

OPTIMASI AERODINAMIKA BODI MOBIL HEMAT ENERGI KEN DEDES ELECTRIC EVO 3 MENGGUNAKAN METODE COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD)

Muhammad Fakhruddin*, Hangga Wicaksono, Fauzan Baananto, Hilmi Iman Firmansyah, Nurlia Pramita Sari, Moch. Muzaki, Khelvindra Rizky Akbarsyah D, dan Noveri Dwi Hardyanto

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 09,
Kota Malang, 65141

*E-mail: ruudean@gmail.com

Abstrak

Aerodinamika adalah satu cabang ilmu yang membahas tentang Bergeraknya suatu obyek di dalam udara, Aerodinamika berasal dari kata air = udara dan dynamics = gaya gerak. Ilmu gaya udara adalah salah satu cabang dari mekanika fluida. Ilmu ini adalah lanjutan dari ilmu hidrodinamika, dimana ilmu mengenai gaya gerak udara memiliki hubungan yang erat dengan ilmu-ilmu lainnya. Fisika, matematika, mekanika, meteorologi dan lain-lain merupakan cabang ilmu yang berkaitan erat dengan aerodinamika. Dimana pada ilmu aerodinamika ini mengulas tentang azas tentang udara yang diam, yang khususnya tentang perubahan yang dialami oleh udara ketika ada perubahan geometri. Pada penelitian ini, analisa CFD dilakukan untuk menginspeksi dan mengoptimalkan aliran udara yang melalui bodi mobil hemat energi "Ken dedes Evo 3" Politeknik Negeri Malang untuk mengikuti kompetisi mobil hemat energi dengan mengikuti regulasi dan syarat pengemasan dalam kontes mobil hemat energi. Analisa aerodinamika dari mobil hemat energi dilakukan menggunakan software simulasi ANSYS. Tujuan dari penelitian aerodinamik ini adalah untuk mengurangi koefisien hambatan dan koefisien angkat dari mobil hemat energi. Pada hasil akhirnya, mobil hemat energi Ken Dedes Electric Evo 3 memperoleh perbaikan nilai koefisien drag sebesar 0.03 dan untuk koefisien lift sebesar 0.034. Hal ini didapatkan dari simulasi hanya pada bodi mobil.

Kata Kunci: *Aerodinamika, ANSYS, efisiensi-energi, mekanika fluida, simulasi*

PENDAHULUAN

Aerodinamika adalah satu cabang ilmu yang membahas tentang Bergeraknya suatu obyek di dalam udara, Aerodinamika berasal dari kata air = udara dan dynamics = gaya gerak. Ilmu gaya udara adalah salah satu cabang dari mekanika fluida. Ilmu ini adalah lanjutan dari ilmu hidrodinamika, dimana ilmu mengenai gaya gerak udara memiliki hubungan yang erat dengan ilmu-ilmu lainnya. Fisika, matematika, mekanika, meteorologi dan lain-lain merupakan cabang ilmu yang berkaitan erat dengan aerodinamika. Dimana pada ilmu aerodinamika ini mengulas tentang azas tentang udara

yang diam, yang khususnya tentang perubahan yang dialami oleh udara ketika ada perubahan geometri (Arpino et al., 2019).

Aerodinamika untuk optimasi koefisien drag (C_d) dan koefisien lift (C_l) mendapatkan perhatian yang tinggi pada beberapa dekade ini pada bidang mekanika fluida. Banyak penelitian yang menjelaskan perbedaan bentuk dari drag, dimana beberapa cara dilakukan untuk meminimalisir dari koefisien drag tersebut. S.M. Rakibul Hassan, dkk, membahas tentang perbedaan aspek dalam menganalisa aerodinamika drag dari mobil balap dan membahas berbagai macam teknik pengurangan koefisien drag seperti modifikasi body dan gas buang. Pada penelitian tersebut didapatkan bahwa optimasi model bodi bawah pada mobil balap mampu mengurangi koefisien drag sampai dengan 22.13%, dan pada pengalihan arah gas buang sebesar 9.5% (Rakibul Hassan et al., 2014). Sneh Hetawal, dkk, membahas tentang desain dan analisa CFD dari mobil formula Society of Automotive Engineers (SAE). Penelitiannya berfokus pada pembahasan karakter aerodinamika dari mobil Formula SAE dengan spoiler depan, tanpa spoiler depan, dan menggunakan kisi-kisi udara. Dimana hasil pemodelan menggunakan CFD, didapatkan model mobil dengan sayap depan dan kisi-kisi udara memiliki aerodinamika yang lebih baik (Hetawal et al., 2014). Mahmoud Khaled, dkk, menggagaskan konsep yang inovatif untuk mengurangi koefisien drag dengan menggunakan analisa parametris dari gaya aerodinamika pada bodi kendaraan yang disederhanakan. Pada penelitian ini didapatkan pada konsep yang digagas oleh peneliti bahwa adanya peningkatan aerodinamika yang ditandai penurunan koefisien drag sebesar 2%, pendinginan dengan memanfaatkan aerodinamika sebesar 50%, dan koefisien lift sebesar 5% (Khaled et al., 2012). E. Abo-Serie, dkk, melakukan penelitian tentang evaluasi aerodinamika pada mobil Shell Eco-Marathon (SEM). Dimana sebuah mobil SEM mampu menempuh jarak 3400 km untuk satu liter bahan bakar. Untuk mendapatkan jarak tempuh yang jauh, aerodinamika pada bodi mobil dievaluasi. Dengan mengubah geometri bodi depan, bagian bawah bodi, dan geometri bagaian belakang mobil SEM mampu mengurangi koefisien drag dari 0.430 sampai dengan 0.127 dengan tetap memenuhi regulasi lomba (Abo-Serie et al., 2017).

Pada balapan mobil, secara umum terdapat hubungan antara drag force (gaya drag) dan downforce (gaya tekan ke bawah) terhadap lintasan balapnya. Namun, pada kontes mobil hemat energi, bukan waktu tercepat yang menjadi output utama, melainkan

konsumsi bahan bakar yang paling efisien. Maka dari itu, kontur bodi yang memiliki gaya tekan ke bawah yang besar untuk mendapat kestabilan dan kecepatan selama berbelok tidak terlalu penting. Penambahan gaya tekan ke bawah yang diketahui dapat menyebabkan gaya drag. Dimana untuk mendapatkan hambatan udara yang kecil atau untuk mendapatkan koefisien drag yang rendah dengan tetap mempertahankan koefisien lift yang kecil menjadi tujuan dalam mendesain bodi untuk kontes mobil hemat energi (. et al., 2019).

Pada penelitian ini, analisa CFD dilakukan untuk menginspeksi dan mengoptimalkan aliran udara yang melalui bodi mobil hemat energi “Ken dedes Evo 3” Politeknik Negeri Malang untuk mengikuti kompetisi mobil hemat energi dengan mengikuti regulasi dan syarat pengemasan dalam kontes mobil hemat energi.

METODE PENELITIAN

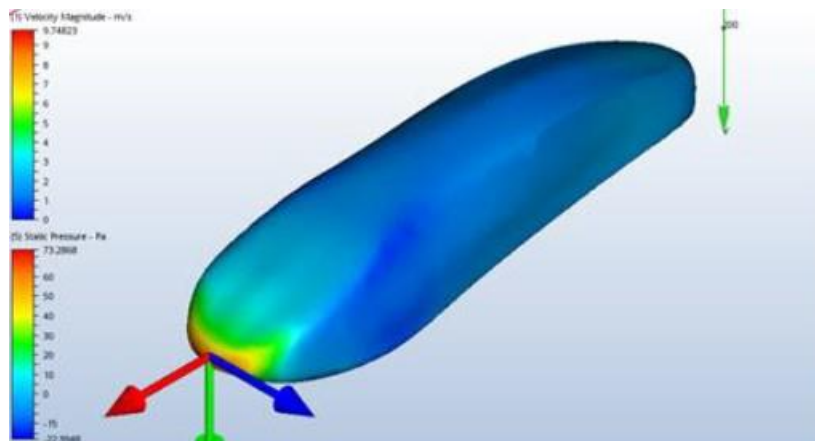
Ketika aliran fluida mengalir pada suatu permukaan, maka permukaan tersebut akan menahan pergerakan tersebut, dimana hal tersebut dikenal sebagai drag (hambatan). Aerodinamika hambatan adalah total dari gaya hambat dan hambatan viskositas. Gaya hambat merupakan parameter yang dominan di antara kedua parameter tersebut. Gaya hambat terjadi dikarenakan adanya gaya geser yang bekerja di antara dua lapisan fluida. Koefisien hambatan dan koefisien angkat dapat dijabarkan pada rumus berikut.

$$C_d = \frac{2 \cdot F_d}{\rho \cdot v^2 \cdot A}$$

$$C_L = \frac{2 \cdot F_L}{\rho \cdot v^2 \cdot A_p}$$

Dimana ρ adalah massa jenis udara dengan satuan kg/m³, A adalah luas permukaan efektif dengan satuan m², dan v adalah kecepatan dengan satuan m/s. Computational Fluid Dynamics (CFD) adalah metode yang efektif untuk melakukan pemodelan dinamika fluida (Rakibul Hassan et al., 2014). Dimana ada dua jenis aliran fluida, yaitu aliran laminar dan aliran turbulen. Aliran laminar adalah aliran halus dimana pada lapisan fluida yang saling berdekatan akan menghasilkan kecepatan yang relatif sama, sedangkan aliran turbulen adalah aliran fluida yang terjadi dengan ditandai dengan

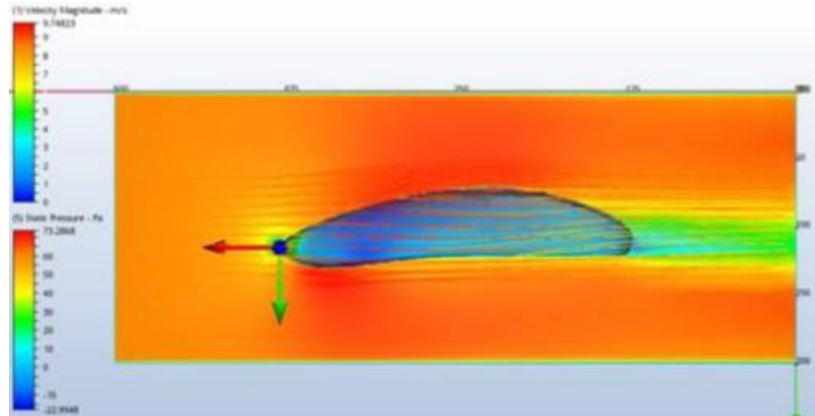
terbentuknya pusaran aliran yang dikarenakan kecepatan fluida yang tidak sama di seluruh lapisan permukaan fluida. Bilangan reynold adalah bilangan yang menunjukkan apakah suatu aliran masuk kategori laminar atau turbulen. Di atas suatu permukaan, terdapat lapisan tipis udara. Kecepatan dari udara akan berkurang dikarenakan permukaan tersebut. Lapisan tersebut biasa kita kenal sebagai boundry layer (garis batas lapisan). Panjang dari suatu garis batas lapisan semakin tinggi seiring semakin jauhnya garis tersebut dari suatu permukaan. Garis batas lapisan ini awalnya bersifat laminar, yang kemudian akan berubah turbulent seiring dengan pertambahan jaraknya terhadap permukaan. Ketika terjadi perubahan geometri permukaan secara mendadak, maka separasi aliran akan terjadi. Separasi aliran (flow separation) umumnya terjadi di dalam garis batas lapisan ketika lapisan atas dari fluida tidak mampu menarik lapisan bawah fluida (Fabian et al., 2018).



Gambar 1. Penampang Isometri Bodi Mobil Ken Dedes Electric Evo 2

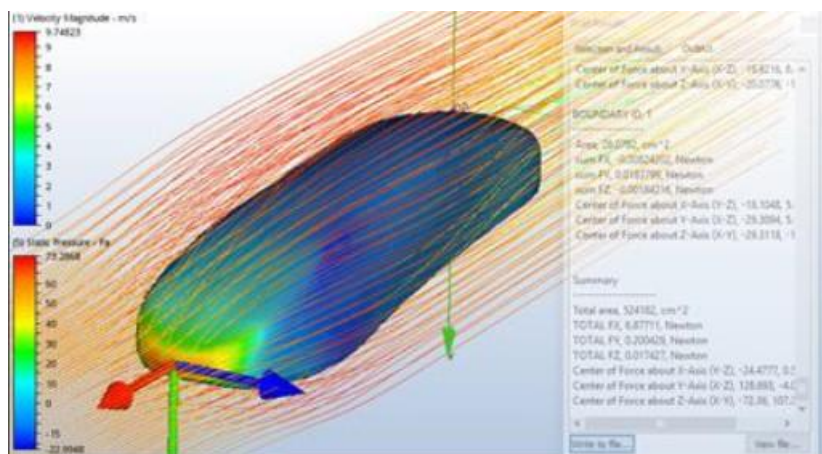
Sumber: Data primer yang diolah, 2020

Analisa aerodinamika dari mobil hemat energi dilakukan menggunakan software simulasi ANSYS. Tujuan dari penelitian aerodinamik ini adalah untuk mengurangi koefisien hambatan dan koefisien angkat dari mobil hemat energi. Mobil hemat energi Ken Dedes Evo 2 yang telah dianalisa aliran fluidanya memiliki koefisien drag dan koefisien angkat masing-masing sebesar 0.3718 dan 0.00108. Pada mobil Ken Dedes Electric Evo 2 analisa 3D menggunakan metode external flows. Sebagai input, adalah aliran udara dengan kecepatan sebesar 30 km/jam atau sekitar 8.33 m/s.



Gambar 2. Aliran Fluida pada Bodi Mobil Ken Dedes Electric Evo 2
 Sumber: Data primer yang diolah, 2020

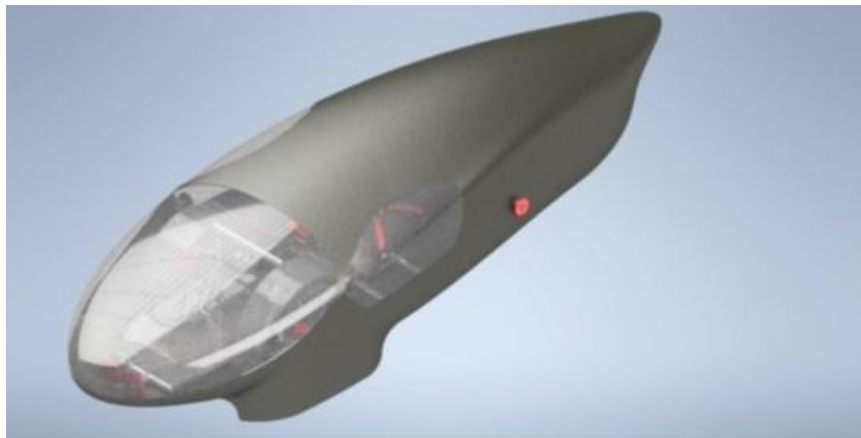
Dari hasil simulasi, aliran fluida yang melewati bodi mobil hemat energi memberikan tekanan maksimal sebesar 73.3 Pa. Dimana tekanan maksimal dari aliran fluida tersebut terjadi pada penampang bodi bagian depan. Sedangkan untuk tekanan fluida minimum adalah sebesar -23 Pa. Hasil simulasi untuk pengujian gaya hambat dan gaya angkat didapatkan masing-masing sebesar 6.9 N dan 0.2 N. Modifikasi dari desain mobil hemat energi dilakukan untuk mendapatkan koefisien hambat yang kecil dengan tetap mempertahankan koefisien angkat yang kecil pula. Bodi mobil di modifikasi untuk mengakomodir ban agar dapat masuk ke dalam bodi. Dengan mengikuti kontur tetesan air yang memiliki koefisien hambat yang kecil. Bodi mobil yang baru diberi nama sebagai mobil Ken Dedes Electric Evo 3.



Gambar 3. Aliran Fluida pada Penampang Isometri Bodi Mobil Ken Dedes Electric Evo 2

Sumber: Data primer yang diolah, 2020

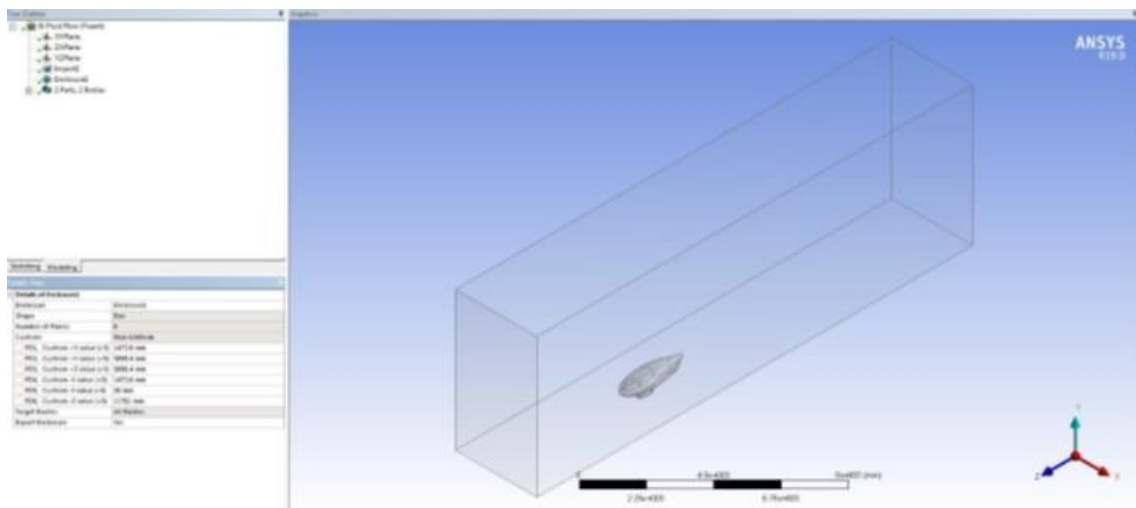
HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 4. Penampang Isometri Bodi Mobil Ken Dedes Electric Evo 3

Sumber: Data primer yang diolah, 2020

Simulasi dilakukan untuk mengetahui karakteristik aliran fluida yang melewati desain 3D dari mobil Ken Dedes Electric Evo 3. Penentuan dimensi domain berdasarkan penelitian yang dilakukan Damjanovic, Dkk tentang *car design as a new conceptual solution* (Damjanović et al., 2011). Dimensi dari domain pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut.

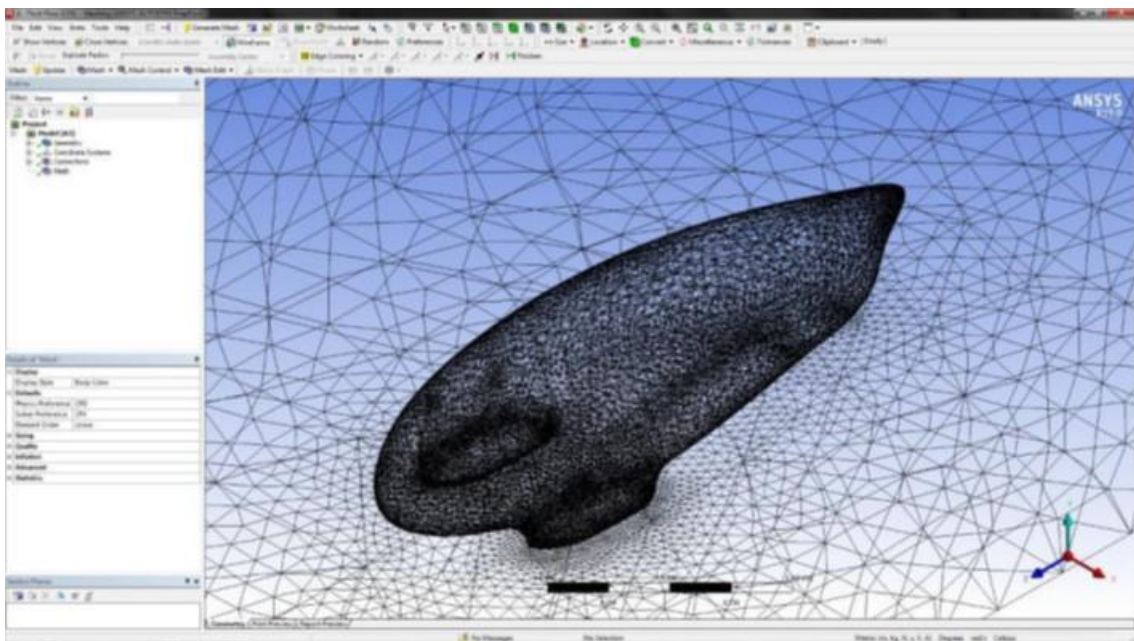


Gambar 5. Kondisi Batas Bodi Mobil Ken Dedes Electric Evo 3

Sumber: Data primer yang diolah, 2020

Bidang atau volume yang dilewati fluida dibagi menjadi elemen-elemen kecil atau mesh. Pembuatan mesh dilakukan dengan parameter default, medium pada menu di software Ansys. Karakteristik pemodelan dalam penelitian ini meliputi beberapa

perubahan pada lekuk atau dimensi dari bodi mobil. Kondisi pada model domain diberikan menggunakan *standart temperature and pressure* (STP) dalam pengaturan default. Nilai dari tekanan disekitar bodi diatur sebesar 1 atm atau 101325 Pa. Jenis fluida yang mengalir dipilih gas ideal dengan sifat densitas sebesar 1.22 Kg/m³ dan viskositas dinamis sebesar 1.7894×10^{-5} Kg/m.s. Data output yang diinginkan dalam simulasi diatur untuk menampilkan data gaya hambat dan gaya angkat. Kontrol konvergensi diatur sebesar 0.001 (pengaturan default). Iterasi dalam perhitungan dengan metode *interval mesh coarse* menghasilkan grafik residual. Jumlah iterasi dihitung untuk mendapatkan jumlah iterasi sampai dengan perhitungan tersebut konvergen.

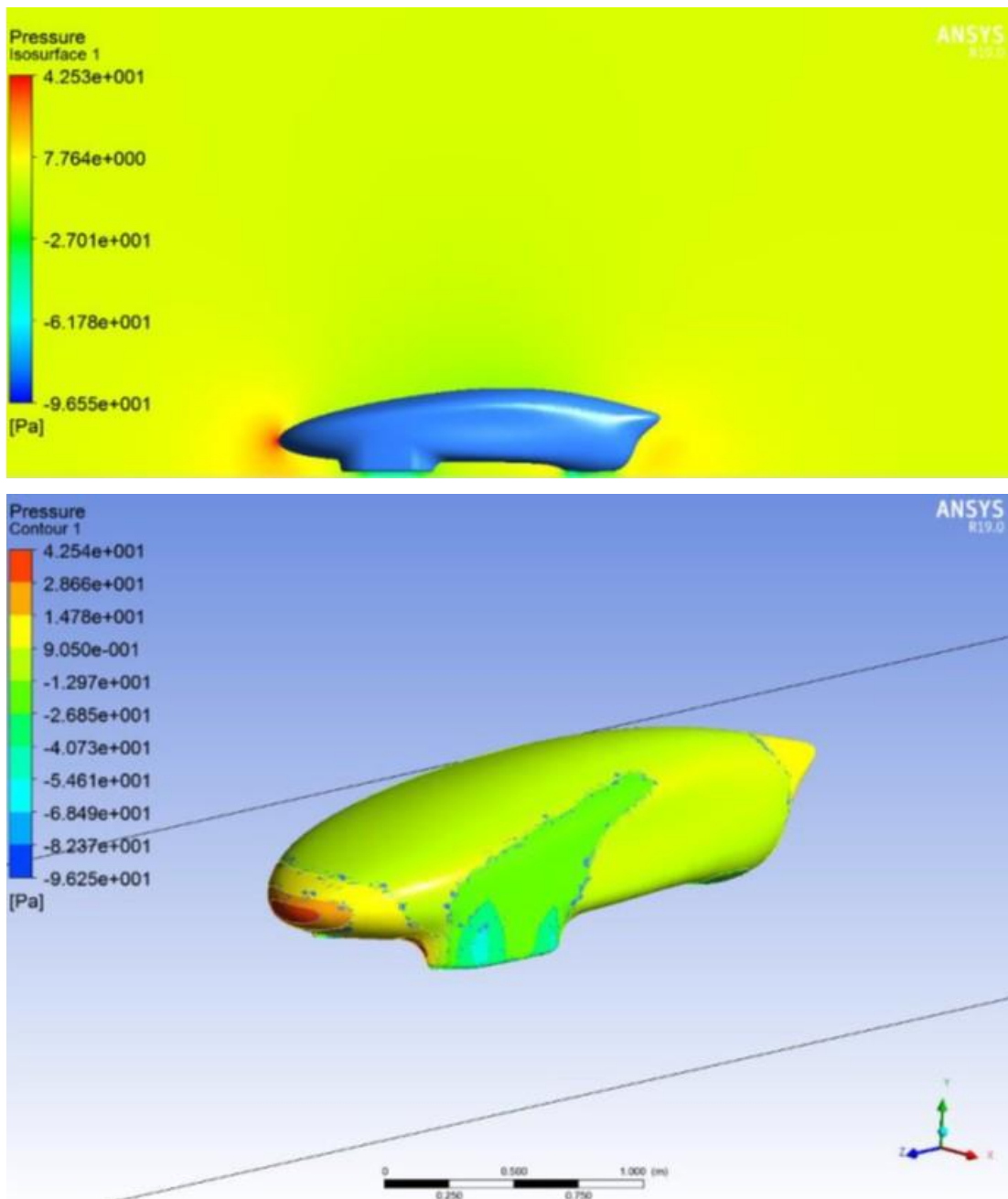


Gambar 6. Meshing Body pada Mobil Ken Dedes Electric Evo 3

Sumber: Data primer yang diolah, 2020

Pada hasil pengujian aerodinamika dengan menggunakan simulasi, didapatkan perubahan koefisien drag dan koefisien lift. Aliran udara yang mengalir menuju bagian depan bodi mobil mengalami tumbukan sehingga kecepatan udara menjadi 0 m/s. Dimana pada kondisi ini, fluida terlihat seolah-olah berhenti (aliran stagnan). Kondisi bubble separation terlihat pada bodi mobil Ken Dedes Electric Evo 3. Dengan masing masing tekanan stagnan dan tekanan akibat bubble separation adalah sebesar 0.42 Pa dan 0.68 Pa. Kondisi wake terjadi dikarenakan adanya aliran yang tidak mampu melawan perubahan tekanan, sehingga aliran tidak dapat mengikuti kontur bodi. Pada

Optimasi Aerodinamika Bodi Mobil Muhammad Fakhruddin, dkk
mobil Ken Dedes Electric Evo 3 tidak terlihat adanya daerah wake dikarenakan tidak adanya vector kecepatan.

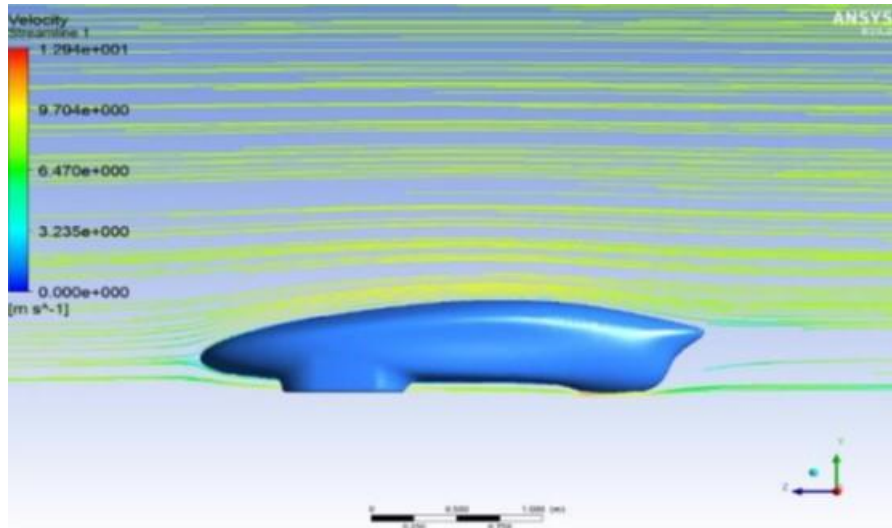


Gambar 7. Aliran Stagnan dan Bubble Separation pada Mobil Ken Dedes Electric Evo 3

Sumber: Data primer yang diolah, 2020

Pada hasil akhirnya, mobil hemat energi Ken Dedes Electric Evo 3 memperoleh perbaikan nilai koefisien drag sebesar 0.03 dan untuk koefisien lift sebesar 0.034. Hal ini didapatkan dari simulasi hanya pada bodi mobil. Pengoptimalan koefisien drag

sayangnya tidak diiringi dengan semakin kecilnya koefisien angkatnya. Sehingga ada kemungkinan pada bodi mobil mengalami kontrol traksi yang tidak lebih baik dari desain bodi mobil sebelumnya (Juraj et al., 2010). Namun dari nilai koefisien drag, mobil hemat energi Ken Dedes Electric Evo 3 jauh lebih aerodinamis dibandingkan dengan Ken Dedes Evo 2.



Gambar 8. Aerodinamika pada Mobil Ken Dedes Electric Evo 3

Sumber: Data primer yang diolah, 2020

SIMPULAN

Koefisien drag pada desain bodi mobil hemat energi Ken Dedes Electric Evo 2 mengalami perbaikan dari yang semula sebesar 0.37 menjadi 0.03, pada bodi mobil Ken Dedes Electric Evo 3. Namun untuk koefisien lift-nya mengalami kenaikan yang semula dari 0.001 menjadi 0.034, hal ini menimbulkan asumsi bahwa bodi mobil Ken Dedes Electric Evo 3 memiliki aerodinamis yang bagus, namun traksi yang kurang baik dikarenakan koefisien lift yang meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] . S., Engineu, R., & . W. (2019). Aerodynamic Drag Reduction of Vehicle Si Pitung G4 UNJ for Shell Eco-Marathon Asia 2015. *KnE Social Sciences*, 3(12), 304. <https://doi.org/10.18502/kss.v3i12.4096>
- [2] Abo-Serie, E., Oran, E., & Utcu, O. (2017). Aerodynamics assessment using CFD for a low drag Shell Eco-Marathon car. *Journal of Thermal Engineering*,

- 3(6), 1527–1536. <https://doi.org/10.18186/journal-of-thermal-engineering.353657>
- [3] Arpino, F., Cortellessa, G., Frattolillo, A., Iannetta, F., & Scungio, M. (2019). Numerical and experimental investigation of the flow over a car prototype for the Shell Eco Marathon. *Journal of Applied Fluid Mechanics*, 12(1), 207–218. <https://doi.org/10.29252/jafm.75.253.28884>
- [4] Damjanović, D., Kozak, D., Živić, M., Ivandić, Ž., & Baškarić, T. (2011). CFD analysis of concept car in order to improve aerodynamics. *International Scientific and Expert Conference TEAM 2010*, 1(2), 63–70.
- [5] Fabian, M., Puškár, M., Boslai, R., Kopas, M., Kender, Š., & Huňady, R. (2018). Design of experimental vehicle specified for competition Shell Eco-marathon 2017 according to principles of car body digitisation based on views in 2D using the intuitive tool Imagine&Shape CATIA V5. *Advances in Engineering Software*, 115(October), 413–428. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2017.10.006>
- [6] Hetawal, S., Gophane, M., Ajay, B. K., & Mukkamala, Y. (2014). Aerodynamic study of formula SAE car. *Procedia Engineering*, 97, 1198–1207. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.398>
- [7] Juraj, J., Engineering, M., & Brod, S. (2010). Car Design As a New Conceptual Solution and Cfd- 2 . Car 3D Model and Renderings 3 . Cfd Analysis of Side Contour of Car. *Mechanical Engineering Faculty in Slavonski Brod, Croatia*, 1, 9.
- [8] Khaled, M., El Hage, H., Harambat, F., & Peerhossaini, H. (2012). Some innovative concepts for car drag reduction: A parametric analysis of aerodynamic forces on a simplified body. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 107–108, 36–47. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2012.03.019>
- [9] Rakibul Hassan, S. M., Islam, T., Ali, M., & Islam, M. Q. (2014). Numerical study on aerodynamic drag reduction of racing cars. *Procedia Engineering*, 90, 308–313. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.11.854>