Negeri Surabaya.
- Waktu Penelitian  
Penelitian aerodinamika kendaraan hemat energi GARED IV dengan variasi *rear diffuser* ini dilaksanakan pada periode 1 Januari hingga 15 Februari 2025.

### Variabel Penelitian

- Variabel Bebas  
Pada penelitian ini, variabel bebas yang digunakan adalah variasi sudut *rear diffuser*, yaitu sebesar 0°, 5°, 10°, 15°, dan 20°.
- Variabel Terikat
  - Koefisien *Drag*.
  - *Streamline*.
- Variabel Kontrol
  - Fluida yang mengalir adalah udara.
  - Aliran *Steady*.
  - Body kendaraan yang digunakan adalah body GARED IV.
  - Variasi bilangan Reynold yang digunakan adalah  $0,46 \times 10^6$ ;  $0,64 \times 10^6$ ;  $0,91 \times 10^6$ .
  - Menggunakan ban namun tidak menggunakan aksesoris seperti spion dan wiper.

### Teknik Pengumpulan Data

- Pre-Processing
  - Pembuatan Geometri
  - Pembuatan Domain
  - *Meshing*
  - *Setting solver*
- Processing
  - *Run solver*
  - Iterasi
- Post Processing
  - Koefisien *Drag*
  - *Streamline*

**Flow Chart Penelitian****Gambar 1** Flowchart Penelitian**Objek Penelitian****Gambar 2** Body GARED IV rear diffuser sudut 0°**Gambar 3** Body GARED IV rear diffuser sudut 5°**Gambar 4** Body GARED IV rear diffuser sudut 10°**Gambar 5** Body GARED IV rear diffuser sudut 15°**Gambar 6** Body GARED IV rear diffuser sudut 20°**Validasi Model**

Tujuan dari validasi model dalam Ansys adalah untuk memastikan bahwa output simulasi selaras dengan kondisi nyata. Validasi ini penting guna menjamin keakuratan hasil simulasi secara ilmiah dan memperkuat kredibilitas model. Apabila hasil validasi belum sesuai dengan data aktual, maka model viscous maupun ukuran mesh dapat disesuaikan atau ditingkatkan agar hasil simulasi menjadi lebih representatif.

**Tabel 1** Validasi Model

| No. | Viscous Model                | Reynolds number $0,207 \times 10^{-7}$ |        |
|-----|------------------------------|----------------------------------------|--------|
|     |                              | Koefisiensi Drag                       | Error  |
| 1   | Eksperimen (Haris dkk, 2020) | 0,7841                                 | -      |
| 2   | <i>k-ε standart</i>          | 0,7646                                 | 2,49 % |
| 3   | <i>k-ε RNG</i>               | 0,7343                                 | 6,35 % |
| 4   | <i>k-ε realizable</i>        | 0,8502                                 | 8,43 % |
| 5   | <i>k-ω standart</i>          | 0,7559                                 | 3,59 % |
| 6   | <i>k-ω SST</i>               | 0,8583                                 | 9,46 % |

Penggunaan model viscous *k-ε standart* menghasilkan tingkat error paling rendah, yaitu sebesar 2,49%. Berdasarkan Tuakia (2008), model k-epsilon memiliki kelebihan dalam menangani aliran fluida dengan nilai Reynolds yang tinggi.

**Grid Independence Test**

Tujuan utama dari *Grid Independence Test* (GIT) adalah memastikan bahwa hasil simulasi tetap stabil dan

tidak terpengaruh oleh perubahan pada pengaturan mesh. GIT bertujuan menemukan konfigurasi grid yang optimal dengan jumlah elemen seminimal mungkin tanpa memengaruhi akurasi hasil numerik dari simulasi.

**Tabel 2 Grid Independence Test**

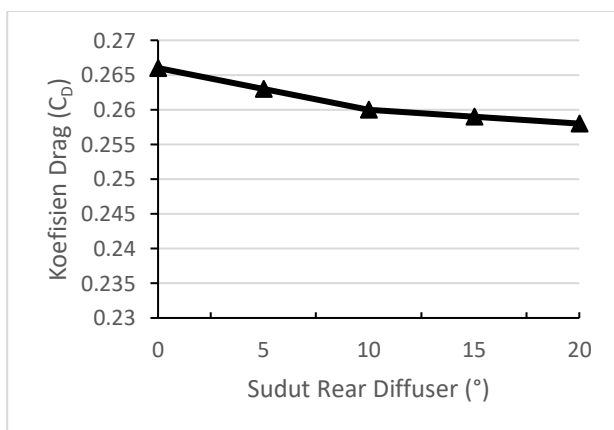
| No. | Face Sizing Element Size | Element | Nodes  | Koefisiensi Drag | Error (%) |
|-----|--------------------------|---------|--------|------------------|-----------|
| 1   | 0,040                    | 652560  | 127180 | 0,7094           | 9,52      |
| 2   | 0,039                    | 674315  | 131324 | 0,7141           | 8,92      |
| 3   | 0,038                    | 696059  | 135366 | 0,7224           | 7,86      |
| 4   | 0,037                    | 721596  | 140416 | 0,7127           | 9,10      |
| 5   | 0,036                    | 745361  | 144969 | 0,8216           | 8,61      |
| 6   | 0,035                    | 771620  | 148920 | 0,7458           | 4,88      |

### Teknik Analisis Data

Penelitian ini membahas analisis aerodinamika pada mobil hemat energi GARED IV dengan memanfaatkan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) untuk mengamati pengaruh variasi sudut *rear diffuser* terhadap koefisien drag dan profil aliran udara di bagian belakang kendaraan. Melalui pendekatan simulasi, dianalisis bagaimana sudut-sudut berbeda pada *rear diffuser* memengaruhi karakteristik aliran udara di sekitar body kendaraan. Di akhir penelitian, sejumlah parameter seperti kecepatan masuk fluida serta perubahan nilai koefisien drag dan distribusi kecepatan aliran pada bagian belakang mobil akan dihitung berdasarkan variasi sudut yang telah ditentukan.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Koefisien Drag Pada Reynolds number $0,46 \times 10^6$



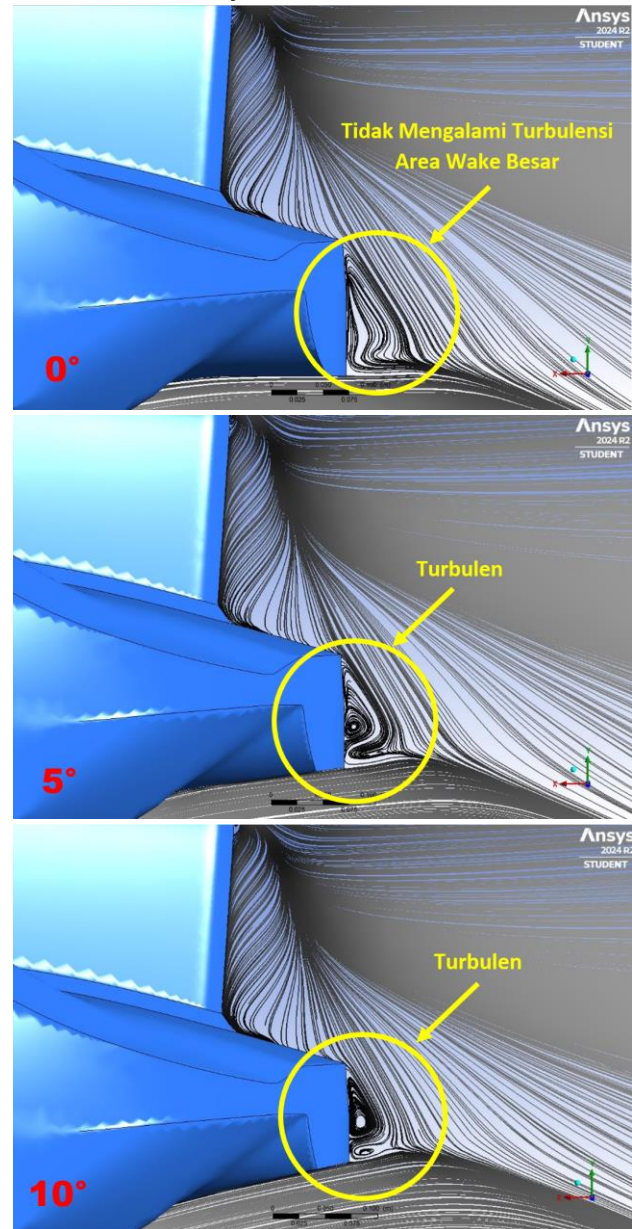
**Gambar 7** Grafik koefisien drag pada Reynolds number  $0,46 \times 10^6$

Grafik di atas menunjukkan hasil analisis numerik menggunakan software Ansys, yang membandingkan koefisien drag kendaraan hemat energi GARED IV dengan *rear diffuser* standar ( $0^\circ$ ) dan modifikasi ( $5^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $20^\circ$ ) pada kecepatan 8,33 m/s (Reynolds number  $0,46 \times 10^6$ ). Hasilnya, *rear diffuser* standar memiliki koefisien drag

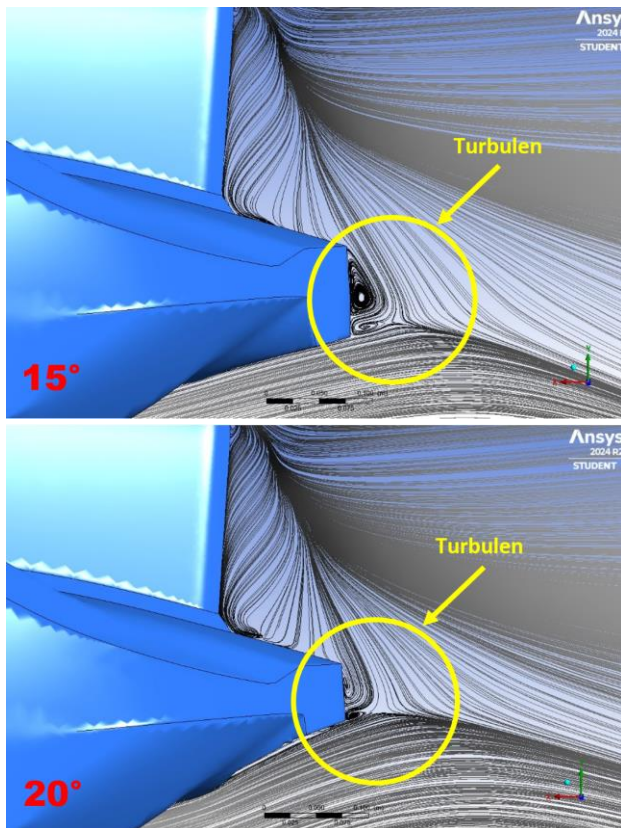
tertinggi sebesar 0,266, sedangkan konfigurasi  $20^\circ$  menunjukkan hasil terbaik dengan nilai terendah 0,258.

Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan sudut pada *rear diffuser* dapat mengurangi hambatan aerodinamis. Sudut yang lebih besar memungkinkan aliran udara tetap melekat lebih lama sebelum terpisah, sehingga memperkecil area *wake* dan pressure drag. *Rear diffuser* yang dirancang optimal dapat memperlancar transisi tekanan di bagian belakang kendaraan, meningkatkan tekanan belakang, dan mengurangi perbedaan tekanan antara depan dan belakang.

#### Streamline Pada Reynolds number $0,46 \times 10^6$





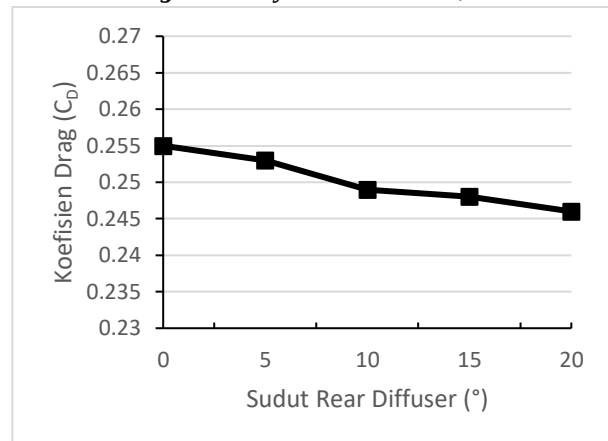


**Gambar 8** Streamline pada Rear Diffuser 0° - 20°  
Reynolds number  $0,46 \times 10^6$

Hasil simulasi Ansys menunjukkan perbandingan streamline antara rear diffuser standar (0°) dan modifikasi (5°, 10°, 15°, 20°) pada Reynolds number  $0,46 \times 10^6$ . Rear diffuser 0° menghasilkan area wake yang besar tanpa turbulensi signifikan. Sementara itu, diffuser dengan sudut 5°–20° menunjukkan area wake yang lebih kecil dan aliran lebih stabil, dengan hasil terbaik pada 20°.

Rear diffuser berfungsi mengarahkan aliran udara di bawah kendaraan untuk mengurangi hambatan aerodinamis. Berdasarkan prinsip Bernoulli, diffuser dengan sudut lebih besar membantu mempercepat aliran udara, mengecilkan wake, dan meningkatkan tekanan di bagian belakang kendaraan, sehingga mengurangi pressure drag. Selain itu, rear diffuser juga memengaruhi flow separation. Pada sudut kecil, aliran mudah terpisah dan menyebabkan wake besar. Dengan sudut 10°–20°, aliran tetap menempel lebih lama di permukaan kendaraan, memperkecil wake dan mengurangi hambatan aerodinamis.

#### Koefisien Drag Pada Reynolds number $0,64 \times 10^6$

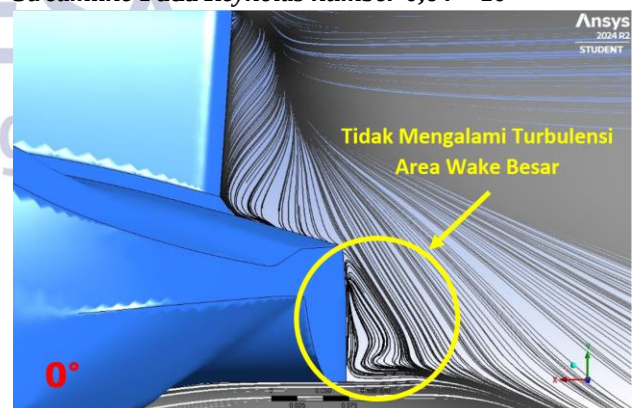


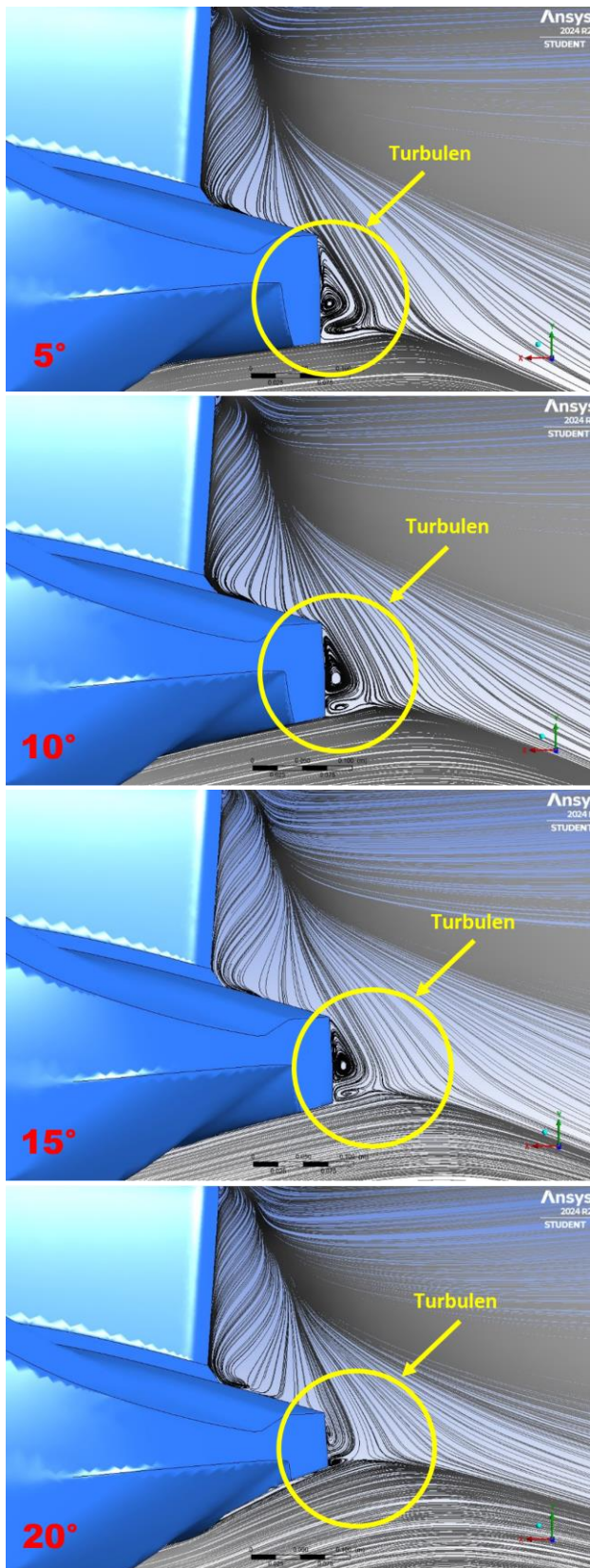
**Gambar 9** Grafik koefisien drag pada Reynolds number  $0,64 \times 10^6$

Grafik hasil analisis numerik melalui Ansys menunjukkan perbandingan koefisien drag pada kendaraan hemat energi GARED IV dengan rear diffuser standar (0°) dan modifikasi (5°, 10°, 15°, 20°) pada kecepatan 11,11 m/s (Reynolds number  $0,64 \times 10^6$ ). Rear diffuser 0° menghasilkan koefisien drag tertinggi sebesar 0,255, sementara modifikasi 20° menghasilkan nilai terendah sebesar 0,246.

Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan sudut rear diffuser mampu mengurangi hambatan aerodinamis, terutama pada kecepatan tinggi. Sudut yang lebih besar membuat aliran udara tetap melekat lebih lama, mengurangi area wake dan pressure drag. Rear diffuser yang dirancang baik dapat memperlancar transisi tekanan di bagian belakang kendaraan, meningkatkan tekanan belakang, dan menurunkan selisih tekanan antara depan dan belakang.

#### Streamline Pada Reynolds number $0,64 \times 10^6$





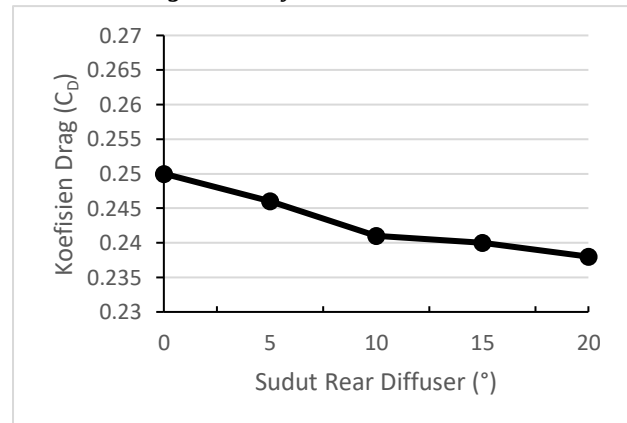
**Gambar 10** Streamline pada Rear Diffuser 0° - 20°  
Reynolds number  $0,64 \times 10^6$

Hasil simulasi numerik menggunakan ANSYS menunjukkan perbandingan aliran streamline pada rear diffuser standar (0°) dan variasi sudut modifikasi (5°, 10°, 15°, 20°) pada Reynolds number  $0,64 \times 10^6$ .

15°, 20°) pada Reynolds number  $0,64 \times 10^6$ . Rear diffuser standar (0°) menunjukkan area wake yang luas di belakang kendaraan tanpa indikasi turbulensi signifikan. Pada sudut 5°, turbulensi mulai terbentuk, namun area wake lebih kecil dibanding diffuser standar. Seiring bertambahnya sudut (hingga 20°), turbulensi semakin terkontrol dan area wake semakin kecil.

Rear diffuser berfungsi mengatur aliran udara di bawah kendaraan untuk mengurangi hambatan aerodinamis. Secara teoritis, peningkatan sudut diffuser mempercepat difusi udara keluar, meningkatkan tekanan di belakang kendaraan dan mengurangi pressure drag sesuai prinsip Bernoulli. Sudut kecil menyebabkan flow separation yang lebih luas, sementara sudut 10°–20° membantu menjaga aliran tetap menempel, memperkecil wake dan recirculating flow. Efektivitas tertinggi dicapai pada sudut 20°, di mana turbulensi dan wake paling minimal.

#### Koefisien Drag Pada Reynolds number $0,91 \times 10^6$



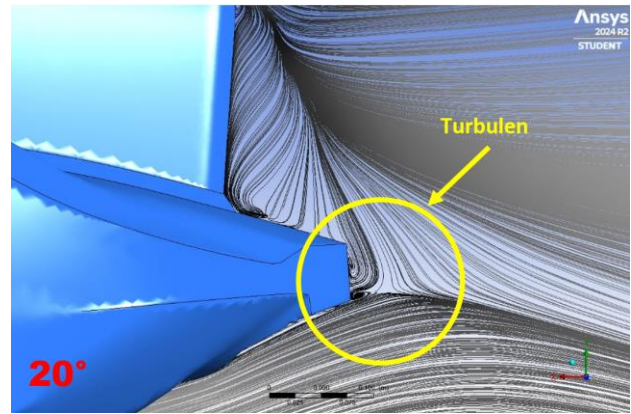
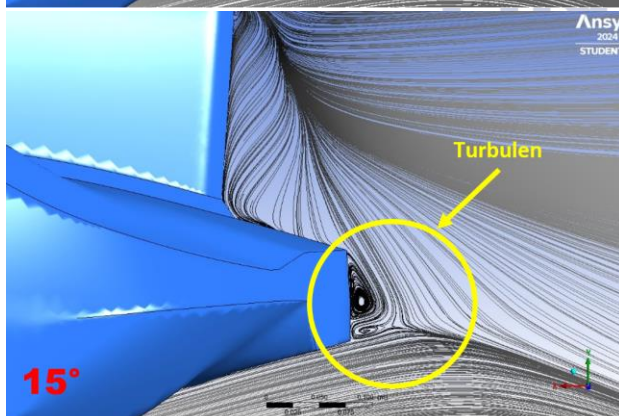
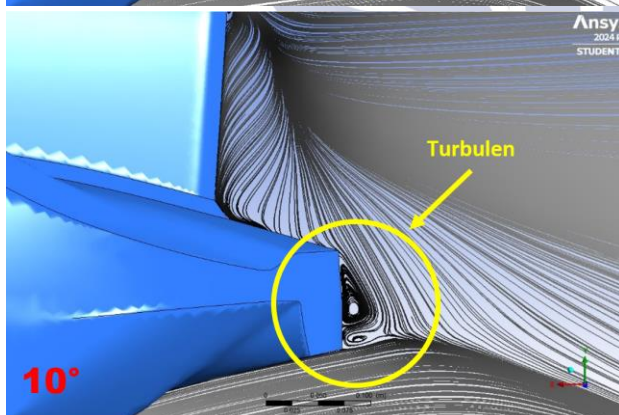
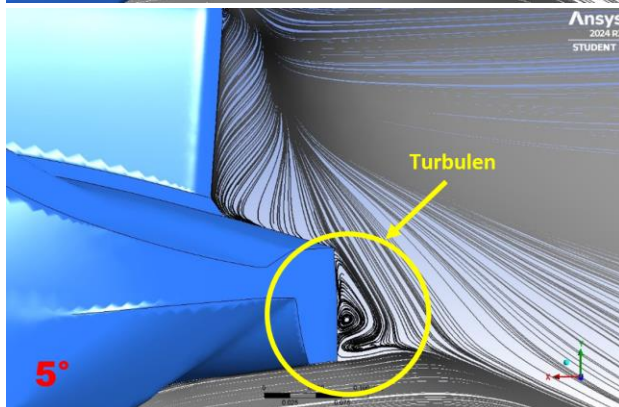
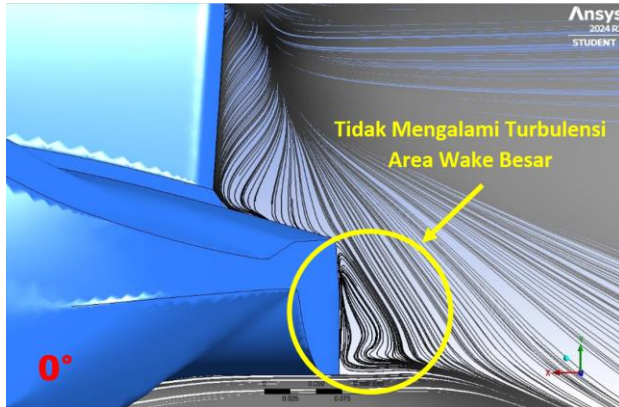
**Gambar 11** Grafik koefisien drag pada Reynolds number  $0,46 \times 10^6$

Grafik di atas menunjukkan hasil analisis numerik menggunakan Ansys pada kendaraan hemat energi GARED IV dengan variasi sudut rear diffuser (0°, 5°, 10°, 15°, 20°) pada kecepatan 13,88 m/s (Reynolds number  $0,91 \times 10^6$ ). Rear diffuser standar (0°) menghasilkan koefisien drag tertinggi sebesar 0,250, sedangkan sudut 20° memberikan hasil terbaik dengan koefisien drag terendah, yaitu 0,238.

Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan sudut rear diffuser umumnya mampu mengurangi hambatan aerodinamis, terutama pada kecepatan tinggi. Sudut yang lebih besar membuat aliran udara tetap melekat lebih lama, memperkecil area wake, dan menurunkan pressure drag. Rear diffuser yang dirancang optimal dapat membantu memperlancar transisi tekanan di bagian belakang kendaraan dan mengurangi perbedaan tekanan antara bagian depan dan belakang.



**Streamline Pada Reynolds number  $0,91 \times 10^6$**



**Gambar 12** Streamline pada Rear Diffuser  $0^\circ - 20^\circ$   
Reynolds number  $0,46 \times 10^6$

Hasil simulasi numerik dengan ANSYS pada Reynolds number  $0,91 \times 10^6$  menunjukkan perbandingan aliran streamline antara rear diffuser standar ( $0^\circ$ ) dan modifikasi ( $5^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $20^\circ$ ). Rear diffuser  $0^\circ$  menghasilkan area wake yang luas tanpa turbulensi signifikan. Penambahan sudut diffuser dari  $5^\circ$  hingga  $20^\circ$  menyebabkan terbentuknya turbulensi yang lebih terkontrol serta pengurangan area wake secara bertahap, dengan kondisi terbaik tercapai pada sudut  $20^\circ$ .

Rear diffuser berperan dalam mengatur aliran udara di bawah kendaraan dan mengurangi hambatan aerodinamis. Peningkatan sudut diffuser mempercepat difusi udara keluar, meningkatkan tekanan di bagian belakang kendaraan dan menurunkan pressure drag, sesuai prinsip Bernoulli. Pada sudut kecil ( $0^\circ - 5^\circ$ ), flow separation lebih luas karena difusi udara kurang efektif. Sementara pada sudut  $10^\circ - 20^\circ$ , aliran tetap menempel lebih lama di permukaan, menghasilkan wake yang lebih kecil dan terfokus, sehingga hambatan aerodinamis berkurang secara signifikan.

## PENUTUP

### Simpulan

- Hasil terbaik koefisien drag (CD) pada desain GARED IV dengan variasi rear diffuser ( $0^\circ - 20^\circ$ ) diperoleh pada sudut  $20^\circ$  dengan nilai 0,238 pada Reynolds number  $0,91 \times 10^6$ . Peningkatan sudut diffuser membuat aliran udara melekat lebih lama, mengurangi area wake dan pressure drag. Desain rear diffuser yang optimal membantu mengatur transisi tekanan di bagian belakang kendaraan, mengurangi perbedaan tekanan antara depan dan belakang, sehingga menurunkan hambatan aerodinamis.
- Hasil terbaik pada analisis Streamline diperoleh pada desain bodi dengan sudut rear diffuser  $20^\circ$  dan Reynolds number  $0,91 \times 10^6$ , yang menunjukkan area turbulensi lebih kecil. Rear diffuser berperan dalam mengendalikan flow separation, yaitu kondisi saat

aliran udara kehilangan energi dan tidak mengikuti kontur kendaraan. Pada sudut kecil ( $0^{\circ}$ – $5^{\circ}$ ), pemisahan aliran lebih luas di belakang kendaraan karena kurangnya difusi udara, sehingga terbentuk *wake* besar dan aliran recirculating yang tidak stabil. Dengan peningkatan sudut *rear diffuser* ( $10^{\circ}$ – $20^{\circ}$ ), aliran udara dapat melekat lebih lama, mengurangi ukuran *wake* dan hambatan akibat tekanan rendah di bagian belakang kendaraan.

*Pada Bodi Modifikasi Mobil Listrik Nogogeni 6.*

#### Saran

- Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengkaji pengaruh penambahan sudut *rear diffuser* pada bodi GARED IV di atas  $20^{\circ}$ , guna mengetahui apakah sudut yang lebih besar masih mampu mengurangi hambatan udara atau justru meningkatkan drag.
- Analisis model 3D dalam penelitian ini dinilai kurang akurat karena interval mesh yang kurang rapat. Oleh karena itu, disarankan agar pada penelitian berikutnya digunakan mesh dengan interval yang lebih kecil untuk meningkatkan ketelitian hasil simulasi.
- Disarankan agar modifikasi pada bagian leading edge serta penambahan vortex generator turut dipertimbangkan dalam pengembangan desain bodi, guna memperoleh nilai koefisien drag (CD) yang lebih optimal.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Fox dan McDonalds. (2011). *Introduction to Fluid Mechanics 8th Edition*.
- Irma, M. F., & Gusmira, E. (2024). Tingginya Kenaikan Suhu Akibat Peningkatan Emisi Gas Rumah Kaca Di Indonesia. *JSSIT: Jurnal Sains Dan Sains Terapan*, 2(1), 26–32.
- Kahsay, Y. K., & Zeleke, D. S. (2024). Aerodynamic design optimization of locally built FSR Isuzu bus through numerical simulation. *Engineering Research Express*, 6(2). <https://doi.org/10.1088/2631-8695/ad3acd>
- Reksowardojo, I. K., Firmansyah, E., Dwiyanoro, B. A., Widhiyanuriyawan, D., Baskoro, A. S., & Witantyo. (2023). Pedoman Kontes Mobil Hemat Energi Tahun 2023. *Pedoman Kontes Mobil Hemat Energi*, 1, 2023. <https://kmhe.kemdikbud.go.id/storage/unduh/pedoman-kmhe-2023-937734.pdf>
- Siregar, I. (2016). *Studi Eksperimen Pengaruh Variasi Ketinggian Ground Clearance Dengan Fous-Channel Diffuser Pada Bagian Belakang Bodi Bus*.
- Tuakia, F. 2008. Dasar Dasar CFD Menggunakan Fluent. xii, 331 hlm.; 20 cm
- Utomo, R. (2017). *Pemodelan Numerik Aliran 3 Dimensi*