

PERANCANGAN BODI MOBIL HEMAT ENERGI TIPE URBAN BONO KAMPAR

Yudi Saputra¹, Nazaruddin², Syafri³

Laboratorium Produksi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau

Kampus Bina Widya km.12,5 Simpang Baru, Pekanbaru 28293

¹yudi_saputra@hotmail.com, ²nazaruddin.unri@yahoo.com, ³prie_00m022@yahoo.com

Abstract

When designing a car, it is very important to pay attention to the construction and design of the vehicle. This is useful for getting the security and comfort of users in driving a car. In this study, car body design must have the smallest drag coefficient possible. If the vehicle has a large drag coefficient value, it has a large influence on the efficiency or performance of the vehicle, especially in cars with a large Cd value that will greatly affect vehicle speed. This is useful for minimizing the fuel used, and allows the vehicle to reduce the friction forces caused by air while driving. To get drag coefficients, Computational Fluid Dynamic (CFD) software is used. The software used is Solidworks Flow Simulation. From the results of aerodynamic simulations on four alternative car bodies carried out in this study, the smallest Cd (Coefficient Drag) is the second car body model, which has a Drag Coefficient (Cd) = 0.21

Keywords: Car, Aerodynamics, Vehicle Dynamics, Drag Coefficient

1. Pendahuluan

Dewasa ini kebutuhan akan energi sangat meningkat dan kebutuhan energi ini menjadi faktor utama untuk berjalannya ekonomi di suatu Negara, dan dengan semakin terbatasnya ketersediaan bahan bakar fosil, berbagai negara di belahan dunia sedang gencar-gencarnya melakukan penelitian tentang energi alternatif terbarukan. Hal ini dimaksudkan agar ketergantungan terhadap energi fosil jadi berkurang. Disamping energi alternatif, salah satu upaya yang dapat dilakukan dalam rangka menjaga ketersediaan energi fosil ini adalah melakukan penghematan serta menggunakan bahan bakar secara tepat dan efisien.

Ada alternatif lain yang dapat dilakukan dalam rangka mengurangi konsumsi kendaraan bermotor yaitu membuat kendaraan hemat energi, dimana pada kendaraan tersebut penggunaan bahan bakar dibuat seefisien mungkin untuk jarak tempuh yang sejauh mungkin.

Dalam rangka mewujudkan kendaraan hemat energi, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Riau melakukan sebuah penelitian tentang rancang bangun mobil hemat energi dengan tipe urban konsep. Mobil yang akan dirancang ini memiliki bentuk fisik seperti mobil yang dipakai pada umum dalam kehidupan sehari-hari dengan bahan bakar bensin. Pada tahap awal ini mobil yang telah diproduksi belum sempurna sepenuhnya, masih ada beberapa item yang harus dilengkapi seperti kelistrikan mobil serta beberapa pengujian yang harus dilakukan seperti pengujian konstruksi, uji torsi, uji konsumsi bahan bakar dan uji pengeraman.

Dari hasil pengujian ini diharapkan mobil hemat energi mampu menempuh jarak sejauh mungkin dengan hanya mengkonsumsi satu liter

bahan bakar. Selanjutnya mobil ini akan didaftarkan untuk mengikuti kontes mobil hemat energi tingkat Indonesia 2017 (KMHE) dan tingkat Asia (*Shell Eco Marathon*).

Dan faktor-faktor diatas ada salah satu faktor yang dapat mengurangi konsumsi pemakaian bahan bakar untuk lebih efisien yaitu faktor aerodinamis, aerodinamis menjadi faktor vital yang dapat menunjang efisiensi sebuah kendaraan, terutama kendaraan roda empat / mobil, karena jika sebuah kendaraan mempunyai nilai aerodinamis yang sangat kecil, faktor gesekan dan hambatan udara yang dilalui dapat diminimalisir, dan ini akan meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar.

2. Metode

Metode yang akan dilakukan pada penelitian ini yaitu mempersiapkan alternatif design, karena pada penelitian ini lebih mengutamakan pada kendaraan yang sering di gunakan diperkotaan atau kendaraan berkonsep urban maka di persiapkan 4 alternatif design mobil yang sering di gunakan pada daerah perkotaan .

Tahapan-tahapan pengerjaan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut [1]:

- 1) Studi literatur.
Tahapan ini merupakan tahapan mempelajari dan pendalaman konsep-konsep yang berkaitan dengan materi penelitian yang berasal dari beberapa sumber baik internet, buku, jurnal, dll.
- 2) Pencarian referensi dan teori yang mendukung proses penelitian pada tahapan ini yaitu proses dalam mencari referensi dan materi yang berkaitan tentang perancangan mobil dan teori-teori aerodinamis pada

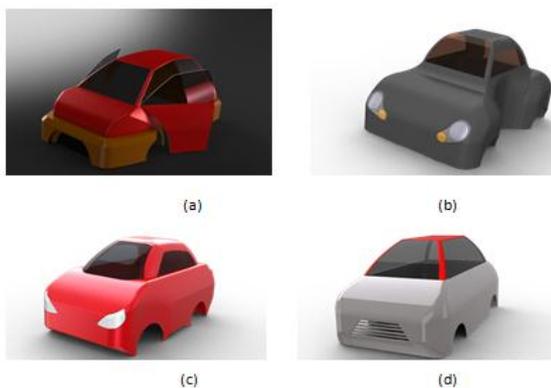
kendaraan sehingga mempermudah dalam tahapan perancangan alternatif desain.

- 3) Pencocokan referensi dengan model dari beberapa alternatif desain bodi kendaraan yang akan dibuat.

Tahapan ini merupakan tahapan pemilihan teori dan pemilihan dari parameter-parameter yang akan digunakan dalam penelitian agar mendapatkan nilai aerodinamis yang efisien.

- 4) Tahapan perancangan beberapa alternatif model bodi mobil hemat energi.

Tahapan ini merupakan tahapan perancangan permodelan dari beberapa alternatif bodi mobil yang nantinya akan di pilih dan dilakukan simulasi guna mencari alternatif yang terbaik dari beberapa model. Beberapa alternatif model dapat terlihat pada gambar 1.



Gambar 1 Desain dari beberapa alternatif bodi mobil hemat energi.

- 5) Setelah beberapa alternatif desain didapat selanjutnya dilakukan proses simulasi.

Tahapan ini merupakan tahapan setelah didapat beberapa permodelan secara umum didapat, analisa simulasi dilakukan untuk mengetahui model mana yang mempunyai nilai Koefisien Drag terkecil, Koefisien Drag yang kecil akan meningkatkan efisiensi kendaraan baik dalam penghematan bahan bakar ataupun efisiensi laju kendaraan karena nilai Koefisien Drag yang kecil dapat mengurangi gesekan udara yang dapat menghambat laju kendaraan[2].

- 6) Perhitungan manual untuk mendapatkan nilai C_d .

Pada tahapan ini dilakukan perhitungan teoritis untuk mendapatkan nilai C_d secara manual dari beberapa model tersebut yang kemudian dapat di bandingkan antara hasil simulasi dengan hasil perhitungan teoritis.

- 7) Pemilihan bentuk desain alternatif terbaik.

Tahapan ini merupakan tahapan final dalam proses perancangan yaitu menentukan desain mana yang akan digunakan hal ini ditentukan dengan hasil dari simulasi dan hasil perhitungan teoritis. Model alternatif desain

yang telah dipilih dari simulasi dan perhitungan teoritis haruslah yang mempunyai koefisien drag terkecil. sesuai dengan perancangan final yang telah di perhitungkan secara teoritis dan simulasi desain yang dipilih dapat terlihat pada gambar 2.



Gambar 2 Desain yang yang terpilih

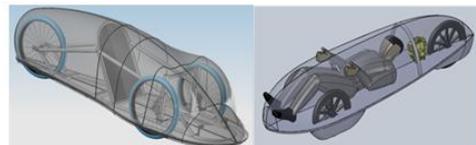
2.1 Mobil Hemat Energi

Mobil hemat energi merupakan kendaraan yang dirancang seirit mungkin dalam penggunaan energinya. Dalam upaya untuk penghematan bahan bakar fosil perusahaan asal belanda yang bergerak dibidang energi membuat suatu Perlombaan yang bernama Shell *Eco-Marathon*. Perlombaan ini bermula pada tahun 1939 disebuah laboratorium riset di amerika dimana pada saat itu diadakan perlombaan persahabatan antara ilmuwan. Perlombaan ini pun menjadi ajang tahunan di eropa yang dimulai pada tahun 1985 di Perancis yang diikuti oleh ratusan Insinyur dan Ilmuwan dari berbagai negara di Eropa. Pada perlombaan tersebut peserta diharuskan membuat kendaraan yang dibagi menjadi dua kelas yaitu *Prototype* dan *Urban Concept*.

2.2 Mobil Hemat Energi Secara Umum

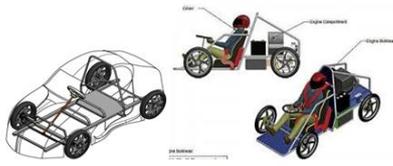
Adapun untuk kedua jenis mobil hemat energi yang di perlombakan dapat di lihat pada gambar 3 dan 4 berikut:

- Tipe Prototype



Gambar 3 Tipe *Prototype*

- Tipe urban



Gambar 4 Tipe Urban

Perbedaan yang paling mencolok pada kedua tipe ini adalah terletak pada rodanya, pada tipe *prototype* hanya menggunakan 3 (tiga) buah roda saja, sedangkan pada tipe *urban concept* memiliki 4 (empat) buah roda. Dan biasanya pada tipe *prototype* menggunakan roda yang lebih tipis dibandingkan tipe *urban concept*.

2.3 Kelebihan Dan Kekurangan Pada Kedua Tipe

Tipe *prototype* mempunyai kelebihan Dimensi keseluruhan lebih kecil. Bisa menempuh jarak lebih jauh dengan 1 liter bensin dan dengan mesin yang sama. Perancangan dan pembuatan lebih mudah dan mempunyai kekurangan Dengan dimensi yang kecil, batas keluluasaan kemudi untuk bergerak terbatas. Berat badan untuk pengemudi sangat dibatasi, jadi tidak bisa sembarangan orang untuk mengemudikannya.

Dan pada tipe urban mempunyai kelebihan Memiliki kenyamanan saat mengemudi dibandingkan tipe *Prototype*. Bisa dikemudikan oleh siapa saja. Kontruksi lebih tahan dan kuat dari tipe *Prototype*. dan mempunyai kekurangan Jarak yang ditempuh dengan 1 liter bensin tidak bisa begitu jauh dibandingkan tipe *Prototype* karena kontuksinya jauh lebih berat. Proses perancangan dan pembuatan lebih lama.

Dan pada setiap penelitian haruslah mempunyai patokan khusus dalam perancangan. Pada perancangan penelitian ini dimensi dan parameter telah di tentukan oleh regulasi acara KMHE 2017 (Kontes Mobil Hemat Energi). adapun regulasi dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Regulasi KMHE 2017 *urban concept*

Criteria Vehicle	Dimension
Total vehicle height	100 –130 cm
Total Body Width (excluding rear view mirrors)	120 –130 cm
Total Vehicle Length	220 –350 cm
The Whellbase (minimum)	120 cm
Ground Clearance (minimum, driver included)	10 cm

Setelah mengetahui regulasi tentang dimensi yang telah ditetapkan untuk kompetisi tersebut, maka selanjutnya dilakukan proses desain untuk beberapa alternatif bodi mobil yang kemudian akan dipilih nantinya, dan desain pada keempat alternatif model dapat dilihat pada penjelasan model alternatif .

2.4 Perhitungan Data Secara Simulasi CFD

Pada saat pengujian data uji statik sangat di butuh kan untuk melihat apakah kekuatan struktur tahan dengan beban yang di berikan[3].

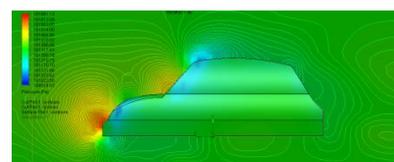
Ada tiga jenis metode dalam pembelajaran ilmu fluida yaitu Teori Analisis, Eksperimen dan Simulasi CFD sebagai metode baru CFD sangat membantu dalam membandingkan dengan hasil eksperimen. dan metode yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu metode dengan perbandingan hasil perhitungan teoritis dan cara simulasi. Dan tabel 2 menunjukkan kelebihan dari metode pengambilan data secara simulasi dengan eksperimen[4].

Tabel 1 Perbandingan Antara Simulasi Dengan Eksperimen[4]

parameter	Simulasi CFD	Eksperimen
Harga	Murah	Mahal
Waktu	Singkat	Panjang
Skala	Bebas	Kecil / Menengah
Informasi	Semua	Piont Perhitungan
Bisa Di Ulang	Ya	Beberapa
Keamanan	Ya	Beberapa Berbahaya

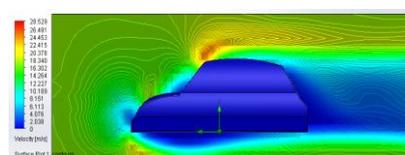
Software yang digunakan yaitu CFD solidworks flow simulation dengan beberapa masukan parameter yaitu variasi kecepatan pada 80, 90 dan 100 km/jam. Dan densitas udara 1.225 kg/m³ [5]. Untuk hasil dari simulasi dapat dilihat pada gambar 6 sampai 10 berikut:

- hasil simulasi uji *Static Pressure* bodi 1



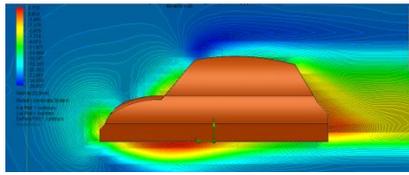
Gambar 5 *Static Pressure* bodi 1

- Hasil simulasi *Dynamic Pressure* bodi 1



Gambar 6 *Dynamic Pressure* bodi 1

c. Hasil simulasi *Velocity* bodi 1



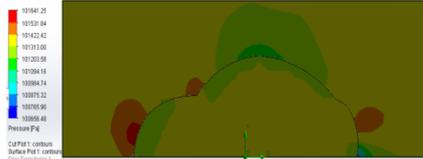
Gambar 7 uji *Velocity* bodi 1

i. Hasil simulasi *Velocity* bodi 3



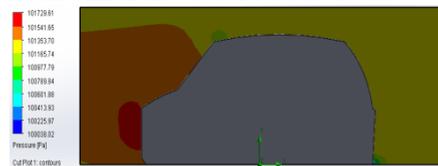
Gambar 13 *Velocity* bodi 3

d. Hasil Simulasi *Static Pressure* bodi 2



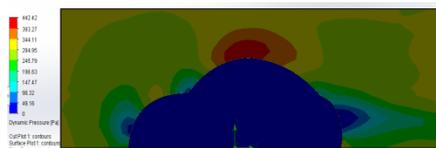
Gambar 8 *Static Pressure* bodi 2

j. Hasil Simulasi *Static Pressure* bodi 4



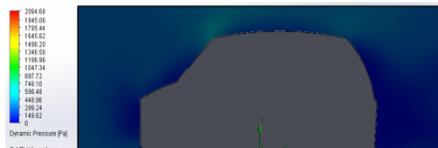
Gambar 14 *Static Pressure* bodi 4

e. Hasil simulasi *Dynamic Pressure* bodi 2



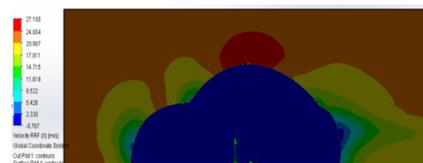
Gambar 9 *Dynamic Pressure* bodi 2

k. Hasil simulasi *Dynamic Pressure* bodi 4



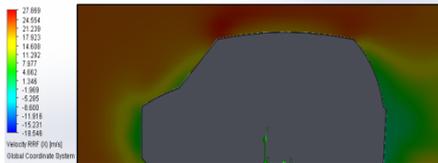
Gambar 15 *Dynamic Pressure* bodi 4

f. Hasil simulasi *Velocity* bodi 2



Gambar 10 *Velocity* bodi 2

l. Hasil simulasi *Velocity* bodi 4



Gambar 16 *Velocity* bodi 4

g. Hasil Simulasi *Static Pressure* bodi 3



Gambar 11 *Static Pressure* bodi 3

Data Hasil Simulasi CFD pada alternatif 1,2,3,dan 4 dapat di lihat pada tabel 3 sampai 6 berikut:

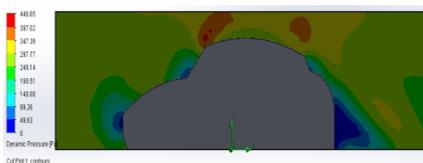
Tabel 3 Hasil Simulasi Bodi 1

Velocity / Kecepatan (km/jam)	Fd (N)	F1 (N)	Cd	Cl
80	172	121,0343	0,395018135	0,277890338
90	180,7489	125,742	0,327889165	0,228103401
100	270,8974	130,425	0,398052686	0,191644591

Tabel 4 Hasil Simulasi Bodi 2

Velocity / Kecepatan (km/jam)	Fd (N)	F1 (N)	Cd	Cl
80	110,1179	70,6846	0,252826812	0,162289317
90	119,7951	86,74668	0,217315374	0,157363592
100	130,8979	90,66873	0,192339464	0,133227311

h. Hasil simulasi *Dynamic Pressure* bodi 3



Gambar 12 *Dynamic Pressure* bodi 3

Tabel 5 Hasil Simulasi Bodi 3

Velocity / Kecepatan (km/jam)	Fd (N)	F1 (N)	Cd	Cl
80	132,1407	95,87685	0,303390264	0,220129823
90	139,5071	101,6778	0,253074032	0,18444956
100	141,6075	105,8767	0,208075994	0,155573678

Tabel 6 Hasil Simulasi Bodi 4

Velocity / Kecepatan (km/jam)	Fd (N)	Fl (N)	Cd	Cl
80	246,77	91,40271	0,566575	0,209857
90	250,78	102,7085	0,45493	0,186319
100	270,482	118,6185	0,397442	0,174296

2.5 Perhitungan Data Secara Teoritis

Setelah didapat hasil dari simulasi maka nilai koefisien Cd dan Cl juga dapat di cari manual untuk nantinya di bandingkan dengan hasil simulasi yaitu dengan persamaan [5]:

- a. Mencari nilai CD (*Coefficient Drag*)

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

Maka

$$C_D = \frac{2F_d}{\rho \cdot V_a^2 \cdot A} \quad (2)$$

- b. Mencari nilai CL (*Coefficient Lift*)

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

Maka:

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

Dimana:

- F_D = Gaya Drag searah aliran fluida (N)
- F_L = Lift Force (N)
- ρ = Massa jenis fluida (kg/m^3)
- V = Kecepatan km/jam
- A_f = Luas penampang frontal (mm^2)
- CL = Coefficient Lift (N)
- CD = Coefficient Drag (N)

Dimana diketahui luas permukaan frontal untuk setiap alternatif bodi :

Luas Permukaan *bodi 1* $A_f = 1.04 m^2$

Luas Permukaan *bodi 2* $A_f = 0.95 m^2$

Luas Permukaan *bodi 3* $A_f = 1.2 m^2$

Luas Permukaan *body 4* $A_f = 1,41 m^2$

Tabel *properties* parameter masukan yang akan digunakan pada perhitungan teoritis dapat dilihat pada tabel 7 sebagai berikut [3]:

Tabel 7 Paramter Masukan

No	Parameter	Keterangan
1	Massa jenis	1,225 kg/m^3
2	viscosity	1,7894.10-5 kg/m^4
3	Inlet velocity	40 m/s
4	Inlet turbulence intensity	1%
5	Inlet turbulence viscosity ratio	10
6	Outlet turbulence intensity	5%
7	Outlet turbulence viscosity ratio	10

Karena gaya yang bekerja searah gaya udara tidak dapat di cari secara manual maka pencarian

gaya FD dan FL di dapat dengan menggunakan software dan di dapat data untuk setiap model sebagai berikut:

1. Perhitungan Teoritis Bodi Alternatif 1

Luas Permukaan $A_f = 1.04 m^2$

Kecepatan (V_a) akan di variasikan pada 80, 90 dan 100 Km/Jam Nilai Fd dan Fl di dapatkan dari software dengan memvariasikan kecepatan pada 80, 90 dan 100 km/jam dan didapatkan data sebagai berikut:

Fd pada 80 km/jam	= 100,209 N
Fl pada 80 km/jam	= 22,2091 N
Fd pada 90 km/jam	= 118,597 N
Fl pada 90 km/jam	= 25,4654 N
Fd 100 pada km/jam	= 127,095 N
Fl 100 pada km/jam	= 29,6248 N

Perhitungan nilai Cd dan Cl pada kecepatan 80 km/jam

$$C_D = \frac{2 \times 100,209}{1.225 \times (22,222^2) \times 1,04} = 0,230076285 \text{ N}$$

$$C_l = \frac{2 \times 22,20914}{1.225 \times (22,222^2) \times 1,04} = 0,05099140 \text{ N}$$

Perhitungan nilai Cd dan Cl pada kecepatan 90 km/jam

$$C_D = \frac{2 \times 118,597}{1.225 \times (25^2) \times 1,04} = 0,21514195 \text{ N}$$

$$C_l = \frac{2 \times 22,20914}{1.225 \times (25^2) \times 1,04} = 0,046195737 \text{ N}$$

Perhitungan nilai Cd dan Cl pada kecepatan 100 km/jam

$$C_D = \frac{2 \times 127,095}{1.225 \times (27,7778^2) \times 1,04} = 0,186751538 \text{ N}$$

$$C_l = \frac{2 \times 29,6248}{1.225 \times (27,7778^2) \times 1,04} = 0,043530249 \text{ N}$$

2. Perhitungan Teoritis Bodi Alternatif 2

Luas Permukaan $A_f = 0.95 m^2$

Kecepatan (V_a) 80, 90 dan 100 Km/Jam

Fd pada 80 km/jam	= 100,139 N
Fl pada 80 km/jam	= 20,6512 N
Fd pada 90 km/jam	= 119,221 N
Fl pada 90 km/jam	= 24,1827 N
Fd pada 100 km/jam	= 125,036 N
Fl pada 100 km/jam	= 29,618 N

Perhitungan nilai Cd dan Cl pada kecepatan 80 km/jam

$$C_D = \frac{2 \times 100,139}{1.225 \times (22,222^2) \times 0,95} = 0,229915568 \text{ N}$$

$$C_l = \frac{2 \times 20,6512}{1.225 \times (22,222^2) \times 0,95} = 0,047414418 \text{ N}$$

Perhitungan nilai Cd dan Cl pada kecepatan 90 km/jam

$$C_D = \frac{2 \times 119,221}{1.225 \times (25^2) \times 0,95} = 0,216273923 \text{ N}$$

$$C_l = \frac{2 \times 24,1827}{1.225 \times (25^2) \times 0,95} = 0,043868844 \text{ N}$$

Perhitungan nilai Cd dan Cl pada kecepatan 100 km/jam

$$C_D = \frac{2 \times 125,036}{1.225 \times (27,7778^2) \times 0,95} = 0,183726073 \text{ N}$$

$$C_l = \frac{2 \times 29,618}{1.225 \times (27,7778^2) \times 0,95} = 0,043611359 \text{ N}$$

3. Perhitungan Teoritis Bodi Alternatif 3

Luas Permukaan $A_f = 1.2 \text{ m}^2$

Kecepatan V_a 80, 90 dan 100 Km/Jam

Fd pada 80 km/jam = 124,956 N

Fl pada 80 km/jam = 44,3907 N

Fd pada 90 km/jam = 155,757 N

Fl pada 90 km/jam = 71,6219 N

Fd pada 100 km/jam = 208,42 N

Fl pada 100 km/jam = 71,8034 N

Perhitungan nilai Cd dan Cl pada kecepatan 80 km/jam

$$C_D = \frac{2 \times 124,956}{1.225 \times (22,2222^2) \times 1,2} = 0,286894513 \text{ N}$$

$$C_l = \frac{2 \times 44,3907}{1.225 \times (22,2222^2) \times 1,2} = 0,101919462 \text{ N}$$

Perhitungan nilai Cd dan Cl pada kecepatan 90 km/jam

$$C_D = \frac{2 \times 155,757}{1.225 \times (25^2) \times 1,2} = 0,282552381 \text{ N}$$

$$C_l = \frac{2 \times 71,6219}{1.225 \times (25^2) \times 1,2} = 0,129926349 \text{ N}$$

Perhitungan nilai Cd dan Cl pada kecepatan 100 km/jam

$$C_D = \frac{2 \times 208,42}{1.225 \times (27,7778^2) \times 1,2} = 0,306322775 \text{ N}$$

$$C_l = \frac{2 \times 71,8034}{1.225 \times (27,7778^2) \times 1,2} = 0,105506868 \text{ N}$$

4. Perhitungan Teoritis Bodi Alternatif 4

Luas Permukaan $A_f = 1,41 \text{ m}^2$

Kecepatan V_a 80, 90 dan 100 Km/Jam

Fd pada 80 km/jam = 197,542 N

Fl pada 80 km/jam = 73,8033 N

Fd pada 90 km/jam = 301,536 N

Fl pada 90 km/jam = 81,8006 N

Fd pada 100 km/jam = 374,29 N

Fl pada 100 km/jam = 102,94 N

Perhitungan nilai Cd dan Cl pada kecepatan 80 km/jam

$$C_D = \frac{2 \times 197,542}{1.225 \times (22,2222^2) \times 1,41} = 0,453549377 \text{ N}$$

$$C_l = \frac{2 \times 73,8033}{1.225 \times (22,2222^2) \times 1,41} = 0,169449741 \text{ N}$$

Perhitungan nilai Cd dan Cl pada kecepatan 90 km/jam

$$C_D = \frac{2 \times 301,536}{1.225 \times (25^2) \times 1,41} = 0,547004082 \text{ N}$$

$$C_l = \frac{2 \times 81,8006}{1.225 \times (25^2) \times 1,41} = 0,148572517 \text{ N}$$

Perhitungan nilai Cd dan Cl pada kecepatan 100 km/jam

$$C_D = \frac{2 \times 374,29}{1.225 \times (27,7778^2) \times 1,41} = 0,549976263 \text{ N}$$

$$C_l = \frac{2 \times 102,94}{1.225 \times (27,7778^2) \times 1,41} = 0,151258533 \text{ N}$$

Setelah di dapat hasil perhitungan secara teoritis maka data hasil perhitungan dimasukkan kedalam tabel mengikuti tabel dari hasil simulasi dan dapat di lihat pada tabel 8 sampai 11 berikut:

Tabel 8 Hasil Perhitungan Teoritis Bodi 1

Velocity / Kecepatan (km/jam)	Fd (N)	Fl (N)	Cd	Cl
80	100,209	22,20914	0,230076285	0,050991401
90	118,597	25,4654	0,21514195	0,046195737
100	127,095	29,6248	0,186751538	0,043530249

Tabel 9 Hasil Perhitungan Teoritis Bodi 2

Velocity / Kecepatan (Km/Jam)	Fd (N)	Fl (N)	Cd	Cl
80	100,139	20,6512	0,229915568	0,047414418
90	119,221	24,1827	0,216273923	0,043868844
100	125,036	29,6801	0,183726073	0,043611359

Tabel 10 Hasil Perhitungan Teoritis Bodi 3

Velocity / Kecepatan (Km/Jam)	Fd (N)	Fl (N)	Cd	Cl
80	124,956	44,3907	0,286894513	0,101919462
90	155,757	71,6219	0,282552381	0,129926349
100	208,47	71,8034	0,306322775	0,105506868

Tabel 11 Hasil Perhitungan Teoritis Bodi 4

Velocity / Kecepatan (Km/Jam)	Fd (N)	Fl (N)	Cd	Cl
80	197,542	73,8033	0,453549	0,16945
90	301,536	81,9006	0,547004	0,148573
100	374,290	102,9402	0,549976	0,151259

3. Hasil

Setelah dilakukan analisa perhitungan teoritis dan simulasi maka didapatkan hasil bahwa alternatif bodi no 2 yang menjadi pilihan karena mempunyai nilai Cd terkecil seperti di tunjukan pada data di bawah:

Hasil Simulasi :

Cd bodi 1 = 0,395018135
 Cd bodi 2 = 0,252826812
 Cd bodi 3 = 0,303390264
 Cd bodi 4 = 0,566575431

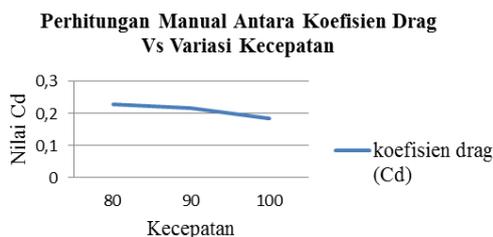
Hasil Perhitungan Teoritis :

Cd bodi 1 = 0,230076285
 Cd bodi 2 = 0,229915568
 Cd bodi 3 = 0,286894513
 Cd bodi 4 = 0,453549762

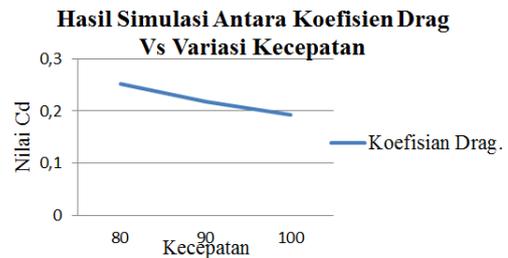
Dari kedua data dapat di lihat bahwa variasi kecepatan yang di lakukan sangat mempengaruhi nilai Cd, pada perhitungan manual pada kecepatan 80 di dapatkan nilai Cd sebesar 0,229915568 dan pada simulasi sebesar 0,252826812 pada perhitungan manual dan hasil simulasi dapat dilihat bahwa variasi kecepatan sangat mempengaruhi, dimana semakin besar kecepatan maka nilai Cd semakin kecil, ini sebanding dengan persamaan Koefisien Drag dan persamaan gaya drag, dimana Koefisien Drag berbanding terbalik dengan kuadrat kecepatan, sehingga pengaruh tahanan udara yang paling besar adalah ketika laju kendaraan pada kecepatan yang paling rendah, ini dapat dilihat pada tabel 8 dimana Gaya Drag pada kecepatan 80 km/jam pada perhitungan manual sebesar 100,139 N dan hasil simulasi sebesar 110,1179 N, gaya drag ini akan terus meningkat seiring meningkatnya kecepatan, penurunan nilai Koefisien Drag pada desain ini sudah sesuai dengan tujuan penelitian ini dimana untuk mendapatkan nilai Cd terkecil dan efisiensi nilai Cd di setiap peningkatan kecepatannya.

3.1 Data Grafik Koefisien Drag Alternatif Bodi 2

Setelah didapatkan nilai Koefisien Drag terkecil seperti yang ditunjukkan pada data tabel diatas ,maka didapatkan data grafik yang menunjukkan hubungan antara variasi kecepatan dengan Koefisien Drag, dimana dapat di lihat pada gambar 11 sebagai berikut:

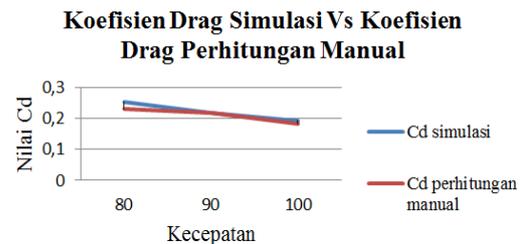


Gambar 17 Grafik Perhitungan Koefisien Drag Vs Variasi Kecepatan



Gambar 18 Grafik hasil perhitungan nilai cd vs variasi kecepatan

Dan berikut grafik 13 menjelaskan perbandingan nilai Cd hasil simulasi dengan hasil perhitungan manual.

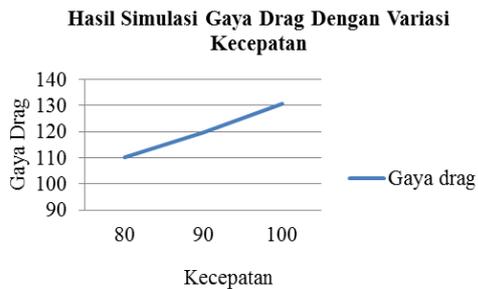


Gambar 19 Grafik Perbandingan Koefisien Drag Simulasi Vs Koefisien Drag

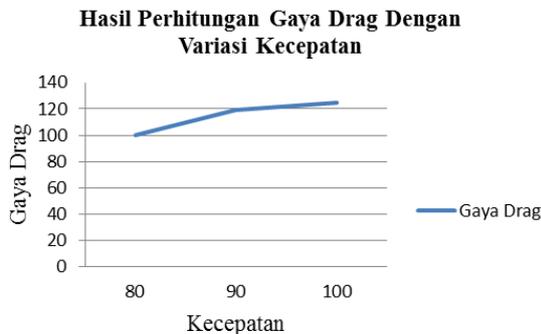
Pada grafik Perbandingan Koefisien Drag Simulasi Vs Koefisien Drag Dari grafik di atas dapat dilihat perbedaan antara hasil simulasi dan perhitungan manual ini di sebabkan oleh perbedaan akurasi dari perhitungan dan simulasi dimana pada saat simulasi permukaan/luas penampang bodi mobil yang terkena Gaya Drag lebih akurat, ini berbeda dengan perhitungan manual dimana hanya di ambil bentuk luas permukaan atau luas penampang frontal saja, ini dapat di lihat pada data hasil diatas dimana perhitungan pada kecepatan 80 km/ jam Koefisien Drag mobil sebesar 0,22 dan pada hasil simulasi didapat Koefisien Drag sebesar 0,25 terdapat perbedaan 9,9% dan terus menurun seiring meningkatnya kecepatan yaitu 4,6 % pada kecepatan 90 km/jam dan 0.4% pada kecepatan 100 km/jam ini membuktikan perbedaan yang tidak terlalu besar pada hasil, baik secara simulasi maupun perhitungan manual.

3.2 Data Grafik Gaya Drag Alternatif Bodi 2

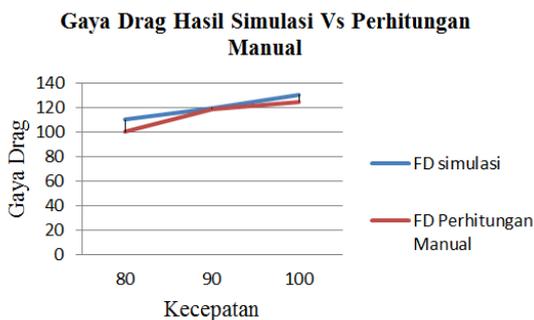
variasi kecepatan yang dilakukan akan berbanding terbalik antara Koefisien Drag dengan Gaya Drag, nilai ini dapat dilihat pada grafik di bawah, dimana semakin tinggi kecepatan maka gaya drag akan semakin besar pula.



Gambar 20 Grafik Hasil Simulasi Gaya Drag Dengan Variasi Kecepatan



Gambar 21 Grafik perhitungan Gaya Drag Dengan Variasi Kecepatan



Gambar 22 Grafik Perbandingan Gaya Drag Simulasi Dengan Perhitungan

Dari grafik perbandingan antara Gaya Drag hasil simulasi dan Gaya Drag hasil perhitungan dapat di lihat perbedaan yang tidak terlalu besar pada hasil perhitungan dan simulasi dan yang menyebabkan perbedaan sama dengan analisa koefisien drag yaitu perbedaan akurasi luas penampang pengujian antara hasil simulasi dan perhitungan manual.

4. Simpulan

1. Bentuk bodi mobil yang terpilih adalah bentuk model ke-2 dengan nilai *Drag Coefficient* (C_d) sebesar 0,21.
2. Dari hasil perhitungan baik simulasi dan perhitungan manual pada keempat bodi

alternatif, didapat bodi mobil model alternatif 2 memiliki nilai C_d terkecil.

3. Dari hasil perancangan dapat dinyatakan bahwa bodi mobil model 2 memenuhi kriteria nilai C_d untuk jenis mobil urban.

Daftar Pustaka

- [1] Harsokoesoemo, Darmawan. 2004. *Pengantar Perancangan Teknik (Perancangan Produk Edisi II*. Bandung: ITB
- [2] Alan Wickens. 2013 *Fundamentals of Rail Vehicle Dynamics* (Advances in Engineering (Lisse, Netherlands).
- [3] Fadila, A. dan Syam, B. 2013. Analisa Simulasi Struktur Chassis Mobil Mesin USU Berbahan Besi Struktur Terhadap Beban Statik Dengan Menggunakan Perangkat Lunak Ansys 14.5. *Jurnal e-Dinamis*. 6 (2) : 70-79.
- [4] V naveen, kumar. 2015. Investigation of Drag and Lift Forces over the Profile of Car with Rears spoiler using CFD. *International Journal of Advances in Scientific Research* 2015; 1(08): 331-339.
- [5] Gillespie, thomas D. 1992. *Fundamental of vehicle dynamic*. Warrendale PA, USA : Society of Automotive Engineers Inc.