

ANALISIS AERODINAMIK PADA BODI KENDARAAN LISTRIK TYPE CITYCAR UNTUK LINGKUNGAN KAMPUS

Ari Ekoprianto

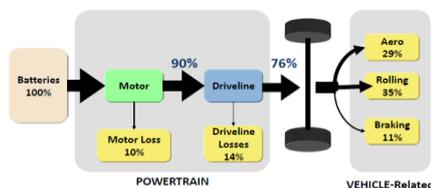
ABSTRAK

Salah satu upaya yang dilakukan untuk menekan pemborosan energi pada suatu kendaraan adalah dengan mendesain bentuk kendaraan yang aerodinamis. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisa aerodinamik pada konsep rancangan bodi kendaraan roda 4 bertenaga listrik berkapasitas 4 (empat) orang yang memiliki gaya hambat udara (*drag*) terendah. Bagian kendaraan yang dianalisa adalah sudut kap mesin (*bonnet*), sudut kaca depan (*windshield*), kelengkungan atap dan sudut bagian belakang kendaraan. Pemilihan kombinasi bagian yang menghasilkan gaya hambat udara (*drag*) terendah menggunakan metode ortogonal selanjutnya bentuk tersebut dibuat model digital untuk selanjutnya dianalisa dengan menggunakan perangkat lunak *Computational Fluid Dynamics (CFD)*. Disimulasikan model kendaraan listrik berjalan pada kecepatan 30 km/h, 35 km/h, 40 km/h, 45 km/kam dan 50 km/h. Dimensi optimal untuk menghasilkan gaya hambat (*drag*) terendah adalah kap mesin dengan sudut kemiringan 10 derajat, kaca depan (*windshield*) dengan sudut kemiringan 65 derajat, konveksitas atap 1/10 dan sudut kemiringan bagian belakang kendaraan 10 derajat, pada kecepatan 50 km/jam menghasilkan gaya hambatan sebesar 297.22 kg.m/s².

Kata kunci: Aerodinamik, kendaraan listrik, CFD

1. Pendahuluan

Salah satu upaya yang dilakukan untuk menekan pemborosan energi pada suatu kendaraan adalah dengan mendesain bentuk kendaraan yang aerodinamis. Gambar 1.1 menunjukkan deskripsi penggunaan energi pada suatu kendaraan bertenaga listrik. Faktor bentuk kendaraan menggunakan 29% energi listrik, konsumsi energi yang sangat banyak ini menarik para *engineer* untuk mendesain kendaraan dengan bentuk yang aerodinamis dan meminimalkan tahanan udara (*drag*).



Gambar 1. Penggunaan energi pada kendaraan listrik

Berdasarkan latar belakang tersebut maka pertanyaan utama yang ingin didapat jawabannya adalah desain bodi kendaraan yang memiliki gaya hambat udara (*drag*)

terendah sehingga dapat dicapai efisiensi penggunaan energi tertinggi.

2. Tinjauan Pustaka

Aerodinamika berasal dari dua buah kata yaitu Aero berasal dari bahasa Yunani yang berarti udara dan Dinamika yang diartikan sebagai kekuatan atau tenaga. Jadi Aerodinamika dapat diartikan sebagai suatu cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari interaksi antara aliran fluida dengan benda-benda *solid* yang bergerak secara relatif di dalam aliran tersebut.

Pertimbangan aerodinamika adalah penting dalam desain kendaraan darat. Kendaraan yang bergerak melalui media udara akan mengalami gaya-gaya aerodinamis. Penyebab utama dari timbulnya gaya-gaya aerodinamis pada kendaraan adalah:

1. Adanya distribusi tekanan pada permukaan bodi kendaraan yang akan bekerja pada arah normal pada permukaan kendaraan.
2. Adanya distribusi tegangan geser pada permukaan bodi kendaraan yang akan bekerja pada arah tangensial terhadap permukaan kendaraan.

Gaya *drag* tekanan atau sering disebut *drag* tekanan adalah bagian *drag* yang langsung disebabkan oleh tekanan, P pada sebuah benda. *Drag* tekanan adalah fungsi dari besarnya tekanan dan orientasi arah elemen permukaan dimana gaya tekanan tersebut bekerja.

Gaya hambat (*drag*) total terdiri dari beberapa gaya hambat yaitu:

1. Hambatan bentuk

Gaya hambat yang disebabkan oleh adanya gradien tekanan (*pressure drag*) dan adanya gesekan (*friction drag*).

Bentuk bodi kendaraan yang kompleks menyebabkan terjadinya distribusi tekanan di sepanjang permukaan kendaraan tersebut. Selain itu karena aliran udara bersifat *viscous* maka timbul tekanan geser di sepanjang permukaan kendaraan. Dengan adanya perbedaan tekanan antara bagian depan kendaraan dan bagian belakang kendaraan, dimana tekanan positif bekerja pada bagian depan kendaraan dan tekanan negatif di bagian belakang kendaraan sehingga menyebabkan timbulnya gaya *drag* yang bekerja berlawanan dengan arah gerak kendaraan.

2. Hambatan pusaran

Karena adanya perbedaan tekanan antara bagian atas dan bagian bawah kendaraan, menyebabkan timbulnya gesekan aliran udara dan permukaan bawah menuju ke permukaan atas kendaraan yang berupa pusaran (*vortex*). Timbulnya *vortex* pada kendaraan juga akan menghambat gerak laju kendaraan yang disebabkan adanya pengaruh gaya angkat vertikal pada bodi mobil yang sedang bergerak horizontal.

3. Hambatan Tonjolan

Gaya hambat yang disebabkan oleh adanya tonjolan profil tertentu pada bagian permukaan bodi kendaraan seperti kaca spion, pegangan pintu, antena dan aksesoris lainnya.

4. Hambatan aliran dalam

Gaya hambat oleh aliran udara yang mengalir melalui sistem pendingin mesin yaitu *radiator*.

Pada kenyataannya hanya hambatan bentuk dan hambatan pusar yang paling

besar pengaruhnya terhadap gaya hambat secara keseluruhan. Gaya hambatan tersebut adalah sebagai fungsi dari kecepatan kuadrat.

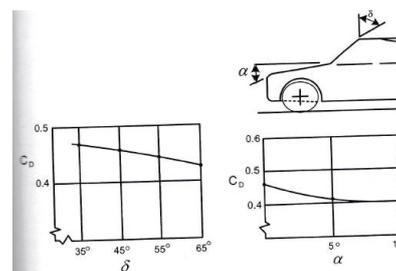
Secara umum perumusan gaya hambat angin adalah:

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

Dimana :

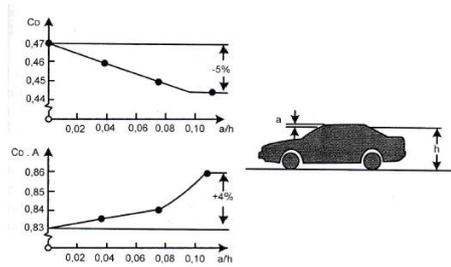
F_d	= Gaya hambat	(N)
ρ	= Masa jenis Fluida	(Kg/m ³)
C_d	= Koefisien drag	
A_f	= Luas Frontal kendaraan	(m ²)
V_a	= Kecepatan fluida	(m/s)

Gambar 2. menunjukkan hasil pengujian pengaruh kemiringan kap mesin (*bonnet*) dan kaca depan (*windshield*) terhadap *drag* yang dilakukan oleh Carr [..]



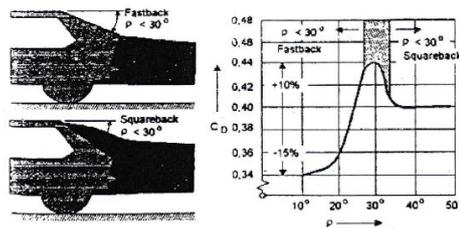
Gambar 2. Efek kemiringan kap mesin dan kaca depan terhadap *drag*

Perbaikan aerodinamik pada bagian atap dari kendaraan dapat dilakukan dengan mendesain atap dengan bentuk *konvex*, aliran udara akan mudah mengalir ke belakang. Jika konveksitas diperbesar, koefisien *drag* dapat diperkecil. Jika bentuk *konvex* didesain sehingga menyebabkan penambahan luas *frontal area*, maka aerodinamik *drag* juga meningkat. Jika tinggi atap asli dibiarkan konstan maka kaca depan dan belakang harus dibuat melengkung menuju *countour* sehingga efek konveksitas dapat dicapai.



Gambar 3. Pengaruh konveksitas pada koefisien drag

Bentuk bagian belakang kendaraan dapat dibedakan menjadi 3 jenis yaitu *squareback* (*van*), *fastback*, dan *notchback* (*saloon*). Separasi yang terjadi pada bentuk *squareback* pada umumnya dimulai dari titik ujung belakang kendaraan sedangkan pada bentuk *fastback* dan *notchback* titik separasi dimulai lebih bawah tergantung desain kemiringan kaca belakang.



Gambar 4. Pengaruh kemiringan bagian belakang terhadap drag

Perbaikan aerodinamik dapat dilakukan dengan desain *taper* pada bagian belakang kendaraan yaitu dengan pembentukan ujung lancip pada bagasi.

Pada bentuk *fastback* besarnya *drag* terhadap kemiringan bagian belakang selain dipengaruhi oleh besarnya *wake* juga dipengaruhi oleh besarnya aliran *vortex* yang terjadi pada bagian belakang kendaraan.

Pada bagian belakang yang mempunyai kemiringan antara 15 derajat sampai dengan 35 derajat besarnya *drag* dan *lift* sangat bervariasi karena adanya pengaruh *vortex* yang cukup besar pada kemiringan tersebut.

Computational Fluid Dynamics atau biasa disingkat CFD baru dimulai penggunaannya pada awal tahun 1970 an merupakan kombinasi dari persamaan-persamaan fisika, matematika numerik dan ilmu komputer untuk mensimulasi aliran fluida. Pada saat ini metodologi CFD semakin banyak digunakan dalam bidang penerbangan, mesin turbo, kendaraan dan desain kapal laut.

Program *Computational Fluid Dynamics (CFD)* mensimulasikan prediksi kualitatif dan kadang juga kuantitatif aliran fluida melalui;

- Model Matematika (*Partial Differential Equation*)
- Metode Numerik (deskrit dan teknik pemecahan masalah)
- Perangkat Lunak (utilitas pra dan pasca proses, pemecahan persoalan)

CFD memungkinkan peneliti dan ahli teknik memperagakan “*numerical experiment*” dalam bentuk simulasi komputer dalam laboratorium virtual. Simulasi numerik aliran fluida akan memungkinkan misalnya;

- Arsitek merancang lingkungan tempat tinggal yang nyaman dan aman
- Perancang kendaraan meningkatkan karakteristik aerodinamik kendaraannya
- Ahli klimatologi dapat memprediksi cuaca dan memberikan peringatan dini terjadinya bencana

3. Metodologi Penelitian

Dipilih parameter sudut kap mesin, sudut kaca depan, konvektivitas dan sudut bagian kendaraan selanjutnya dihitung besar hambatan aerodinamik (*drag*) nya. Desain diseleksi menggunakan Matriks Ortogonal, yaitu suatu matriks yang elemen-elemennya disusun menurut baris dan kolom. Kolom merupakan faktor yang dapat diubah dalam eksperimen. Baris merupakan kombinasi level dari faktor dalam eksperimen.

Kombinasi yang paling rendah hambatan (*drag*) dibuat gambar modelnya dan kemudian disimulasikan dengan CFD.

4. Perhitungan dan Analisis

Menggunakan metoda ortogonal 4^2 ditentukan kombinasi bentuk paling kecil gaya hambatnya. Adapun variabel yang dipilih adalah:

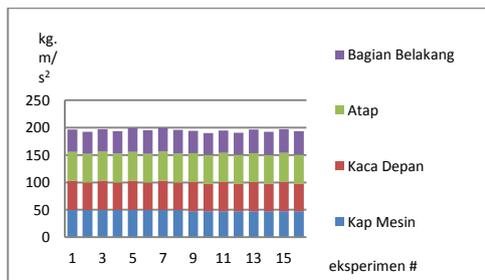
1. Kemiringan Kap Mesin

A1 = 5 derajat	$C_D = 0.42$
A2 = 10 derajat	$C_D = 0.4$
2. Kemiringan Kaca/windshield

B1 = 55 derajat	$C_D = 0.45$
B2 = 65 derajat	$C_D = 0.42$
3. Kelengkungan `Atap

C1 = 0.1	$C_D = 0.445$
C2 = 0.08	$C_D = 0.45$
4. Kemiringan bagian belakang

D1 = 10 derajat	$C_D = 0.34$
D2 = 20 derajat	$C_D = 0.36$

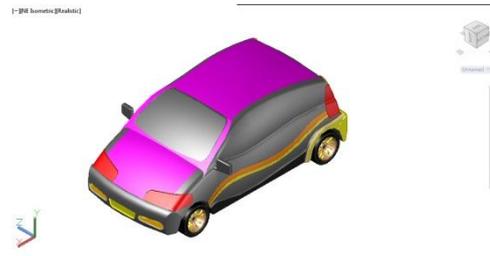


Grafik 1. Daya Hambat Kendaraan pada kecepatan 40 km/h

Dari grafik 1. terlihat eksperimen nomor 10 merupakan kombinasi yang mempunyai daya hambat terendah yaitu sebesar 190.22 kg.m/s²

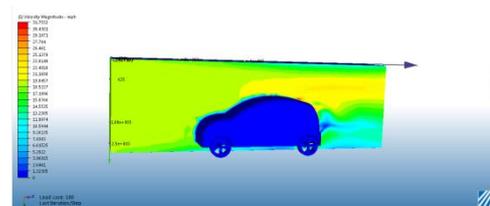
Dari 5 percobaan dengan kecepatan yang berbeda-beda masing-masing 30 km/h, 35 km/h, 40 km/h, 45 km/h dan 50 km/h eksperimen nomor 10 memberikan hasil gaya hambat terendah. Eksperimen nomor 10 ini adalah kombinasi A.2, B.2, C.1 dan D.1 yaitu Kap mesin dengan sudut 10 derajat, Kaca depan dengan sudut 65 derajat, konveksitas 0.1 dan sudut bagian belakang sebesar 10 derajat.

Kombinasi A.2, B.2, C.1 dan D.1 yaitu sudut kap mesin 10 derajat, kemiringan kaca depan 65 derajat, kelengkungan atap 0.1 dan kemiringan belakang 10 derajat dipilih untuk diuji dengan menggunakan CFD pada beberapa kombinasi kecepatan yaitu 50 km/h, 45 km/h, 40 km/h 35 km/h dan 30 km/h

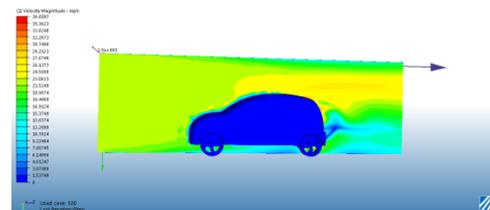


Gambar 5. Model Kendaraan Listrik

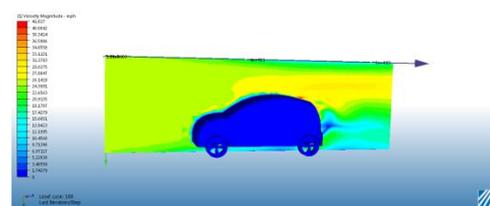
Dengan menggunakan bantuan software Computational Fluid Dynamic (CFD) dapat dilihat laju fluida yang mengalir pada suatu benda dalam hal ini model kendaraan yang dirancang. Disimulasikan model kendaraan listrik berjalan pada kecepatan 30 km/h, 35 km/h, 40 km/h, 45 km/h dan 50 km/h. Hasilnya adalah sebagai berikut:



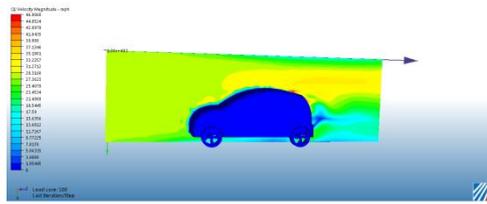
Gambar 6. Pola aliran udara pada kecepatan 30 km/h



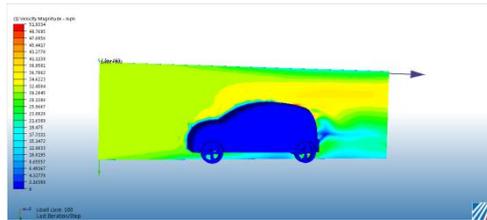
Gambar 7. Pola aliran udara pada kecepatan 35 km/h



Gambar 8. Pola aliran udara pada kecepatan 40 km/h



Gambar 9. Pola aliran udara pada kecepatan 45 km/h



Gambar 10. Pola aliran udara pada kecepatan 50 km/h

5. Kesimpulan

Dari hasil analisis aerodinamik pada bodi kendaraan listrik tipe *citycar* untuk lingkungan kampus dapat disimpulkan bahwa:

Dimensi optimal untuk menghasilkan gaya hambat (*drag*) terendah adalah kap mesin dengan sudut kemiringan 10 derajat, kaca depan (*windshield*) dengan sudut kemiringan 65 derajat, konveksitas atap 1/10 dan sudut kemiringan bagian belakang kendaraan 10 derajat, pada kecepatan 50 km/jam menghasilkan gaya hambatan sebesar 297.22 kg.m/s².

Gaya hambatan terbesar pada kecepatan 50 km/jam yaitu 311.11 kg.m/s² dapat terjadi pada konfigurasi kap mesin dengan sudut kemiringan 5 derajat, kaca depan (*windshield*) dengan sudut kemiringan 55 derajat, konveksitas atap 0.08 dan sudut kemiringan bagian belakang kendaraan 20 derajat.

Konsep bodi kendaraan dengan kap mesin dengan sudut kemiringan 10 derajat, kaca depan (*windshield*) dengan sudut kemiringan 65 derajat, konveksitas atap 1/10 dan sudut kemiringan bagian belakang kendaraan 10 derajat dianalisa menggunakan *Computational Fluid Dynamic* (CFD) dengan kecepatan 30 km/jam, 35 km/jam, 40 km/jam, 45 km/jam dan 50 km/jam. Terlihat pada tiap tingkat kecepatan aliran udara dapat melalui permukaan bodi kendaraan dengan lancar. Tidak terdeteksi adanya perlambatan kecepatan aliran udara

pada bagian depan kendaraan. Terjadi perlambatan kecepatan aliran udara yang ditunjukkan dengan warna biru pada permukaan bodi kendaraan yang dapat dikategorikan wajar karena adanya gesekan antara udara dengan permukaan bodi kendaraan.

Indikasi kecepatan aliran udara yang lebih lambat dari pada kecepatan yang diberikan terjadi pada bagian belakang kendaraan digambarkan dengan warna biru. Kecepatan rendah pada bagian ini menimbulkan tekanan rendah memberikan efek gaya yang berlawanan dengan arah kendaraan. Fenomena ini dibuktikan pada pengujian tekanan statis (*static pressure*), terjadi tekanan yang lebih rendah pada bagian belakang kendaraan digambarkan dengan warna hijau tua nilai tekanan statis dibagian ini antara -90.6 Pa sampai dengan -53.34 Pa.

6. Saran

Analisis aerodinamik pada bodi kendaraan listrik tipe *citycar* untuk lingkungan kampus dapat dilanjutkan dan dikembangkan secara spesifik di bagian belakang kendaraan berupa aplikasi alat tambahan berupa *rear spoiler* untuk mengurangi gaya hambat dibagian ini.

Pembuatan *model* kendaraan yang selanjutnya diuji melalui terowongan angin akan memberikan pemahaman lebih jauh mengenai gaya hambat yang terjadi.

Daftar Pustaka

1. Budy Suswanto dan Nurida Finahari. 2013, Studi Pengaruh Model Mobil dan Variasi Kecepatan Angin Terhadap Gaya Drag, *Widya Teknika* Vol.20 No.1 : 14-19.
2. Bruce R. Munson, Donald F. Young, Theodore H. Okiishi and Wade W. Huebsch, 2009, *Fundamentals of Fluid Mechanics*, John Wiley & Sons, Inc.
3. D. Ramasamy, K. Kadirgama, A.K. Amirruddin and M.Y. Taib, 2010, *A Vehicle Body Drag Analysis, Using Computational Fluid Dynamics*, National Conference in Mechanical Engineering Research and Postgraduate Students: 342-353

4. Dr. Herminarto Sf dan Gunadi, S.Pd. 2004, Perancangan Bodi Kendaraan, Jurusan Pendidikan Teknik, Fakultas Teknik UNY.
5. Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc.,Ph.D. dan Dr. Ir. Bambang Sampurno, MT. 2010, Teknologi Otomotif, Penerbit Guna Widya, Surabaya, Indonesia.
6. Soejanto, Irwan, 2009, Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi, Graha Ilmu.
7. J. Brazek, 2001, *Computational Fluid Dynamics: Principle and Application*. Alstom Power Ltd. Baden-Daetwil, Switzerland.
8. Klaus A, Hoffmann and Steve T. Chiang, 2000, *Computational Fluid Dynamics volume I*, Engineering Educations System, Wichita, Kansas, USA.
9. Kogilan A/L Govindasamy, 2009, *Design and Analysis of a Rear Wheel Cover for a Car using Computational Fluid Dynamic (CFD)*, Faculty of Mechanical Engineering Universiti Malaysia Pahang.
10. Li-Xin Guo, Yi-Min dan Wei-Jun Shen. 2011. *Simulation Analisis of Aerodynamics Characteristics of Different Two-Dimensional Automobile Shape*. Journal of Computer Vol. 6. No. 5: 999-1005.
11. Lorenzo Morello, Lorenzo Rosti Rossini, Giuseppe Pia and Andrea Tonoli, 2011, *The Automotive Body, volume I: Component Design*, Springer.
12. Lorenzo Morello, Lorenzo Rosti Rossini, Giuseppe Pia and Andrea Tonoli, 2011, *The Automotive Body, volume II: System Design*, Springer