



**ANALISIS ALIRAN FLUIDA VARIASI MODEL AHMED  
BODY CAR MENGGUNAKAN ANSYS FLUENT**

**SKRIPSI**

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan memperoleh gelar sarjana strata satu  
(S-1) Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Malang*



**Disusun oleh :**

**MUHAMAD ADE DERLYARTHA**

**22011052087**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM MALANG**

**2023**



**ANALISIS ALIRAN FLUIDA VARIASI MODEL AHMED  
BODY CAR MENGGUNAKAN ANSYS FLUENT**

**SKRIPSI**

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan memperoleh gelar sarjana strata satu  
(S-1) Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Malang*



**Disusun oleh :**

**MUHAMAD ADE DERLYARTHA**

**22011052087**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM MALANG**

**2023**

MUHAMAD ADE DERLYARTHA, 22011052087 “Analisis Aliran Fluida Variasi Model Ahmed Body Car Menggunakan Ansys Fluent”, Skripsi, Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang

Pembimbing (I) : Ir. H. Margianto, M.T.

Pembimbing (II) : Nur Robbi, S.T., M.T.

---

### RINGKASAN

Seiring dengan perkembangan zaman, kebutuhan akan transportasi semakin meningkat, khususnya mobil. Oleh karena itu produsen mobil secara tidak langsung dituntut untuk memajukan teknologi mereka, beberapa di antaranya adalah penggunaan bahan bakar yang efisien dan kenyamanan dalam berkendara. Salah satu penyebabnya adalah desain dari bodi mobil. Sehingga mendorong peneliti untuk melakukan eksperimen terhadap perubahan-perubahan pada desain mobil yang berpengaruh terhadap efisiensi bahan bakar dan kenyamanan, seperti gaya hambat, gaya angkat, turbulensinya, dan tekanan yang diterima mobil. Para peneliti sebelum melakukan eksperimennya terhadap mobil, mereka melakukan tahapan berupa validasi, dan model *bluff body* yang sering dijadikan validasi salah satunya adalah Ahmed *Body*. Sehingga penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perubahan sudut kemiringan bagian belakang pada model *ground vehicle* berjenis *bluff* yang disederhanakan yaitu Ahmed *Body* terhadap distribusi tekanan, turbulensi, gaya angkat, dan gaya hambat dengan variasi sudut kemiringan 40°, 50°, 60°, 70°, dan 80° serta variasi kecepatan 11,1 m/s, 16,7 m/s, dan 22,2 m/s di setiap sudut kemiringan bagian belakang Ahmed *Body*. Simulasi dilakukan menggunakan bantuan salah satu *software Computational Fluid Dynamics*, yaitu Ansys Fluent 2020 R2. Model Ahmed *Body* yang dipakai memiliki panjang 1044 mm, lebar 389 mm, dan tinggi 288 mm, dengan variasi Bilangan Reynolds sesuai dengan variasi kecepatannya, yaitu  $Re = 794040$ ,  $Re = 1191200$  dan  $Re = 1586700$ . Jenis mesh yang dipakai adalah *poly-hexcore* dengan *boundary layer*, serta *viscous model* yang dipakai saat simulasi ada *k-epsilon Realizable*.

Kata kunci : ahmed *body*, koefisien hambatan, koefisien angkat, CFD, energi kinetik turbulensi, aliran fluida, aerodinamika.

MUHAMAD ADE DERLYARTHA, 22011052087 “Analisis Aliran Fluida Variasi Model Ahmed Body Car Menggunakan Ansys Fluent”, Skripsi, Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang

Pembimbing (I) : Ir. H. Margianto, M.T.

Pembimbing (II) : Nur Robbi, S.T., M.T.

---

### SUMMARY

Along with the times, the need for transportation is increasing, especially cars. Therefore car manufacturers are indirectly required to advance their technology, some of which are the efficient use of fuel and driving comfort. One reason is the design of the car body. Thus encouraging researchers to conduct experiments on changes in car design that affect fuel efficiency and comfort, such as drag, lift, turbulence, and pressure received by the car. The researchers before conducting their experiments on cars, they carried out stages in the form of validation, and one of the bluff body models that is often used as validation is the Ahmed Body. So this research was conducted to determine the effect of changing the angle of inclination of the rear of the simplified bluff type ground vehicle model, namely Ahmed Body, on the distribution of pressure, turbulence, lift, and drag with variations of inclination angles of 40°, 50°, 60°, 70°, and 80° and variations in speed of 11.1 m/s, 16.7 m/s, and 22.2 m/s in each angle of inclination of the back of the Ahmed Body. The simulation was carried out using the help of one of the Computational Fluid Dynamics software, namely Ansys Fluent 2020 R2. The Ahmed Body model used has a length of 1044 mm, a width of 389 mm, and a height of 288 mm, with a variation of the Reynolds number according to the speed variation, namely  $Re = 794040$ ,  $Re = 1191200$  and  $Re = 1586700$ . The type of mesh used is poly-hexcore with a boundary layer, and the viscous model used during the simulation is *k-epsilon Realizable*..

*Keywords: ahmed body, drag coefficient, lift coefficient, CFD, turbulence kinetic energy, fluid flow, aerodynamics.*

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

Saat ini, kebutuhan transportasi semakin meningkat seiring dengan perkembangan jaman. Di beberapa negara berkembang dengan jumlah populasi yang tinggi, tingkat pertumbuhan produksi kendaraan penumpang seperti mobil meningkat secara signifikan, dimana hal ini menjadikan sektor transportasi diposisi sebagai pengguna energi bahan bakar minyak dunia yang utama. Seperti di Indonesia, yang belum memiliki mode transportasi secara massal yang baik, ketergantungan masyarakat Indonesia terhadap kendaraan mobil penumpang terbilang tinggi. Oleh karena itu, demi memberikan kenyamanan dan efisiensi yang baik terhadap pemakai kendaraan, maka produsen transportasi secara tidak langsung dituntut untuk memajukan teknologi yang ada pada transportasi itu. Sehingga dalam hal lingkungan dan penggunaan energi, hal itu dapat memberikan dampak negatif karena penggunaan energi yang tidak dapat diperbaharui atau terbatas. (Noviati, 2022)

Pada sarana transportasi, sudah banyak usaha yang telah dilakukan untuk memaksimalkan efisiensi pemakaian bahan bakarnya. Seperti perancangan berat kendaraan, estetika, efisiensi tenaga mesin, serta bentuk *body* mobil yang mempengaruhi aerodinamika. Beberapa ahli dibidang otomotif telah membuktikan bahwa ada hubungan antara pertimbangan tahanan aerodinamik mobil dengan konservasi energi. Daya *output* mesin yang diperoleh melalui proses pembakaran dari *input* energi (diantaranya bahan bakar) mayoritas digunakan untuk mengatasi hambatan jalan raya, gaya gesek (jalan dan mekanis) dan hambatan aerodinamika. (Yusuf, 2017)

Bentuk dan desain dari *body* kendaraan saat ini berkembang dengan tujuan untuk penurunan koefisien hambatan aerodinamika. Hal ini dilakukan agar menunjang kemampuan pada kendaraan. Bentuk dari *body* kendaraan pada masa yang akan datang diperkirakan memiliki desain yang berbeda dengan desain kendaraan saat ini, dimana bentuk bodinya dibuat menjadi lebih aerodinamis, dalam hal ini mobil. Inovasi-inovasi ini terus dikembangkan

dengan tujuan dapat mengurangi konsumsi bahan bakar yang diakibatkan oleh gaya hambat pada bentuk *body* mobil tanpa mengabaikan aspek estetika dan ergonomisnya.

Membahas pengaruh aerodinamik yang bekerja pada bentuk kendaraan dapat dibagi menjadi dua komponen gaya, yaitu : gaya hambatan udara (*drag force*), gaya angkat (*lift force*). Dalam menghitung hambatan aerodinamik kendaraan, kedua gaya tersebut perlu mendapat perhatian lebih. Ada beberapa parameter yang mempengaruhi hambatan aerodinamik pada mobil yang dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok : (1) parameter posisi, dimana hal tersebut menyatakan kedudukan kendaraan terhadap permukaan jalan, (2) parameter fungsional, dimana hal tersebut menyatakan kondisi beberapa bagian kendaraan yang bertugas secara tertentu seperti kaca dari jendela yang terbuka atau tertutup, (3) parameter bentuk, dimana hal tersebut menyatakan bentuk dari *body* kendaraan yang dapat dihitung, seperti kemiringan pada bagian permukaan atas.(Yusuf, 2017)

Berkaitan dengan hal di atas, beberapa riset saat ini khususnya bidang aerodinamika kendaraan mobil dilakukan dengan pengembangan desain yang efisien berdasarkan faktor-faktor di atas dan dapat memberi dampak positif terhadap konsumsi bahan bakar. Oleh karena itu, aerodinamika kendaraan mobil telah dipelajari secara eksperimental dan numerik oleh banyak peneliti. Mayoritas peneliti sebelumnya menggunakan model kendaraan yang sederhana tetapi dapat menghasilkan fitur yang relevan dari aliran sekitar kendaraan yang nyata (Ahmed, Ramm, & Faltin, 1984; Conan, Anthoine, & Planquart, 2011; Fares, 2006; Hinterberger, Garcia-Villalba, & Rodi, 2004; Minguez, Pasquetti, & Serre, 2008; Uruba & Hladík, 2009). Model terbaik dari penyederhanaan *body* kendaraan, yaitu Ahmed *body* dan sudah diteliti oleh Ahmed pada tahun 1984. (Tarakka, 2012)

Pada penelitian kali ini, akan mengulas tentang karakteristik aerodinamika pada sebuah bentuk bodi mobil Ahmed *body* yang telah dimodifikasi dari versi originalnya dengan menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics*, yang berguna memberikan pandangan terhadap aliran fluida yang terjadi di sekitar bodi mobil serta menampilkan nilai

dari gaya hambat atau *coefficient of drag*, gaya angkat atau *lift force*, tekanan total, dan *turbulence kinetic force* dengan memodifikasi bagian belakang Ahmed *body* dengan sudut kemiringan yang sebelumnya  $25^\circ$  menjadi bervariasi  $40^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $70^\circ$ ,  $80^\circ$ . Oleh karena itu penelitian ini berjudul ” Analisis Aliran Fluida Variasi Model Ahmed *body Car* Menggunakan Ansys Fluent ”

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang pada pendahuluan di atas didapatkan rumusan masalah, yaitu :

1. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan dan variasi sudut kemiringan pada bagian belakang Ahmed *body Car* terhadap distribusi tekanan total yang terjadi?
2. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan dan variasi sudut kemiringan pada bagian belakang Ahmed *body Car* terhadap turbulensi yang terjadi?
3. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan dan variasi sudut kemiringan pada bagian belakang Ahmed *body Car* terhadap gaya hambat yang terjadi?
4. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan dan variasi sudut kemiringan pada bagian belakang Ahmed *body Car* terhadap gaya angkat yang terjadi?

## 1.3. Batasan Masalah

Untuk memberi penjelasan yang terarah dan sesuai dengan tujuan penelitian ini, maka batasan masalah perlu ditetapkan agar penelitian ini tidak menyimpang dari tujuan utama. Batasan-batasan masalah tersebut yaitu :

1. Variasi sudut kemiringan adalah  $\Theta 40^\circ$ ,  $\Theta 50^\circ$ ,  $\Theta 60^\circ$ ,  $\Theta 70^\circ$ ,  $\Theta 80^\circ$
2. Simulasi dilakukan pada model Ahmed *body Car* versi original dan modifikasi.
3. Kecepatan yang digunakan adalah 11,1 m/s, 16,7 m/s, dan 22,2 m/s.
4. Analisis kekuatan rangka Ahmed *body Car* diabaikan dalam simulasi ini.
5. Ketidakakuratan yang disebabkan oleh kesalahan *software* itu sendiri diabaikan.
6. Massa pengemudi diabaikan.
7. Ahmed *body Car* disimulasikan pada lintasan yang rata.

8. Simulasi dilakukan dengan variasi *rear* sudut kemiringan Ahmed *body Car*.
9. Metode yang digunakan adalah metode komputasi dengan model turbulensi *k-epsilon* dan tidak menggunakan metode eksperimen
10. Simulasi dilakukan pada aliran *steady*.

#### 1.4. Tujuan Penelitian

Sesuai dengan rumusan masalah di atas maka tujuan penelitian ini, tujuan utama dari penelitian ini adalah menganalisis aliran fluida dari modifikasi model Ahmed *body car* dan membandingkannya dengan versi original, diantaranya :

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi kecepatan dan variasi sudut kemiringan pada bagian belakang Ahmed *body car* terhadap distribusi tekanan total yang terjadi pada Ahmed *body car*.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi kecepatan dan variasi sudut kemiringan pada bagian belakang Ahmed *body Car* terhadap turbulensi yang terjadi pada Ahmed *body car*.
3. Untuk mengetahui pengaruh variasi kecepatan dan variasi sudut kemiringan pada bagian belakang Ahmed *body car* terhadap gaya hambat tekanan total yang terjadi pada Ahmed *body car*.
4. Untuk mengetahui pengaruh variasi kecepatan dan variasi sudut kemiringan pada bagian belakang Ahmed *body car* terhadap gaya angkat yang terjadi pada Ahmed *body car*.

#### 1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah, dengan mengetahui pengaruh dari variasi kecepatan dan variasi sudut kemiringan bagian belakang model Ahmed *body Car* terhadap gaya angkat, gaya hambat, distirbusi tekanan, dan turbulensi yang terjadi, maka didapatkan sebuah perbandingan seberapa besar pengaruhnya jika dibandingkan dengan versi original yang diteliti oleh (Ahmed et al., 1984) Dengan begitu semakin banyak data yang diperoleh dari simulasi Ahmed *body Car* maka semakin banyak juga referensi saat ada yang melakukan sebuah tes dari desain yang memiliki model *bluff body* kedepannya.

## 1.6. Metode Penelitian

Dalam menyusun penelitian ini menggunakan metode :

1. Simulasi numerik, untuk memperoleh data-data dari simulasi menggunakan Ansys Fluent 2022 R2.
2. Studi literatur, yaitu dari buku, jurnal penelitian terdahulu.

## 1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika Penulisan laporan ini adalah :

### BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini terdapat latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematikan penulisan.

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini terdapat dasar teori yang digunakan selama penelitian, hasil dari penelitian terdahulu, beserta referensi yang digunakan.

### BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisi tentang metode atau cara pengambilan dan pengolahan data penelitian.

### BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi tentang pembahasan dan hasil dari analisis yang telah dilakukan pada penelitian ini.

### BAB V KESIMPULAN

Pada bab terakhir ini berisi tentang rangkuman atau kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran yang disampaikan peneliti.

## BAB V

### KESIMPULAN

#### 5.1. Kesimpulan

Target dari penelitian ini adalah menunjukkan pengaruh dari perubahan kecepatan dan *rear* sudut kemiringan pada Ahmed *body* dengan panjang *body* 1,044 M dan tinggi 0,288 M terhadap distribusi tekanan, aliran turbulensi yang terjadi, gaya hambat, dan gaya angkat. Berdasarkan hasil data simulasi saat ini maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Terlihat pada Gambar 4.11, kecepatan aliran udara yang melewati sudut kemiringan  $40^\circ$  lebih banyak bergesekan dengan bagian vertikal dari ahmed *body* pada bagian setelah sudut kemiringan dibandingkan dengan sudut kemiringan  $50^\circ$ . Dan aliran udara yang melewati sudut kemiringan  $60^\circ$ ,  $70^\circ$ , dan  $80^\circ$  lebih banyak bergesekan dengan bagian *horizontal* pada atap *body* dibandingkan dengan sudut kemiringan  $50^\circ$ . Itu disebabkan oleh total ukuran keliling bentuk geometri variasi sudut  $50$  lebih kecil dibandingkan dengan sudut kemiringan lainnya. Oleh karena itu menyebabkan kecepatan aliran udara menurun dan tekanan bertambah, seperti yang dijelaskan dalam dasar-dasar aliran fluida bahwa semakin tinggi kecepatan yang bergesekan dengan benda maka tekanannya semakin rendah, begitu juga sebaliknya, semakin rendah kecepatan yang bergesekan dengan benda maka tekanannya semakin tinggi. (Pritchard & Mitchell, 2016)
2. Mengenai *turbulence kinetic energy* yang dialami ahmed *body*, nilai tertinggi pada masing-masing kecepatan yaitu variasi sudut kemiringan  $40^\circ$ . Jika gaya inersia lebih kecil dari gaya *viscous*, maka gaya *viscous* lebih mendominasi dan partikel fluida tidak terganggu oleh gaya inersia, dan sering disebut dengan aliran *laminar*. Tetapi jika gaya inersia lebih tinggi dibandingkan gaya *viscous*, maka fluida tidak dapat menahan berubahnya viskositas dan menyebabkan aliran terpisah dan membentuk *area wake* yang mengandung aliran turbulensi. Inilah alasan utama mengapa aliran mengalami separasi. (Kundu, Cohen, & Dowling, 2015). Pada Gambar

4.15 terlihat bahwa semakin tinggi sudut kemiringannya, maka titik separasinya semakin mundur. Ini dikarenakan bentuk geometri dari variasi Ahmed *body*  $60^\circ$ ,  $70^\circ$ , dan  $80^\circ$  bagian atasnya semakin panjang. Gambar 4.16 menunjukkan perbedaan garis vertikal bagian belakang variasi sudut kemiringan  $40^\circ$  dan  $50^\circ$  Ahmed *body*. Dimana menunjukkan bahwa semakin tinggi garis vertikalnya maka akan membentuk pusaran kecil baru (*eddies*) dan pada sudut kemiringan  $50^\circ$  tidak menyebabkan pusaran baru, sehingga aliran langsung menuju ke bagian diagonal. Inilah penyebab mengapa sudut kemiringan  $40^\circ$  lebih banyak mengandung energi kinetik turbulensi.

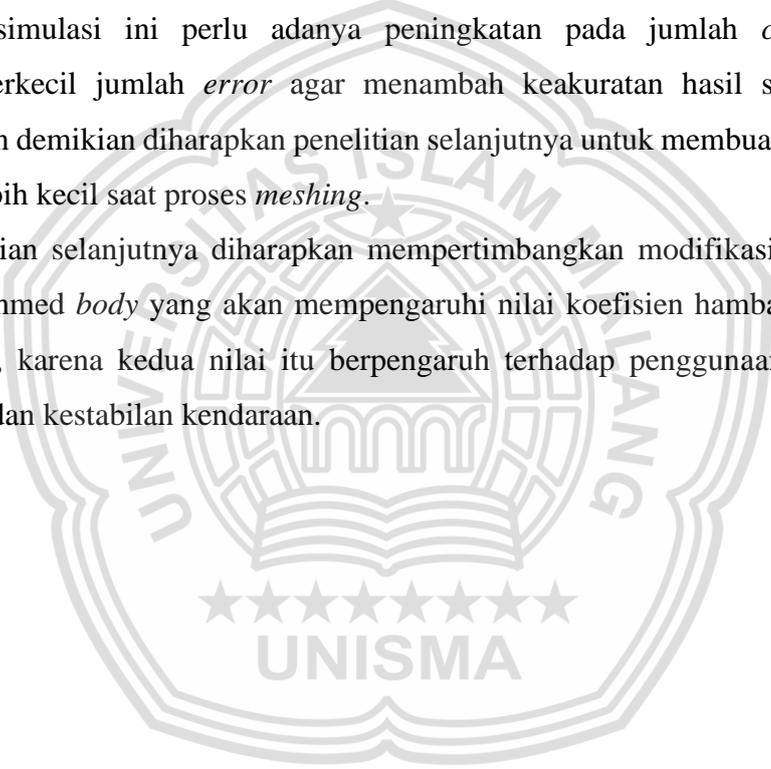
3. Pada Gambar 4.18 terlihat sebuah grafik yang menunjukkan bahwa rata-rata perubahan nilai gaya hambat variasi dari setiap sudut kemiringan sebesar 0,915% di setiap tingkatannya. Dimana dari sudut kemiringan  $50^\circ$  memiliki gaya hambat terendah dibandingkan dengan sudut kemiringan lainnya. Alasannya adalah hampir sama dengan rumusan masalah pertama, yaitu ukuran keliling dari bentuk geometri sudut  $50^\circ$  lebih kecil jika dibandingkan sudut kemiringan lainnya. Selain itu sudut  $50^\circ$  memiliki ukuran panjang bagian atas yang lebih pendek jika dibandingkan sudut kemiringan  $60^\circ$ ,  $70^\circ$ , dan  $80^\circ$ . Hal ini menyebabkan sudut  $50^\circ$  lebih sedikit mengandung *friction drag* dibandingkan sudut kemiringan lainnya. Untuk model jenis *bluff body* seperti Ahmed *body*, semakin besar bilangan Reynoldnya semakin turun koefisien hambatannya, dalam hal ini rentang bilangan Reynolds di antara 794040 – 1586700. Seperti yang tertera pada Gambar 4.22 dari penelitian (Bello-Millán et al., 2016) menunjukkan bahwa diantara bilangan Reynolds  $10^5$  –  $10^6$ , nilai  $C_D$  menurun.
4. Nilai gaya angkat dan koefisien angkat negatif tidak berarti hasil simulasi error, melainkan fenomena yang disebut *downward force*. *Downward force* adalah *negative lift*, yang berarti gaya tekan ke bawah yang diciptakan oleh karakteristik aerodinamika mobil. Seperti yang dikutip dari pernyataan dibuku (Pritchard & Mitchell, 2016), *downward force* digunakan untuk meningkatkan kestabilan dan performa saat tikungan. Jadi dalam penelitian ini, semakin cepat model Ahmed berjalan, dalam hal ini sampai pada

kecepatan 22,2 m/s, maka semakin stabil juga kondisinya saat tikungan, kecuali variasi sudut kemiringan  $40^\circ$ . Berbeda dengan sudut kemiringan  $40^\circ$ , sudut kemiringan  $50^\circ$ -  $80^\circ$  terlihat pada Gambar 4.27 arah *velocity* dari *area wake* menekan ke arah bawah pada bagian diagonal belakang Ahmed *Body*, yang dimana hal itu menyebabkan *downward force* atau gaya tekan ke arah bawah yang berlawanan dengan gaya angkat sehingga menyebabkan gaya angkat bernilai negatif.

## 5.2. Saran

Adapun beberapa saran pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pada simulasi ini perlu adanya peningkatan pada jumlah *cell* dan memperkecil jumlah *error* agar menambah keakuratan hasil simulasi. Dengan demikian diharapkan penelitian selanjutnya untuk membuat ukuran *cell* lebih kecil saat proses *meshing*.
2. Penelitian selanjutnya diharapkan mempertimbangkan modifikasi bentuk dari Ahmed *body* yang akan mempengaruhi nilai koefisien hambatan dan angkat, karena kedua nilai itu berpengaruh terhadap penggunaan bahan bakar dan kestabilan kendaraan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, S. R., Ramm, G., & Faltin, G. (1984). Some salient features of the time-averaged ground vehicle wake. *SAE Transactions*, 473–503.
- ANSYS, Inc. (2020). *Ansys® 2020 R2, Release 20.2, Help System, Fluent User's Guide*, ANSYS, Inc.
- Bello-Millán, F. J., Mäkelä, T., Parras, L., del Pino, C., & Ferrera, C. (2016). Experimental study on Ahmed's body drag coefficient for different yaw angles. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 157, 140–144.
- Conan, B., Anthoine, J., & Planquart, P. (2011). Experimental aerodynamic study of a car-type bluff body. *Experiments in Fluids*, 50(5), 1273–1284.
- Dobrev, I., & Massouh, F. (2014). Investigation of relationship between drag and lift coefficients for a generic car model.
- Ekoprianto, A. (2016). Analisis aerodinamik pada bodi kendaraan listrik type citycar untuk lingkungan kampus. *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur*, 3(3), 125–130.
- Fares, E. (2006). Unsteady flow simulation of the Ahmed reference body using a lattice Boltzmann approach. *Computers & Fluids*, 35(8–9), 940–950.
- Franck, G., & D'Elia, J. (2004). CFD modeling of the flow around the Ahmed vehicle model. In *Proceedings of 2nd conference on advances and applications of GiD. Barcelona, Spain, 4p*.
- Freitas, C. J. (2002). The issue of numerical uncertainty. *Applied Mathematical Modelling*, 26(2), 237–248.
- Hinterberger, C., Garcia-Villalba, M., & Rodi, W. (2004). Large eddy simulation of flow around the Ahmed body. In *The aerodynamics of heavy vehicles: trucks, buses, and trains* (pp. 77–87). Springer.
- <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/BGP/boundlay.html>. (n.d.).
- Hucho, W.-H. (1998). Aerodynamics of road vehicle: From fluid mechanics to vehicle engineering. *SAE International, Warrendale, PA*, 177.
- Kundu, P. K., Cohen, I. M., & Dowling, D. R. (2015). *Fluid mechanics*. Academic press.
- Laurensius Alexandro Wee, & Syamsuri. (2022). Analisa Aerodinamis Mobil Golf dengan Variasi Sudut Kemiringan pada Bagian Belakang Atap Menggunakan 3D Computational Fluid Dynamics.
- Lienhart, H., Stoots, C., & Becker, S. (2002). Flow and turbulence structures in the wake of a simplified car model (ahmed modell). In *New results in numerical and experimental fluid mechanics III* (pp. 323–330). Springer.

- Minguez, M., Pasquetti, R., & Serre, E. (2008). High-order large-eddy simulation of flow over the “Ahmed body” car model. *Physics of Fluids*, 20(9), 095101.
- Noviati, T. (2022). Karakteristik Aerodinamika pada Analisa Ahmed Body Car Menggunakan Software Ansys Workbench 18. *Jurnal Teknik Dan Science*, 1(2), 19–31.
- Pritchard, P. J., & Mitchell, J. W. (2016). Fox and McDonald’s introduction to fluid mechanics. John Wiley & Sons.
- Sharma, A. (2021). *Introduction to computational fluid dynamics: development, application and analysis*. Springer Nature.
- Simanjuntak, H. F. P., Manik, P., & Santosa, A. W. B. (2017). Analisa Pengaruh Panjang, Letak dan Geometri Lunas Bilga Terhadap Arah dan Kecepatan Aliran (Wake) Pada Kapal Ikan Tradisioal (Studi Kasus Kapal Tipe Kragan). *Jurnal Teknik Perkapalan*, 5(1).
- Sutantra, I. N. (2001). Teknologi Otomotif Teori dan Aplikasinya. *Surabaya: Guna Widya*.
- Tarakka, R. (2012). Kajian Kontrol Aktif Aliran Separasi Aliran Turbulen pada Aerodinamika Bluff Body Model Kendaraan. *PhD Disertation, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Indonesia, Depok, Indonesia*.
- Thabet, S., & Thabit, T. H. (2018). CFD simulation of the air flow around a car model (Ahmed body). *International Journal of Scientific and Research Publications*, 8(7), 517–525.
- Uruba, V., & Hladík, O. (2009). On the Ahmed Body Wake. In *Colloquium Fluid Dynamics, Institute of Thermomechanics AS CR, vvi, Prague*. Citeseer.
- White Frank, M. (1998). „Fluid Mechanics 4th Edition”. *Mcgraw-Hill College*.
- Yogatama, M., & Trisno, R. (2018). Studi Koefisien Drag Aerodinamika pada Model Ahmed Body Terbalik Berbasis Metode Numerik. *Jurnal Teknik Mesin*, 7(1).
- Yusuf, A. (2017). Analisa Aerodinamika dan Optimasi Body Mobil Smart Ev Generasi Tiga dengan Menggunakan Pemodelan CFD Tiga Dimensi.