

Analisis Turbulensi Mobil Hemat Energi Konsep *City Car* Pada Kecepatan 45 Km/Jam Menggunakan *Computational Fluid Dynamics*

Didi Kusaeri ⁽¹⁾

⁽¹⁾Program Studi D3 Desain Produk, Politeknik Muhammadiyah Tegal
didi.kusaeri@yahoo.com⁽¹⁾

Abstrak

Bentuk bodi mobil sangat mempengaruhi konsumsi bahan bakar, semakin aerodinamis semakin hemat konsumsi bahan bakar. Penelitian ini dilakukan dengan membuat bodi mobil hemat energi dengan konsep *city car* dengan maksud mengurangi *drag* pada saat mobil melaju. Tujuan penelitian ini juga dimaksudkan untuk mendapatkan karakteristik turbulensi udara pada saat melaju di kecepatan 45 km/jam, karena analisa tersebut sangat berpengaruh terhadap konsumsi energi/bahan bakar. Penelitian ini dilakukan secara simulasi dengan menggunakan *Computational Fluid Dynamic*. Metode *turbulance* yang digunakan k- ϵ dan menggunakan model meshing tetrahedrans. Simulasi mobil menggunakan kecepatan 45 km/jam. Dari data simulasi yang dilakukan diperoleh hasil yakni 0,39 dan karakteristik udara di sekitar mobil pada saat melaju.

Kata kunci: Aerodinamika, Mobil Hemat Energi, *Computational Fluid Dynamics*, Koefisien *drag*, Turbulensi.

Pendahuluan

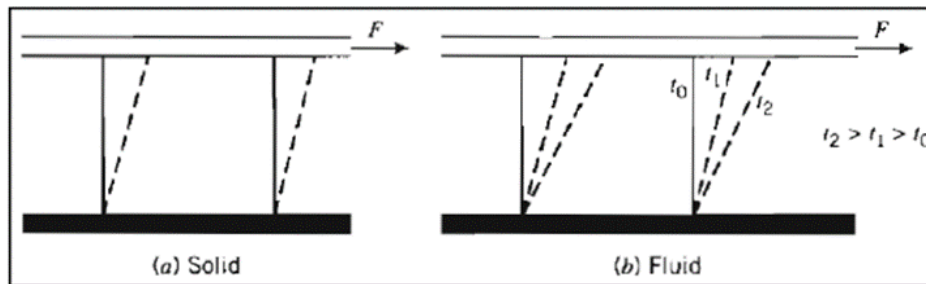
Selama sepuluh tahun terakhir, laju penurunan cadangan minyak bumi sebesar 95 juta barel per tahun, atau dengan kata lain selama 8,5 tahun cadangan minyak gas bumi indonesia akan habis 19,9 tahun [1]. Hambatan aerodinamis pada kendaraan berpengaruh untuk sebagian besar bahan bakar konsumsi kendaraan dan memberikan kontribusi antara 50% - 60% dari total konsumsi bahan bakar saat melaju. Mengurangi *drag* aerodinamis menawarkan solusi untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar dan dengan demikian optimasi bentuk menjadi bagian penting dari proses desain kendaraan secara keseluruhan [2]. Untuk mengatasi dampak yang ditimbulkan dari kelangkaan ketersediaan minyak, maka pabrikan otomotif di pandang perlu melakukan riset/penelitian dengan model bentuk mobil yang dapat mengurangi hambatan saat melaju yang menyebabkan tumbukan udara sehingga mempengaruhi konsumsi bahan bakar. Maka dari itu sangat penting dalam merancang sebuah body mobil, salah satunya aspek aerodinamika. Agar mendapatkan turbulensi udara yang dapat mengurangi drag pada saat mobil melaju. Karena suatu benda yang bergerak didalam suatu media fluida atau sebaliknya, akan mengalami gaya-gaya yang bekerja [3]. Demikian juga dengan kendaraan bermotor yang bergerak melalui media udara, selain dipengaruhi oleh interaksi antara mobil dengan jalan/tanah, maka kendaraan tersebut juga akan mengalami gaya-gaya aerodinamis. Penelitian ini menganalisa turbulensi dari tekanan aliran fluida pada bodi mobil hemat energi dengan konsep *city car* menggunakan simulasi *computational fluids dynamics*.

Landasan Teori

1) Fluida

Fluida didefinisikan sebagai zat yang dapat terdeformasi secara terus menerus apabila fluida tersebut diberikan tegangan geser, walaupun gaya geser yang diberikan tersebut relatif kecil

seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1 (b). Deformasi benda padat (*solid*) akan terjadi jika dikenai tegangan geser, tetapi deformasi yang terjadi pada benda padat tidak berlangsung secara terus menerus seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 (a).



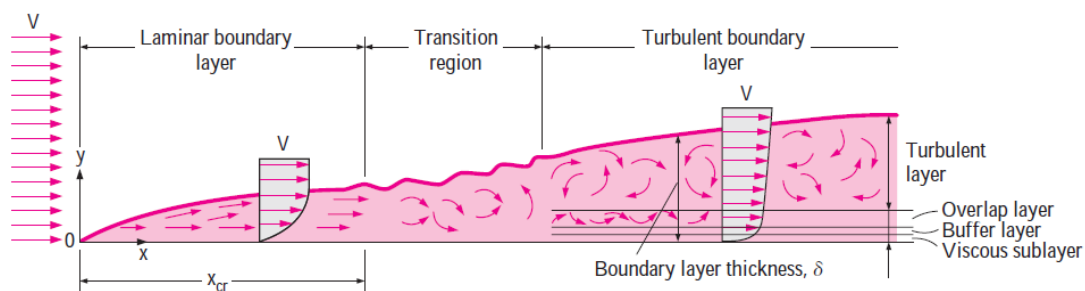
Gambar 1. Perilaku (a) benda padat (solid) dan (b) fluida, jika diberikan gaya geser yang konstan

2) Aliran Laminar dan Turbulen

Aliran laminar dengan kecepatan pada satu titik tetap atau konstan sepanjang waktu, sementara aliran turbulen pola kecepatan aliran berfluktuasi atau berubah-ubah terhadap waktu. Adanya fluktuasi kecepatan tersebut menjadikan analisa pada aliran turbulen relatif lebih sulit.

3) Gaya Aerodinamika

Aerodinamika adalah aliran udara yang bergerak di sekitar suatu benda. Benda apapun yang bergerak menerpa udara menimbulkan gaya aerodinamis. Aerodinamika bekerja pada mobil yang sedang melaju karena adanya aliran udara yang mengalir di sekitar mobil. Bentuk bodi mobil yang aerodinamis adalah bentuk mobil yang *streamline*, atau mengikuti arah aliran fluida. Berikut ini merupakan beberapa faktor yang mempengaruhi karakteristik aerodinamika [4].



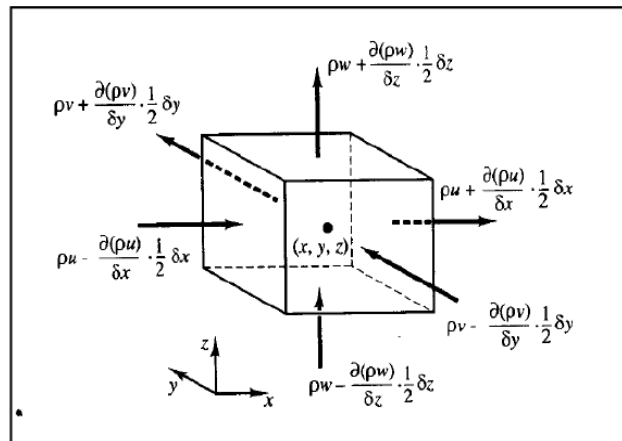
Gambar 2. Profil kecepatan aliran laminar dan turbulen

4) Bilangan Reynold

Bilangan Reynold berbanding terbalik dengan viskositas fluida. Oleh karena itu, pengaruh *friction drag* sangat kecil pada bilangan Reynold yang tinggi bahkan dapat diabaikan pada bilangan Reynold yang sangat tinggi. *Drag* pada kasus bilangan Reynold yang tinggi biasanya disebabkan oleh *pressure drag*, sedangkan pada bilangan Reynold yang rendah disebabkan oleh pengaruh *friction drag*. *Friction drag* sebanding dengan luas permukaan bodi mobil. Bodi mobil yang mempunyai luas permukaan yang besar akan mengalami *friction drag* yang lebih besar.

5) Hukum Kekekalan Massa

Laju pertambahan massa elemen fluida adalah Laju pertambahan massa pada elemen fluida = netto laju aliran massa ke dalam elemen fluida tersebut netto laju aliran massa ke dalam elemen fluida tersebut.



Gambar 3. Aliran massa masuk dan keluar dari elemen fluida.

Selanjutnya menghitung laju aliran massa yang melalui elemen fluida yang direpresentasikan dalam komponen densitas, luasan, dan kecepatan arah normal dari bidang yang ditunjukkan pada Gambar 2 Total aliran yang masuk dan keluar dari elemen fluida adalah

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \vec{V}) = 0$$

6) Body Mobil Hemat Energi

Mobil hemat energi dengan konsep city car merupakan mobil yang dirancang dengan bodi yang aerodinamis agar lebih hemat bahan bakar. Hal itu dikarenakan semakin tipisnya cadangan minyak mentah sebagai penopang bahan bakar.

7) Computational fluids dynamics

Computational Fluid Dynamics (CFD) adalah metode perhitungan dengan sebuah control dimensi, luas dan volume dengan memanfaatkan bantuan komputasi komputer untuk melakukan perhitungan pada tiap-tiap elemen pembagiannya. Prinsipnya adalah suatu ruang yang berisi fluida yang akan dilakukan penghitungan dibagi-bagi menjadi beberapa bagian, hal ini sering disebut dengan sel dan prosesnya dinamakan *meshing*. Aliran dan perpindahan panas dari berbagai fluida dapat disimulasikan pada bentuk/geometri yang rumit. Distribusi tekanan, kecepatan aliran, laju aliran massa, distribusi temperatur, dan pola aliran fluida yang terjadi dapat diketahui pada tiap titik yang terdapat dalam sistem yang dianalisa [5].

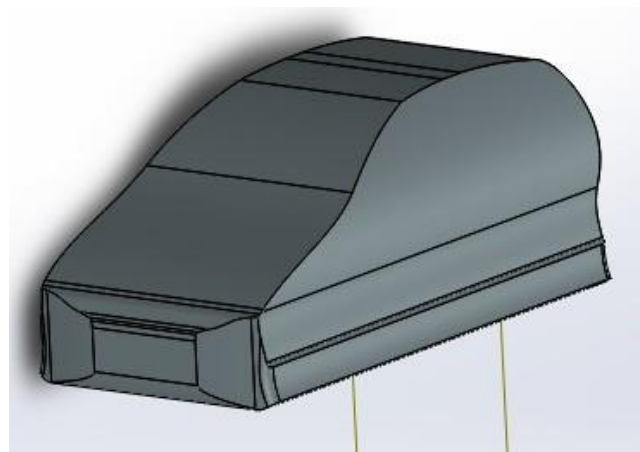
Metode Penelitian

Langkah pertama adalah membuat model dengan menggunakan perangkat lunak *Solidworks* Tahun 2014. Pembuatan model merujuk pada model kendaraan yang sesungguhnya. Pembuatan model merujuk pada model kendaraan yang sesungguhnya. Namun pembuatan model sedikit mengalami penyederhanaan, hal ini dimaksudkan agar lebih memahami karakteristik aliran pada kendaraan. Pada gambar 4 menunjukkan bentuk mobil pada sebenarnya.



Gambar 4. *Urban Electric Car*

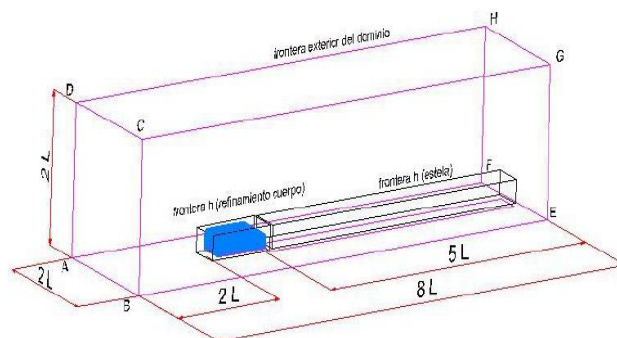
Pada gambar 5 menunjukan gambar simulasi, dengan spesifikasi: panjang Panjang 2494 mm, lebar 1257 mm dan tinggi 1082 mm.



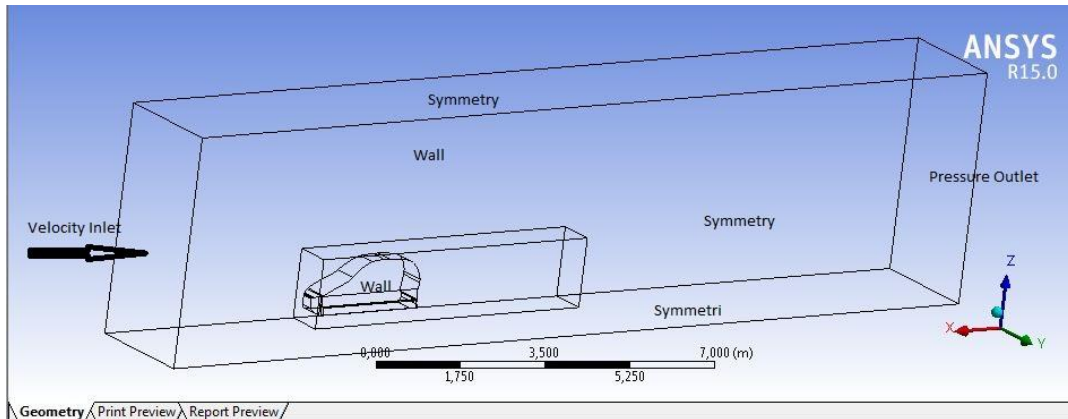
Gambar 5. *Pemodelan Urban Electric Car*

a) Computational Domain

Gambar 6 menerangkan tentang Daerah komputasi analisa CFD aerodinamika. Dimensi daerah komputasi dinyatakan dalam L, dimana L adalah panjang dari kendaraan yang akan disimulasikan [6].



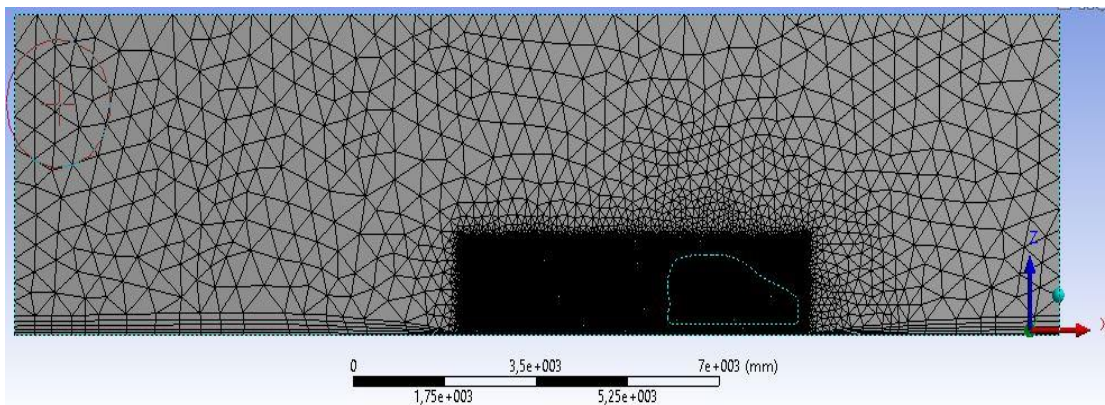
Gambar 6. *Daerah Komputasi*



Gambar 7. Daerah komputasi pada simulasi

b) Meshing

Penggenerasian *mesh* dilakukan secara bertahap yaitu membuat *mesh* pada keseluruhan volume *wind tunnel* yang telah digabungkan menjadi volume dengan bodi mobil. Selanjutnya adalah merapatkan *mesh* di dinding bodi mobil dan jalan dengan melakukan *inflation* yaitu membuat *layer* disekitar dinding. Kemudian membuat geometri kotak yang baru pada *design modeller* untuk dilakukan proses *mesh* yang lebih rapat disekitar bodi mobil. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan keakuratan perhitungan pada jenis aliran turbulen.



Gambar 8. Meshing keseluruhan

Hasil Penelitian dan Pembahasan

1. Proses Meshing yang dirapatkan dengan Metode Adaptasi Y^+

Simulasi ini tentu menginginkan hasil yang benar-benar akurat dan valid. Dari hasil yang tersaji berikut ini, merupakan simulasi dengan melakukan metode adaptasi yakni memperkecil *cell* dengan metode perlakuan di dekat dinding dengan *Standard Wall Function*. Karena nilai batas y^+ untuk *standard wall function* adalah 30 sampai 60 sehingga untuk y^+ hasil simulasi harus diantara nilai tersebut. Simulasi ini juga membutuhkan waktu dan daya komputasi yang lebih lama dan besar. Tabel 1 adalah proses adaptasi yang dilakukan pada mobil hemat energi dengan kecepatan 45 km/Jam.

Tabel 1. Perubahan Jumlah *Cell* dengan Metode Adapsi Pada Mobil hemat energi

Kecepatan (Km/Jam)	Perlakuan Didekat Dinding	Jumlah Cell	Y^+
45 Km/Jam	Mesh Awal	919796	775,712
	Adapsi 1	1038180	406,9195
	Adapsi 2	1083491	218,867
	Adapsi 3	1168268	118,7078
	Adapsi 4	1297313	64,75528
	Adapsi 5	1310522	56,71168

2. Nilai Koefisien *Drag* pada mobil hemat energi

Diketahui koefisien drag dari mobil hemat energi dengan konsep city car menunjukkan nilai 0,39. Nilai koefisien *drag* yang diperoleh termasuk lebih tinggi dibandingkan mobil-mobil urban lainnya. Oleh karena kedepan perlu dilakukan perbaikan desain bodi mobil agar dapat mengurangi nilai koefisien drag, yaitu dengan:

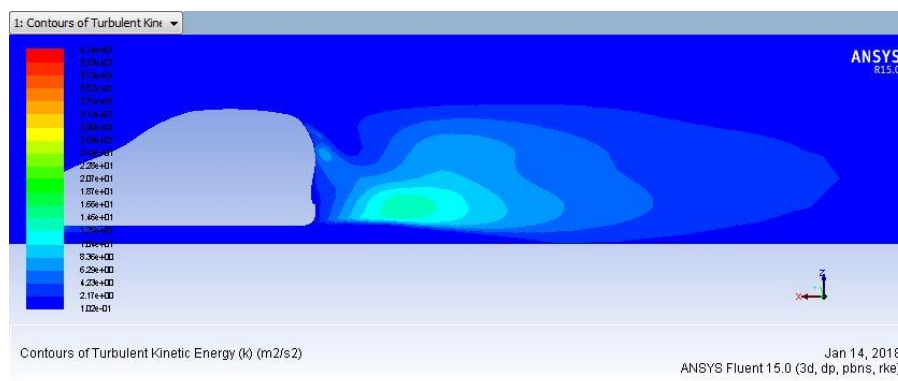
1. Bodi mobil dibuat lebih *streamline*, yaitu bodi mobil mengikuti arah aliran fluida.
2. Membulatkan sudut-sudut bodi mobil yang dilewati fluida untuk mengurangi separasi.

3. Karakteristik Aerodinamika

Fenomena *turbulence* pada mobi dengan berbagai kecepatan

Turbulence adalah jenis aliran (gas atau cairan) dimana fluida mengalami fluktuasi tidak teratur. Dalam aliran *turbulace* kecepatan fluida pada suatu titik mengalami perubahan dalam besaran dan arah. Didalam indutri mobil, bentuk aerodinamika mobil merupakan parameter yang penting. Karena nilai *Turbulence Kinetic Energy* yang rendah mewakili sifat aerodinamika yang lebih baik [7].

Gambar 9 juga menjelaskan pusaran udara pada bagian belakang mobil. Setelah aliran udara melewati bodi mobil, terjadi sirkulasi udara di belakang mobi. Terlihat udara yang berdekatan dengan bodi mobil berkecepatan rendah, kemudian diteruskan kebelakang terdapat sirkulasi aliran yang yang lebih tinggi dengan ditandai dengan warna hijau. Setelah itu aliran udara kembali rendah sampai benar-benar aliran udara kembali normal.



Gambar 9. *Turbulence* yang terjadi pada bodi mobil hemat energi dengan kecepatan aliran 45 km/jam

Kesimpulan

Berdasarkan simulasi yang dilakukan dengan kecepatan 45 km/jam diperoleh nilai koefisien drag yakni 0,39. Dengan hasil tersebut juga menghasilkan gambar tampilan aliran udara pada body mobil. Kedepan diharapkan ada penelitian terhadap mobil hemat energi dengan melakukan modifikasi pada bagian body mobil, seperti membuat lebih streamline pada bagian depan, membulatkan sudut pada bagian mobil dan menambahkan spoiler pada bagian belakang mobil.

Daftar Pustaka

- [1] Siaran pers Kementrian ESDM RI Nomor. 028.Pers/04/SJI/2021 tanggal 19 Januari 2021
- [2] Hasan Rakibul, S.M., Toukir Islam, Mohammad Ali, Quamrul Islam, Md., 2014, *Numerical Study o Aerodynamic Drag Reduction of Racing Cars*, Procedia Engineering, Bangladesh
- [3] Herminarto Sf dan Gunadi, 2004, *Perancang Bodi Kendaraan, Sistem Perencanaan Penyusunan Program Dan Penganggaran (SPS)* jurusan pendidikan Teknik Otomotif 2004.
- [4] Munson, B., R. Young, D., F. Okiishi, T., H. Huebsch, W., W. 2009. *Fundamentals of Fluid Mechanics*, 6th Edition. John Wiley & Sons Inc.
- [5] Ansys Inc. 2013a. *Ansys Fluent Theory Guide Release 15.0*. Pennsylvania. United State of America
- [6] Franck, Gerardo dan D'Elia, Jorge. 2004. *CFD Modeling of the Flow Around the Ahmed Vehicle Model*. Santa Fe, Argentina.
- [7] Savli Matic, 2012. *Turbulence Kinetic Energy*. Universitas Ljubjana.