

ANALISA DESAIN BODI KENDARAAN TIPE URBAN CONCEPT PADA PENGARUH KOEFISIEN DRAG DAN KOEFISIEN LIFT

Sandy Suryady¹, Rafi Zhafran²

Teknik Mesin Universitas Gunadarma

Email : sandy22@staff.gunadarma.ac.id
rafizhafran6@gmail.com

ABSTRAK

Aerodinamika merupakan salah satu faktor yang mampu mempengaruhi konsumsi bahan bakar disamping efisiensi dan kubikasi motor bakar serta gaya berkendara dan lain sebagainya. Aerodinamika tidak hanya mempengaruhi transportasi udara saja, transportasi darat pun juga terpengaruh oleh faktor aerodinamika. Dalam mendesain bodi kendaraan, pengetesan aerodinamika harus dilakukan baik secara langsung menggunakan wind tunnel atau disimulasikan menggunakan software CFD (Computational Fluid Dynamics) agar mendapatkan bentuk bodi yang baik secara aerodinamis.

Pengujian bodi kendaraan tipe urban concept diuji menggunakan software FLUENT dengan variasi kecepatan 20 km/h , 30 km/h, 40 km/h, 50 km/h, 60 km/h dengan parameter-parameter yang sudah dikonfigurasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada kecepatan 20 km/h , coefficient of drag yang dihasilkan pada bodi kendaraan sebesar 0.116 dengan drag force sebesar 0.981 N dan coefficient of drag sebesar 0.106 dengan drag force sebesar 8.098 N pada kecepatan 60 km/h , coefficient of lift yang dihasilkan pada kecepatan 20 km/h sebesar -0.103 dengan lift force sebesar -0.87 N dan coefficient of lift sebesar -0.097 dengan lift force sebesar -7.535 N pada kecepatan 60 km/h. Perbandingan dengan bodi urban concept Tekokak V4 menunjukkan bahwa bodi kendaraan punya nilai coefficient of drag 25.16% lebih baik tetapi memiliki nilai coefficient of lift 72.83% lebih buruk pada kecepatan 20 km/h.

Kata kunci : KMHE, Aerodinamika Kendaraan, Coefficient of Drag, Coefficient of Lift, Computational Fluid Dynamics

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi merupakan sesuatu yang tidak dapat lepas dari kehidupan manusia. Teknologi selalu berkembang dari waktu ke waktu karena manusia yang mempelajari dan menyelesaikan suatu masalah yang berhubungan dengan nya, tak terkecuali transportasi. Transportasi merupakan sebuah wahana yang memungkinkan perpindahan manusia atau barang dari satu tempat ke tempat lain. Pada awalnya alat transportasi bergerak menggunakan tenaga manusia atau hewan, setelah ditemukannya mesin motor

bakar, peran manusia atau hewan sebagai tenaga untuk menggerakkan alat perlahan mulai tergantikan. Namun motor bakar ini memiliki beberapa kekurangan yaitu polusi yang membahayakan lingkungan. Seiring dengan perkembangan teknologi, motor bakar dapat bekerja dengan efisien dan ramah lingkungan serta mampu menggunakan bahan bakar alternatif seperti etanol.

Efisiensi motor bakar dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah aerodinamis. Aerodinamis pada bodi kendaraan merupakan hal utama dalam sebuah perencanaan desain suatu kendaraan. Kendaraan yang mempunyai aerodinamis

yang baik akan mempunyai banyak keunggulan yang dimana kendaraan dengan aerodinamis yang baik akan mempunyai akselerasi yang baik pula. Selain itu juga memiliki kelebihan dalam stabilitas ketika melaju. Dalam hal lain, aerodinamis juga berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar[1]. Menurut penelitian yang dilakukan Patidar, A., Gupta, U., and Bansal, A. pada kendaraan komersial, secara eksperimental terbukti bahwa hampir 40% tenaga mesin tersedia yang berguna digunakan to melawan hambatan drag dan sekitar 45% untuk melawan hambatan roll pada ban kendaraan. Setelah dilakukan penelitian tersebut untuk meningkatkan efisiensi kendaraan tersebut, koefisien drag meningkat 30% dan perkiraan pengurangan konsumsi bahan bakar sebesar 17% pada kecepatan 60 km/h[2].

Dalam perancangan dan analisa *aerodinamika prototype* bodi kendaraan roda empat yang menyerupai mobil tersebut merupakan bodi untuk kendaraan tipe urban concept milik tim Adibrata Universitas Gunadarma yang diberi nama “Tekokak”, desain dari bodi kendaraan tersebut di desain menggunakan software Autodesk Inventor, lalu hasil desain dianalisa menggunakan software CFD (*Computational Fluid Dynamics*) untuk mengetahui karakteristik aliran fluida, *coefficient of drag*, *coefficient of lift* pada bodi tersebut di kecepatan tertentu agar didapat desain yang optimal.

1.2 Perumusan Masalah.

Untuk mendesain bodi kendaraan hingga memenuhi target aerodinamika pada bodi mobil. Dalam Desain menggunakan program perangkat lunak (*software*) *Autodesk Inventor* dan di simulasikan CFD yang digunakan software Ansys.

1.3 Tujuan Penelitian.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai *lift force* (Fl) dan *coefficient of lift* (Cl) desain *prototype* bodi kendaraan urban *concept* pada kecepatan tertentu.

1.4 Batasan Masalah

Untuk memperjelas pokok permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini, maka perlu adanya batasan masalah, yaitu :

1. Perancangan menggunakan *software Autodesk Inventor*
2. *Software* CFD yang digunakan adalah *Ansys*
3. Bodi kendaraan yang di simulasikan dalam kondisi tanpa aksesoris seperti kaca spion
4. Aspek aerodinamika yang diteliti untuk diambil nilainya adalah *coefficient of drag* (Cd) dan *coefficient of lift* (CL)
5. Kecepatan yang digunakan untuk mencari *coefficient of drag* (Cd) dan *coefficient of lift* (CL) adalah 20 km/h hingga 60 km/h

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai referensi untuk dilakukannya penelitian dapat melakukan komparasi nilai *coefficient of drag* (Cd) dan *coefficient of lift* (Cl) pada bodi yang telah didesain dan disimulasikan dengan bodi Tekokak V4.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE)

Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) adalah ajang perlombaan yang diselenggarakan oleh Kementrian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi (Ristekdikti) yang bertujuan mengapresiasi inovasi dan kreasi mahasiswa dari berbagai perguruan tinggi dalam merancang dan

membangun kendaraan hemat energi serta ramah lingkungan.



Gambar 1. Desain Mobil *Urban Concept* Tekokak V4 Tim Adibtata Universitas Gunadarma



Gambar 2. Desain Mobil *Prototype E-Dolphin 1.1* Tim Adibtata Universitas Gunadarma

2.2 Aerodinamika

Aerodinamika berasal dari bahasa Yunani, aer yang berarti udara dan dunamis yang berarti kekuatan. Dengan kata lain aerodinamika adalah cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari pergerakan udara disekitar suatu body (sesuatu benda yang berinteraksi terhadap gaya angin yang bergerak). Suatu body dapat bergerak pada fluida yang stasioner seperti pesawat saat terbang atau body dalam keadaan stasioner pada fluida yang bergerak seperti pengujian

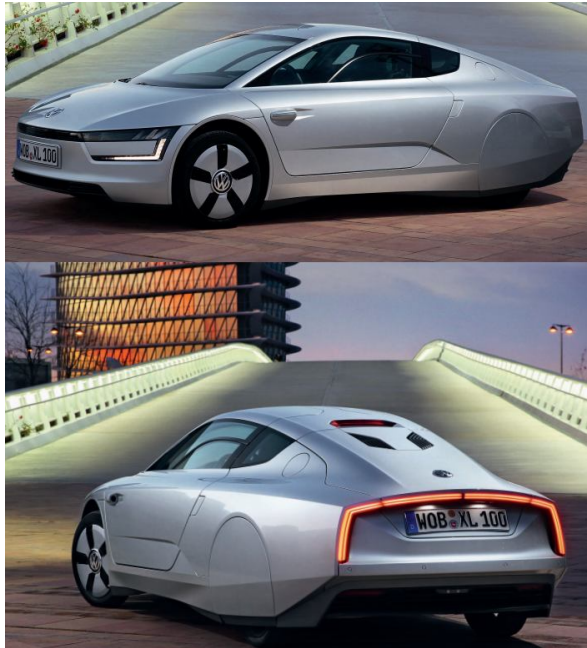
aerodinamika model body pada wind tunnel[3].

2.3 Pengaruh Aerodinamika Terhadap Bentuk Kendaraan

Banyak masalah-masalah dalam bidang aerodinamika khususnya kendaran tidak dapat diselesaikan dengan cara analitis maupun matematis saja, namun perlu juga dilakukan berbagai macam kegiatan eksperimen untuk memecahkan masalah tersebut dan menunjang teori yang sudah ada. Dari hasil ekseprimen tersebut didapat kesimpulan yang nantinya dapat digunakan untuk memecah masalah dalam bidang aerodinamika.

Bentuk bodi sangat mempengaruhi aerodinamika kendaraan. Bentuk bodi juga berperan dalam efisiensi mobil dalam hal penggunaan tenaga. Tenaga yang digunakan untuk menahan drag memiliki bagian penting dalam penggunaan tenaga total yang diperlukan kendaraan. Pada kecepatan 50 km/h, aerodynamic drag berkontribusi sebesar 50% dari total drag dan mencapai 80% pada kecepatan 130 km/h (Brunton & Noack, 2015)[7]. Ini menyebabkan mengapa banyak perusahaan otomobil selalu menyempurnakan bentuk mobil, sehingga bentuk mobil pada saat ini sangat memperhatikan aspek aerodinamis.

Penurunan nilai CD disebabkan oleh peran riset dan pengembangan masing masing merk kendaraan dalam proses optimisasi bentuk kendaraan untuk menurunkan nilai drag nya dan menciptakan bentuk kendaraan yang unik dan optimal serta memenuhi berbagai aspek mulai dari segi fungsional, ekonomis serta estetika. Contoh penerapan optimisasi bentuk mobil terbaik saat ini dipegang oleh Volkswagen dengan mobilnya yaitu Volkswagen XL1 dengan nilai Cd sebesar 0.189.



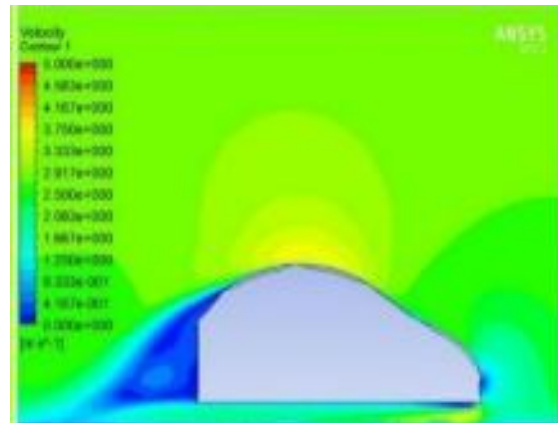
Gambar 3. Volkswagen XL1 (Sumber: Volkswagen)

Alasan dibalik separasi aliran adalah karena lapisan batas yang bergerak cukup jauh melewati gradien tekanan yang diinginkan, dimana kecepatan lapisan batas relatif pada kendaraan turun hingga mendekati nol. Dan aliran mendapat bentuk terpisah dari bentuk kendaraan dan membentuk perputaran udara dan area bertekanan rendah yang disebut wake region[10].

Glaudius .et .al (2021) melakukan pengujian awal aerodinamika pada bodi kendaraan, pada pengujian nya digunakan kecepatan sebesar 10 km/h, didapat nilai koefisien drag (C_d) dan kontur kecepatan sebagai berikut.

Tabel 1. Nilai Koefisien Drag Pengujian Bodi Kendaraan (Base Model)

Desain	C_D Total	C_D Pressure	C_d Skin Friction
Base Model	0,38178	0,34108972	0,040690418

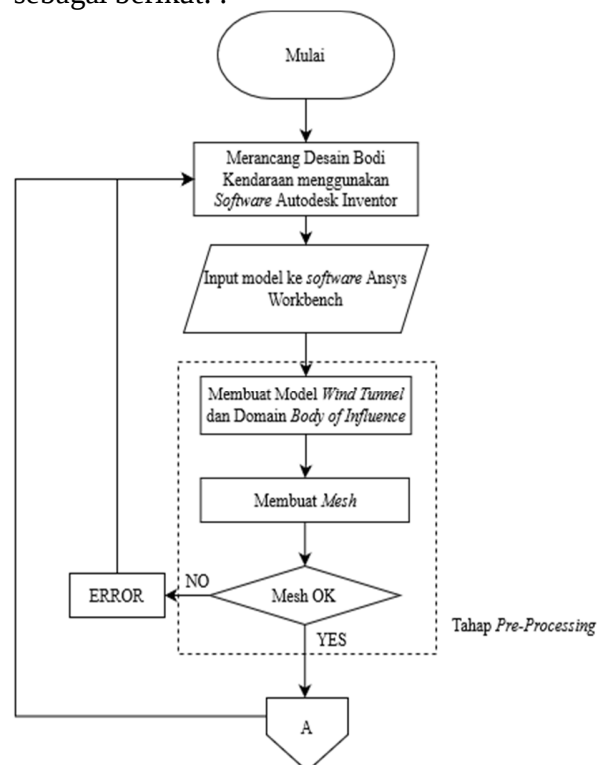


Gambar 4. Kontur Kecepatan Udara pada Bodi Kendaraan (Base Model)

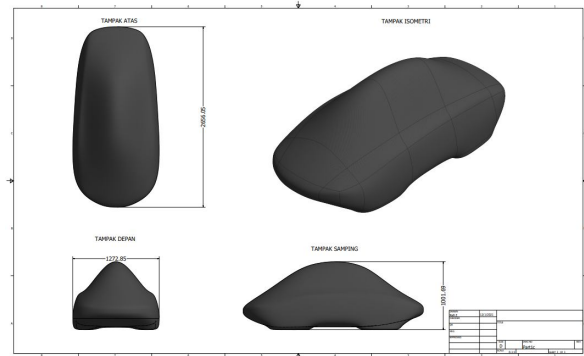
III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian.

Berikut ini merupakan flowchart dari penelitian ini, adapun flowchart nya adalah sebagai berikut. :



Gambar 6 merupakan rancangan bodi kendaraan tipe *urban concept* yang akan diuji.

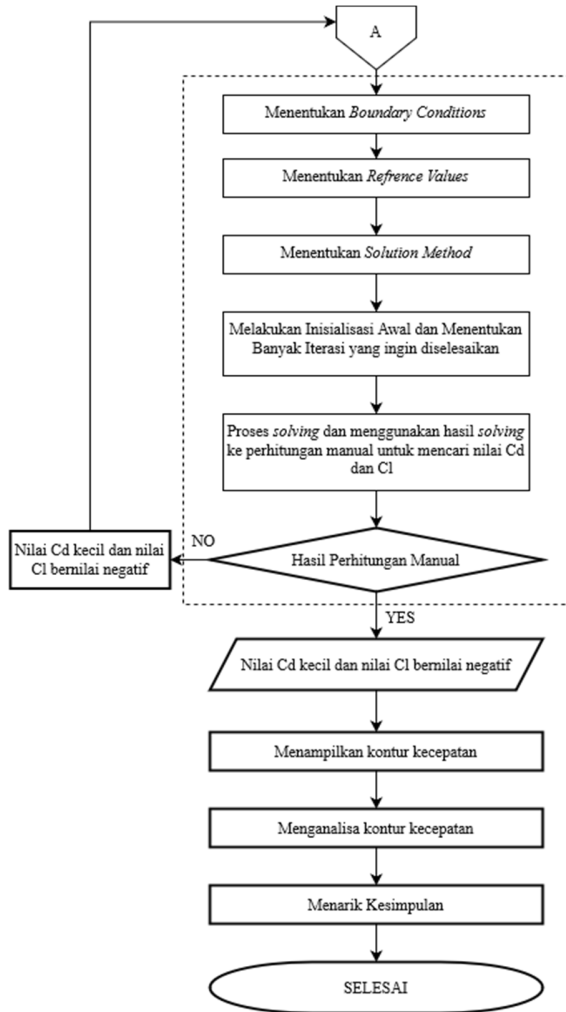


Gambar 6. Rancangan Desain Bodi Kendaraan Tipe *Urban Concept*

Pada rancangan gambar 2D, model *body* diukur untuk memastikan bahwa dimensi dari model *body* kendaraan memenuhi regulasi perlombaan Konsep Mobil Hemat Energi. Didapat panjang kendaraan akhir adalah 2656.05mm (266cm), lebar kendaraan akhir 1272.85mm (127cm) dan tinggi kendaraan akhir 1001.69mm (100cm, dihitung dari bagian terendah pada bodi kendaraan). Dengan demikian bodi kendaraan sudah memenuhi regulasi.

3.3 Tahap Pre-Processing.

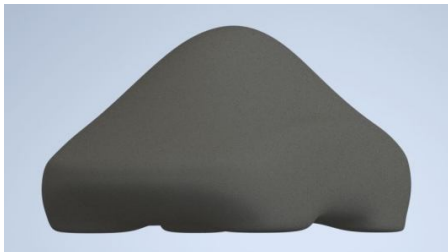
Tahap ini bertujuan untuk membuat fluid domain, fluid domain adalah tempat dimana kita mengujikan geometri yang akan diuji. pada penelitian ini geometri yang diuji adalah setengah bagian bodi kendaraan yang dipotong simetris, fluid domain yang dibuat adalah wind tunnel yang merupakan domain utama dan *body of influence* yang dimana domain ini akan memiliki mesh yang lebih kecil dan rapat dibandingkan domain pada area diluar *body of influence*. Proses pembuatan fluid domain dibuat menggunakan tool *ANSYS SpaceClaim*.



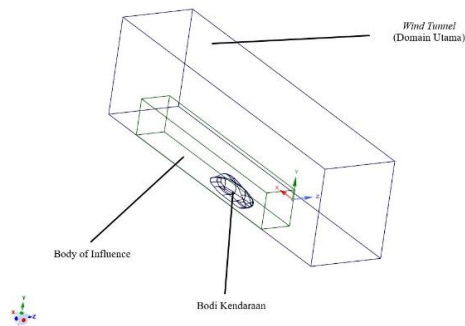
Gambar 4. Flowchart Desain Analisis Bodi Mobil KMHE Tipe *Urban Concept*

3.2 Merancang Desain.

Setelah melewati proses perancangan melalui Software Autodesk Inventor, terbentuklah konsep bodi kendaraan KMHE tipe *urban concept* seperti pada gambar 5 dibawah.



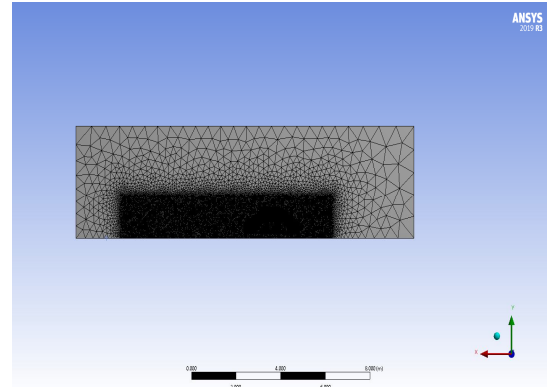
Gambar 5. Desain Bodi Kendaraan Tipe *Urban Concept*

Gambar 7. *Fluid Domain* yang Dibuat

Mesh berfungsi untuk membagi elemen-elemen bagian bodi kendaraan yang kompleks menjadi elemen-elemen kecil yang sederhana. Adapun pengaturan *mesh* yang digunakan menggunakan sebagian parameter yang digunakan oleh jurnal yang ditulis Banga .et .al (2015) dalam pengujian Ahmed Body. Adapun parameternya sebagai berikut:

1. *General*
 - a. *Max. Size*: 1,603 m
 - b. *Advanced Size Function*: *Curvature and Proximity*
 - c. *Smoothing*: *High*
2. *Body Sizing*
 - a. *Type*: *Body of Influence*
 - b. *Element Size*: 0,03 m
3. *Inflation*
 - a. *Method (Inflation Option)*: *First Aspect Ratio*
 - b. *First Aspect Ratio Value*: 5
 - c. *Max. Layer*: 5
 - d. *Growth Rate*: 20% jumlah *max. layer* (1)
4. *Face Sizing*
 - a. *Type*: *Element Size*
 - b. *Mesh Size*: 0,025 m
 - c. *Advanced Size Function*: *Curvature and Proximity*

Dengan menggunakan parameter diatas didapat jumlah elemen sebanyak 6222804 dan node sebanyak 1089570

Gambar 8. *Mesh*

3.4 Tahap *Processing*.

Tahap ini merupakan tahap penghitungan iterasi yang telah dibuat pada tahap *pre-processing* menggunakan *tool* FLUENT, adapun pengaturan awal yang digunakan pada *tool* ini adalah sebagai berikut

	A	B
1	Property	Value
2	General	
3	Component ID	Setup
4	Directory Name	FFF
5	Precision	Double Precision
6	Show Launcher at Startup	☒
7	Display Mesh After Reading	☒
8	Embed Graphics Windows	☒
9	Use Workbench Color Scheme	☒
10	Load ACT Start Page	☐
11	Environment Path	
12	Setup Compilation Environment for UDF	☒
13	Use Job Scheduler	☐
14	Run Parallel Version	☒
15	UDF Compilation Script Path	\$(FLUENT_ROOT)\\$(ARCH)\udf.bat
16	Use Remote Linux Nodes	☐
17	Notes	
18	Notes	
19	Used Licenses	
20	Last Update Used Licenses	
21	Parallel Run Settings	
22	Number of Processors	6
23	Interconnect	default
24	MPI Type	default
25	Use Shared Memory	☒
26	Others	
27	Generate Output Case File	☒

Gambar 9. Pengaturan Awal yang Digunakan pada *Tool* FLUENT

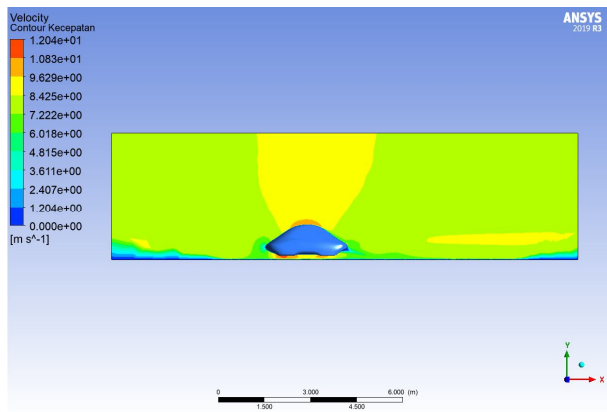
Selanjutnya berlanjut ke tahapan berikutnya pada FLUENT, yaitu tahap *setup*, yaitu menentukan parameter-parameter yang digunakan pada pengujian ini diantaranya

menentukan *boundary conditions*, *boundary conditions* yang digunakan mengacu pada jurnal yang ditulis Banga .et .al (2015) dalam pengujian Ahmed Body yang diantaranya

1. Viscous Model : Realizable k-epsilon ($k-\epsilon$) dengan parameter *near wall treatment* yang berupa *non-equilibrium wall function*
2. Inlet Velocity: 20km/h, 30 km/h, 40 km/h, 50 km/h, 60 km/h
3. Turbulent Intensity (Inlet): 1%
4. Boundary Conditions:
 - a. Top,Far Wall: Stationary Wall, Specified Shear
 - b. Bodi: Stationary Wall, No Slip
 - c. Ground: Moving Wall
 - d. Symetry: Symetry

3.5 Tahap Post-Processing.

Tahap ini menampilkan data yang telah dikalkulasikan dengan parameter-parameter yang telah dimasukkan berupa kontur, vector, *pathlines* dan lain sebagainya tergantung data apa yang ingin ditampilkan



Gambar 10. Kontur Kecepatan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN.

Berikut ini merupakan hasil penelitian dari pengujian nilai koefisien drag dan koefisien *lift* pada bodi kendaraan yang telah dibuat

4.1 Nilai Koefisien Drag dan Koefisien Lift Bodi Kendaraan.

Setelah dilakukan *tahap processing*, didapat data awal berupa *drag force* pada kecepatan 20 km/h hingga 60 km/h yang didapat dari *report file*. Dibawah ini merupakan contoh perhitungan dari perhitungan data koefisien *drag* dan koefisien *lift* Konstanta ρ (massa jenis udara) dan A (*frontal area*) menggunakan parameter yang telah ditentukan pada gambar 3.11 dan parameter “v” (kecepatan) diisi dengan hasil konversi kecepatan dalam “km/h” ke “m/s” (kecepatan (m/s) = kecepatan (km/h) $\cdot$ 0.27777778).

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

$$C_d = \frac{2 \cdot 0.981}{1,225 \cdot 5.5556^2 \cdot 0.447}$$

$$C_d = 0.116089637$$

Pada perhitungan menggunakan rumus didapat nilai C_d sebesar 0.116089637 pada kecepatan 20 km/h

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

$$C_L = \frac{2 \cdot -0.87}{1.225 \cdot 5.5556^2 \cdot 0.447}$$

$$C_L = -0.102954112$$

Pada perhitungan menggunakan rumus didapat nilai C_L sebesar 0.102954112 pada kecepatan 20 km/h, nilai negatif pada nilai gaya angkat (*lift*) menandakan bahwa arah gayanya menekan bodi kendaraan ke bawah.

Tabel 2. Koefisien *Drag* dari Bodi Kendaraan yang Telah Dibuat

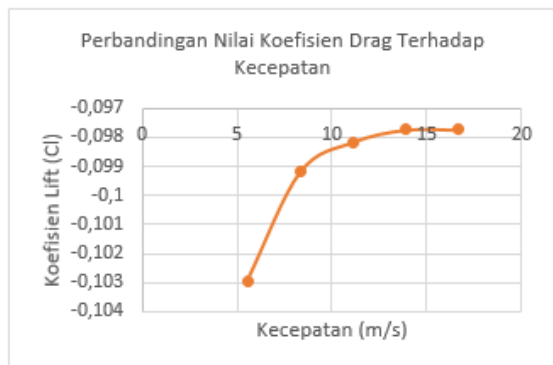
No	Kecepatan (km/h)	Kecepatan (m/s)	Drag Force (N)	Drag Coefficient (C_d)	Peningkatan (%)
1	20	5.5556	0.981	0.1160896	
2	30	8.3334	2.139	0.1125000	3.092082
3	40	11.1112	3.712	0.1098177	2.3842917
4	50	13.889	5.711	0.1081325	1.5344827
5	60	16.6668	8.098	0.1064779	1.5301854



Gambar 11. Grafik Nilai Koefisien Drag terhadap Kecepatan

Tabel 3. Nilai Koefisien *Lift* dari Bodi Kendaraan yang Telah Dibuat

No	Kecepatan (km/h)	Kecepatan (m/s)	Lift Force (N)	Lift Coefficient (C_l)	Peningkatan (%)
1	20	5.5556	-0.87	-0.103	
2	30	8.3334	-1.886	-0.099	0.376052057
3	40	11.1112	-3.318	-0.098	0.103217086
4	50	13.889	-5.162	-0.097	0.042365025
5	60	16.6668	-7.535	-0.097	0



Gambar 12. Grafik Nilai Koefisien Lift terhadap Kecepatan

4.2 Perbandingan Nilai Koefisien Drag dan Koefisien Lift dengan Bodi Tekokak V4.

Berikut ini merupakan perbandingan nilai koefisien *drag* dan nilai koefisien *lift* dari bodi kendaraan yang telah dibuat terhadap nilai koefisien *drag* dan nilai koefisien *lift* dari bodi kendaraan Tekokak V4 buatan Tim Adibrata Universitas Gunadarma pada kecepatan 20 km/h.

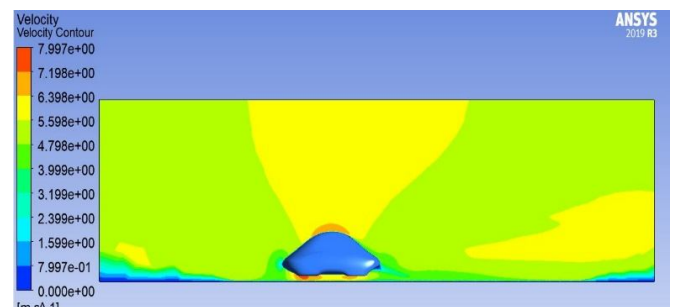
Tabel 4. Perbandingan Nilai Koefisien *Drag* dan Koefisien *Lift* dengan Bodi Tekokak V4

Parameter	Tekokak V4	Bodi Eksperimental	Peningkatan (%)
Koefisien <i>Drag</i>	0.155	0.116	25.16
Koefisien <i>Lift</i>	-0.379	-0.103	-72.83

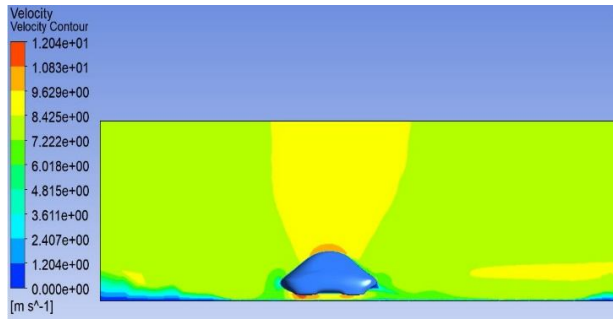
Pada Tabel 4 dapat disimpulkan bahwa dibandingkan dengan bodi Tekokak V4, bodi eksperimental yang telah dibuat memiliki peningkatan nilai C_d sebesar 25.16%, tetapi nilai C_l menunjukkan penurunan yang drastis sebesar 72.83% pada kecepatan 20 km/h.

4.3 Kontur Kecepatan.

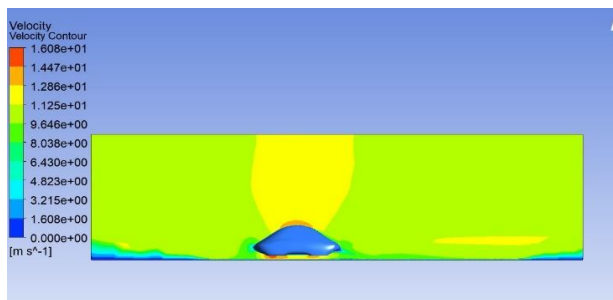
Berikut dibawah ini adalah data kontur kecepatan dari bodi kendaraan *urban concept* yang telah disimulasikan.



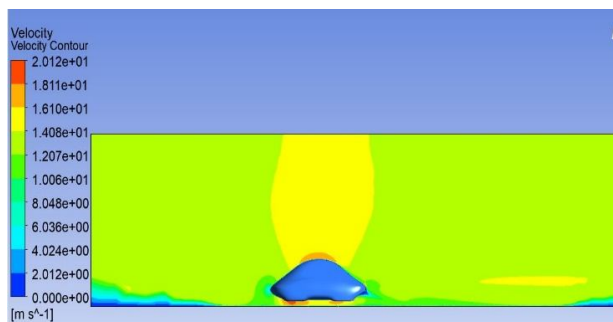
Gambar 13. Kontur Kecepatan pada Kecepatan 20 km/h



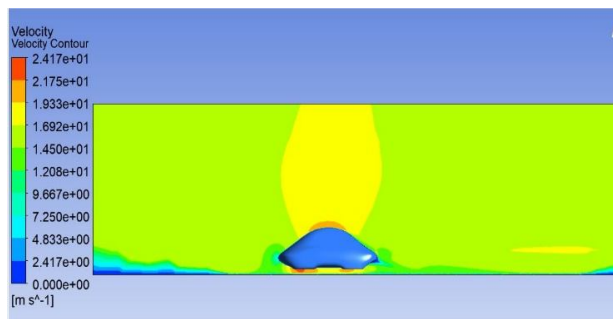
Gambar 14. Kecepatan pada Kecepatan 30 km/h



Gambar 15. Kontur Kecepatan pada Kecepatan 40 km/h

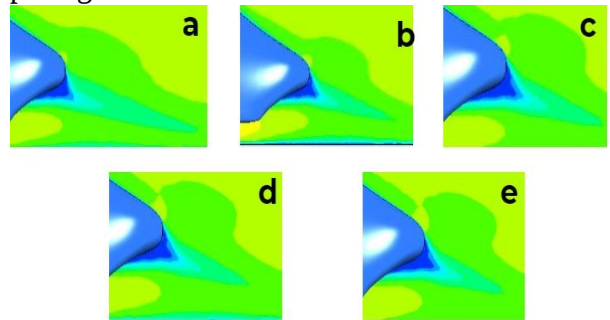


Gambar 16. Kontur Kecepatan pada Kecepatan 50 km/h



Gambar 17. Kontur Kecepatan pada Kecepatan 60 km/h

Pada kelima gambar diatas, terjadi peningkatan kecepatan udara pada bagian bawah kendaraan, udara yang mengalir cepat menciptakan area bertekanan rendah sehingga terjadi gaya dorong kebawah yang disebut *downforce*, lalu didapati area berwarna biru pada bagian depan dan belakang bodi, area berwarna biru pada bagian depan mobil menandakan bahwa terjadi hantaman udara saat mobil bergerak sehingga menciptakan area yang bertekanan tinggi, sedangkan pada bagian belakang terdapat *wake* dimana aliran udara mengalami resirkulasi (berputar disuatu tempat) yang dimana dapat menciptakan gaya hambat, area resirkulasi ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 18. Kontur Wake pada Kecepatan 20km/h (a), 30 km/h (b), 40 km/h (c), 50 km/h (d), 60 km/h (e)

Kontur *wake* diatas merupakan area kontur dimana kecepatan udara mendekati atau sebesar 0 m/s, pada gambar (a) memiliki area resirkulasi yang kecil, namun seiring dengan bertambahnya kecepatan area ini membesar yang menandakan meningkatnya gaya hambat.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian aerodinamika bodi kendaraan tipe *urban concept* yang telah dilakukan, dapat dibuat kesimpulan, yaitu sebagai berikut :

1. Bodi kendaraan didesain menggunakan *software Autodesk Inventor 2020* yang dimensinya mengacu pada regulasi yang tercantum pada pedoman

perlombaan KMHE 2021 untuk kategori *urban concept*. Didapat desain bodi mobi dengan panjang 2,66 m, lebar 1.27 m dan tinggi 1 m.

2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari kecepatan 20 km/h hingga 60 km/h didapat nilai *coefficient of drag* (C_d) yang mengalami penurunan muai dari 0.116 pada kecepatan 20 km/h hingga 0.106 pada kecepatan 60 km/h dan gaya hambat yang meningkat dari 0.981 N pada kecepatan 20 km/h hingga 8.098 N pada kecepatan 60 km/h, dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin cepat kendaraan melaju maka gaya hambat yang dihasilkan akan semakin besar, nilai C_d yang mengecil seiring bertambahnya kecepatan menandakan besar hambatan bodi kendaraan yang berkurang yang menandakan bahwa bodi kendaraan cukup aerodinamis pada kecepatan yang cukup tinggi.
3. Pengujian nilai gaya angkat menunjukkan bahwa dari kecepatan 20 km/h hingga 60 km/h didapat nilai *coefficient of lift* (C_l) yang bernilai negatif, ini menandakan bahwa arah gaya angkat mengarah kebawah seakan-akan mobil terhisap ke tanah yang menandakan bodi kendaraan secara langsung menekan keseluruhan kendaraan agar tetap mencengkram jalanan selama melaju. Pada pengujian ini didapat nilai *coefficient of lift* (C_l) sebesar -0.103 pada kecepatan 20 km/h hingga -0.097 pada kecepatan 60 km/h.
4. Setelah dilakukan pengujian tersebut, dilakukan komparasi antara bodi kendaraan tipe *urban concept* yang telah dibuat dengan bodi kendaraan versi terkini Tim Adibrata Universitas Gunadarmas yaitu Tekokak V4. Setelah dilakukan komparasi, dibandingkan dengan Tekokak V4 pada kecepatan 20 km/h, bodi

kendaraan ini memiliki peningkatan nilai C_d sebesar 25.16% dan penurunan nilai C_l sebesar 72.83%, dapat ditarik kesimpulan bahwa bodi kendaraan yang telah diuji memiliki tahanan (*resistance*) yang lebih kecil tetapi kemampuannya untuk menciptakan gaya hisap kebawah jauh lebih buruk dibandingkan Tekokak V4.

DAFTAR PUSTAKA

1. Defi Ramdani Wira Buana, Priyo Agus Setiawan dan Tri Andi Setiawan. "Desain dan Analisa Aerodinamis Bodi Mobil Minimalis Roda Tiga Terhadap Tingkat Kestabilan Kendaraan Ditinjau dari Kondisi Skid dan Rolling". Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya (60111)
2. Patidar, A., Gupta, U., and Bansal, A., "Fuel Efficiency Improvement of Commercial Vehicle by Investigating Drag Resistance," SAE Technical Paper 2015-01-2893, 2015,
3. Ion, Paraschivoiu, 2003. "Subsonic Aerodynamics". École Polytechnique de Montréal. Canada
4. Bruce R. Munson .et .al, 2002, "Fundamentals of Fluid Mechanics", Jon Wiley and Sons Inc.
5. Soejono Tjitro., Agus Aria Wibawa. "Perbaikan Karakteristik Aerodinamika pada Kendaraan Niaga". Jurnal Teknik Mesin Vol. 1, No. 2, Oktober 1999 : 108 – 115. Universitas Kristen Petra
6. Hucho, W. H., Sovran, G. (1993) "Aerodynamics of road vehicles", Annual Review of Fluid Mechanics, Vol. 25(1), pp485-537.
7. Brunton, S. L. & Noack, B. R. 2015 "Closed-loop Turbulence Control:

- Progress and Challenges”. Appl. Mech. Rev. 67 (5), 050801:
8. F. M. White, Fluid mechanics, Eighth edition. New York, NY: McGraw-Hill Education, 2016.
 9. Yuan Zhiqun, Wang Yiping. 2017 “Effect of underbody structure on aerodynamic drag and optimization”. Journal of Measurements in Engineering, Vol. 5, Issue 3, 2017, p. 194-204.
 10. Shivam , Sidharth Singh , Abhishek Guleria. 2015 “Aerodynamic Drag Reduction of a Notchback Car Geometry by Delaying Flow Separation using Vortex Generators”. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) Vol. 4 Issue 08. Page 521-524
 11. Glaudius Alexander Vajra, Sheila Tobing, Isdaryanto Iskandar. 2021. “Analisis Aerodinamika Bodi Mobil Hemat Energi Kelas Urban Menggunakan Computational Fluid Dynamics”. Jurnal Rekayasa Mesin. Vol.16, No. 2, Agustus 2021, hal. 210-217
 12. [Azzamudin, Rasyid. 2017 “Analisis Distribusi Aliran Udara Pada Ruangan Dengan Variabel Temperatur dan Penempatan AC Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics (CFD)”.Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Surakarta