

# Desain, analisis aerodinamika, dan pemodelan mobil mikro berdasarkan antropometri tubuh orang Indonesia

Faisal Arif Nurgesang<sup>1</sup>, Muhammad Ridlwan<sup>1</sup>, Yahya Tata Imansyah<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Islam Indonesia  
Jl. Kaliurang KM 14,5 Sleman Yogyakarta 55581  
Email korespondensi: faisal.arif.nurgesang@uii.ac.id

## Abstrak

Mobil mikro adalah mobil dengan dimensi kecil yang hanya bisa diisi oleh satu atau dua orang saja. Mobil mikro dapat menjadi salah satu alternatif kendaraan pilihan masyarakat guna mengurangi kemacetan dan keterbatasan lahan parkir khususnya di kota-kota besar Indonesia. Kajian ini bertujuan untuk mendesain mobil mikro yang memiliki ukuran kompak dan desain yang menarik. Untuk memperoleh desain terbaik, telah dilakukan kuisisioner terhadap tiga buah konsep desain yang diawali dari penentuan dimensi berdasarkan antropometri tubuh orang Indonesia. Dari hasil pemilihan desain yang dilakukan, desain konsep model 2 dan model 3 mendapatkan respon yang positif dari responden yaitu sebesar 38,9% dan 55,6%. Dari kedua desain konsep tersebut dilakukan perbandingan analisis untuk mengetahui nilai drag coefficient, lift coefficient, flow trajectory, surface plot, dan cut plot menggunakan perangkat lunak Solidworks flow simulation. Hasilnya, desain konsep model 2 memiliki nilai coefficient of drag dan coefficient of lift yang lebih kecil dibandingkan dengan desain konsep 3 yaitu sebesar 0.36 dan 0.08. Selain itu, dilihat dari hasil simulasi flow trajectory, surface plot, dan cut plot, desain konsep 2 juga menunjukkan hasil yang lebih baik dari desain konsep 3 mulai dari tekanan maksimum yang terjadi pada bodi mobil, kecepatan aliran di sekitar bodi mobil, dan jenis aliran yang terbentuk di sekitar bodi mobil dimana desain konsep model 2 alirannya didominasi oleh aliran laminar dan merata setelah melewati bodi belakang mobil sedangkan pada desain konsep 3, aliran udara setelah melewati bodi belakang mobil terpisah menjadi dua bagian dan aliran udara yang terbentuk pada belakang bodi mobil cenderung berputar membentuk aliran turbulen. Sehingga dari kedua desain bodi mobil mikro tersebut dapat disimpulkan bahwa bodi mobil 2 lebih stabil jika dikendarai. Berdasarkan hasil tersebut, desain konsep model 2 diwujudkan dalam sebuah model dengan skala 1:6.25 menggunakan 3D printer.

**Kata kunci:** mobil mikro, antropometri, analisis aerodinamika, pemodelan, 3D printer.

## Abstract

A micro car is a car with small dimensions that can only fit for one or two people. Micro cars can be used as an alternative vehicle for the community in reducing congestion and limited parking space, especially in big cities in Indonesia. This study aims to design a micro car that has a compact size and attractive design. To get the best design, a questionnaire was carried out on three design concepts starting from determining dimensions based on the anthropometry of the Indonesian body. From the results of the design selection, the concept design model 2 and model 3 received a positive response from the respondents by 38.9% and 55.6% respectively. From the two concept designs, a comparison analysis was carried out to determine the value of the drag coefficient, lift coefficient, flow trajectory, surface plot, and cut plot using Solidworks flow simulation. The results showed that the model 2 has a lower coefficient of drag and coefficient of lift compared to the model 3 which is 0.36 and 0.08. In addition, seen from the simulation results of flow trajectory, surface plot, and cut plot, concept design 2 also shows better results than concept design 3 starting from the maximum pressure that occurs on the car body, the velocity of flow around the car body, and the type of flow. which is formed around the car body where the concept design of the model 2 flow is dominated by laminar flow and is evenly distributed after passing through the rear body of the car whereas in the concept design 3, the air flow after passing through the rear body of the car is separated into two parts and the air flow formed on the rear of the car body tends to rotate to form a turbulent flow. So that from the two micro car body designs it can be concluded that car body 2 is more stable when driven. From these results, the concept design model 2 was made in a model with a scale of 1: 6.25 using a 3D printer.

**Keywords:** micro car, anthropometry, aerodynamic analysis, modeling, 3D printer.

## 1. Pendahuluan

Mobil mikro merupakan mobil dengan dimensi kecil yang hanya dapat diisi oleh dua orang bahkan beberapa model hanya dapat diisi oleh seorang saja dan memiliki kubikasi mesin tidak lebih dari 700cc

[1]. Beberapa pabrikan mobil dunia telah memproduksi mobil jenis ini seperti Brutsch Mopetta dan Heinkel Kabine pada tahun 1956-1958, Peel P50 pada tahun 1962-1965 dan BMW Isetta yang diproduksi pada rentang tahun 1955-1962 [2]. Mobil-

mobil tersebut dirancang khusus untuk kendaraan untuk kota-kota besar guna memudahkan dalam mengurai kemacetan dan memarkir kendaraannya di ruang parkir yang terbatas.

Mobil mikro yang cukup populer hingga saat ini adalah mobil keluaran dari Daimler yaitu model Smart Fortwo. Mobil ini diproduksi dari tahun 1994 hingga sekarang dan telah terjual di seluruh dunia sebanyak 1,6 juta unit per tahun 2014 [3]. Trend mobil mikro juga berkembang di Negara Asia yaitu Jepang, dinamakan “Kei Car”. Jenis mobil ini merupakan hasil regulasi dari pemerintah yang dibuat sejak tahun 1949 untuk menghemat ruang parkir yang tersedia. Bahkan, perkembangan mobil mikro dari negara ini semakin maju dengan dipamerkannya prototipe mobil mikro bertenaga listrik yang bernama “Ultra-compact BEV” yang digelar di Tokyo Motor Show 2019 [4]. Untuk perkembangan mobil mikro asli buatan dari Indonesia juga sudah mulai dikembangkan oleh anak negeri bernama Arina. Mobil mikro ini merupakan kalaborasi antara Universitas Negeri Semarang yang didanai oleh Departemen Perindustrian [5].

Melihat dari data Badan Pusat Statistik, pertumbuhan kendaraan bermotor di Indonesia khususnya mobil penumpang selama satu dekade mengalami kenaikan dari 7.489.852 ke 164.409.87 kendaraan yang didominasi di kota-kota besar [6]. Hal ini tentunya menjadi permasalahan umum seperti kemacetan dan terbatasnya lahan parkir. Selain itu, mobil saat ini sudah menjadi kebutuhan bagi banyak orang karena lebih nyaman ketika berpergian dan menjadi simbol status sosial di masyarakat sehingga kemacetan dan keterbatasan lahan parkir di kota-kota besar Indonesia sudah menjadi pemandangan yang biasa terjadi. Seiring dengan meningkatnya jumlah pengguna kendaraan bermotor khususnya mobil, dapat dilihat sumber polusi udara dari gas buang khususnya di kota-kota besar Indonesia seperti Jakarta, Surabaya, dan Medan menyumbang sekitar 60-70% [7].

Berdasarkan data dari Kementerian Lingkungan Hidup, emisi gas buang (CO<sub>2</sub>) yang dihasilkan dari sektor transportasi meningkat dari 58 juta ton pada tahun 2000 menjadi 73 juta ton pada tahun 2007 [8]. Jika dilihat secara kasat mata, mobil-mobil yang melintas di jalanan tidak selalu diisi penuh dengan penumpang. Sehingga, rasio volume kendaraan dibandingkan dengan orang yang melakukan perjalanan masih tinggi. Oleh karena itu, pengembangan mobil mikro menjadi salah satu alternatif untuk menyelesaikan berbagai permasalahan tersebut. Studi ini merupakan kajian awal guna mewujudkan mobil mikro berdasarkan antropometri orang Indonesia.

Untuk tahap awal, diperlukan sebuah metode untuk menganalisis aerodinamika terhadap desain bodi kendaraan mobil mikro yang dibuat. Aerodinamika pada bodi kendaraan merupakan faktor penting karena erat kaitannya dengan gaya hambat yang berpengaruh

terhadap efisiensi bahan bakar dan kestabilan kendaraan yang dibuat [9]. Untuk mengevaluasi aerodinamika pada bodi kendaraan, dapat dilakukan dengan berbagai cara salah satunya adalah dengan menggunakan program berbasis *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Cara ini dapat menghemat waktu, data yang dihasilkan akurat, dan biaya yang dibutuhkan relatif murah dibandingkan dengan membuat terowongan angin [10]. Dalam analisis aerodinamika, akan diperoleh beberapa nilai yang dapat digunakan untuk mengevaluasi desain bodi yang dibuat diantaranya adalah *drag coefficient*, *lift coefficient*, *flow trajectories*, dan *cut plots*. Sehingga, melalui analisis ini diperoleh data aerodinamika desain bodi kendaraan mobil mikro yang dirancang.

## 2. Metode

### *Penentuan dimensi desain mobil mikro*

Dimensi desain mobil mikro dibuat berdasarkan data antropometri tubuh orang Indonesia. Data antropometri tersebut menentukan bentuk, ukuran, dan dimensi yang tepat terkait perancangan produk sesuai dengan ukuran manusia yang akan menggunakan produk tersebut [11]. Persentil yang digunakan dalam penentuan dimensi adalah persentil 95th yang artinya sebanyak 95% orang Indonesia akan berada atau dibawah pada ukuran tersebut sehingga dapat masuk ke dalam mobil mikro yang dibuat [12].

### *Pembuatan Sketsa Desain Konsep*

Sketsa desain konsep dibuat menggunakan gambar manual tangan sebanyak tiga buah yang kemudian diwujudkan menggunakan perangkat lunak CAD (Autodesk Fusion 360). Adapun kriteria desain mobil mikro yang dibuat diantaranya adalah (1) Bodi yang dibuat memiliki nilai estetika yang disukai oleh responden dan (2) Dapat dikendarai dengan nyaman untuk tubuh orang Indonesia.

### *Penentuan Desain Konsep yang Disukai*

Untuk mendapatkan konsep desain yang paling banyak disukai, dilakukan kuisisioner terhadap responden yang memiliki latar belakang beragam. Kuisisioner dilakukan dengan menggunakan media daring dalam bentuk *google form*. Latar belakang responden dalam kajian ini meliputi dari berbagai kalangan mulai dari konsultan desain, pegiat desain, desainer, dosen, mahasiswa teknik dan non teknik, dan masyarakat umum. Adapun pertanyaannya adalah (1) Dari ketiga desain konsep mobil mikro yang dibuat, model manakah yang terbaik estetikanya, (2) Apa alasan anda memilih desain tersebut, dan (3) Apa saran dari desain yang terbaik dipilih. Dari ketiga desain konsep yang diberikan kepada responden tersebut akan dipilih dua desain terbaik berdasarkan umpan balik yang diberikan. Sehingga dalam tahap ini terdapat satu desain konsep yang dieliminasi.

**Pembuatan Desain Bodi Mobil Mikro**

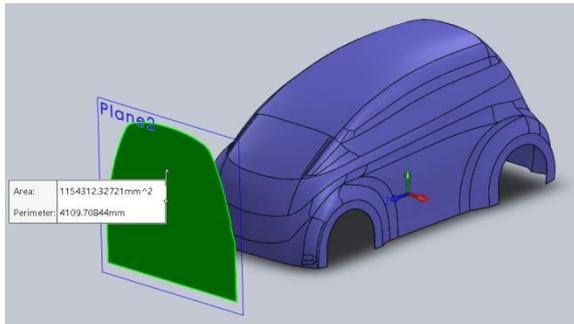
Setelah melakukan kuesioner kepada responden terhadap desain yang disukai, tahap selanjutnya adalah pembuatan desain bodi mobil mikro menggunakan perangkat lunak Autodesk Fusion 360. Desain yang dibuat kemudian disimpan dalam format .iges agar dapat dibuka di perangkat lunak Solidworks untuk dilakukan analisis aerodinamikanya.

**Analisis Aerodinamika Bodi Mobil Mikro**

Untuk mengetahui nilai *drag coefficient* dan *lift coefficient* pada desain bodi mobil yang terpilih berdasarkan umpan balik dari responden, dilakukan analisis aerodinamika menggunakan Solidworks flow simulation. Analisis ini melalui beberapa tahapan utama diantaranya adalah sebagai berikut.

**Pengukuran Luas Frontal Area**

Tahap awal sebelum melakukan analisis aerodinamika adalah mengukur luas frontal area. Luas frontal area adalah daerah yang terpapar langsung dengan aliran udara. Cara memperolehnya adalah dengan cara memproyeksikan pandangan depan bodi mobil dan mengukurnya menggunakan Solidworks. Cara menentukan luas frontal area ini juga telah dilakukan oleh kajian sebelumnya [13]. Gambar berikut ini adalah ilustrasi cara menentukan luas frontal area pada bodi mobil mikro.



**Gambar 1.** Pengukuran luas *frontal area* bodi mobil mikro.

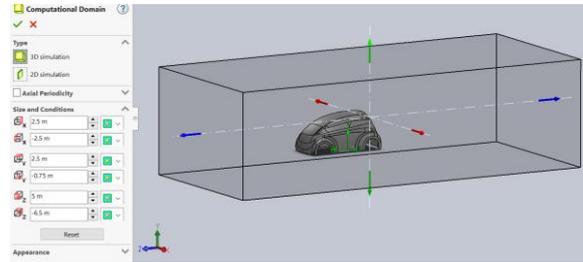
**Memasukkan Parameter Uji**

Tahap selanjutnya adalah memasukkan parameter utama yang digunakan untuk simulasi. Pada tahap ini, parameter uji dimasukkan melalui fitur wizard di Solidworks flow simulation seperti ditunjukkan pada Tabel 1 berikut ini.

**Tabel 1.** Parameter utama dalam analisis aerodinamika bodi kendaraan mobil mikro.

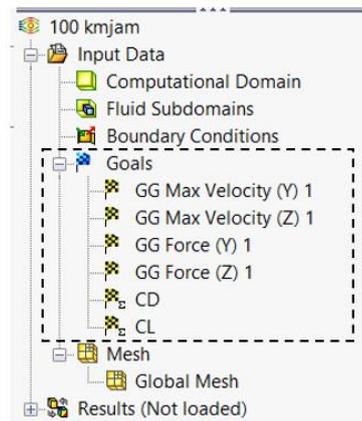
Parameter	Nilai
Tipe analisis	External
Gravitasi	9.81 m/s <sup>2</sup>
Jenis Fluida	Udara
Tipe Aliran	Laminar dan Turbulen
Kecepatan Uji	100 km/jam
Tebal Bodi	3 mm
Material Uji	Fiberglass Tipe E

Setelah memasukkan data uji, tahap selanjutnya adalah menentukan ukuran terowongan angin pada computational domain dengan nilai seperti ditunjukkan pada Gambar berikut ini.



**Gambar 2.** Pengaturan *computational domain* terowongan angin.

Pada gambar diatas, dapat dilihat bahwa tipe yang digunakan adalah *3D simulation* dengan dimensi panjang arah x adalah +2.5 dan -2.5 m, sedangkan arah y adalah +2.5 dan -0.75 m, serta arah z adalah +5 dan -6.5 m. Setelah menentukan computational domain, dilanjutkan dengan menentukan Goals. Adapun goals yang diinginkan diantaranya adalah seperti dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini.



**Gambar 3.** Pengaturan *goals*.

Pada tahap ini, goals yang diinginkan seperti GG Max Velocity arah Y dan Z serta GG Force arah Y dan Z dipilih dengan cara diberi tanda centang sedangkan untuk menentukan nilai *Coefficient of Drag* (CD) dimasukkan persamaan (1) sebagai berikut:

$$C_d = \frac{F_d}{\frac{1}{2}\rho V^2 A} \tag{1}$$

Dimana:

- $C_d$  : Drag Coefficient
- $F_d$  : Gaya Hambatan (N)
- $\rho$  : Densitas Udara (Kg/m<sup>3</sup>)
- $V$  : Kecepatan Udara (m/s)
- $A$  : Luas Frontal Area (m<sup>2</sup>)

Sedangkan untuk menentukan *Coefficient of Lift* (CL), digunakan persamaan (2) berikut:

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

Dimana,

$C_l$  : Lift Coefficient

$F_l$  : Gaya Angkat (N)

$\rho$  : Densitas Udara ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )

$V$  : Kecepatan Udara (m/s)

$A$  : Luas Frontal Area ( $\text{m}^2$ )

Setelah menentukan Goals, dilanjutkan dengan *meshing*. *Meshing* yang digunakan pada kajian ini adalah menggunakan *standard global mesh*.

#### Run Simulation

Setelah keseluruhan data dan parameter dimasukkan, tahap akhir adalah run simulation untuk memperoleh hasil analisis aerodinamika bodi kendaraan mobil mikro. Pada tahap ini diperoleh beberapa data diantaranya adalah *flow trajectories* yaitu untuk menentukan jenis aliran udara yang melewati bodi mobil mikro kemudian *cut plots* yaitu untuk menentukan daerah di sekitar bodi mobil mikro yang mengalami tekanan terbesar dan yang terakhir adalah *surface plots* yaitu untuk mengetahui daerah pada bodi mobil mikro yang mengalami tekanan terbesar.

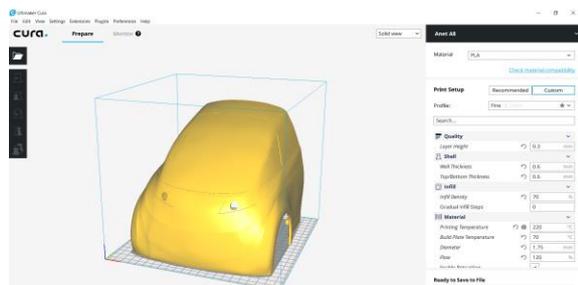
#### Pembuatan Model

Model dari konsep desain mobil yang terpilih berdasarkan kuisioner yang dilakukan diwujudkan menggunakan mesin 3D Printer (Prusa I3) melalui aplikasi Cura dengan skala 1:6.25. Adapun parameter utama dalam pembuatan model menggunakan 3D printer dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

**Tabel 2.** Parameter utama dalam pembuatan model menggunakan 3D printer.

Parameter	Nilai
Ukuran Layer	0.3 mm
Infill	70%
Suhu nozzle	220 °C
Suhu landasan	70 °C
Material	PLA

Untuk pengaturan pada aplikasi Cura, ditentukan beberapa parameter seperti dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini.



**Gambar 4.** Pengaturan untuk pembuatan model mobil mikro pada aplikasi Cura.

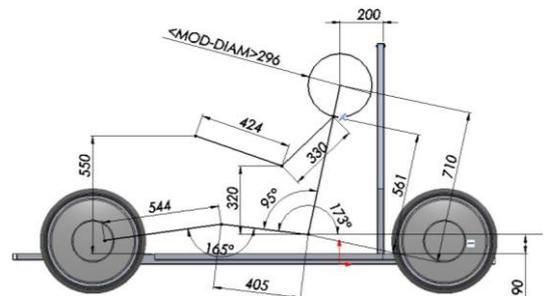
### 3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan data antropometri tubuh orang Indonesia, dipilih beberapa dimensi penting untuk menentukan ukuran mobil mikro yang dibuat. Data pemilihan dimensi yang digunakan untuk pembuatan desain mobil mikro dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Pemilihan dimensi untuk pembuatan desain mobil mikro berdasarkan data antropometri tubuh orang indonesia (satuan dalam mm).

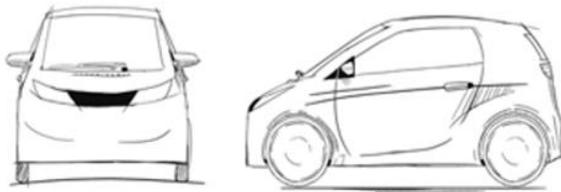
Dimensi Tubuh	Persentil		
	5 <sup>th</sup>	50 <sup>th</sup>	95 <sup>th</sup>
Tinggi Tubuh Posisi berdiri Tegak	1464	1597,5	1732
Tinggi Mata	1350	1483	1615
Tinggi Badan pada Posisi Duduk	775	849	919
Jarak dari Pantat ke Lutut	488	541	590
Tinggi Lutut	428	484	544
Lebar Bahu	342	404,5	466
Lebar Panggul	291	338	392

Berdasarkan Tabel 3, dimensi-dimensi tubuh tersebut digunakan dalam proses penentuan dimensi desain mobil mikro ketika posisi duduk sehingga diperoleh hasil seperti dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini.

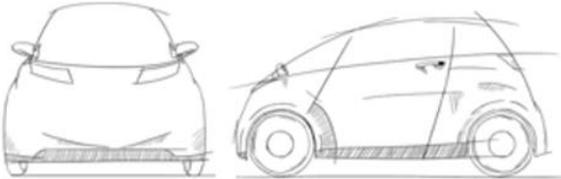


**Gambar 5.** Dimensi pengendara mobil mikro berdasarkan konversi dari data antropometri tubuh orang Indonesia.

Ukuran-ukuran tersebut digunakan sebagai acuan dalam penentuan panjang, lebar dan tinggi minimal terhadap desain mobil mikro yang dibuat. Dari data tersebut, dilakukan pembuatan desain sketsa sebanyak tiga buah sebelum dibuat menggunakan Fusion 360 seperti dapat dilihat pada Gambar 6 berikut ini.



Sketsa Desain Konsep 1



Sketsa Desain Konsep 2



Sketsa Desain Konsep 3

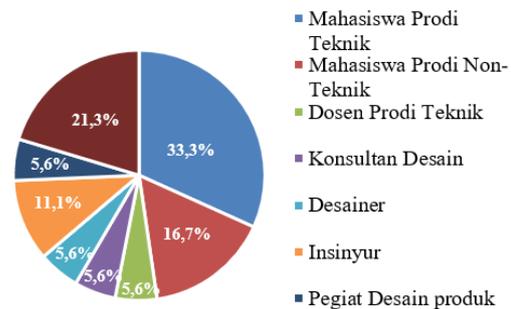
**Gambar 6.** Sketsa desain konsep mobil mikro.

Dari ketiga sketsa desain konsep tersebut kemudian diwujudkan dalam ukuran yang sebenarnya sesuai dengan ukuran-ukuran yang telah diperoleh dari tahap sebelumnya menggunakan Autodesk Fusion 360 seperti dapat dilihat pada Gambar 7 berikut ini.



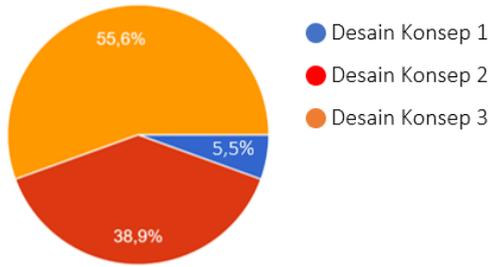
**Gambar 7.** Desain konsep mobil mikro.

Ketiga konsep desain tersebut digunakan untuk mengetahui respon dari berbagai macam kalangan untuk menentukan desain mobil mikro terbaik yang dibuat. Kuisisioner diberikan kepada responden dengan jumlah total 18 orang yang terdistribusi berdasarkan latar belakang berbeda seperti dapat dilihat pada Gambar 8 berikut ini.



**Gambar 8.** Distribusi responden berdasarkan latarbelakangnya.

Dari kuisisioner yang telah dilakukan, diperoleh data seperti dapat dilihat pada Gambar 9 berikut ini.



**Gambar 9.** Hasil kuisioner terhadap pemilihan desain konsep mobil mikro.

Berdasarkan data tersebut, desain konsep mobil 1 secara estetika tidak disukai oleh responden yaitu hanya sebesar 5,5%. Namun untuk desain konsep mobil 2 dan 3 mendapatkan respon yang lebih baik yang ditunjukkan dengan hasil positif yaitu sebesar 38,9% dan 55,6%. Dari hasil tersebut, desain konsep 1 telah dieliminasi pada tahap ini. Sehingga, hanya desain konsep 2 dan desain konsep 3 yang dilanjutkan untuk dianalisis aerodinamikanya. Gambar 10 berikut ini adalah desain konsep mobil 2 dan 3 yang akan dilakukan analisis aerodinamika menggunakan Solidworks flow simulation.



(a)



(b)

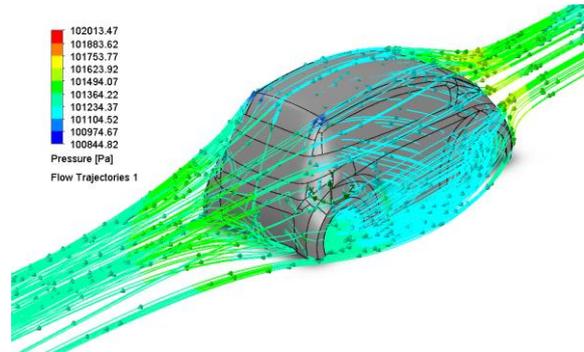
**Gambar 10.** Desain konsep bodi (a) mobil 2 dan (b) mobil 3.

Setelah desain konsep bodi mobil 2 dan 3 selesai dibuat, telah dilakukan pengukuran luas frontal area seperti dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

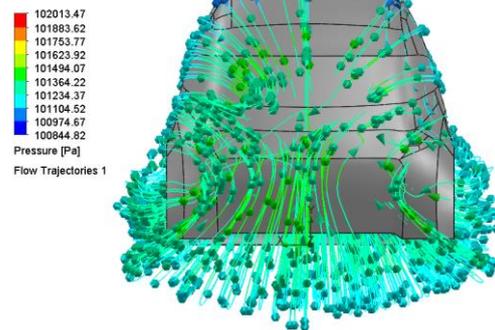
**Tabel 4.** Luas frontal area desain konsep 2 dan 3.

Mobil Mikro	Luas Frontal Area (m <sup>2</sup> )
Desain konsep 2	1.154
Desain konsep 3	1.060

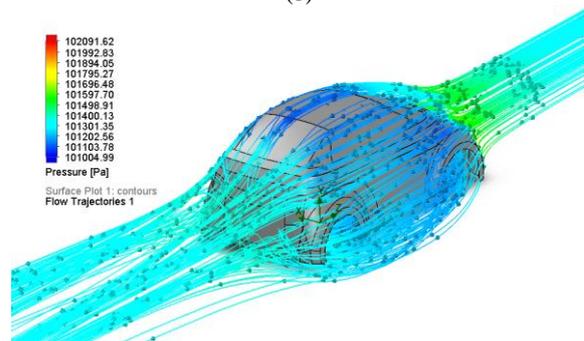
Setelah mendapatkan luas frontal area dan memasukkan kedalam Solidworks flow simulation bersama parameter-parameter utama lainnya dan dilakukan run simulation, diperoleh data-data diantaranya adalah hasil analisis pada simulasi flow trajectory pada mobil mikro model 2 dan 3 yang dapat dilihat pada Gambar 11 berikut ini.



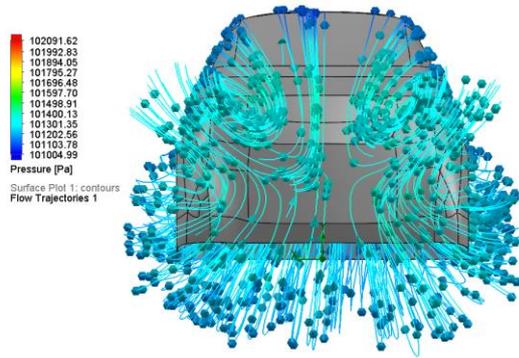
(a)



(b)



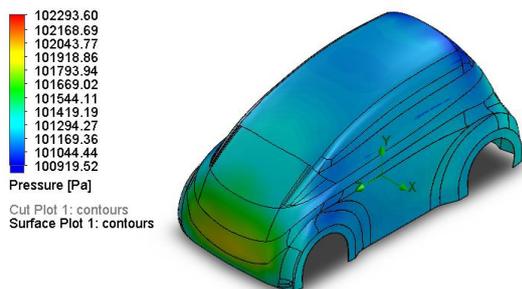
(c)



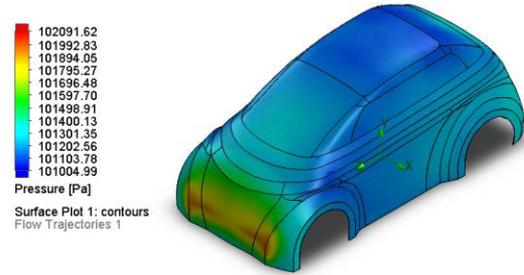
(d)

**Gambar 11.** Hasil simulasi *flow trajectories* pada bodi mobil mikro desain konsep 2 (a) tampak isometri, (b) tampak belakang dan desain konsep 3 (c) tampak isometri, (d) tampak belakang.

Dapat dilihat pada Gambar 11 (a) dan (b), hasil dari simulasi *flow trajectory* menunjukkan aliran udara yang melewati bodi mobil desain konsep 2 bahwa pola aliran udara yang terbentuk adalah laminar. Selain itu, dapat dilihat pula distribusi aliran udara setelah melewati bodi belakang cenderung lurus dan merata. Sedangkan jika dibandingkan dengan aliran udara yang melewati bodi mobil desain konsep 3 (Gambar 11 (c)), aliran udara setelah melewati bodi belakang mobil terpisah menjadi dua bagian (ditunjukkan dengan panah warna merah). Jika dilihat dari arah belakang, perbedaan bentuk aliran udara akan terlihat jelas seperti ditunjukkan pada Gambar 11 (d). Aliran udara yang terbentuk pada belakang bodi mobil cenderung berputar membentuk aliran turbulen. Sehingga dari kedua desain bodi mobil mikro tersebut dapat disimpulkan bahwa bodi mobil 2 lebih stabil jika dikendarai. Untuk hasil simulasi *surface plot* pada desain konsep 2 dan desain konsep 3 dapat dilihat pada Gambar 12 berikut ini.



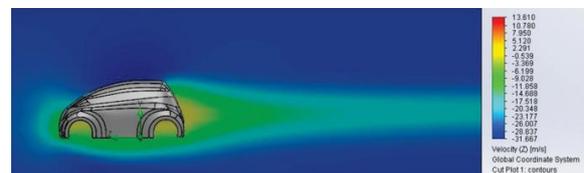
(a)



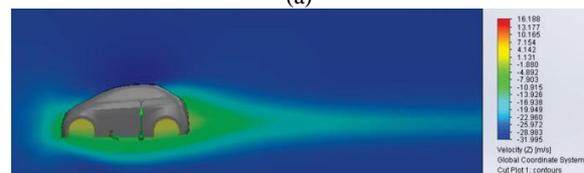
(b)

**Gambar 12.** Hasil simulasi *surface plot* pada bodi mobil mikro (a) desain konsep 2 dan (b) desain konsep 3.

Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada Gambar di atas, dapat dilihat bahwa desain konsep 2 dan desain konsep 3 tidak memiliki perbedaan tekanan pada maksimal dengan signifikan. Namun demikian, jika dilihat pada daerah kritis yang terjadi, desain konsep 3 cenderung dapat dilihat dengan jelas terjadi pada bagian depan mobil. Besarnya tekanan yang terjadi akan mempengaruhi laju kendaraan. Semakin kecil nilai maksimum tekanan udara pada bodi maka semakin sedikit gaya yang dibutuhkan untuk melawan tekanan yang dihasilkan oleh udara. Hasil ini sesuai dengan beberapa kajian sebelumnya [11-12]. Untuk hasil simulasi *cut plot* desain konsep 2 dan desain konsep 3 dapat dilihat pada Gambar 13 berikut ini.



(a)



(b)

**Gambar 13.** Hasil simulasi *cut plot* pada bodi mobil mikro (a) desain konsep 2 dan (b) desain konsep 3.

Dapat dilihat pada Gambar 13, laju aliran udara yang terjadi di sekeliling bodi mobil desain konsep 2 lebih stabil dan merata dibandingkan dengan desain konsep 3. Pada desain konsep 2, terlihat warna biru muda di sekeliling mobil dengan kecepatan 80 km/h. Sedangkan pada bagian yang lebih dekat pada bodi mobil, terlihat warna hijau toska, hijau, dan kuning yang masing-masing memiliki kecepatan rata-rata sebesar 73.25 km/h, 32.50 km/h, dan 1.94 km/h. Dibandingkan dengan desain konsep 3, pada urutan warna yang sama, masing-masing memiliki kecepatan 80 km/h, 71.82 km/h, 17.61 km/h, dan 0.94 km/h. Berdasarkan data tersebut, dapat disimpulkan bahwa laju aliran udara disekitar bodi mobil konsep 2 lebih baik dibandingkan aliran udara disekitar bodi mobil

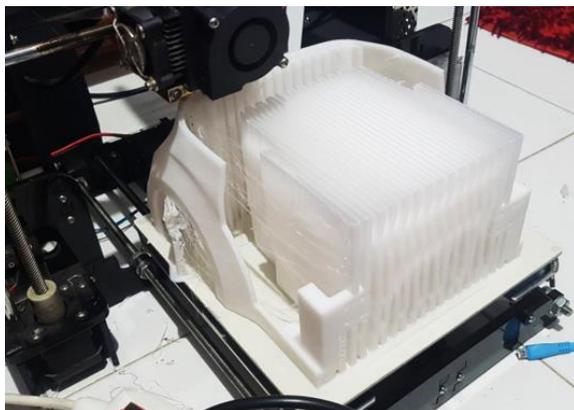
konsep 3. Aliran ini dapat menghambat laju kendaraan dan mengakibatkan kendaraan menjadi tidak stabil jika dikendarai [15].

Untuk hasil perhitungan *coefficient of drag* dan *coefficient of lift* pada desain konsep 2 dan desain konsep 3 sesuai dengan parameter-parameter yang telah dimasukkan, diperoleh data seperti dapat dilihat pada Tabel 5 berikut ini.

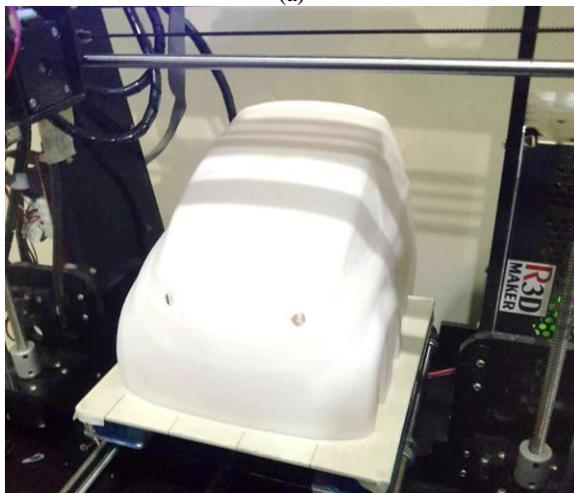
**Tabel 5.** Nilai *coefficient of drag* dan *coefficient of lift* bodi mobil desain konsep 2 dan desain konsep 3.

Mobil Mikro	CD	CL
Desain konsep 2	0.36	0.08
Desain konsep 3	0.48	0.16

Berdasarkan data pada tabel diatas, dari hasil analisis *drag coefficient* dan *lift coefficient*, nilai pada desain konsep 2 lebih rendah jika dibandingkan dengan desain konsep 3. Dalam aerodinamika mobil, semakin kecil kedua nilai tersebut maka kemampuan melaju mobil semakin baik dan stabil serta hemat bahan bakar karena hambatan dan gaya angkatnya rendah [13-14]. Setelah memperoleh hasil keseluruhan dari simulasi yang dilakukan, dilanjutkan dengan pembuatan model menggunakan 3D printer dengan skala 1:6.25. Proses pembuatan model dibagi menjadi 2 bagian yaitu bagian depan dan bagian belakang dan disatukan menjadi bentuk utuh seperti dapat dilihat pada Gambar 14 berikut ini.



(a)



(b)



(c)

**Gambar 14.** Proses pembuatan model menggunakan 3D printer (a) bodi bagian depan, (b) bodi bagian belakang, dan (c) bodi yang telah disatukan.

Proses mencetak bodi bagian depan membutuhkan waktu selama 22 jam dengan jumlah material yang dipakai 624 gram sedangkan bodi bagian belakang membutuhkan waktu 18 jam dengan jumlah material yang dipakai 544 gram. Setelah bagian depan dan bagian belakang disatukan, model mobil mikro yang dibuat dihaluskan permukaannya menggunakan dempul dan cat dasar yang kemudian dilanjutkan dengan finishing berupa pengecatan akhir hingga diperoleh hasil seperti dapat dilihat pada Gambar 15 berikut ini.



**Gambar 15.** Hasil pemodelan mobil mikro desain konsep model 2.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah diuraikan, dapat diperoleh kesimpulan bahwa desain konsep model 2 dan 3 merupakan desain yang memiliki estetika yang diminati responden. Namun jika dilihat dari hasil simulasi yang dilakukan, desain konsep model 2 memiliki nilai *coefficient of drag* dan

*coefficient of lift* yang lebih kecil yaitu sebesar 0.36 dan 0.08 sedangkan pada desain konsep mobil 3 nilainya adalah 0.48 dan 0.16. Selain itu, berdasarkan hasil dari simulasi *flow trajectory*, *surface plot*, dan *cut plot*, desain konsep 2 juga menunjukkan hasil yang lebih baik dari desain konsep 3 mulai dari tekanan maksimum yang terjadi pada bodi mobil, kecepatan aliran di sekitar bodi mobil, dan jenis aliran yang terbentuk di sekitar bodi mobil di mana desain konsep model 2 alirannya didominasi oleh aliran laminar dan merata setelah melewati bodi belakang mobil sedangkan pada desain konsep 3, aliran udara setelah melewati bodi belakang mobil terpisah menjadi dua bagian dan aliran udara yang terbentuk pada belakang bodi mobil cenderung berputar membentuk aliran turbulen. Sehingga dari kedua desain bodi mobil mikro tersebut dapat disimpulkan bahwa bodi mobil 2 lebih stabil jika dikendarai.

### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih diberikan kepada Program Studi Teknik Mesin, Universitas Islam Indonesia yang telah mendukung seluruh proses dalam kajian ini.

### Daftar Pustaka

- [1] Dan, M. 2015. *The A-Z of Popular Scooters & Microcars: Cruising in Style*. Veloce Publishing Ltd.
- [2] Kresnomurti, B. 2020. Inilah deretan mobil mikro terkecil di dunia yang pernah diproduksi, ada dari BMW. <https://lifestyle.kontan.co.id/news/inilah-deretan-mobil-mikro-terkecil-di-dunia-yang-pernah-diproduksi-ada-dari-bmw-1>, diakses pada 24 Desember 2020.
- [3] Theautochannel, 2014. "Celebrating 20 Years of History : smart Hambach Plant Writes Next Chapter of its Success Story," pp. 20–22.
- [4] Fea, 2019. Mobil Listrik Toyota Lebih Mungil dari Micro Car. <https://www.cnnindonesia.com/teknologi/20191018102424-384-440603/mobil-listrik-toyota-lebih-mungil-dari-micro-car-smart>, diakses pada 24 Desember 2020.
- [5] Detikoto, 2009. Arina, Mobil Mikro dari Semarang. <https://oto.detik.com/berita/d-1109465/arina-mobil-mikro-dari-semarang>, diakses pada 24 Desember 2020.
- [6] Badan Pusat Statistik, 2018. Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis. <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133>, diakses pada 11 Juli 2020.
- [7] N. Nurdjanah, 2014. "Emisi CO2 Akibat Kendaraan Bermotor di Kota Denpasar", Vol. 7, pp. 219–232.
- [8] Kementerian Lingkungan Hidup, 2011. "Indonesia Fuel Quality Monitoring 2011", Jakarta.
- [9] Sutantra, I. 2001. *Teknologi Otomotif*. Bandung: Guna Widya.
- [10] Purwanto, A. 2019. Analisa Aerodinamika Bodi Kendaraan Mataram Proto. *Jurnal Engine*, Vol. 3 No 1.
- [11] Nurmianto, E. 1996. "Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya Edisi Pertama". Guna Widya, Surabaya.
- [12] Sokhibi, A. 2017. "Perancangan Kursi Ergonomis untuk Memperbaiki Posisi Kerja pada Proses Packaging Jenang Kudus", Vol. 3, No. 1, pp. 61–72.
- [13] Haidar, A.D, dan Charles, H. 2019. Analisis Aerodinamik Bodi Mobil Listrik Prosoe Kmhe 2019 Menggunakan Cfd Ansys Ver 17.
- [14] Prihadnyana, Y. Widayana, G dan Dantes, K.R. 2017. "Analisis Aerodinamika Pada Permukaan Bodi Kendaraan Mobil Listrik Gaski (Ganesha Sakti) Dengan Perangkat Lunak Ansys 14.5." *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, Vol. 5, No. 2.
- [15] Hidayati, N.A. Setiaji, F. Yaqin, M. Ulfa, D.M. dan Choiron, M.A. 2018. "Analisis aerodinamis pada variasi bentuk ekor desain bodi mobil hemat energi", *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, Vol. 10, No. 2, pp. 66–70.
- [16] Mamhudi, A. 2019. "Desain dan analisis aerodinamika body mobil sedan, hatchback, sport utility vehicle (suv) berbasis software autodesk flow design 14.0," Universitas Negeri Semarang.
- [17] Jufri, M. Suprianto, H dan Alfin, 2018. "Analisis koefisien aerodinamis pada mobil hemat energi Genetro Suryo Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang", *Seminar Teknoogi dan Rekayasa*, No. 4, pp. 104–108.