

Optimasi Desain Aerodinamis Pada Mobil Hemat Energi Dengan Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics (CFD)

Oleh:

Muhammad Ramdhan Adi Pratama 221020200064

Dosen pembimbing : Dr. Eng. Rachmat Firdaus, S.T., M.T.

Progam Studi Teknik Mesin

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Januari 2026

Pendahuluan

Dalam konteks lomba KMHE, desain kendaraan prototype yang digunakan harus memenuhi berbagai kriteria, mulai dari efisiensi energi, keamanan, hingga estetika desain. Namun, seringkali aspek aerodinamika masih menjadi tantangan utama, terutama dalam menyeimbangkan antara bentuk bodi yang efisien dan tetap memenuhi batasan regulasi lomba. Oleh karena itu, penelitian yang mengkaji dan membandingkan dua model desain bodi *prototype* dengan pendekatan simulasi CFD menjadi sangat penting. Dengan membandingkan parameter-parameter aerodinamis utama dari dua desain berbeda, dapat diketahui bentuk bodi mana yang paling optimal dalam menekan gaya hambat dan gaya angkat, sehingga mampu memberikan kontribusi nyata terhadap efisiensi energi kendaraan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan optimasi desain aerodinamika pada mobil hemat energi dengan membandingkan dua model *body prototype* menggunakan simulasi CFD. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan kendaraan hemat energi yang lebih efisien, kompetitif, dan ramah lingkungan, sekaligus memperkaya khazanah keilmuan di bidang teknik mesin, khususnya dalam penerapan teknologi simulasi numerik untuk desain otomotif masa depan.

Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh variasi perbedaan desain *body* terhadap karakteristik aerodinamika pada mobil hemat energi?
2. Bagaimana perbandingan nilai *velocity*, *pressure*, *Cd*, *Cl*, *drag force*, dan *lift force* pada dua model *body* yang diuji menggunakan metode CFD?
3. Desain *body* manakah yang paling aerodinamis dan efisien untuk mobil hemat energi?

Batasan Masalah

1. Penelitian ini hanya menganalisis aspek aerodinamika bodi kendaraan, tanpa mempertimbangkan sistem penggerak, sistem transmisi, maupun performa mesin kendaraan.
2. Metode yang digunakan dalam penelitian ini terbatas pada simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD)
3. Simulasi dilakukan pada kondisi *steady, incompressible flow* dengan kecepatan 30 km/jam, suhu 27°C, tekanan 1 atm, serta tanpa gangguan lingkungan eksternal.
4. Objek penelitian dibatasi pada dua model desain bodi prototipe, yaitu model *body 1* dan model bodi 2, tanpa melakukan variasi desain tambahan.
5. Parameter yang digunakan pada pengujian ini adalah *velocity, pressure, Cd, Cl, drag force, dan lift force*.
6. Hasil simulasi dianalisis secara komparatif, sehingga kesimpulan penelitian dibatasi pada perbandingan performa aerodinamika antar kedua model *body* yang diuji.

Tujuan Penelitian

“Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan desain aerodinamis dari *body* mobil hemat energi kategori *prototype* dengan membandingkan dua model desain *body prototype* mobil hemat energi.”

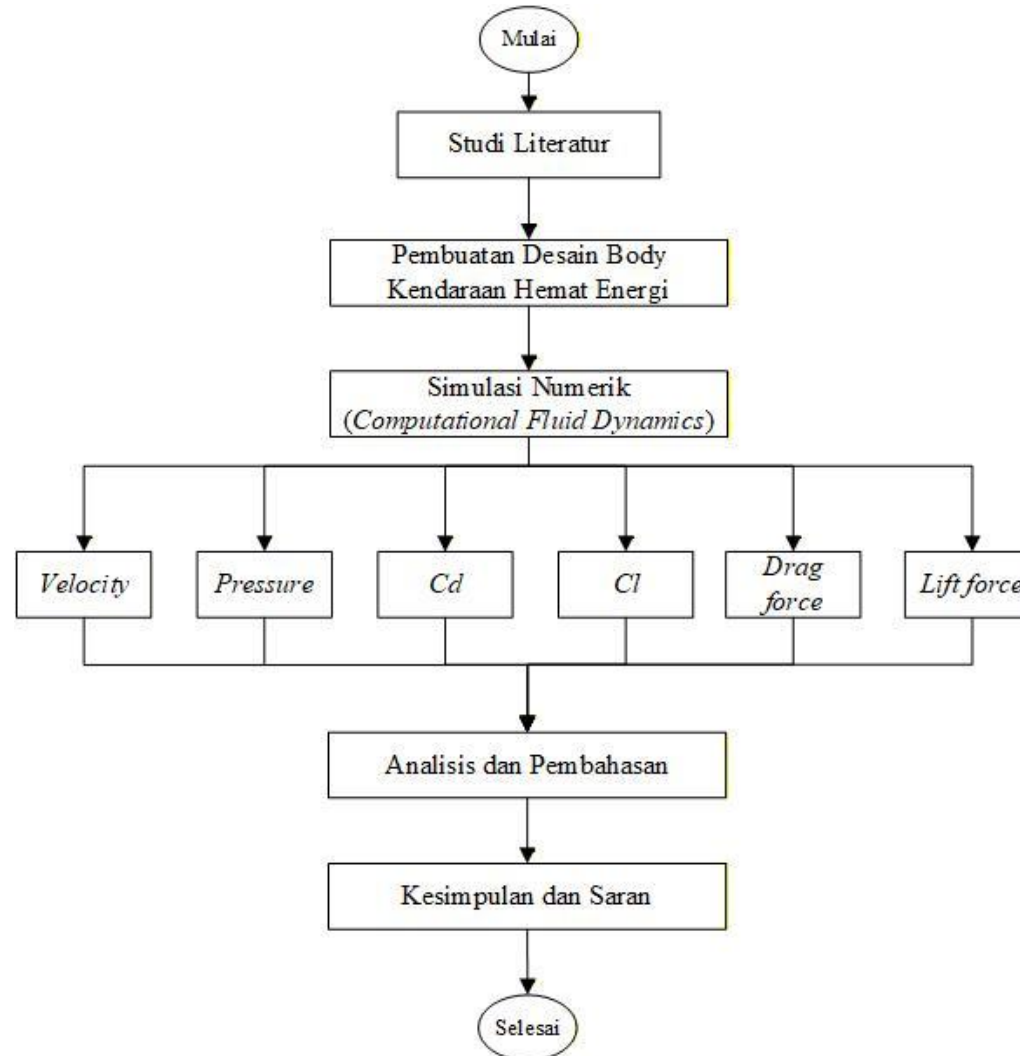
Dasar Teori

Berdasarkan teori aerodinamika, bentuk bodi kendaraan yang lebih *streamline* akan menghasilkan aliran udara yang lebih lancar, tekanan permukaan yang lebih rendah, serta nilai koefisien dan gaya *drag* serta *lift* yang lebih kecil. Prinsip tersebut dianalisis dalam penelitian ini melalui simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dengan membandingkan dua model *body* mobil hemat energi.

Metode Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan menggunakan pengujian aerodinamis melalui *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Simulasi ini akan menggunakan *software ansys fluent 2019 R3* di gunakan untuk mengumpulkan data tentang simulasi aerodinamis dengan parameter *velocity, pressure, Cd, Cl, drag force, dan lift force*. Selanjutnya, analisis data akan dilakukan untuk mengidentifikasi perbandingan antar variabel-variabel yang diteliti.

Diagram alir penelitian



Desain *body* mobil hemat energi

Dalam penelitian kali ini dibuat dua model desain *body* yang nantinya akan disimulasikan dan dianalisa kemudian berdasarkan hasil analisa akan dibandingkan untuk mendapatkan hasil desain *body* yang lebih optimal.



Desain 3D *body* model 1

Pada desain *body* model 1 yang telah disesuaikan dengan panduan kmhe dijelaskan seperti berikut ini :

- Panjang = 3107 mm
- Lebar = 819 mm
- Tinggi = 551 mm



Desain 3D *body* model 2

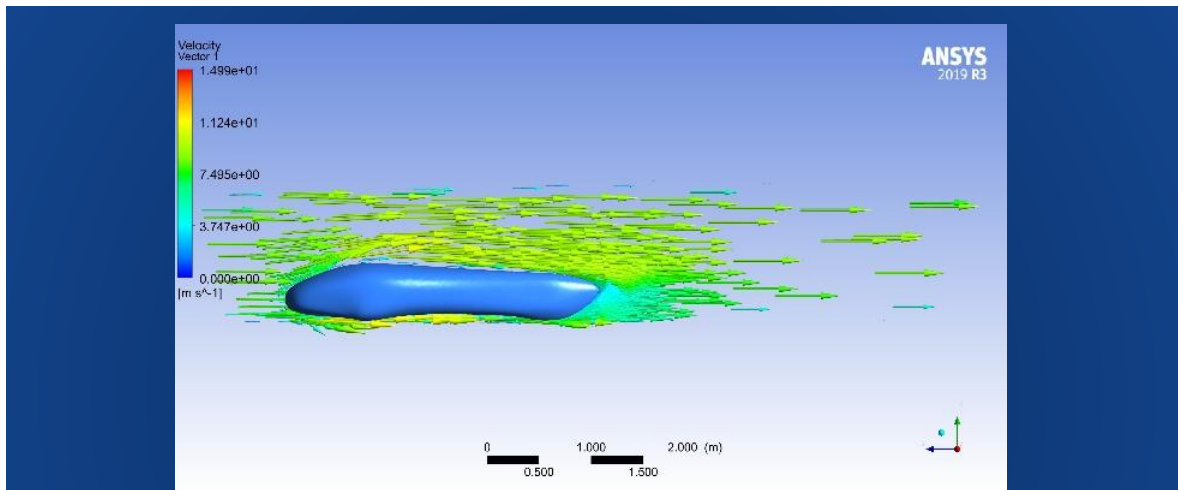
Pada desain *body* model 1 yang telah disesuaikan dengan panduan kmhe dijelaskan seperti berikut ini :

- Panjang = 2696 mm
- Lebar = 979 mm
- Tinggi = 580 mm

Pengujian aerodinamis

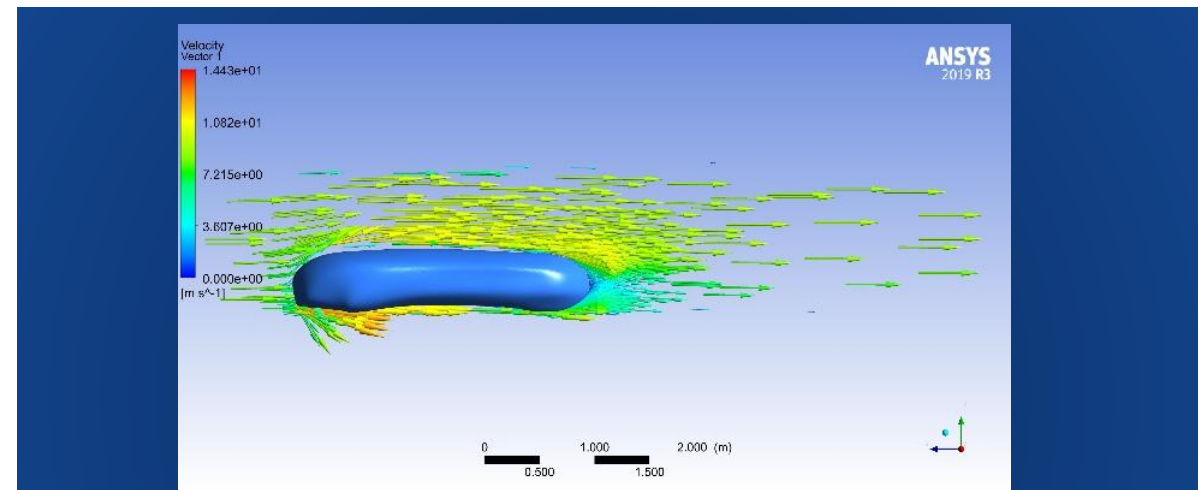
1. Velocity

Velocity merupakan kecepatan udara yang biasanya digunakan dalam pengujian *fluent* aerodinamis untuk mengetahui seberapa besar kecepatan udara yang mampu menghambat suatu body.



Gambar *velocity vector* desain *body* model 1

dari gambar diatas menunjukkan bahwa kecepatan maksimal udara sebesar 14.99 m/s yang ditunjukkan oleh panah menunjukan arah dari kecepatan udara.



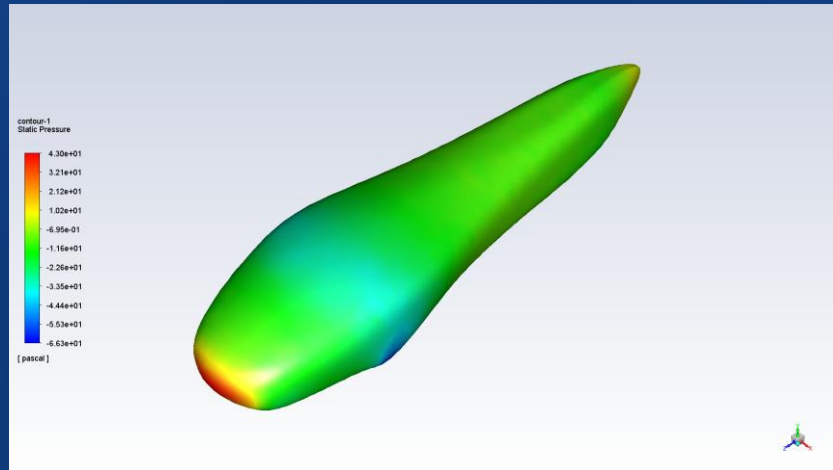
Gambar *velocity vector* desain *body* model 2

Pada pengujian desain *body* model 2 yang ditunjukkan oleh gambar diatas menunjukkan kecepatan udara maksimal adalah 14,42 m/s.

Pengujian aerodinamis

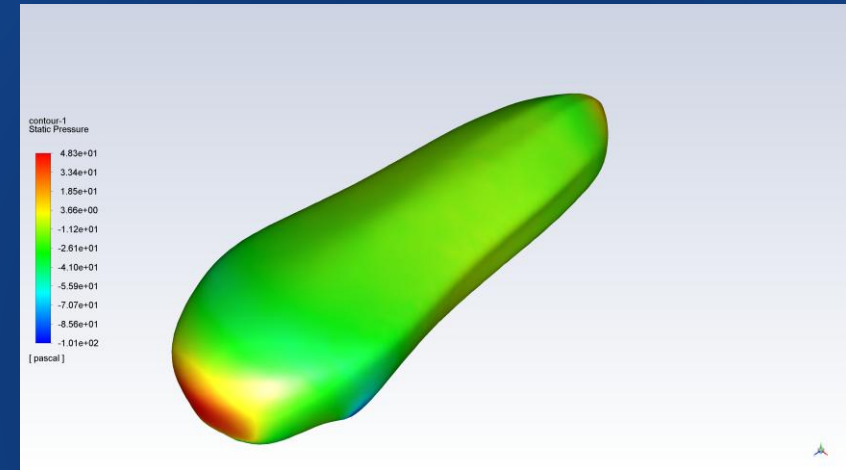
2. Pressure

Pressure adalah tekanan yang diterima oleh *body*, semakin kecil *pressure* yang didapat semakin kecil gaya yang dikeluarkan.



Gambar pressure statis desain *body* model 1

Apabila suatu udara mengalir pada *body* akan terjadi tekanan yang dihasilkan atau tekanan yang dapat dilewati oleh *body*. pada gambar diatas pressure maksimal yang dapat dilewati oleh *body* model 1 adalah 43,02 Pa



Gambar *pressure statis* desain *body* model 2

pada gambar diatas hasil pengujian *pressure* maksimal yang dapat dilewati oleh *body* model 2 adalah 48,30 Pa

Pengujian aerodinamis

3. Koefisien Drag dan Koefisien Lift

Drag force merupakan suatu gaya penghambat dari pergerakan sebuah benda padat yang bergerak pada fluida baik cair ataupun gas (udara) yang mempunyai arah sejajar tapi berlawanan arah dengan sumbu kecepatan benda tersebut. Sedangkan koefisien *drag* adalah bilangan besar dan kecilnya suatu tahanan *fluida* terhadap suatu benda. *Lift force* adalah gaya angkat yang dapat mengangkat benda keatas, ini bisa terjadi akibat tekanan bawah lebih besar dari tekanan atas benda. Koefisien *lift* merupakan parameter yang menunjukkan besar kecilnya gaya *lift* yang berkerja pada suatu benda.

Outline of All Parameters				
	A	B	C	D
1	ID	Parameter Name	Value	Unit
2	Input Parameters			
*	New input parameter	New name	New expression	
4	Output Parameters			
5	Fluid Flow (Fluent) (A1)			
6	P1	drag-force-op	-1,9394	N
7	P2	koefisien-drag-op	-0,013662	
8	P3	koefisien-lift-op	-0,03029	
9	P4	lift-force-op	-4,2997	N
*	New output parameter		New expression	
11	Charts			

Gambar outline all of parameter body model 1

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa desain *body* model 1 didapatkan hasil koefisien *drag* sebesar : 0,013, *drag force* sebesar : 1,939 N, koefisien *lift* sebesar : 0,030, dan *lift force* sebesar : 4,299 N.

Outline of All Parameters				
	A	B	C	D
1	ID	Parameter Name	Value	Unit
2	Input Parameters			
*	New input parameter	New name	New expression	
4	Output Parameters			
5	Fluid Flow (Fluent) (A1)			
6	P1	koefisien-drag-op	-0,018871	
7	P2	drag-force-op	-2,9114	N
8	P3	koefisien-lift-op	-0,046536	
9	P4	lift-force-op	-7,1795	N
*	New output parameter		New expression	
11	Charts			

Gambar *outline all of parameter body* model 2

Desain *body* model 2 didapatkan hasil koefisien *drag* sebesar : 0,018, *drag force* sebesar : 2,911 N, koefisien *lift* sebesar : 0,046, dan *lift force* sebesar : 7,179 N seperti pada gambar diatas.

Hasil simulasi ansys fluent

Bodi	Hasil Simulasi Ansys Fluent					
	<i>Velocity</i>	<i>Pressure</i>	<i>Koefisien Drag</i>	<i>Koefisien Lift</i>	<i>Drag Force</i>	<i>Lift Force</i>
Model 1	14,99 m/s	43,02 Pa	0,013	0,03	1,939 N	4,299 N
Model 2	14,42 m/s	48,30 Pa	0,018	0,046	2,911 N	7,179 N

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwa dari segi desain body model 1 ialah yang terbaik dimana mempunyai *Velocity* tinggi di sekitar body dan *pressure* rendah di permukaan body menandakan aliran yang lebih *streamline* dan efisien serta koefisien *drag*, koefisien *lift*, *drag force* dan *lift force* terkecil.

Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian aerodinamis menggunakan metode *computational fluid dynamics* (CFD) menggunakan *ansys fluent* body model 1 mendapat hasil lebih baik secara aerodinamis dengan poin-poin sebagai berikut :

1. *Velocity* : Distribusi kecepatan aliran udara di sekitar *body* menunjukkan bahwa model 1 memiliki nilai *velocity* maksimum lebih tinggi (14,99 m/s).
2. *Pressure* : Hasil simulasi tekanan statis menunjukkan bahwa model 1 menghasilkan tekanan maksimum yang lebih rendah (43,02 Pa).
3. Koefisien *Drag* (*Cd*) : Nilai koefisien *drag* pada model 1 lebih kecil ($Cd = 0,013$).
4. Koefisien *Lift* (*Cl*) : Koefisien *lift* pada model 1 juga lebih rendah ($Cl = 0,03$).
5. *Drag Force* : Gaya hambat udara yang dihasilkan oleh model 1 sebesar 1,939 N.
6. *Lift force* : Gaya angkat pada model 1 tercatat sebesar 4,299 N.

Secara keseluruhan, desain bodi model 1 menunjukkan performa aerodinamis yang lebih optimal dibandingkan model 2, ditinjau dari nilai *velocity* yang lebih tinggi, *pressure* yang lebih rendah, serta koefisien dan gaya *drag* serta *lift* yang lebih kecil. Dengan demikian, model 1 dinilai lebih efisien dalam mengurangi hambatan udara dan meningkatkan stabilitas, sehingga lebih sesuai untuk diterapkan pada kendaraan mobil hemat energi.

Sebagai pengembangan ke depan, penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan memvariasikan kecepatan aliran, kondisi lintasan, serta penambahan komponen kendaraan lainnya seperti roda dan *underbody* untuk memperoleh hasil yang lebih mendekati kondisi operasional sebenarnya.

