

Analisis *Drag Force* dan Aliran Fluida pada Desain Mobil Listrik Green Campus UNILA Berdasarkan Kecepatan

Drag Force and Fluid Flow Analysis at UNILA Green Campus Electric Car Design Based on Velocity

Akhmad Riszal^{1*} dan Martinus Martinus¹

¹ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Indonesia

*email: akhmad.riszal@eng.unila.ac.id

Disubmit: 18 Oktober 2021 Direvisi: 06 November 2021 Diterima: 07 November 2021

ABSTRAK

Penggunaan energi fosil sangat berpengaruh terhadap keberlanjutan lingkungan. Sehingga kita harus mempunyai komitmen untuk mengurangi konsumsi bahan bakar fosil untuk menjaga lingkungan yang berkelanjutan. Hal ini senada dengan komitmen Universitas Lampung (UNILA) dalam menjadikan kampus Unila sebagai *Green Campus*. Pada tahun 2019, Unila mendapat peringkat ke 18 Nasional *Ranking UI Green Matric*. Salah satu teknologi yang dapat dikembangkan dalam menekan emisi lingkungan kampus adalah penggunaan mobil listrik. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis *drag force* dan fenomena aliran fluida yang melewati *body* kendaraan dalam kajian aerodinamika terutama fenomena sparasi aliran dan terjadinya *wake*. Kecepatan yang akan disimulasikan pada kecepatan 10, 20, 30, 40, 50, 60 km/h. Penelitian ini menggunakan jenis penelitian *Research and Development (R&D)* dengan Komputasi numerik di Lab Teknik Mesin UNILA. Penelitian ini menggunakan *Software Ansys Workbench 2020 R1* dengan CFD (*Computational Fluid Dynamics*) Solver. kemudian metode yang digunakan dalam simulasi numerik ini menggunakan metode turbulen k-epsilon *realizable standard wall function*. Penelitian ini menunjukkan terjadinya kenaikan drag pada setiap variasi kecepatan, hal ini dikarenakan banyaknya sparasi aliran dan adanya *wake* yang mempengaruhi *drag force*.

Kata kunci: Mobil listrik, CFD, Separasi aliran, *drag force*

ABSTRACT

The use of fossil fuel energy is very influential on environmental sustainability. And than we must have a commitment to reduce the consumption of fossil fuels to maintain a sustainable environment. This is in line with the commitment of the University of Lampung (UNILA) in making the Unila Green Campus. In 2019, Unila was ranked 18th in the UI Green Matric National Ranking. One of the technologies that can be developed to reduce emissions in campus area is the use of electric car. The purpose of this study is to analyze the drag force and the phenomenon of fluid flow passing through the vehicle body in aerodynamic studies, especially the phenomenon of flow separation and the occurrence of wakes. Velocity to be simulated at velocity of 10, 20, 30, 40, 50, 60 km/h. This research uses Research and Development (R&D) research with Numerical Computing at the UNILA Mechanical Engineering Lab. This research uses Ansys Workbench 2020 R1 software with CFD (Computational Fluid Dynamics) Solver. The method used in this numerical simulation uses the turbulent k-epsilon realizable standard wall function method. This study shows an increase in drag at each velocity variation, this is due to the large number of flow separations and the presence of wakes that affect drag force.

Keywords: Electric car, CFD, Flow separation, *drag force*.

PENDAHULUAN

Sumber energi yang paling banyak digunakan sekarang adalah energi fosil, khususnya di Indonesia sumber energi yang digunakan masyarakat sebagian besar masih menggunakan energi fosil berupa minyak bumi, gas bumi dan batu bara. Pada sektor transportasi pada tahun 2018, permintaan energi terbanyak di sektor transportasi adalah BBM (96%) dan sisanya dipasok oleh biodiesel dan gas bumi (Dewan Energi Nasional, 2019). Dampak dari penggunaan energi fosil salah satunya terjadi pemanasan global. Untuk menekan konsumsi energi dapat dimulai dari sektor transportasi yang terkecil yaitu transportasi di lingkungan perguruan tinggi atau kampus. Salah satu kampus yang mempunyai konsep ramah lingkungan adalah Universitas Lampung (UNILA). Penerapan *green kampus* di lingkungan akademisi sangat tepat karena kampus merupakan tempat lahirnya intelektual muda generasi penerus bangsa yang diharapkan menjadi *role model* atau pelopor bagi institusi. *Green Campus* merupakan konsep utama dalam pengelolaan yang berkesinambungan dan berkelanjutan dengan memperhatikan aspek-aspek lingkungan dan dampaknya. UNILA mempunyai komitmen untuk tercapainya kampus berkelanjutan dengan adanya ruang terbuka hijau yang luas, pengolahan sampah dan lain-lain.

Pada tahun 2019 UNILA masuk dalam Ranking 18 *UI Green Metric* di Indonesia. Salah satu konsep dari penilainnya yaitu dengan menggunakan transportasi ramah lingkungan sebagai alat transportasi internal kampus yaitu mobil listrik. Mobil listrik merupakan kendaraan yang bebas emisi dan ramah lingkungan. Dalam pembuatan mobil listrik, hal yang perlu dikaji pertama kali adalah membangun desain dan analisis aerodinamika kendaraan. Mobil listrik merupakan kendaraan yang bebas emisi dan kendaraan yang memungkinkan untuk dikembangkan guna mengurangi masalah lingkungan di internal kampus. Berkaitan dengan efisiensi kendaraan, banyak sekali faktor yang bisa dikaji dalam membangun sebuah mobil listrik. Khususnya pada penelitian ini akan dilakukan kajian desain kendaraan dengan melihat fenomena aliran fluida dan efek dari *drag force* dari suatu aliran fluida. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis fenomena aliran fluida dan efek *drag force* terhadap variasi kecepatan kendaraan. Fenomena aliran terjadi ketika mobil mempunyai kecepatan sehingga akan meningkatkan gaya aerodinamika yang terjadi di sekitar mobil (terjadi fenomena-fenomena aliran) meliputi gaya angkat (*lift force*), gaya hambat (*drag force*) dan gaya samping kendaraan (*side force*).

Penerapan konsep *green kampus* di UNS (Universitas Sebelas Maret) pada sektor transportasi sangat efektif dilakukan dengan zonasi parkir, sepeda, dan kendaraan *zero emission* dengan sepeda listrik, motor listrik dan mobil listrik (Mukaromah, 2020). Menurut (Barus & Afif, 2018) menjeaskan bahwa semakin besar *Reynold Number* maka *drag coefficient* akan semakin kecil dengan adanya peningkatan kecepatan pada aliran fluida. Menurut (Prihadnyana *et al.*, 2017) melakukan penelitian analisis aerodinamika pada permukaan bodi kendaraan mobil listrik gaski (ganesha sakti) dengan desain standar dan modifikasi hasil *velocity* udara maksimum desain standar sebesar 17,4324 m/s sedangkan desain modifikasi sebesar 17,7321 m/s hal ini dikarenakan aliran fluida yang masuk dalam kabin sehingga memunculkan *drag force* yang berlebih. Penelitian ini juga dilakukan oleh (Cahyono *et al.*, 2019) meneliti tentang nilai koefisien drag mobil WASAKA bahwa penelitian ini di khususkan pada bagian depan dan dimensi

atap mobil. didesain dengan bentuk yang melengkung di depan dan atap datar dengan memanfaatkan panel surya mempunyai sifat aerodinamika distribusi aliran fluida lebih baik dengan koefisien drag sebesar 0,52. Menurut (Hendaryati *et al.*, 2020) melakukan analisis koefisien aerodinamika dengan melakukan pengembangan desain kendaraan dengan dilakukan perubahan pada bagian depan, kaca depan, desain atap dan bagian belakang menunjukkan bahwa *Coefisien Drag* mobil Srikandi Gen 2 lebih kecil yaitu sebesar 0.36 dari mobil Srikandi Gen 1. Sedangkan menurut (Prastyo *et al.*, 2020) meneliti tentang aerodinamika mobil hemat energi Lintang Samudra dengan dilakukannya variasi kecepatan yaitu 40, 50, 60 dan 70 km/jam dan dilakukannya pengembangan desain mobil menyatakan bahwa pada desain mobil Lintang Samudra 1 memiliki $CD = 0,07598 - 0,07025$ dan $CL = (-0,00800) - (-0,00837)$ pada bodi Lintang Samudra 2 memiliki nilai $CD = 0,072451 - 0,067020$ dan $CL = 0,001395 - 0,000949$ sehingga adanya peningkatan efisiensi pada desain kendaraan Lintang Samudra 2. Penelitian karakteristik aerodinamika juga diteliti oleh (Kusaeri, 2020) dilihat dari karakteristik aerodinamika desain mobil pada kecepatan 15 km/jam dengan desain mobil menggunakan solid work dan CFD maka diperoleh koefisien drag sebesar 0.4 yakni meminimalisir hambatan dan tekanan fluida sekitar dinding mobil.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian Analisis aerodinamika akan dilakukan di Laboratorium Mekanika Fluida jurusan Teknik Mesin Universita Lampung. Waktu penelitian akan dilaksanakan selama 6 bulan dimulai dari bulan April-September 2021.

Alat dan Bahan

Proses simulasi pada penelitian ini menggunakan *software Ansys Workbench 19 CFD Solver* dengan spesifikasi komputer adalah processor Intel Core i7 990f CPU, RAM 16 GB, VGA AMD Radeon RX 560 4GB.

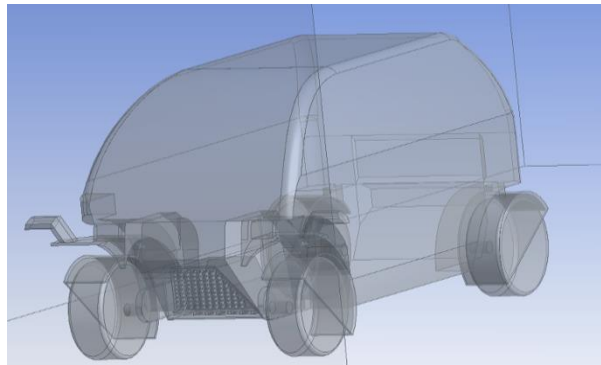
Mekanisme Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan adalah jenis penelitian *Research and Development* (R&D). Penelitian R&D merupakan proses atau langkah riset untuk mengembangkan produk baru atau yang telah ada dengan tujuan untuk menyempurnakan hasil (Prihadnyana *et al.*, 2017). Penelitian ini akan meneliti desain mobil listrik dan fenomena aliran atau karakteristik saat terjadinya distribusi aliran fluida pada kendaraan berdasar variasi kecepatan kendaraan yaitu 10, 20, 30, 40, 50, 60 km/h. Sehingga dalam desain akan dilakukan *improvement* dalam kondisi maksimal. Pada analisis akan digunakan *Software Ansys Workbench 19 CFD Solver*.

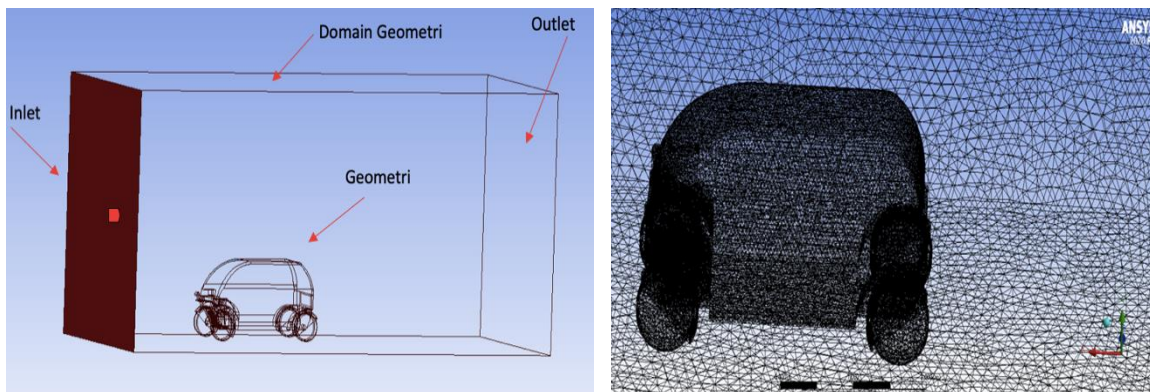
CFD (*Computational Fluid Dynamics*)

Cfd merupakan suatu metode atau pendekatan yang digunakan dalam menganalisis sebuah geometri berdasarkan aliran fluida dengan menggunakan metode komputasi numerik. Langkah pertama dalam analisis Cfd yaitu pembuatan geometri desain kendaraan pada gambar 1. Setelah pembuatan geometri selanjutnya adalah membuat domain dengan menentukan kondisi batas pada domain untuk simulasi kemudian melakukan meshing pada geometri yang dibuat, kemudian proses simulasi

paling menentukan dalam proses meshing adalah teknik meshing, penggunaan ukuran mesh dan jenis mesh yang digunakan serta metode numerik yang digunakan seperti pada gambar 2. Dalam penelitian ini menggunakan metode turbulen *k-epsilon realizable standard wall function* berdasarkan fenomena aliran *streamline*. Pada penelitian ini, jenis meshing yang digunakan dalam proses pre-processing menggunakan mesh tetrahedra dengan banyaknya Node 435160 dan banyaknya Elements 2441764.



Gambar 1. Geometri Kendaraan



Gambar 2. Meshing kendaraan pada Domain

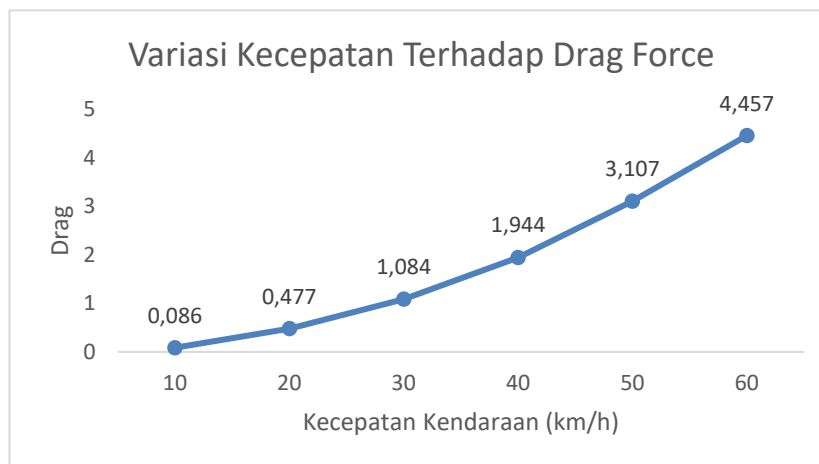
Tabel 1. Spesifikasi simulasi Kendaraan

SPESIFIKASI	
Kapasitas Penumpang	4 Orang
Dimensi (Panjang x Lebar x Tinggi)	3,56x1,23x1,56
Jarak Sumbu Roda	1,65
Jarak Terendah ke Tanah	0.45
Tipe Bodi	Konstruksi Terpisah dengan Rangka/Chasis
Bahan Body	Fiber
Kecepatan Maksimum	70 km/h
Roda	14 Inchi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil komputasi CFD

Penelitian ini mengkaji tentang desain kendaraan dan menganalisis fenomena aliran fluida yang melewati permukaan body kendaraan sesuai dengan desain dengan menggunakan pendekatan CFD (*Computational Fluid Dynamics*) dilihat dari kajian aerodinamika kendaraan. Penelitian dilakukan validasi dengan cara menyamakan persepsi penggunaan metode komputasi dengan penelitian sebelumnya yaitu dengan menggunakan model turbulen realizable k-epsilon. Kajian ini akan dilihat fenomena aliran fluida berdasarkan hasil post processing pada CFD. Hal yang paling berpengaruh dalam desain kendaraan adalah nilai dari Koefisien drag (c_d) dan nilai gaya drag, hal ini karena mempengaruhi laju kendaraan yang berkaitan dengan efisiensi.

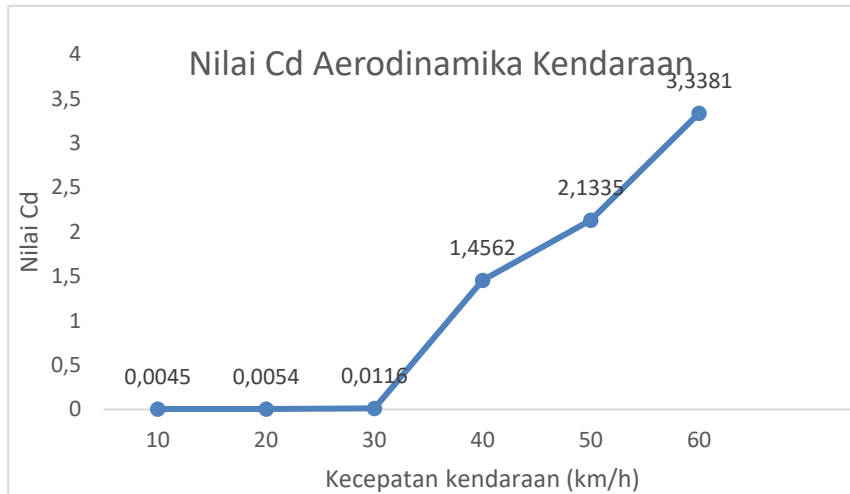


Gambar 3. Variasi kecepatan terhadap *Drag force*

Gambar 3 menunjukkan hubungan antara variasi kecepatan kendaraan terhadap drag force pada masing-masing kecepatan. Pada kecepatan terendah ditunjukkan pada kecepatan 10 km/s mempunyai nilai 0,086, kecepatan 20 km/s mempunyai nilai 0,477, kecepatan 30 km/s mempunyai nilai 1,084, kecepatan 40 km/s mempunyai nilai 1,944, kecepatan 50 km/s mempunyai nilai 3,107, kecepatan 60 km/s mempunyai nilai 4,457. Jika dilihat data yang ada, tinggi rendahnya nilai drag force kendaraan berbanding lurus dengan nilai pada masing-masing kecepatan kendaraan. Hal ini dikarenakan bentuk body kendaraan sangat berpengaruh terhadap laju aliran disekitar body kendaraan sehingga berpengaruh bentuk kearodinamisan suatu kendaraan. Jika model kendaraan tidak aerodinamis maka berakibat terjadinya gaya hambat dan tekanan pada setiap permukaan kendaraan, khususnya pada body depan kendaraan.

Hasil simulasi berdasarkan pada gambar 4 kecepatan kendaraan yaitu pada kecepatan 10, 20, 30, 40, 50, 60 km/h. Dapat dilihat berdasarkan pada nilai koefisien drag (c_d) pada masing-masing kecepatan kendaraan. Terlihat pada gambar di bawah menunjukkan semakin tinggi kecepatan kendaraan, maka nilai c_d maka semakin tinggi. Terlihat pada kecepatan 10 km/s nilai c_d 0,0045, pada kecepatan 20 km/s nilai c_d 0,0054, kecepatan 30 km/s nilai c_d 0,0115, kecepatan 40 km/s nilai c_d 1,4562, kecepatan 50 km/s nilai c_d 2,1335, kecepatan 60 km/s nilai c_d 3,3381. Semakin tingginya koefisien drag, maka tingkat aerodinamika pada kecepatan tertentu dapat

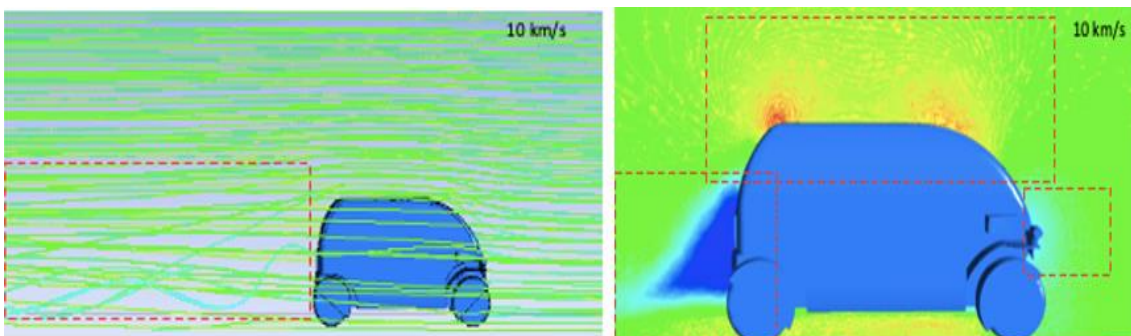
menghambat laju kendaraan dan semakin rendah nilai C_d maka hambatan yang dihasilkan pada kajian aerodinamika juga akan hambatan yg dihasilkan kecil saat fluida melewati body kendaraan. Disamping itu juga terjadi akibat adanya distribusi tekanan fluida pada sekitar permukaan body kendaraan.

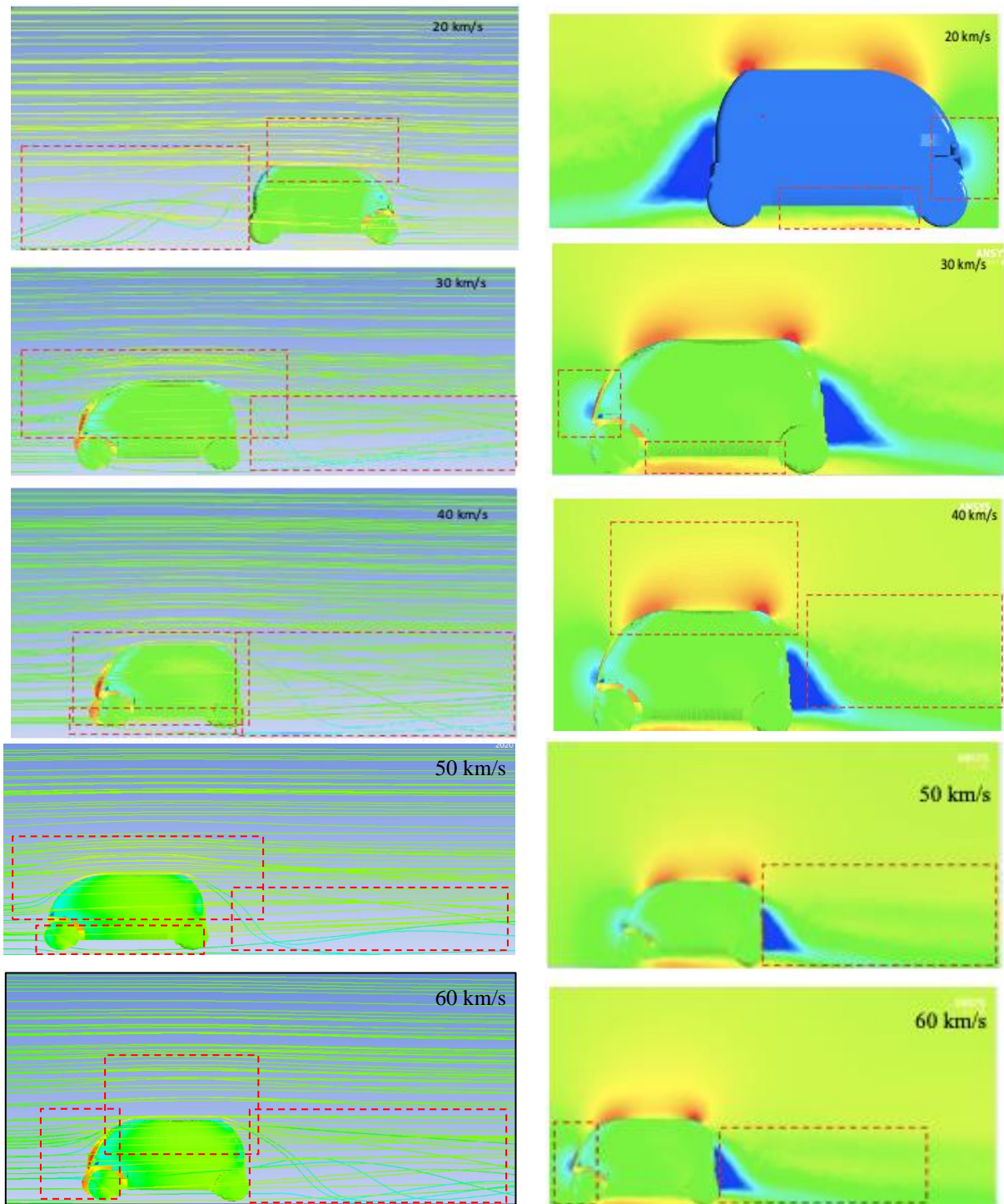


Gambar 4. Nilai Cd setiap kecepatan

Karakteristik aerodinamika kendaraan

Pada dasarnya setiap aliran fluida ketika mengalir melalui sebuah penampang akan terhambat baik dari geometri itu sendiri atau dari permukaan penampang yang dilewati oleh fluida tersebut. *Drag force* ini terjadi dikarenakan adanya beda tekanan antara bagian depan dan bagian belakang pada objek. Pada saat distribusi tekanan melalui sebuah objek tidak sejajar maka tekanan yang depan akan lebih besar dibandingkan tekanan pada objek bagian belakang. Hal ini dikarenakan saat aliran fluida melewati sebuah objek akan terjadi tekanan tinggi pada bagian depan namun kecepatannya kecil, kemudian saat menuju bagian belakang objek maka tekanan akan menurun dan kecepatan akan meningkat sehingga menyebabkan perbedaan gradien tekanan yang dapat menyebabkan separasi aliran. Besar kecilnya gaya hambat salah satunya dipengaruhi oleh bentuk geometri kendaraan dan variasi kecepatan aliran fluida yang melewati kontur permukaan body kendaraan. Pada gambar 5 dan gambar 6 menunjukkan fenomena aliran fluida dengan dilihat dari *velocity stream line* dan *velocity contour* dari masing-masing kecepatan kendaraan.





Gambar 5. *Velocity Stream Line dan Velocity Contour* pada Variasi Kecepatan

Gambar 5 menunjukkan perbandingan fenomena aliran *velocity stream line* dan *velocity contour* pada setiap kecepatan. Pada kecepatan 10-60 km/s terlihat pada area belakang pada kendaraan terjadi separasi aliran. Di mana, pada separasi aliran terjadi dimulai pada kecepatan 10 km/s pada sisi belakang atas kendaraan. Kemudian dengan seiring bertambahnya kecepatan aliran fluida pada sisi atas terlihat bahwa adanya kenaikan kecepatan sehingga setelah melewati titik separasi aliran pada body belakang kemudian aliran fluida terjadi golakan, hal inilah yang dapat menyebabkan besarnya *drag force* pada desain kendaraan tersebut. Terjadinya separasi aliran dikarenakan saat momentum aliran fluida dari inlet tidak dapat melawan kenaikan tekanan balik (*adverse pressure gradient*) dan aliran fluida tidak mampu mengatasi gaya gesek pada permukaan kendaraan. Awal terjadi separasi disebut juga dengan titik separasi. Pada titik ini, terjadi pengecilan tekanan dari sisi upstream sehingga mengakibatkan besarnya tekanan fluida. Setelah terjadinya separasi pada gambar terlihat terjadi golakan aliran fluida dan fluida tersebut tidak stabil sehingga aliran fluida tidak lagi mengikuti bentuk solid body kendaraan.

Velocity contour pada setiap kecepatan pada gambar 5, jika dilihat dari gambar menjelaskan bahwa kontur kecepatan pada body kendaraan terbesar adalah pada bagian atas body kendaraan baik bagian depan, bagian atas depan dan bagian atas belakang yg menunjukkan warna merah dibandingkan dengan sekitar body lainnya yang mana artinya adalah adanya peningkatan kecepatan pada area atas kendaraan. Kemudian dijelaskan bahwa pada bagian depan terjadi stagnasi aliran fluida (*stagnation point*) mulai dari kecepatan rendah hingga kecepatan tinggi. kemudian pada bagian atas ujung depan dan belakang kontur kecepatan tinggi, kemudian fluida ke belakang body kecepatan menurun dan terjadi pemisahan aliran. Jika diperhatikan efek yang paling jelas adalah pada kecepatan kendaraan 50 dan 60 km/h. Pada gambar bisa dijelaskan bahwa dengan adanya penurunan kecepatan dan terjadinya separasi aliran yang menyebabkan adanya golakan aliran fluida setelah melewati body kendaraan serta adanya *wake* yang besar sehingga menyebabkan naiknya *drag force*.

SIMPULAN

Pada fenomena aliran yang terjadi, jika banyaknya separasi aliran fluida bisa berakibat timbulnya golakan-golakan aliran fluida sehingga membentuk *wake* dan ini berakibat tingginya gaya drag pada aliran fluida yang mengalir di sekitar permukaan body kendaraan. Pada desain kendaraan yang awal ini, bahwa kendaraan masih mempunyai nilai koefisien hambat yang tinggi seiring dengan naiknya kecepatan kendaraan. Pada kecepatan rendah yaitu pada kecepatan 10 km/s kendaraan ini mempunyai nilai C_d 0,0045, sedangkan pada kecepatan tinggi 60 km/h mempunyai nilai C_d 3,338.

SANWACANA

Ucapan terima kasih kami sampaikan Universitas Lampung, Khususnya LP2M UNILA yang sudah mensupport penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Hanif, A. H., & Utomo, M. S. K. T. S. (2015). Simulasi aerodinamika desain mobil hemat bahan bakar 'antawirya' dengan metode computational fluid dynamics. *Jurnal Teknik Mesin*, 3 (2), 188-197.
- Ekoprianto, A. (2016). Analisis aerodinamik pada bodi kendaraan listrik type citycar untuk lingkungan kampus. *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur*, 3 (3), 125-130.
- Prastyo, B. W., Syafaat, I., & Dzulfikar, M. (2020). Analisis aerodinamika pada bodi mobil hemat energi lintang samudra menggunakan metode computational fluid dynamics. *Momentum*, 16(1), 80-86. <http://dx.doi.org/10.36499/jim.v16i1.3366>
- Barus, C. B., & Afif, J. M. (2018). Modifikasi dan analisa aerodinamika body mobil gladiator 2 pnj dengan menggunakan metode computational fluid dynamics (cfd). *Seminar Nasional Cendekiawan Ke 4*, 2540 – 7589. <http://dx.doi.org/10.25105/semnas.v0i0.3372>
- Kusaeri, D. (2020). Karakteristik aerodinamika terhadap desain mobil hemat energi pada kecepatan 15 km/jam menggunakan computational fluid dynamics. *Jurnal Eengineering*, 11(1), 44-52. <https://doi.org/10.24905/eng.v11i1.1497>
- Cahyono, G. R., Isworo, H., Ghofur, A., & Riadi, J. (2019). Analisis Nilai Koefisien Drag Pada Model Mobil Listrik Wasaka. *Element Jurnal Teknik Mesin*, 6(2), 59 – 68. <https://doi.org/10.34128/je.v6i2.100>
- Mukaromah, H. (2020). Strategi Menuju Kampus Berkelanjutan (Studi Kasus: Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret). *Jurnal Penataan Ruang*, 15(1), 30-35. <http://dx.doi.org/10.12962/j2716179X.v15i1.6871>
- Hendaryati, H., Jufri, M., Mokhtar, A., & Sudarman, S. (2020). Analisis koefisien aerodinamis pada mobil hemat energi srikandi fakultas teknik universitas muhammadiyah malang. *Seminar Nasional Teknologi Dan Rekayasa (Sentra)*. 2527-6042. DOI: <https://doi.org/10.22219/sentra.v0i6.3890>
- Jhon, J. S., & Utomo, M. S. K. T. S. (2017). Analisis aerodinamika body mobil hemat energi antawirya residual-sat dengan menggunakan metode computational fluid dynamics. *Jurnal Teknik Mesin*, 5(1), 50-59.
- Pemerintah Indonesia. (2019). Outlook Eneerji Indonesia 2019. Jakarta: Sekretariat Jendral Dewan Energi Nasional (DEN). ISSN 2527-3000
- Prihadnyana, Y., Widayana, G., & Dantes, K. R. (2017). Analisis aerodinamika pada permukaan bodi kendaraan mobil listrik gaski (ganesha sakti) dengan perangkat lunak ansys 14.5. *Jurnal Jurusan Pendidikan Teknik Mesin (Jjptm)*, 8(2). <http://dx.doi.org/10.23887/jjtm.v5i2.11246>