



Perbandingan Kinerja Aerodinamika Berbagai Geometri Bodi terhadap Gaya Hambat dan Gaya Angkat pada Kendaraan Hemat Energi

Reinaldi Teguh Setyawan ^{1*}, Ibnu Hajar ¹ dan Gunawan ²

Sitasi: Setyawan, Reinaldi Tehug; Hajar, Ibnu; Gunawan. (2025). Perancangan Awal Bodi Kendaraan Hemat Energi Berbasis Analisis Bentuk dan Estimasi Gaya Hambat. J-TETA: Jurnal Teknik Terapan, V(4) N(2), hlm. 74-79



Copyright: © 2025 oleh para penulis. Karya ini dilisensikan di bawah Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License. (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

¹ Politeknik Negeri Bengkalis;

² Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan Tegal;

* Korespondensi: reinaldi@polbeng.ac.id

Abstract: The geometric shape of a vehicle's body plays a critical role in determining aerodynamic efficiency, particularly in lightweight, energy-efficient vehicles. This study analyzes and compares the aerodynamic performance of three body shapes—boxy, wedge, and streamline—based on mathematical calculations using physical parameters and aerodynamic coefficients sourced from established technical literature. Drag force (F_d) and lift force (F_l) were calculated using classical aerodynamic formulations, referring to Bernoulli's principle and standard fluid dynamics equations, at a constant vehicle speed of 60 km/h with frontal area estimations derived from proportional two-dimensional sketches. The results indicate that the streamline body yields the lowest aerodynamic forces, with a drag force of 38.27 N and a lift force of 15.31 N, significantly lower than the boxy shape which generates 64.12 N and 37.10 N, respectively. This demonstrates the effectiveness of streamlined geometry in reducing air resistance and improving vertical stability. In conclusion, theoretical aerodynamic analysis can provide reliable early-stage design insights for energy-efficient vehicles without the need for complex simulations.

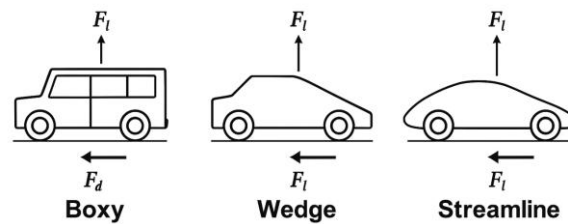
Keywords: Aerodynamic efficiency; Drag force; Energy-efficient vehicle; Lift force; Streamline geometry;

Abstrak: Bentuk geometris bodi kendaraan memainkan peran penting dalam menentukan efisiensi aerodinamis, terutama pada kendaraan ringan dan hemat energi. Studi ini menganalisis dan membandingkan kinerja aerodinamis dari tiga bentuk bodi kotak, baji, dan streamline berdasarkan perhitungan matematis menggunakan parameter fisik dan koefisien aerodinamis yang bersumber dari literatur teknis yang mapan. Gaya hambat (F_d) dan gaya angkat (F_l) dihitung menggunakan formulasi aerodinamis klasik, mengacu pada prinsip Bernoulli dan persamaan dinamika fluida standar, pada kecepatan kendaraan konstan 60 km/jam dengan estimasi luas frontal yang diperoleh dari sketsa dua dimensi proporsional. Hasilnya menunjukkan bahwa bodi streamline menghasilkan gaya aerodinamis terendah, dengan gaya hambat 38,27 N dan gaya angkat 15,31 N, secara signifikan lebih rendah daripada bentuk kotak yang menghasilkan 64,12 N dan 37,10 N, masing-masing. Hal ini menunjukkan efektivitas geometri streamline dalam mengurangi hambatan udara dan meningkatkan stabilitas vertikal. Kesimpulannya, analisis aerodinamis teoretis dapat memberikan wawasan desain tahap awal yang andal untuk kendaraan hemat energi tanpa simulasi yang rumit.

Kata kunci: Efisiensi aerodinamika; Gaya hambat; Kendaraan hemat energi; Gaya angkat; Geometri streamline;

1. Pendahuluan

Kendaraan pribadi telah menjadi bagian tak terpisahkan dari kehidupan modern, namun konsumsi energinya yang tinggi masih menjadi masalah global. Di tengah krisis energi dan tuntutan pengurangan emisi karbon, perhatian dunia kini beralih ke kendaraan hemat energi. Tidak hanya sistem penggerakannya yang harus efisien, tetapi juga desain bodinya memegang peranan krusial dalam mengurangi kebutuhan energi saat berkendara. Bodi kendaraan bukan sekadar pelindung kabin dan komponen, ini merupakan penentu utama resistansi aerodinamis dan pengaruh gaya-gaya luar terhadap performa dinamis kendaraan. Dua parameter aerodinamika utama digunakan dalam evaluasi desain bodi: koefisien *drag* (C_d) dan koefisien lift (C_l)[1]. C_d menentukan besar gaya hambat udara terhadap kendaraan, sedangkan C_l berkaitan dengan gaya angkat vertikal yang memengaruhi kestabilan, terutama pada kendaraan ringan berkecepatan menengah. Ilustrasi bentuk dasar geometri kendaraan dan arah gaya *drag* serta *lift* ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Ilustrasi bentuk geometri kendaraan: *Boxy*, *Wedge*, dan *Streamline* beserta arah gaya *drag* (F_d) dan *lift* (F_l).

Berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa desain bentuk bodi memiliki pengaruh signifikan terhadap efisiensi energi. Penggunaan bodi *streamline* pada kecepatan di bawah 20 km/jam dapat menurunkan nilai C_d dari 0,40 menjadi 0,25 [2], sehingga mengurangi konsumsi energi kendaraan hingga 20% pada kecepatan jelajah. Sementara itu, jika pada kendaraan hemat energi seperti prototipe Shell Eco-marathon, bentuk *streamline* lebih sederhana dengan *frontal area* kecil sehingga dapat membelah udaradapat menghasilkan C_d serendah 0,19 [3]. Sedangkan jika kita fokuskan kendaraan lebih *compact* lagi yaitu dalam konteks kendaraan LCGC di Indonesia menunjukkan bahwa gaya angkat (C_l) yang terlalu besar[4] berpotensi menurunkan traksi roda belakang saat melaju cepat di jalan tol.

Sebagian besar penelitian tersebut mengandalkan simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) untuk mendapatkan nilai C_d dan C_l . Namun, simulasi semacam itu tidak selalu diperlukan pada tahap awal perancangan atau dalam konteks eksploratif, seperti di lingkungan pendidikan atau prototipe awal [5]. Untuk keperluan tersebut, pendekatan matematis berbasis teori aerodinamika klasik dapat memberikan estimasi awal yang cukup akurat, mudah diakses, dan cepat dilakukan. Dalam pendekatan ini, gaya aerodinamika yang bekerja pada kendaraan dapat dihitung menggunakan rumus standar dalam teori aliran fluida, yaitu sebagai berikut:

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

$$F_l = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_l \cdot A \cdot V^2 \quad (2)$$

Di mana F_d dan F_l masing-masing mewakili gaya hambat dan gaya angkat (N), ρ adalah massa jenis udara (kg/m^3), C_d dan C_l adalah koefisien hambat dan angkat, A adalah luas penampang frontal kendaraan (m^2), dan V adalah kecepatan relatif terhadap udara (m/s) [6].

Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini mengusulkan pendekatan analitis berbasis perhitungan gaya hambat dan gaya angkat sebagai metode untuk mengevaluasi efisiensi bentuk bodi kendaraan hemat energi. Melalui estimasi nilai C_d dan C_l berdasarkan bentuk geometri dan luas penampang frontal, serta perhitungan massa berdasarkan jenis material, studi ini bertujuan memberikan fondasi rasional dalam perancangan bodi yang efisien secara energi, tanpa bergantung pada simulasi numerik lanjutan.

2. Bahan dan Metode

2.1. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan matematis berbasis teori aerodinamika klasik untuk menganalisis gaya hambat (*drag*) dan gaya angkat (*lift*) pada berbagai bentuk bodi kendaraan. Alih-alih menggunakan simulasi numerik seperti *Computational Fluid Dynamics* (CFD), studi ini memanfaatkan formulasi teoritis berdasarkan prinsip aliran fluida tak termampatkan dan asumsi aliran laminar di sekitar permukaan bodi kendaraan [7]. Pendekatan ini didasarkan pada

hukum Bernoulli dan persamaan kontinuitas, yang secara fundamental dapat menjelaskan distribusi tekanan dan kecepatan aliran di sekitar benda padat. Dengan mengasumsikan kecepatan aliran di bawah ambang transisi turbulensi, gaya aerodinamika dapat dihitung menggunakan model koefisien empiris (C_d dan C_l) dari bentuk geometri yang telah teruji secara eksperimental dalam literatur.

Meskipun tidak melibatkan pemodelan numerik tiga dimensi, pendekatan ini mampu memberikan estimasi gaya yang cukup representatif dalam konteks kecepatan rendah hingga menengah, di mana pengaruh turbulensi dan vorteks kompleks masih terbatas [8]. Oleh karena itu, metode ini dinilai layak dan efisien untuk tahapan awal eksplorasi desain kendaraan hemat energi, terutama dalam pengembangan prototipe skala kecil, studi akademik, atau rancangan konseptual sebelum optimasi lanjutan.

2.2 Bentuk Bodi yang Dikaji

Dalam penelitian ini, tiga bentuk geometri bodi kendaraan dibandingkan untuk dianalisis performa aerodinamikanya. Pemilihan bentuk ini didasarkan pada variasi sudut dan permukaan yang berpengaruh langsung terhadap aliran udara saat kendaraan melaju. Ketiga bentuk tersebut dijelaskan sebagai berikut:

2.2.1 Bentuk Kotak (Boxy)

Bentuk ini memiliki karakteristik sudut tajam dan permukaan datar pada bagian depan, atap, dan belakang. Secara aerodinamika, desain kotak menyebabkan pemisahan aliran udara yang sangat cepat sehingga menghasilkan gaya hambat yang besar. Geometri ini banyak ditemukan pada kendaraan niaga, kendaraan listrik kompak, atau prototipe awal yang belum dioptimalkan secara aerodinamika.

2.2.2 Bentuk Wedge (Baji)

Geometri wedge ditandai dengan bidang miring pada bagian atas atau depan bodi kendaraan, menyerupai bentuk segitiga. Tujuannya adalah mengarahkan aliran udara agar tetap menempel pada permukaan bodi lebih lama sebelum mengalami separasi. Hal ini dapat mengurangi turbulensi di bagian belakang dan menurunkan gaya hambat dibanding bentuk kotak.

2.2.3 Bentuk Streamline

Bentuk *streamline* mengadopsi kurva aerodinamik menyerupai tetesan air, dengan bagian depan melengkung dan bagian belakang yang meruncing secara bertahap. Desain ini meminimalkan separasi aliran dan vorteks di belakang kendaraan, sehingga menghasilkan koefisien drag yang sangat rendah. Bentuk ini ideal untuk kendaraan dengan prioritas efisiensi energi tinggi.

Gambar 1 menunjukkan skematik dari ketiga bentuk tersebut, lengkap dengan arah gaya hambat F_d dan gaya angkat F_l yang akan dianalisis lebih lanjut pada bagian perhitungan. Nilai-nilai parameter yang digunakan dalam penelitian ini ditentukan berdasarkan standar atmosferik dan kondisi operasional kendaraan ringan pada kecepatan jelajah menengah [9]. Parameter fisik seperti massa jenis udara, kecepatan kendaraan, serta luas penampang frontal masing-masing bentuk bodi ditetapkan melalui acuan literatur teknik dan estimasi geometrik yang relevan dengan skala kendaraan yang dikaji [10]. Koefisien aerodinamika (C_d dan C_l) untuk setiap bentuk bodi diperoleh dari hasil pengujian eksperimental yang terdokumentasi dalam literatur, khususnya untuk bentuk geometri sederhana seperti bodi kotak, wedge, dan streamline [11]. Sementara itu, nilai luas penampang frontal dihitung dari sketsa desain dengan pendekatan dua dimensi yang disesuaikan secara proporsional terhadap konfigurasi kendaraan kecil hemat energi.

Seluruh parameter tersebut dirangkum secara sistematis dalam bentuk tabel 1 untuk mendukung kejelasan perhitungan dan analisis yang dijabarkan pada bagian selanjutnya.

Tabel 1. Parameter Fisik Lingkungan dan Operasional

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
Massa jenis udara	ρ	1.225	kg/m ³	Udara standar suhu 25°C, tekanan 1 atm
Kecepatan kendaraan	v	16.67	m/s	Setara 60 km/jam (kecepatan jelajah rata-
Jarak tempuh (untuk energi)	d	100	m	Digunakan untuk estimasi energi drag

2.3 Luas Penampang Frontal

Luas penampang *frontal* merupakan salah satu parameter utama yang memengaruhi besar gaya hambat udara yang bekerja pada kendaraan. Dalam konteks penelitian ini, nilai luas penampang frontal dari masing-masing bentuk bodi ditentukan melalui pendekatan geometris berdasarkan sketsa dua dimensi yang merepresentasikan desain kendaraan secara proporsional. Estimasi dilakukan dengan mengasumsikan bahwa bentuk kendaraan bersifat simetris terhadap bidang vertikal longitudinal dan memiliki tinggi serta lebar yang seragam di sepanjang badan kendaraan.

Setiap bentuk baik kotak, *wedge*, maupun *streamline* diperlakukan dengan penyesuaian skala yang setara untuk menjaga konsistensi perbandingan antar geometri. Pendekatan ini dimaksudkan agar perbedaan nilai gaya hambat

yang dihitung benar-benar mencerminkan pengaruh bentuk terhadap aliran udara, bukan akibat variasi ukuran total kendaraan [13]. Nilai akhir luas penampang frontal digunakan sebagai salah satu komponen dalam perhitungan matematis gaya aerodinamika, dan disajikan secara tabulatif untuk mempermudah analisis komparatif antar desain.

Tabel 2. Luas Penampang Frontal Berdasarkan Bentuk Bodi

Bentuk Bodi	Luas Penampang Frontal (A)	Satuan
Kotak (<i>Boxy</i>)	1.00	m ²
Wedge	0.95	m ²
Streamline	0.90	m ²

Nilai-nilai luas penampang frontal yang tercantum pada Tabel 2 selanjutnya digunakan sebagai input tetap dalam formulasi perhitungan gaya hambat dan gaya angkat pada masing-masing bentuk bodi. Dengan parameter yang telah distandarkan tersebut, analisis dapat difokuskan pada pengaruh murni bentuk geometris terhadap performa aerodinamika kendaraan.

2.4 Koefisien Drag dan Lift

Nilai koefisien hambat udara (C_d) dan koefisien gaya angkat (C_l) yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari referensi literatur yang telah diakui secara luas dalam studi aerodinamika kendaraan ringan [14]. Pemilihan nilai koefisien ini mempertimbangkan hasil uji eksperimental sebelumnya terhadap bentuk-bentuk geometri ideal seperti bodi kotak, *wedge*, dan *streamline*, yang telah dikaji dalam berbagai pengujian terowongan angin maupun simulasi numerik validasi. Selain itu, penyesuaian dilakukan dengan memperhatikan relevansi bentuk geometri yang dianalisis terhadap kondisi kecepatan kendaraan yang digunakan dalam studi ini, yaitu pada rentang kecepatan rendah hingga menengah, di mana aliran udara umumnya masih tergolong laminar dan belum didominasi oleh turbulensi kompleks. Nilai C_d dan C_l yang digunakan bertujuan merepresentasikan karakteristik aerodinamika dari masing-masing bentuk secara proporsional dan realistis dalam konteks kendaraan ringan berbasis efisiensi energi.

Tabel 3. Koefisien Drag dan Lift Berdasarkan Bentuk Bodi

Bentuk Bodi	C_d	C_l
Kotak (<i>Boxy</i>)	0.38	0.22
Wedge	0.32	0.16
Streamline	0.25	0.10

Nilai koefisien drag (C_d) dan lift (C_l) yang tercantum pada Tabel 3 berfungsi sebagai parameter utama dalam formulasi perhitungan gaya aerodinamika untuk masing-masing bentuk bodi kendaraan. Dengan menggunakan nilai tersebut sebagai input tetap, setiap desain dianalisis dalam kondisi aliran udara yang setara, sehingga memungkinkan perbandingan performa aerodinamis dilakukan secara objektif dan terukur pada tahap analisis berikutnya.

3. Hasil

3.1. Hasil Perhitungan Gaya Aerodinamika

Perhitungan gaya hambat (F_d) dan gaya angkat (F_l) dilakukan untuk tiga bentuk geometri bodi kendaraan, yaitu kotak (*boxy*), *wedge*, dan *streamline*. Perhitungan didasarkan pada nilai parameter fisik dan koefisien aerodinamika yang telah disusun pada Bab 2, dengan menggunakan kecepatan kendaraan tetap sebesar 60 km/jam.

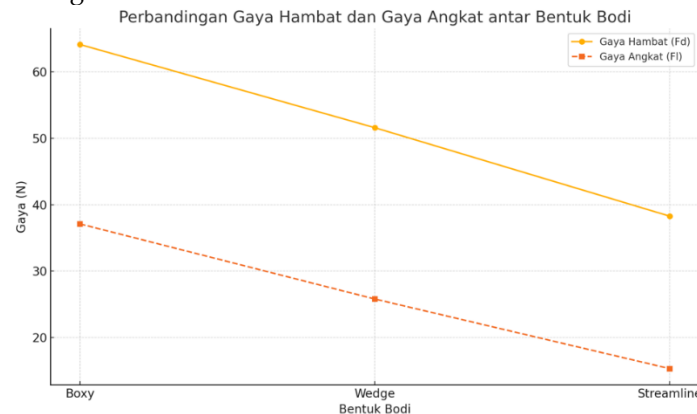
Hasil perhitungan ditampilkan pada Tabel 4 yang memuat besar gaya hambat dan gaya angkat untuk masing-masing bentuk bodi. Perhitungan dilakukan menggunakan formulasi aerodinamika klasik dengan substitusi nilai ρ , C_d , C_l , A, dan v ke dalam persamaan gaya.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Gaya Hambat dan Gaya Angkat

Bentuk Bodi	C_d	C_l	A (m ²)	F_d (N)	F_l (N)
Kotak (<i>Boxy</i>)	0.38	0.22	1.00	64.12	37.10
Wedge	0.32	0.16	0.95	51.59	25.79
Streamline	0.25	0.10	0.90	38.27	15.31

Dibandingkan dengan desain bodi kotak, bentuk *wedge* mampu menurunkan gaya hambat sebesar 19,6% dan gaya angkat sebesar 30,5%. Sementara itu, bentuk *streamline* menghasilkan penurunan gaya hambat hingga 40,3% dan gaya angkat hingga 58,7%.

Berdasarkan data pada Tabel 4, gaya hambat tertinggi terjadi pada bodi kotak sebesar 64.12 N, diikuti oleh *wedge* sebesar 51.59 N, dan paling rendah pada bodi *streamline* yaitu 38.27 N. Begitu pula dengan gaya angkat, di mana nilai tertinggi sebesar 37.10 N muncul pada bodi kotak, kemudian turun menjadi 25.79 N pada *wedge*, dan mencapai nilai terendah 15.31 N pada *streamline*. Grafik berikut disajikan untuk menampilkan pola penurunan kedua gaya tersebut secara visual terhadap variasi bentuk geometri bodi kendaraan.



Gambar 2. Perbandingan gaya hambat (F_d) dan gaya angkat (F_l) pada tiga bentuk geometri bodi kendaraan pada kecepatan 60 km/jam.

Hasil tersebut menunjukkan tren penurunan nilai gaya hambat seiring dengan semakin aerodinamisnya bentuk bodi kendaraan. Nilai F_d tertinggi ditemukan pada bentuk kotak akibat permukaan vertikal dan sudut tajam yang menyebabkan separasi aliran dan vorteks di bagian belakang. Sebaliknya, bentuk *streamline* mampu menurunkan gaya hambat secara signifikan karena bentuknya yang meruncing mengurangi separasi aliran dan memperhalus jalur aliran udara di sepanjang bodi.

Gaya angkat F_l juga menunjukkan pola penurunan yang serupa, menandakan bahwa semakin ramping dan aerodinamis bentuk bodi, semakin kecil pula gaya vertikal yang dapat mengganggu kestabilan kendaraan. Hal ini sangat penting terutama pada kendaraan ringan, di mana gaya angkat yang besar dapat memengaruhi traksi roda.

3.2 Analisis Performa Aerodinamika antar Geometri

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa bentuk geometri bodi kendaraan memiliki pengaruh signifikan terhadap nilai gaya hambat (F_d) dan gaya angkat (F_l). Pada bodi kotak, gaya hambat mencapai 64.12 N, yang merupakan nilai tertinggi dibandingkan bentuk lainnya. Hal ini disebabkan oleh desain geometris yang memiliki permukaan vertikal tegak lurus terhadap arah aliran, menghasilkan separasi aliran dini serta area tekanan belakang yang besar, sehingga meningkatkan resistansi udara secara drastis.

Bentuk *wedge* menunjukkan perbaikan dengan nilai F_d sebesar 51.59 N, akibat permukaan atas yang miring mampu mengarahkan aliran udara lebih lancar ke bagian belakang, mengurangi efek stagnasi dan vorteks. Namun, ujung belakang yang masih bersudut tajam menyebabkan turbulensi tetap muncul, meskipun tidak sebesar pada bodi kotak.

Bentuk *streamline* memberikan hasil paling optimal dengan $F_d = 38.27$ N, atau mengalami penurunan hampir 40% dibandingkan bodi kotak. Geometri ramping dan permukaan transisi yang halus pada bodi *streamline* meminimalkan separasi aliran serta menjaga gradien tekanan tetap stabil hingga bagian buritan, sehingga gaya hambat dapat ditekan secara signifikan. Penurunan gaya hambat ini merupakan indikator utama efisiensi energi dalam desain kendaraan ringan.

Dari sisi gaya angkat, pola yang serupa juga terlihat. Bodi kotak menghasilkan $F_l = 37.10$ N, sedangkan *wedge* sebesar 25.79 N, dan *streamline* hanya 15.31 N. Nilai gaya angkat yang tinggi berisiko menurunkan traksi roda pada kendaraan ringan, terutama pada kecepatan menengah hingga tinggi. Oleh karena itu, bentuk *streamline* tidak hanya unggul dalam hal efisiensi gaya dorong, tetapi juga memberikan kestabilan vertikal yang lebih baik.

Penelitian ini menggunakan asumsi aliran udara laminar, tak termampatkan, dan nilai koefisien aerodinamika yang diambil dari literatur tanpa validasi eksperimental. Kondisi ini membatasi akurasi pada skenario kecepatan tinggi atau kondisi aliran turbulen. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan dilakukan pengujian fisik di terowongan angin

atau simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) guna memvalidasi hasil perhitungan dan memperluas analisis pada rentang kecepatan yang lebih tinggi.

5. Kesimpulan

Penelitian ini mengonfirmasi bahwa bentuk geometri bodi kendaraan memainkan peran sentral dalam menentukan performa aerodinamika, terutama pada kendaraan ringan yang mengutamakan efisiensi energi. Dengan memanfaatkan pendekatan matematis berbasis teori aerodinamika klasik dan parameter yang bersumber dari literatur teknis, perhitungan gaya hambat (F_d) dan gaya angkat (F_l) dapat dilakukan secara sistematis dan menghasilkan data yang representatif untuk tujuan evaluatif desain awal.

Dari hasil perhitungan, diperoleh bahwa bentuk *streamline* memberikan performa aerodinamika terbaik, dengan gaya hambat sebesar 38.27 N dan gaya angkat 15.31 N, jauh lebih rendah dibandingkan bodi kotak yang menghasilkan 64.12 N dan 37.10 N untuk F_d dan F_l . Penurunan gaya hambat hingga 40% dan gaya angkat hingga 58% menunjukkan efektivitas bentuk *streamline* dalam mengurangi resistansi udara dan meningkatkan kestabilan kendaraan ringan.

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa Geometri bodi memiliki pengaruh dominan terhadap gaya aerodinamika yang bekerja pada kendaraan, terutama pada kecepatan jelajah menengah. Bentuk *streamline* merupakan desain paling efisien dan stabil dibandingkan *wedge* dan bodi kotak, ditinjau dari nilai F_d dan F_l yang lebih rendah. Pendekatan matematis berbasis koefisien aerodinamika dan luas penampang frontal dapat menjadi metode cepat dan efektif pada tahap awal perancangan bodi kendaraan hemat energi, khususnya untuk konteks eksploratif dan pendidikan.

Referensi

- [1] Aditya Utama Rahmadianto¹, S. A. (2015). Rancang Bangun Bodi Mobil Tipe Urban Concept Berpenumpang Tunggal Dengan Kapasitas Maksimum 70 Kg. *Jurnal Teknik Mesin S1*, Vol. 3, No. 2,, 3, 85-92.
- [2] Bagus Wahyu Prastyo, I. S. (2020). Analisis Aerodinamika Pada Bodi Mobil Hemat Energi Lintang. Vol. 16, No. 1, April 2020,, 16, 80-86.
- [3] Bidya Nur Habib & Agung Prijo Budijiono (2020). Analisa Manajemen Energi Mobil Listrik Ganesa Berbasis Permodelan Simulasi Numerik. Vol. 8, No.1, Hal 41-46.
- [4] Fuad Zainuri¹, A. A. (2015, September). Optimalisasi Rancang Bangun Mobil Listrik Sebuah Studi Kendaraan Hemat Energi Sebagai Bagian Solusi Alternatif Krisis Energi Dunia. *Politeknologi* Vol. 14 No. 3.
- [5] Fathony Imaduddin Yusuf¹, M. S. (2015). Simulasi Aerodinamika Mobil Hemat Bahan Bakar 'Antawirya' Konsep 2 Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics (CFD). *Jurnal Teknik Mesin S-1*, Vol. 3, No. 3, 336-344.
- [6] I Gusti Gde Badrawada (2019). Analisa Aerodinamika Bodi Kendaraan Mataram Proto. *Jurnal Engine*, Volume 3. No. 1.
- [7] Iqbal R Pamungkas, B. Sulaksono, M. Munandar, A. Suwandi, and M. F. Fajar. (2019). "Perancangan Mesin Tube Notcher Menggunakan Metode G. Pahl dan W. Beitz," *Teknobiz J. Ilm. Progr. Stud. Magister Tek. Mesin*, vol. 9, no. 2, pp. 20– 32.
- [8] L. Parinduri, Y. Yusmartato, and T. Parinduri. (2018). "Kontribusi Konversi Mobil Konvensional ke Mobil Listrik Dalam Penanggungan Pemanasan Global," *J. Electr. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 116–120.
- [9] Muhammad Fakhruddin*, H. W. (2021). Optimasi Aerodinamika Bodi Mobil Hemat Energi Ken Dedes Electric Evo 3 Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics (CFD). *Jurnal Teknik Energi* Vol.17 No.1 Januari 2021, 17, 36-45.
- [10] M. Wirawan, I. Yudhyadi, and Y. Aswari. (2018). "Analisis aerodinamika mobil listrik 'mandalika ev' menggunakan software autodesk computational fluid dynamic (cfd) 2016," *Din. Tek. Mesin*, p. 4.
- [11] Ningrum, Dwina Azizah Setya. 2013. Studi Numerik : Modifikasi Bodi Mobil Listrik Pancasona Guna Mereduksi Gaya Drag. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [12] Pritchard, Philip J., Fox and McDonald's. 2011. Introduction of fluid mechanics: Eight edition. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- [13] Saputra, I Putu A. 2012. Studi Numerik Karakteristik Aliran (2D) Melintasi Bodi Mobil GEA Kondisi Centerline. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [14] Tuakia, Firman. 2008. Dasar-Dasar CFD Menggunakan FLUENT. Bandung: Informatika.