

PEMODELAN BODI MOBIL HEMAT ENERGI “MOHIDA 1.1” SEBAGAI UPAYA DALAM PENGEMBANGAN TEKNOLOGI KENDARAAN RAMAH LINGKUNGAN

Naufal Nirwana¹, Abduh Afif Yuandana¹, M Reza Revanda F¹, Rolan Siregar^{2*}

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Darma Persada, 13450, Indonesia

²Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Darma Persada, 13450, Indonesia

rolansiregar@ft.unsada.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan kendaraan ramah lingkungan merupakan salah satu cara untuk mengurangi masalah keterbatasan bahan bakar fosil dan polusi udara. Dalam artikel ini akan ditampilkan pemodelan bodi mobil berupa prototipe awal yang memiliki bentuk yang aerodinamis yang bertujuan untuk mengurangi beban akibat tahanan udara. Sistem penggerak mobil yang dirancang adalah sistem penggerak dari motor listrik yang mengandalkan baterai sebagai sumber daya. Supaya jarak tempuh mobil ini lebih jauh tentu harus dirancang sedemikian rupa supaya mobil memiliki desain yang efisien baik dari bobot ataupun aerodinamik. Maka sebagai tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui tahanan udara yang diterima oleh bodi mobil listrik baik itu *drag*, *lift* dan *side*. Penelitian ini diawali dengan studi literatur, pembuatan desain hingga pembuatan serta pengujian alat, dari hasil penelitian tersebut dapat mengetahui tahanan udara yang berada pada bodi prototipe MOHIDA 1.1. Adapun beberapa model telah didesain dan dipilih satu konsep desain terbaik yaitu berdasarkan simulasi bahwa konsep desain yang dipilih adalah model 1 dikarenakan memiliki rata – rata koefisien gaya drag 0,47, rata rata koefisien lift 0,020 dan koefisien gaya samping 0,0091. Diharapkan penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan kajian untuk pengembangan kendaraan hijau di masa depan khususnya untuk media pembelajaran mahasiswa di lingkungan kampus.

Kata kunci: Aerodinamika, Bodi mobil, Hemat energi, Tahanan udara, Kendaraan ramah lingkungan

ABSTRACT

[Modeling of the Energy-Efficient Car Body ‘MOHIDA 1.1’ for the Development of Green Vehicle Technology]. The use of environmentally friendly vehicles is one way to reduce the problem of limited fossil fuels and air pollution. In this article, a car body modeling will be shown in the form of an initial prototype that has an aerodynamic shape that aims to reduce the load due to air resistance. The car's drive system designed is an electric motor drive system that relies on batteries as a power source. In order for this car's mileage to be longer, it must be designed in such a way that the car has an efficient design both in terms of weight and aerodynamics. So the purpose of this study is to determine the air resistance received by the electric car body, both drag, lift and side. This research began with a literature study, design creation to the manufacture and testing of tools, from the results of the study can determine the air resistance in the body of the MOHIDA 1.1 prototype. Several models have been designed and one best design concept was selected, namely based on simulations that the chosen design concept is model 1 because it has an average drag coefficient of 0.47, an average lift coefficient of 0.020 and a side force coefficient of 0.0091. It is hoped that this research can be used as study material for the development of green vehicles in the future, especially for student learning media in the campus environment.

Keywords: Aerodynamics; Car Body, Energy Saving, Air Resistance, Green Vehicle

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi secara global terus meningkat khususnya Indonesia bahwa seiring bertambahnya penduduk maka secara otomatis energi yang dibutuhkan meningkat pesat. Pada energy

terbarukan seperti gas bumi , batu bara dan minyak bumi makin berkurang di Indonesia. Berdasarkan rencana strategis (Renstra) kementerian ESDM (Energi dan Sumber Daya Mineral) Republik

Indonesia memperkirakan penyimpanan minyak bumi yang sebesar 3,6 Milyar barel akan lenyap dalam 13 tahun mendatang. Ketersediaan energi primer di Indonesia mengalami peningkatan yang cukup signifikan terhitung pada tahun 2003 sekitar 157,08 juta *Tonries Oil Equivalent* (TOE) menjadi sekitar 228,22 juta TOE, untuk hal ini meningkat dengan rata rata sebesar 3,8 % per tahun. Penyediaan energi primer di Indonesia saat ini sangat mendominasi oleh minyak, antara lain minyak bumi dan bahan bakar minyak (BBM) dengan terbatasnya bahan bakar minyak pilihannya adalah mengurangi konsumsi bahan bakar minyak [1].

Selain keterbatasan jumlah cadangan minyak di Indonesia, kendaraan bermotor berbahan bakar minyak menghasilkan emisi gas buang yang berupa asap knalpot dari kendaraan yang mengandung timbal/timah hitam (Pb), oksida nitrogen (NO_x), *suspended particulate matter* (SPM), oksida sulfur (SO₂), hidrokarbon (HC), karbon monoksida (CO), dan oksida fotokimia (Ox). Udara yang terpengaruh oleh zat – zat tersebut dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia yang berbeda tingkatan dan jenisnya [2]. Untuk menghadapi kenyataan tersebut sekarang ada solusi mobil listrik yang mulai dikembangkan. Mobil listrik adalah mobil yang dalam penggerakannya menggunakan motor listrik atau dinamo. Motor listrik ini penggunaannya memerlukan energi listrik yang disimpan dalam baterai atau *accu*. Penggunaan mobil listrik di dunia dirasa sangat efektif selain tidak timbul polusi udara dan mempunyai konstruksi mesin yang lebih sederhana. Mobil listrik adalah salah satu langkah mengatasi krisis energi akan bahan bakar fosil dan pencemaran lingkungan [3].

Salah satu komponen atau bagian yang paling penting atau wajib dalam kendaraan adalah bodi kendaraan tersebut, dalam perkembangan teknologi yang kian maju bentuk dari bodi kendaraan sangatlah diperhitungkan untuk mencapai tujuan – tujuan tertentu baik itu model maupun tahanan udara tersebut. Bentuk bodi yang didesain sedemikian rupa akan menghasilkan karakteristik aliran fluida yang berbeda dan sangat mempengaruhi fungsi bentuk tubuh tersebut. Banyak penelitian telah dilakukan untuk mendapatkan desain terbaik. Namun hingga saat ini, peneliti belum dapat menemukan solusi yang tepat untuk mendiagnosis dan mensintesis struktur aliran, oleh karena itu dilakukan pengujian langsung melalui eksperimen. Salah satunya adalah bantuan penggunaan software CFD (*Computational Fluid*

Dynamics), dan salah satunya adalah Autodesk CFD. Pada penelitian ini akan dilakukan analisis bodi dari prototipe mobil listrik milik Himpunan Mahasiswa Teknik Universitas Darma Persada sesuai dengan ketentuan KMHE (Perlombaan Mobil Hemat Energi).

Kendaraan tersebut merupakan kendaraan berjenis 3 roda yang menyerupai mobil dan diberi nama MOHIDA (Mobil Himpunan Mahasiswa Mesin Universitas Darma Persada) yang dimana bodi dari kendaraan tersebut masih dalam proses perancangan. Disain kendaraan MOHIDA tersebut nantinya sebelum dibuat atau diproduksi, harus diuji dan dianalisis aliran – aliran fluida yang mengalir pada permukaan bodi kendaraan MOHIDA sehingga diharapkan mendapatkan sebuah disain bodi yang paling aerodinamis, didalam penelitian akan dilakukan penganalisisan terhadap bodi mobil himpunan mahasiswa mesin Universitas Darma Persada (MOHIDA) untuk mengetahui aliran fluida yang terjadi pada mobil listrik Mobil Himpunan Mahasiswa mesin Universitas Darma Persada (MOHIDA).

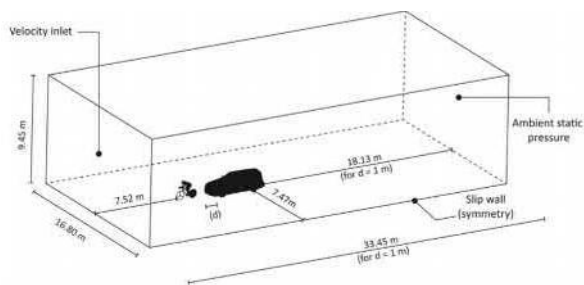
2. METODE

Pada umumnya konstruksi umum bagian mobil terbagi menjadi 2 kelompok besar yaitu, *body* dan *chassis* [4]. Bodi merupakan bagian dari kendaraan, dan bentuknya (umumnya) terbuat dari pelat logam (baja) dengan ketebalan antara 0,6 mm hingga 0,9 mm, sehingga bodi harus mampu menahan tekanan udara yang lebih besar. Selain badan, digunakan sebagai tempat penumpang atau kargo. Meskipun sasis adalah bagian dari kendaraan, ia menopang bodi dan mesin [4]. Bodi otomotif merupakan bagian kendaraan yang dibentuk sedemikian rupa sehingga penumpang ataupun barang yang ada berada didalam kendaraan terlindungi dari terpaan angin, panas matahari dan hujan [5]. Dengan perkembangan teknologi yang semakin maju, bentuk dari sebuah bodi kendaraan sangat diperhitungkan untuk mencapai tujuan – tujuan yang di harapkan, bentuk bodi yang dibuat sedemikian rupa guna menghasilkan karakteristik aliran fluida yang berbeda – beda dan sangat berpengaruh terhadap fungsi dan bentuk bodi tersebut [5].

Computational fluid dynamics (CFD) merupakan salah satu cabang dari mekanika fluida yang menggunakan metode numerik dan algoritma untuk memecahkan dan menganalisis masalah yang terjadi

pada aliran fluida. Para ilmuwan dan insinyur menggunakan CFD untuk melakukan eksperimen numerik di laboratorium virtual. Dalam hal karakteristik aliran, CFD dapat menampilkan pola aliran yang lebih rinci dan akurat, yang akan sulit dan mahal, dan bahkan tidak mungkin diselesaikan dengan menggunakan teknik eksperimental [6].

Wind tunnel (terowongan angin) merupakan alat yang digunakan dalam penelitian aerodinamik (Gambar 1). Pemodelan *Wind tunnel* digunakan untuk mempelajari efek aliran – aliran udara yang melewati benda *solid*. Saat ini pengujian terowongan angin sudah banyak digunakan pada kendaraan – kendaraan,



Gambar 1. Model Wind Tunnel [7]

Terowongan angin merupakan bentuk dari aliran angin yang akan menimpa kendaraan atau benda yang akan di simulasikan, biasanya terowongan angin ini berbentuk persegi panjang yang didesain sedemikian rupa sehingga benda kerja yang akan disimulasikan masuk kedalam terowongan angin tersebut [8].

Aerodinamika adalah ilmu pengetahuan yang mempelajari dampak – dampak yang ditimbulkan gas atau udara yang bergerak, aerodinamika berasal dari dua kata, “aero” adalah udara dan “dinamika” merupakan ilmu yang menganalisis benda yang bergerak serta penyebab pergerakkan tersebut. Kendaraan yang memiliki bodi aerodinamis memiliki banyak hal yang mempengaruhi, salah satunya pengaruh aerodinamis besaran atau hambatan dari suatu objek adalah udara yang melawatinya, yang diukur dengan besaran dan dinyatakan dengan nilai *Coefficient of drag*. Semakin kecil nilai koefisien *drag* tersebut maka semakin aerodinamis sebuah bodi kendaraan tersebut [8].

Nilai *Coefficient of drag* ditentukan beberapa faktor, faktor yang sangat mempengaruhi adalah desain body. *Coefficient of drag* juga berpengaruh terhadap beberapa hal salah satunya terhadap kecepatan kendaraan, koefisien hambat udara atau koefisien *drag* berpengaruh secara signifikan terhadap

kecepatan kendaraan dalam meningkatkan aerodinamis pada bodi kendaraan dapat dilakukan dengan menurunkan nilai *Coefficient of drag* dari kendaraan tersebut. Menurunkan nilai koefisien *drag* dapat dilakukan dengan cara merubah atau memodifikasi geometri bodi bagian depan dapat menurunkan nilai koefisien drag sebesar 6,78 % .

Pada kendaraan umumnya arah kecepatan angin relatif tidak sejajar dengan sumbu longitudinal kendaraan, ada tiga gaya aerodinamis dalam kendaraan yaitu Gaya hambat (*drag*) aerodinamik (F_D), Gaya angkat (*lift*) aerodinamik (F_L), Gaya samping (*side*) aerodinamik (F_s) [9].

Bentuk dari bodi kendaraan dan pola aliran udara pada kendaraan, maka besar kemungkinan titik kerja ketiga gaya angin tersebut yang pada umumnya disebut “*center of pressure*” (C_p) berada di luar titik pusat massa dari kendaraan (C_G). Karena letak C_p dan C_G berbeda maka ketiga gaya aerodinamik diatas dapat menimbulkan momen aerodinamis terhadap sumbu x, y, dan z yang berpusat pada C_G . Ada tiga momen aerodinamik yang dapat terjadi pada kendaraan yaitu moment *Rolling* (M_R) yaitu momen terhadap sumbu x, moment *Pitching* (M_P) yaitu momen terhadap sumbu y, moment *Yawing* (M_Y) yaitu momen terhadap sumbu z.

Gaya hambat adalah gaya yang bekerja dalam arah horisontal pada kendaraan (paralel terhadap aliran) dan berlawanan arah dengan arah gerak maju kendaraan. Pada kenyataanya hanya hambatan bentuk dan hambatan pusat yang paling besar pengaruhnya terhadap gaya hambat secara keseluruhan. Gaya hambat tersebut adalah sebagai fungsi dari kecepatan kuadrat secara umum perumusan gaya hambat angin sebagaimana ditampilkan pada Persamaan 1 dan 2 berikut ini [9].

$$F_d = \frac{1}{2} C_d \cdot \rho \cdot V_a^2 \cdot A_f \quad (1)$$

$$C_d = \frac{2 \cdot F_d}{\rho \cdot V_a^2 \cdot A_f} \quad (2)$$

Dimana

- C_d = koefisien gaya *drag*.
- F_d = gaya *drag*
- A_f = luas frontal kendaraan (m^2).
- ρ = densitas udara (Kg/m^3).

V_a = kecepatan relatif angin terhadap kendaraan (m/s).

Perbedaan bentuk antara permukaan atas dan bagian bawah kendaraan menyebabkan aliran udara pada permukaan atas lebih cepat dari pada aliran udara pada permukaan bawah, sehingga tekanan pada permukaan atas kendaraan lebih rendah dari pada tekanan permukaan bawah. Oleh karena itu tekanan dengan bagian bawah mobil umumnya lebih besar dari tekanan yang bekerja di atas mobil sehingga menyebabkan pembentukan *lift* untuk dorongan aliran udara dari permukaan bawah ke permukaan kendaraan atas kendaraan. Gaya ini bekerja pada arah vertikal, arah keatas ditandai sebagai arah positif dan kebawah sebagai arah negatif. Gaya lift secara total dapat dirumuskan sebagai berikut (Persamaan 3 dan 4) [9].

$$F_l = \frac{1}{2} C_l \cdot \rho \cdot V_a^2 \cdot A_f \quad (3)$$

$$C_l = \frac{2 \cdot F_l}{\rho \cdot V_a^2 \cdot A_f} \quad (4)$$

Dimana

C_l = koefisien gaya *lift*.

F_l = gaya *lift*.

A_f = luas frontal kendaraan (m^2).

ρ = densitas udara (kg/m^3).

V_a = kecepatan relatif angin terhadap kendaraan (m/s).

Jika kendaraan dipengaruhi oleh udara (tanpa angin) atau ada gerakan angin yang sejajar dengan arah kendaraan, tidak akan ada gaya samping. Karena kesimetrisan aliran udara di sisi kendaraan sehingga tekanan di sisi kendaraan sama. Tetapi pada kenyataannya, jarang terjadi pergerakan aliran angin yang paralel dengan arah kendaraan. Biasanya arah serangan angin tidak sejajar dengan arah pergerakan mobil sehingga membentuk sudut tertentu sampai akhir. Pada demikian dihasilkan resultan kecepatan udara (V_a) dari kecepatan kendaraan (V) dan kecepatan angin (V_w), yang membentuk sudut tertentu (β_a) terhadap jalur kendaraan. Gaya samping bekerja di arah horizontal dan transversal sehingga mendorong kendaraan ke samping. Gaya samping juga terjadi dalam kondisi kendaraan berbelok. Gaya samping dapat dirumuskan pada Persamaan 5 dan 6 [9].

$$F_s = \frac{1}{2} C_s \cdot \rho \cdot V_a^2 \cdot A_f \cdot \beta_a \quad (5)$$

$$C_s = \frac{2 \cdot F_s}{\rho \cdot V_a^2 \cdot A_f \cdot \beta_a} \quad (6)$$

Dimana :

C_s = koefisien gaya *side*.

F_s = gaya *side*.

A_f = luas frontal kendaraan (m^2).

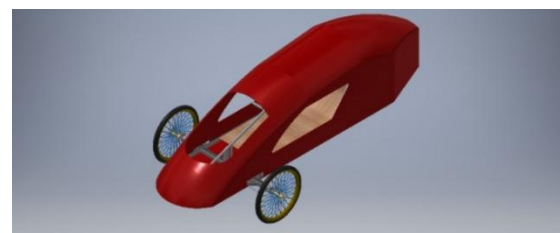
ρ = densitas udara (kg/m^3).

V_a = kecepatan relatif angin terhadap kendaraan (m/s).

β_a = sudut serang angin

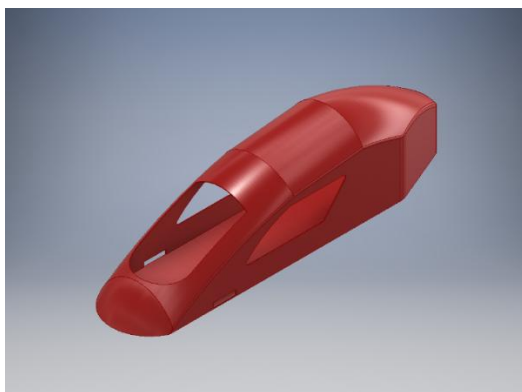
Banyak masalah di bidang aerodinamika yang tidak terselesaikan hanya dengan menghitung analitis dan matematika tetapi harus menggunakan berbagai jenis eksperimen untuk membantu memecahkan masalah dan mendukung teori-teori dasar yang ada. Dari hasil eksperimen dapat diambil oleh kesimpulan yang nantinya akan berguna untuk memecahkan masalah aerodinamis. Proses perancangan bentuk bodi kendaraan dibagi dalam 5 tahap yaitu *basic body*, *basic shape*, *basic model*, *styling model* dan tahap akhir yaitu *production car*. Analisis yang dilakukan oleh berbagai pakar aerodinamika dalam bentuk bodi kendaraan dilakukan dengan melakukan penelitian pengujian pada berbagai jenis komponen bodi kendaraan dan pengaruhnya terhadap beban angin.

Secara umum metode yang dilakukan dalam dengan simulasi berbasis CFD. Adapun tahapan –tahapan utama yang dilakukan adalah studi literatur, pembuatan konsep desain, simulasi desain, pemilihan satu konsep desain terbaik, dan pembahasan. Kendaraan yang didesain merupakan kendaraan sesuai dengan regulasi kompetisi mobil hemat energi yang minimalis dengan penggerak motor listrik *brush DC*. Kendaraan ini memiliki kapasitas satu orang, hanya untuk pengemudi. Adapun desain umum seperti ditunjukan pada Gambar 2 berikut ini.

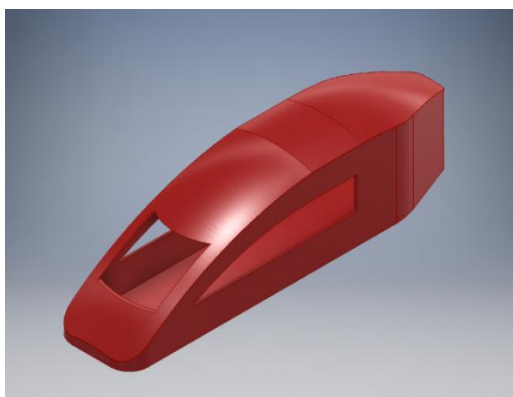


Gambar 2. Pemodelan 3D MOHIDA 1.1

Pada mobil ini didesain dengan bentuk yang ramping, untuk pengemudinya tidak seperti mobil konvensional. Pengemudi mobil ini adalah 1 (satu) orang dengan posisi duduk didepan. Pada bagian kendaraan terdapat ruang kemudi serta pada bagian belakang kendaraan baterai dan instalasi kelistrikan. Prototipe mobil listrik hemat energy ini memiliki spesifikasi umum sebagai berikut: Daya Maksimum 500 Watt, Tegangan 36 V, Baterai 3 x 12v 12 Ah, Berat Muatan Max 60 kg, Tipe Rem Belakang *Single Disc Brake*. Untuk mengetahui bodi yang optimal maka dibuat konsep desain yang terdiri dari dua opsi sebagaimana ditampilkan pada Gambar 3.



a



b

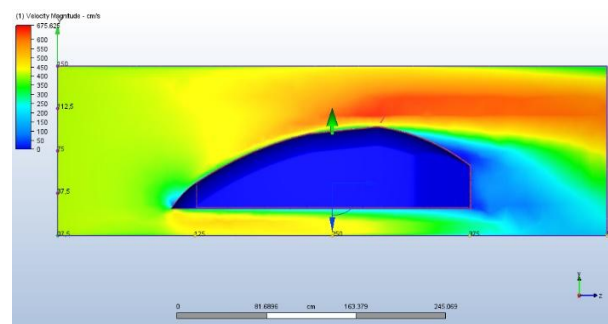
Gambar 3. Konsep desain Bodi : a- bodi mobil 1; b- bodi mobil 2

Pada Gambar 3a merupakan model bodi 1, model ini memiliki bentuk bagian depan yang tirus kebawah dan memiliki bodi ramping di belakang. Sedangkan pada Gambar 3b menunjukkan model bodi 2 yang dimana model ini dibuat tirus kebawah serta mempunyai hidung dibagian depan bodi. Simulasi pada bodi MOHIDA 1.1 dibuat 2 tipe, untuk hal ini akan disimulasikan dan dicari untuk tahanan *drag* dan tahanan *lift* pada kedua bodi MOHIDA 1.1 sehingga

bodi yang mempunyai tahanan *drag* dan *lift* yang kecil akan di gunakan.

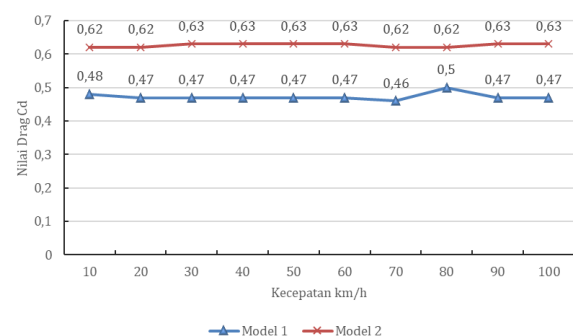
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Salah satu bentuk simulasi desain menggunakan Autodesk CFD pada model 1 terlihat pada Gambar 4 berikut ini. Adapun kontur kecepatan bagian atas yang terjadi pada bodi 1 lebih tinggi dibandingkan pada kondisi lainnya, pada kontur model 1 terlihat adanya titik stagnisasi dan kecepatan bagian belakang mengecil terjadi pemisah aliran.



Gambar 4. Kontur kecepatan pada bidang simetri model 1

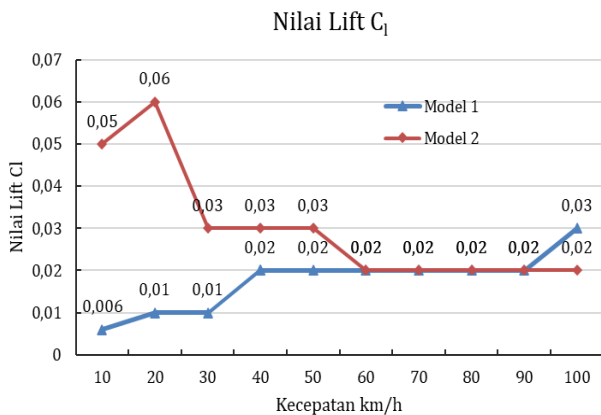
Dari semua simulasi yang dilakukan dengan simulasi Autodesk CFD kedua model bodi MOHIDA 1.1. ini bertujuan untuk mengetahui dari setiap kecepatan yang ditempuh menghasilkan koefisien *drag* berbeda – beda, begitu juga dalam koefisien *lift* di setiap kecepatan mempunyai koefisien *lift* yang berbeda, pada grafik dalam Gambar 5 menunjukkan nilai *drag* kedua model.



Gambar 5. Nilai *Drag Cd* pada kedua model

Dari Gambar 5 ini menunjukkan bahwa nilai Drag Cd dari model 1 lebih kecil dari model 2. Sehingga model 1 lebih optimal jika dibandingkan dengan model 2.

Selanjutnya pada Gambar 6 berikut ini ditampilkan grafik nilai lift pada kedua model yang didesain.



Gambar 6. Nilai Lift pada kedua model bodi

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa besar nilai lift pada model 1 secara umum lebih kecil dari pada model 2. Oleh karena itu jika dibuat dalam bentuk rata-rata perbandingan koefisien *drag* dan koefisien *lift* maka yang dipilih bodi untuk MOHIDA 1.1. adalah model 1 dikarenakan mempunyai nilai rata – rata koefisien gaya *drag* dan koefisien gaya *lift* yang kecil dari model 2. Koefisien drag rata – rata (C_d) pada model 1 adalah 0,47 dan koefisien lift rata – rata (C_l) pada model 2 adalah 0,02.

4. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi menunjukkan bahwa model yang paling sesuai adalah ketika memiliki koefisien drag dan koefisien lift yang paling kecil. Oleh karenanya beban akibat hambatan udara lebih kecil sehingga kendaraan lebih ringan untuk digerakkan dan otomatis daya yang dibutuhkan lebih kecil. Dari hasil analisa dan simulasi yang dilakukan bahwa bodi model 1 adalah bodi yang akan digunakan pada pembuatan mobil MOHIDA 1.1. dikarenakan mempunyai nilai rata – rata koefisien *drag* maupun koefisien *lift* yang lebih kecil. Penelitian ini diharapkan berdampak positif dalam pengembangan pembelajaran teknologi otomotif di lingkungan kampus secara umum dan khususnya di Universitas Darma Persada.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Juanda, A. Fauzi and A. F. Sa'adah, Peramalan Penyediaan dan Konsumsi Bahan Bakar Minyak Indonesia, Bogor: Institut Pertanian Bogor, 2018.
- [2] I. Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang, Jakarta: Universitas Muhamadiyah Jakarta, 2014.
- [3] A. Efendi, Rancang Bangun Mobil Listrik Sula, Subang: Politeknik Negeri Subang, 2020.
- [4] D. H. SF and G. S. , Konstruksi Utama Body Kendaraan, Yogyakarta: Fakultas Teknik UNY, 2004.
- [5] Y. Prihadhanyana, W. and R. Dantes, "Analisa permukaan body kendaraan mobil listrik Gaski (Ganesha sakti) dengan perangkat lunak ansys 14.5," 2017.
- [6] R. E. Wardana, "Resistency Analysis of mini Submarine wind tunnel testing validatedwith computational Fluid Dynamic," Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, 2015.
- [7] A. Mahmudi, "DESAIN DAN ANALISIS AERODINAMIKA BODY MOBIL SEDAN, HATCHBACK, SPORT UTILITY VEHICLE (SUV) BERBASIS SOFTWARE AUTODESK FLOW DESIGN 14.0," Universitas Negeri Semarang, Semarang, 2019.
- [8] D. Priambada and A. Sulisetyono, "Analisa Layar 3D menggunakan Wind Tunnel," *Jurnal Teknik*, 2012.
- [9] I. N. Sutantra and B. Sampurno, Teknologi Otomotif Edisi kedua, Surabaya: Guna Widya, 2010.