

ANALISIS NILAI KOEFISIEN DRAG PADA MODEL MOBIL LISTRIK WASAKA

- 1) Staf Pengajar Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat, Jl. A. Yani Km. 36 Banjarbaru, Kalimantan Selatan 70714
- 2) Staf Pengajar Teknik Elektro, Politeknik Negeri Banjarmasin

Correponding email ^{1*)} :
gunawan.cahyono@ulm.ac.id

Received: 09-09-2019

Accepted: 08-10-2019

Published:28-12-2019

©2019 Politala Press.
All Rights Reserved.

**Gunawan Rudi Cahyono¹⁾, Hajar Isworo¹⁾, Abdul Gofur¹⁾,
Rachmat Subagyo¹⁾, Joni Riadi ²⁾**

Abstrak. Mayoritas desain mobil mempunyai kepentingan yang sama terhadap penghematan penggunaan bahan bakar atau sumber energinya. Pertimbangan hambatan udara pada saat mobil berjalan menjadi salah satu faktor penting. Penggunaan panel surya dengan daya proporsional untuk memaksimalkan kebutuhan charging pada batere mobil listrik sangat diharapkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat aerodinamis pada desain model mobil listrik wasaka yang proporsional dengan tetap melibatkan penempatan panel surya pada body mobil, dengan memanfaatkan simulator pada software aplikasi. Parameter desain yang digunakan yaitu bentuk bagian depan dan atap serta dimensi pada bagian atap mobil. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa model mobil wasaka dengan lengkung pada bagian depan dan bentuk atap datar dan paling panjang mempunyai sifat aerodinamis yang lebih baik dari model lainnya dengan nilai koefisien drag dan gaya drag terendah serta daya panel surya terbesar
Kata Kunci: desain mobil, Aerodinamis, Drag, panjang atap mobil, Daya Panel Surya

Abstract. The majority of car designs have the same importance to saving fuel usage or energy sources. Consideration of air resistance when the car is running is one important factor. The use of solar panels with proportional power to maximize the charging needs of electric car batteries is desirable. This study aims to determine the aerodynamic level in the design of the wasaka electric car model which is proportional to the still involves the placement of solar panels on the car body, by utilizing a simulator on application software. The design parameters used are the shape of the front and roof and dimensions on the car roof. From the results of the study it was found that the wasaka car model with curvature on the front and the shape of the flat and longest roof has better aerodynamic properties than other models with the lowest coefficient of drag and drag force and the largest solar panel power
Keywords: car design, Aerodynamics, Drag, car roof length, Solar Panel Power

To cite this article at <https://doi.org/10.34128/je.v6i2.100>

1. Pendahuluan

Kebutuhan akan kendaraan operasional ramah lingkungan yang diperlukan untuk survey atau antar jemput dengan jarak dekat dan kecepatan rendah dalam wilayah perkantoran, industri, hotel – hotel, tempat wisata ataupun kampus-kampus sudah semakin berkembang. Penggunaan sumber energi terbarukan ataupun energi listrik yang sebagai energi penggeraknya, menjadi alternatif yang sangat diharapkan. Desain mobil jenis ini, memungkinkan menggunakan model *Golf Cart* yang dapat dilengkapi dengan batere sebagai sumber listriknya dan panel surya untuk kebutuhan *charging* saat mobil sedang berjalan[1].

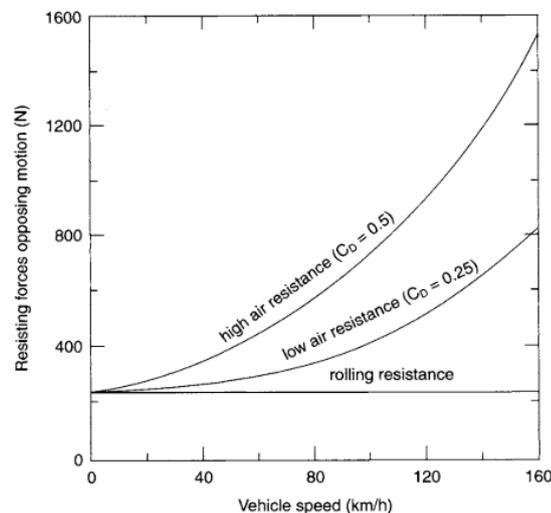
Mayoritas desain mobil mempunyai kepentingan yang sama terhadap penghematan penggunaan bahan bakar atau sumber energinya. Pertimbangan hambatan udara pada saat mobil berjalan menjadi salah satu faktor

penting. Konsep *aerodinamis* mempertimbangkan benda padat yang bergerak dan terjadi interaksi antara body mobil dan udara disekitarnya dengan perubahan kecepatan relatif dan arah angin. Meskipun pada kecepatan rendah tidak begitu signifikan, namun seiring meningkatnya kecepatan, maka hambatan udara perlu diperhitungkan.[2]. Untuk mobil listrik yang menempatkan panel surya dengan daya besar pada *body* mobil, akan menjadi hal yang cukup rumit jika ingin mendapatkan hambatan udara yang rendah. Panel surya dengan daya 100 WP mempunyai dimensi yang lebih besar dibandingkan dengan panel surya daya 50 WP. Semakin besar daya yang diinginkan, maka dimensi panel akan semakin besar. Hal ini akan mempengaruhi dimensi dan bentuk *body* mobil yang akan direncanakan. Maka dari itu pertimbangan *aerodinamis* dapat dianalisis untuk mendapatkan desain mobil listrik dengan tingkat hambatan udara yang proporsional dengan tetap melibatkan penempatan panel surya pada *body* mobil.

Desain mobil pada penelitian ini menempatkan panel surya pada *body* mobil dan menggunakan bahan plat galvanis sebagai bahan utama pembuatan *body* mobil listrik untuk disimulasikan dan dianalisis aerodinamisnya. Berdasarkan permasalahan di atas, maka penyusun mengambil judul “Analisis Nilai Koefisien *Drag* pada Model Mobil Listrik Wasaka”.

2. TinjauanPustaka

Gaya aerodinamika menjadi hal yang penting karena mempengaruhi laju kendaraan dan konsumsi bahan bakar. Gambar 1 menunjukkan perbandingan nilai hambatan udara dan hambatan *rolling* terhadap perubahan kecepatan kendaraan.



Gambar 1. Grafik Perbandingan Hambatan udara *aerodinamis drag* dan hambatan *rolling*[2]

Hambatan *rolling* berkaitan dengan *deformasi* terus menerus terhadap roda mobil. Hambatan tersebut mempunyai nilai yang relatif terhadap perubahan kenaikan kecepatan. Sementara semakin meningkatnya kecepatan kendaraan, akan berpengaruh terhadap gaya yang melawan dari gerak laju kendaraan. Hal ini tergantung pada besar kecilnya hambatan udara *aerodinamis drag*. Meskipun kendaraan dengan hambatan udara yang tinggi tidak begitu signifikan menghambat akselerasinya namun cenderung menghambat untuk mencapai kecepatan maksimalnya serta berpengaruh terhadap meningkatnya konsumsi bahan bakar.[2]

Kedua hambatan ini disebut beban jalan atau *road load*. Daya yang harus disediakan oleh mesin mobil untuk mengatasi kedua beban tersebut merupakan perkalian antara kecepatan dan beban jalan[3]. Pada mobil listrik, akibat gaya ini mengakibatkan beban motor listrik meningkat seiring dengan meningkatnya kecepatan. Konsumsi arus pada baterai juga ikut meningkat. Sehingga baterai harus mempunyai daya yang diperlukan untuk mengatasi beban tersebut. Penempatan panel surya yang tidak diperhitungkan pada *body* mobil dapat menambah hambatan. Karena seperti lekukan atau tonjolan pada permukaan mobil seperti spion, lekukan pintu dan lainnya akan menambah hambatan gangguan (*interference drag*). Termasuk hambatan pada bagian bawah mobil (*underbody drag*). Upaya untuk mengurangi hambatan tersebut dapat menjadi hal yang cukup rumit, karena berkaitan dengan bentuk dasar benda.

2.1. Lapisan Batas

Lapisan batas adalah suatu daerah dimana fluida mengalami deformasi geser. Gambar 2 menunjukkan aliran pada benda tipis yang panjang, seperti airfoil atau pelat datar paralel. Hipotesa yang disampaikan oleh Prandtl bahwa bagaimanapun kecilnya nilai viskositas, fluida seharusnya masih tetap memenuhi kondisi *no-slip* pada permukaan. Sehingga pada permukaan, kecepatan fluida harus meningkat dari 0 (no) ke suatu nilai yang mendekati kecepatan aliran bebas pada jarak pendek diatas permukaan. Daerah ini lah yang disebut lapisan

batas. Hal ini dapat menjelaskan mengapa dalam aliran bilangan Reynolds tinggi muncul tahanan bentuk dan tahanan friksi. [3][4]

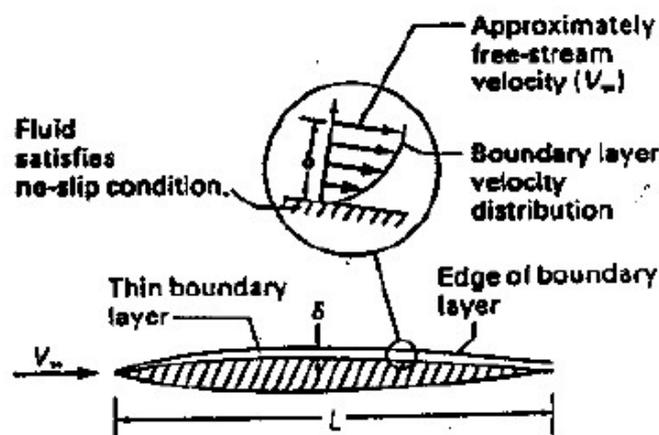
Hubungan antara lapisan batas dan bilangan Reynolds diperlihatkan pada persamaan dibawah ini :

$$\frac{\delta}{L} \sim \sqrt{\frac{\nu}{V\infty L}} = \frac{1}{\sqrt{Re}}(1)$$

Keterangan :

- δ = tebal lapisan batas (m)
- L = panjang karakteristik (m)
- ν = viskositas kinematik fluida (m²/s)
- $V\infty$ = kecepatan fluida relatif terhadap obyek (m/s)
- Re = Reynolds number

Dari persamaan tersebut dapat disimpulkan, semakin tinggi bilangan Reynold maka lapisan batasakan semakin kecil.



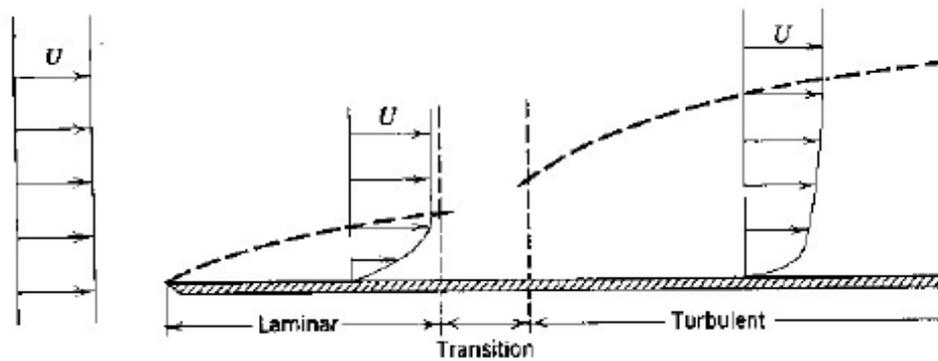
Gambar 2. Lapisan batas viskos tipis dengan bilangan Reynolds tinggi[4]

Tegangan geser menyatakan pengaruh gesekan. Dinyatakan dalam *shear stres*, τ . Kondisi kecepatan fluida diatas permukaan adalah nol ini yang disebut sebagai *Velocity Gradien* (μ). Tegangan geser terjadi akibat adanya μ yang besar. Hubungan matematisnya dapat ditunjukkan sebagai berikut :

$$\tau = \mu \frac{\partial u}{\partial y}$$

Apabila tegangan geser semakin menjauh dari permukaan, menyebabkan *Velocity Gradien* semakin mengecil, sehingga tegangan geser dapat diabaikan. Keberadaan lapisan batas yang tipis akan memiliki pengaruh yang kecil terhadap distribusi tekanannya. Pada pelat datar, keberadaan lapisan batas pada dasarnya tidak menyebabkan perubahan bentuk garis arus (*streamline shapes*). Nilai bilangan Reynoldsnya dapat menentukan aliran pada lapisan batas bisa laminar atau turbulen. Jika bilangan Reynoldsnya kecil, maka suatu pelat selalu laminar. Seperti aliran didalam lapisan batas dekat ujung depan (*leading edge*). Pelat yang cukup panjang, terjadi transisi aliran ke turbulensi dan turbulen pada bagian hilir dari pelat. Gangguan aliran oleh turbulensi atau kekasaran dalam aliran di luar lapisan batas mengakibatkan transisi terjadi lebih dekat ke ujung depan (*leading edge*)[4].

Gambar 3 mengilustrasikan secara kualitatif pertumbuhan lapisan batas pada pelat datar tersebut. Dikarenakan oleh pencampuran yang meningkat dalam aliran turbulen, lapisan batas turbulen memiliki tegangan geser yang lebih besar daripada lapisan batas laminar. Seperti halnya, permukaan kasar mengalami tegangan yang lebih besar daripada permukaan halus.[3][4]



Gambar 3. Lapisan batas pada suatu pelat datar (ketebalan vertikal sangat diletakkan)

2.2 Koefisien Drag

Gaya tahanan (drag) dan Gaya angkat (lift) menjadi 2 hal yang mempengaruhi dalam desain mobil. Gaya tahanan merupakan tahanan yang diberikan oleh fluida yang mengalir terhadap suatu objek dalam arah parallel terhadap aliran tersebut. Sedangkan gaya angkat adalah komponen dari tekanan dan gaya geser dinding dalam arah tegak lurus terhadap aliran [5]. Persamaannya dapat dituliskan sebagai berikut :

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2}\rho V^2 A}$$

$$C_L = \frac{F_L}{\frac{1}{2}\rho V^2 A}$$

Dimana:

C_D = Koefisien drag

C_L = Koefisien lift

F_D = gaya tahanan (N)

F_L = gaya angkat (N)

ρ = densitas fluida (kg/m³)

V = kecepatan upstream (m/s)

A = Area frontal (m²)

Nilai koefisien drag dapat digunakan untuk menentukan tipe mobil yang sesuai dengan desain peruntukannya. Klasifikasi tipe mobil berdasarkan besarnya nilai Coefisien drag seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi tipe mobil berdasar koefisien drag [2]

No	Type Mobil	Koefisien Drag
1	Saloon car	0.22 - 0.4
2	Sports car	0.28 - 0.4
3	Light van	0.35 - 0.5
4	Buses and coaches	0.4 - 0.8
5	Articulated trucks	0.55 - 0.8
6	Ridged truck and draw bar trailer	0.7 - 0.9

2.3 Daya Panel Surya

Panel surya di pasaran domestik memiliki kapasitas daya yang bervariasi. Sementara dimensinya berbanding lurus dengan kapasitas dayanya. Untuk daya 50 WP mempunyai rata-rata dimensi 775 x 680 x 28 mm dan 100 WP mempunyai rata-rata dimensi 1085 x 675 x 25 mm. Mobil listrik memungkinkan menggunakan panel surya untuk keperluan *charging* baterai. Pertimbangan dimensi dan daya *charging* menjadi hal yang rumit jika keinginan untuk memenuhi ideal arus *charging*, mengharuskan memasang panel surya dengan jumlah yang dapat saja mempengaruhi koefisien drag.

Untuk batere sumber mobil listrik dengan tegangan 48 Volt, akan digunakan 4 panel surya 50 WP – 12 Volt/2.8 Ah yang di hubung seri. Sehingga total tegangan menjadi 48 Volt namun arus tetap 2.8 A. Daya yang di berikan oleh panel surya adalah :

$$P = V \times I$$

$$P = 48 \text{ V} \times 2.8 \text{ Ah}$$

$$P = 134.4 \text{ Wh}$$

Dengan asumsi 6 jam efektif mendapat cahaya matahari, maka total daya per hari adalah :

$$P = 134.4 \times 6$$

$$P = 806.4 \text{ Wh}$$

Efektif untuk kebutuhan *charging* dengan efisiensi 90% [1] didapatkan daya sebesar :

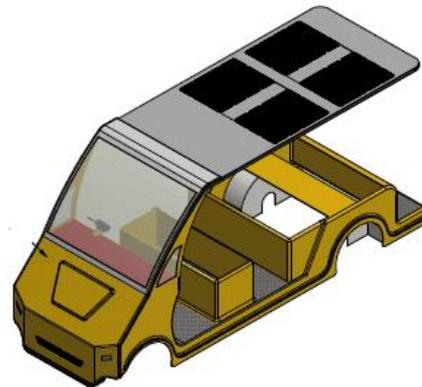
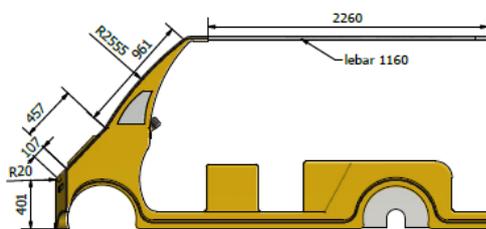
$$P = 806.4 \text{ Wh} \times 90\%$$

$$P = 725.76 \text{ Wh.}$$

3. Metode Penelitian

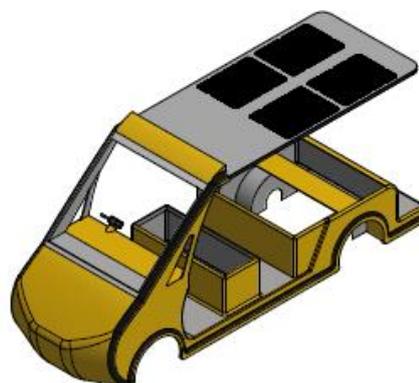
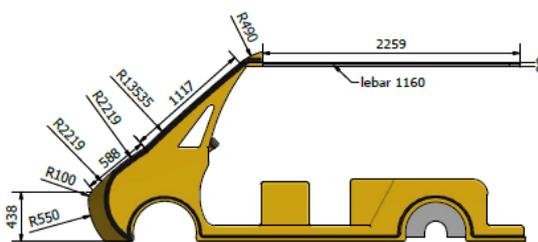
Penelitian ini menggunakan metode simulasi dengan memanfaatkan fitur *Autodesk Flow Design (AFD)* untuk keperluan analisis desain. Variabel penelitian yang digunakan adalah :

a. Variabel bebas : Menggunakan 4 variasi desain. Perbedaan utama pada bagian depan mobil dan bagian atap untuk penempatan panel surya dan jumlah panel suryanya, dengan daya 50 WP dan dimensi 775 x 680 x 28 mm per panel.



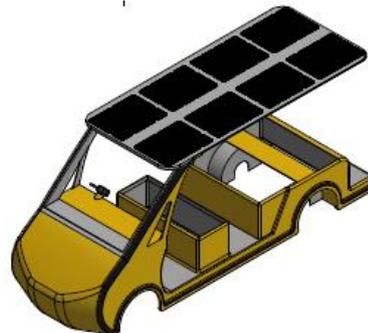
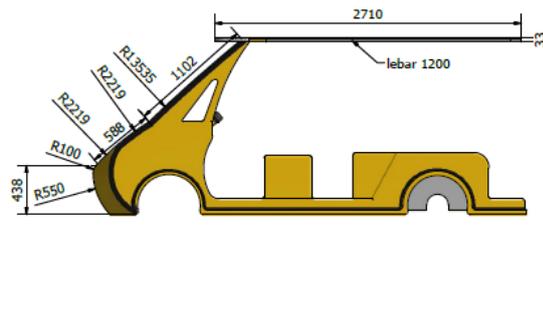
- Pada bagian atap ditempatkan 4 buah panel surya

Gambar 4. Model Wasaka 1



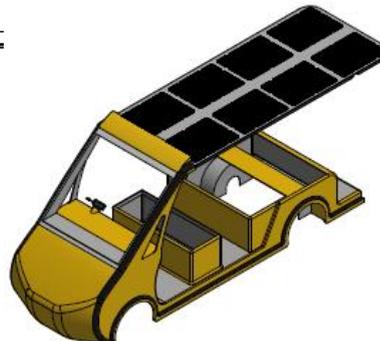
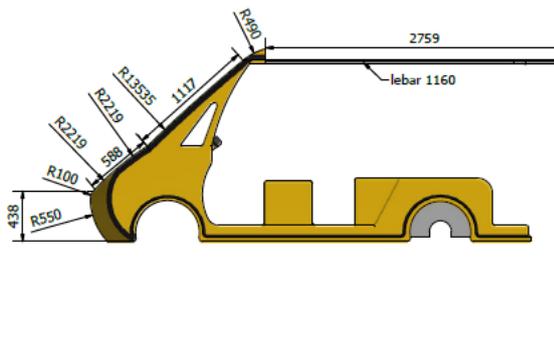
- Pada bagian atap ditempatkan 4 buah panel surya

Gambar 5. Model Wasaka 2



- Pada bagian atap ditempatkan 8 buah panel surya

Gambar 6. Model Wasaka 3



- Pada bagian atap ditempatkan 8 buah panel surya

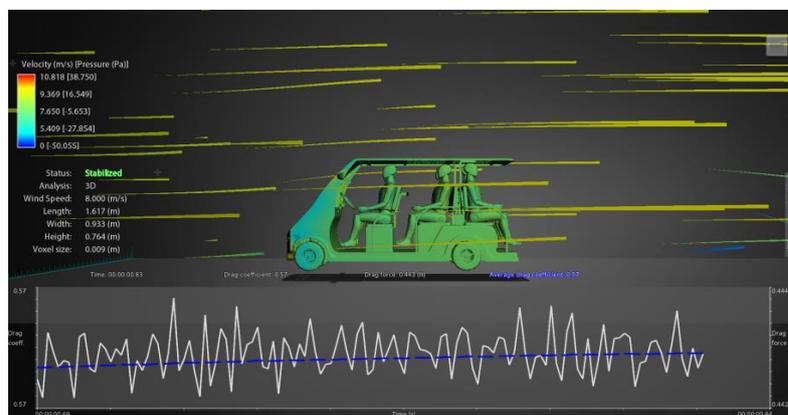
Gambar 7. Model Wasaka 4

- Variabel terikat yang dialami oleh *body* mobil dalam penelitian ini adalah
 - koefisien drag
 - gaya drag
 - *Velocity* (kecepatan udara)
 - Tekanan
- Variabel yang dikendalikan adalah :
 - aliran fluida dengan jenis Udara, dan diasumsikan stabil pada kecepatan udara 8 m/s
 - Tidak ada perubahan massa jenis pada fluida

4. Hasil dan Pembahasan

Pengujian analisis aerodinamis mobil listrik pada masing-masing model Wasaka menggunakan software Autodesk *Flow Design* [6][7].

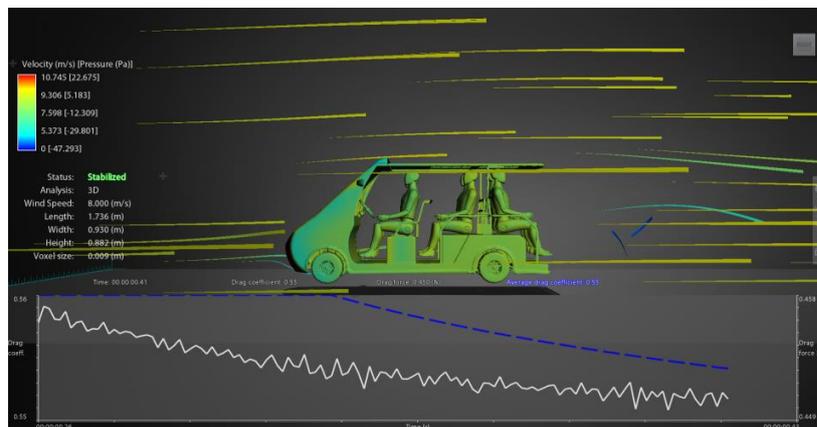
- Model wasaka 1; Pada Gambar 8 menunjukkan pengujian koefisien gesek atau Cd 0.57. Dengan nilai rata-rata untuk koefisien drag sebesar 0.57. Gaya drag dari kecepatan di atas atau mengkonversi koefisien drag sebesar 0.443 N. Sedangkan untuk perbandingan antara *Velocity* (m/s) dengan tekanan (Pa), didapatkan nilai tertinggi *Velocity* sebesar 10.818 m/s, dan nilai tertinggi dari tekanan (Pa) adalah 38.750 Pa. Adapun nilai terendah dari *Velocity* (m/s) adalah 0 karena pengujian windtunnel berada pada posisi diam atau 0, sedangkan pressure terendah atau tekanan adalah -50.055 Pa



Gambar 8. Pengujian Aerodinamika pada Model Wasaka 1

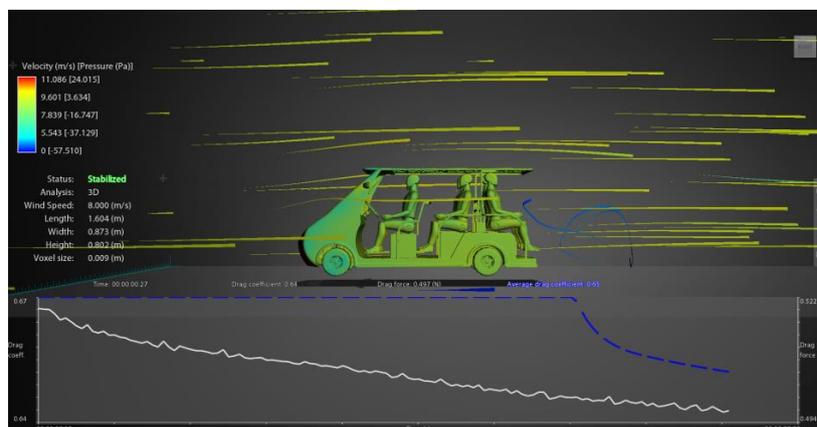
- b. Model wasaka 2; Pada Gambar 9, menunjukkan pengujian koefisien gesek atau C_d 0,55. Dengan nilai rata-rata untuk koefisien drag sebesar 0.55. Gaya drag dari kecepatan di atas atau mengkonversi koefisien drag sebesar 0.450 N. Sedangkan untuk perbandingan antara *Velocity* (m/s) dengan tekanan (Pa), didapatkan nilai tertinggi *Velocity* sebesar 10.745 m/s, dan nilai tertinggi dari tekanan (Pa) adalah 22.675 Pa. Adapun nilai terendah dari *Velocity* (m/s) adalah 0 karena pengujian windtunnel berada pada posisi diam atau 0, sedangkan preassure terendah atau tekanan adalah -47.293 Pa

Model wasaka 1 dan wasaka 2 memiliki panjang atap mobil listrik proporsional untuk penempatan 4 panel surya. Sehingga didapatkan daya efektif untuk kebutuhan *charging* batere sebesar 725.76 Wh atau 0.726 KWh



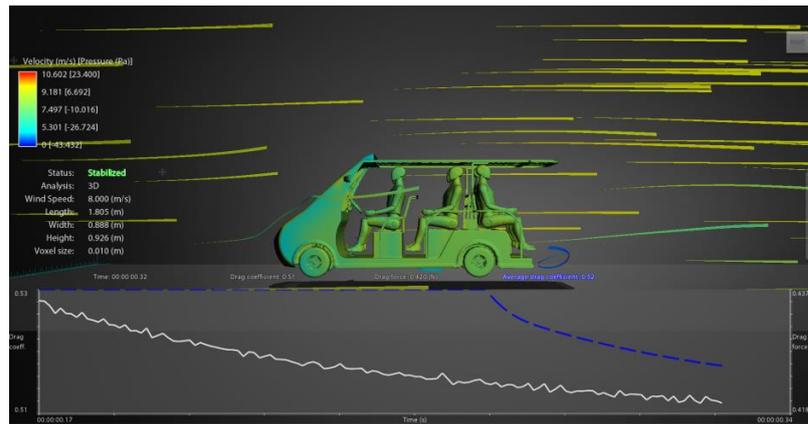
Gambar 9. Pengujian Aerodinamika pada Model Wasaka 2

- c. Model wasaka 3; Pada Gambar 10, menunjukkan pengujian koefisien gesek atau C_d 0,64. Dengan nilai rata-rata untuk koefisien drag sebesar 0.65. Gaya drag dari kecepatan di atas atau mengkonversi koefisien drag 0.497 N. Sedangkan untuk perbandingan antara *Velocity* (m/s) dengan tekanan (Pa), didapatkan nilai tertinggi *Velocity* sebesar 11.086 m/s, dan nilai tertinggi dari tekanan (Pa) adalah 24.015 Pa. Adapun nilai terendah dari *Velocity* (m/s) adalah 0 karena pengujian windtunnel berada pada posisi diam atau 0, sedangkan preassure terendah atau tekanan adalah -57.510 Pa



Gambar 10. Pengujian Aerodinamika pada Model Wasaka 3

- d. Model wasaka 4; Pada Gambar 11, menunjukkan pengujian koefisien gesek atau C_d 0,51. Dengan nilai rata-rata untuk koefisien drag sebesar 0.52. Gaya drag dari kecepatan di atas atau mengkonversi koefisien drag 0.420 N. Sedangkan untuk perbandingan antara *Velocity* (m/s) dengan tekanan (Pa), didapatkan nilai tertinggi *Velocity* sebesar 10.602 m/s, dan nilai tertinggi dari tekanan (Pa) adalah 23.415 Pa. Adapun nilai terendah dari *Velocity* (m/s) adalah 0 karena pengujian windtunnel berada pada posisi diam atau 0, sedangkan preassure terendah atau tekanan adalah -43.432 Pa



Gambar 11. Pengujian Aerodinamika pada Model Wasaka 4

Model wasaka 3 dan wasaka 4 memiliki panjang atap mobil listrik proporsional untuk penempatan 8 panel surya. Dengan konfigurasi rangkaian per 4 panel dihubungkan secara paralel untuk tetap mendapatkan tegangan efektif 48 Volt[8]. Sementara total arus adalah 2 x 2.8 Ah. Sehingga didapatkan daya efektif untuk kebutuhan *charging* batere :

$$P = V \times I$$

$$P = 48 \text{ V} \times 5.6 \text{ Ah}$$

$$P = 268.8 \text{ Wh}$$

Dengan asumsi 6 jam efektif mendapat cahaya matahari, maka total daya per hari adalah :

$$P = 268.8 \times 6$$

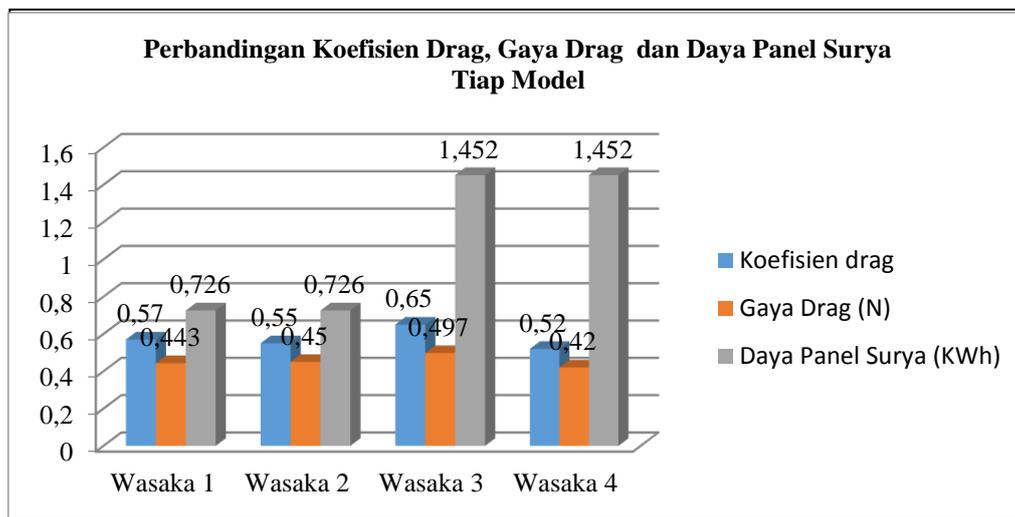
$$P = 1612.8 \text{ Wh}$$

Efektif untuk kebutuhan *charging* dengan efisiensi 90% [1] didapatkan daya sebesar :

$$P = 1612.8 \text{ Wh} \times 90\%$$

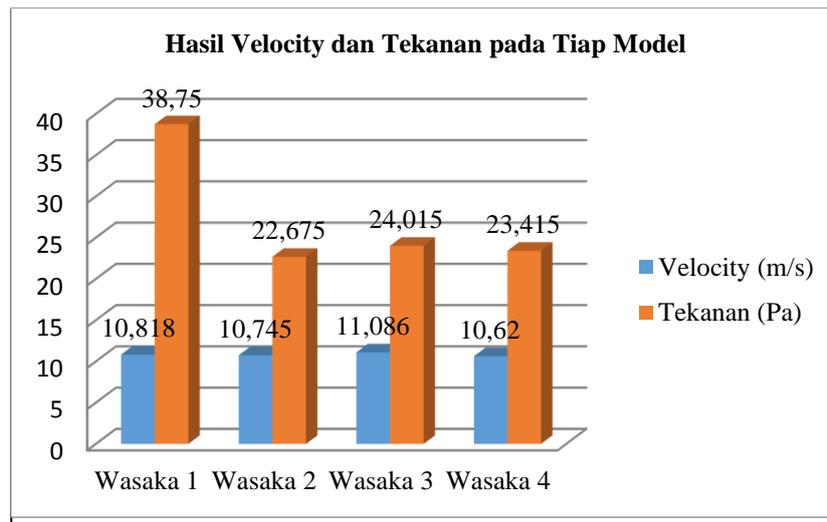
$$P = 1451.52 \text{ Wh atau } 1.452 \text{ KWh}$$

Dari hasil pengujian masing-masing model untuk nilai koefisien drag, gaya drag, *velocity*, tekanan dan daya panel surya dapat direpresentasikan dalam bentuk grafik perbandingan antara koefisien, gaya drag dan daya panel surya ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik koefisien drag, gaya drag dan daya panel surya setiap model

Berdasarkan grafik pada Gambar 12, koefisien drag terendah sebesar 0.52, gaya drag terendah sebesar 0.42 N dan dengan daya panel surya terbesar pada model Wasak 4,. Hal ini menunjukkan bahwa besarnya koefisien drag berbanding lurus dengan gaya drag. Dan dengan daya yang lebih besar.



Gambar 13. Grafik *velocity* dan tekanan setiap model

Berdasarkan grafik pada Gambar 13, didapatkan nilai *velocity* atau kecepatan udara maksimum tertinggi pada model Wasaka 3 sebesar 11.086 m/s, dengan tekanan yang dihasilkan sebesar 24.015 Pa, namun bukan merupakan tekanan tertinggi. Sementara pada model Wasaka 1 dengan nilai *velocity* atau kecepatan udara 10.818 m/s dihasilkan Tekanan tertinggi dari seluruh model sebesar 38.75 Pa.

Pada model wasaka 3, meskipun pada bagian depan mobil aliran fluida mengarah ke laminar, namun aliran fluida bergeser pada bagian depan atap ke arah *turbulen*. Hal ini berbeda dengan model wasak 1, 2 dan 4.

Pada model wasaka 1, mempunyai bagian depan yang memungkinkan gaya bekerja lebih tegak lurus dan merata pada permukaan bidangnya dibandingkan pada model wasaka 2,3 dan 4[9]. Sehingga tekanan yang terjadi dengan nilai 38.75 Pa merupakan tekanan tertinggi dari semua model.

Pada model wasaka 4 mempunyai nilai *velocity* atau kecepatan udara paling rendah sebesar 10.62 m/s. meskipun tekanan yang dihasilkan bukan merupakan tekanan terendah, namun mempunyai selisih yang tidak begitu signifikan terhadap tekanan pada model wasaka 2. Hal ini dipengaruhi pertambahan panjang bagian atap model wasaka 4.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan terhadap 4 variasi model mobil listrik wasaka, maka dapat disimpulkan bahwa model Wasaka 4 mempunyai nilai koefisien drag (0,52), gaya drag (0.42 N) paling rendah dan daya panel surya paling besar (1.452 KWh) dibandingkan dengan ketiga model lainnya, sehingga mempunyai sifat aerodinamis dan penyediaan daya *Charging* yang paling baik, mempunyai nilai *velocity* atau kecepatan udara paling rendah sebesar 10.62 m/s. meskipun tekanan yang dihasilkan bukan merupakan tekanan terendah, namun mempunyai selisih yang tidak begitu signifikan terhadap tekanan paling rendah pada model wasaka 2 (22.675 Pa). Hal ini dipengaruhi adanya pertambahan panjang pada bagian atap model wasaka 4, yang memiliki tekanan sebesar 23.415 Pa. Pertimbangan pemilihan model mobil listrik lebih ditekankan pada aliran fuida yang mengarah pada bagian depan mobil agar gaya yang bekerja tidak tegak lurus dan merata pada permukaan bidangnya, atau pada bentuk bagian depan atapnya untuk menghindari *turbulen*, meskipun mempunyai atap yang lebih panjang namun datar.

Daftar Pustaka

- [1] M. A. Shaikh. (2019). "Design of an Electric Golf Cart with Batteries & Solar Panel for 6 Seat Capacity," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 6, no. 2, pp. 2103–2122.
- [2] H. Heisler. (2002). "Vehicle body aerodynamics," in *Advanced Vehicle Technology*, p. 593.
- [3] Y. Hafitsah. (2016). "Analisa Geometri Bodi Mobil dan Aerodinamis Material Berbahan Dasar Serat Fiber," Universitas medan area.
- [4] dkk Munson, Bruce, *Fundamentals of Fluid Mechanics*, 5th ed. New york: John Wiley&Co., 2002.
- [5] N. A. Hidayati, F. Setiaji, M. Yaqin, D. M. Ulfa, and M. A. Choiron. (2017). "Analisis aerodinamis pada variasi bentuk ekor desain bodi mobil hemat energi," *J. Energi dan Manufaktur*, vol. 10, no. 2, pp. 66–70.
- [6] J. D. Stjepan Galamboš. (2015). *Design And Analysis Of Car Body Using Cfd Software*. University of Banjaluka.
- [7] L. S. Hansen. (2018) *Autodesk Inventor 2019 A Tutorial Introduction*.

- [8] M. S. ing. Bagus Ramadhani. (2018) *Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH Energising Development (EnDev) Indonesia dan Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi (DJ EBTKE) Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) Republik Indone.
- [9] G. Rubiono and H. Mujianto. (2014).“PENGARUH BENTUK PENGARAH ANGIN (DEFLECTOR) TERHADAP KARAKTERISTIK AERODINAMIS KENDARAAN NIAGA (TRUCK) Jl . Ikan Tongkol No . 22 Banyuwangi 68416 ABSTRACT Aerodynamic is a branch of science which study the effect of wind to an object . Transport vehicl,” *ROTOR*, vol. 7, no. April, pp. 6–10.

