

Analisis Ketahanan Rangka Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Berbasis Panel Surya Portabel Terhadap Laju Angin

Muhammad Imam¹, Ade Sunardi¹, Mohamad Zaenudin^{1,*}

¹Jurusan Teknik Mesin, Universitas Global Jakarta, Depok, Indonesia, 16412

Article Info

Article history:

Dikirim 12 September 2023.

Revisi 16 September 2023.

Diterima 20 September 2023.

Keywords:

Analisis ketahanan rangka

SPKL

Panel surya portabel

ABSTRA

High wind velocity can induce external pressures and loads on the structural framework of an Electric Vehicle Charging Station (EVCS), jeopardizing the overall stability and structural integrity of the framework. The objective of this research is to ascertain the magnitude of aerodynamic drag force and the maximum pressure values on the surface of the EVCS framework, with respect to variations in wind velocity. The methodology employed in this study involves Computational Fluid Dynamics (CFD) simulations utilizing the Solidworks Flow Simulation. Three wind velocity scenarios were considered: 3 km/h, 6 km/h, and 9 km/h, allowing for the observation of airflow acceleration phenomena, aerodynamic drag force values, and peak pressure distributions on the EVCS framework's surface. Research findings reveal that the aerodynamic drag force at a wind velocity of 3 km/h measures 22,34 N, escalating to 90,42 N at 6 km/h wind velocity, and reaching 202,7 N at 9 km/h wind velocity. Furthermore, the highest-pressure value at a wind velocity of 3 km/h is 101325,45 Pa. As the wind velocity increases to 6 km/h, the maximum pressure value rises to 101338,18 Pa. Under the condition of the highest input wind velocity, i.e., 9 km/h, the peak pressure reaches 101353,46 Pa.

*Corresponding Author:

M Zaenudin

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Global Jakarta, Depok, Indonesia, 16412

Email: mzaenudin@jgu.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.56904/imejour.v1i1.3>

1. PENDAHULUAN

Kendaraan listrik telah menjadi salah satu alternatif yang semakin populer dalam mengurangi dampak negatif dari penggunaan bahan bakar fosil terhadap lingkungan. Dalam mendukung pertumbuhan kendaraan listrik, stasiun pengisian kendaraan listrik (SPKL) memainkan peran krusial dalam menyediakan infrastruktur yang diperlukan untuk mengisi daya kendaraan listrik [1]. Untuk mengurangi ketergantungan pada sumber energi konvensional, penerapan panel surya pada SPKL telah menjadi pilihan yang menarik. Panel surya portabel menawarkan fleksibilitas dalam penempatan dan mobilitas, yang memungkinkan penyesuaian dengan kondisi lingkungan dan permintaan pengguna.

Namun, dalam mengimplementasikan panel surya pada SPKL, faktor lingkungan seperti laju angin perlu dipertimbangkan secara serius. Laju angin yang tinggi dapat menyebabkan tekanan dan beban eksternal pada struktur rangka SPKL, mengancam kestabilan dan integritas keseluruhan stasiun. Oleh karena itu, analisis ketahanan rangka stasiun pengisian kendaraan listrik berbasis panel surya portabel terhadap laju angin menjadi kajian yang penting untuk memastikan keamanan dan kinerja optimal dari infrastruktur ini.

Penelitian relevan sebelumnya telah mengidentifikasi bahwa lingkungan dengan kondisi laju angin yang bervariasi dapat berdampak signifikan pada struktur bangunan [2]. Faktor-faktor seperti kecepatan angin, arah angin, dan variasi cuaca perlu dianalisis secara mendalam untuk memahami bagaimana rangka SPKL berinteraksi dengan lingkungannya. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian yang komprehensif untuk menganalisis ketahanan rangka SPKL berbasis panel surya portable terhadap variasi laju angin, dengan mempertimbangkan variasi arah angin dan karakteristik cuaca.

Dengan memahami bagaimana faktor-faktor lingkungan ini mempengaruhi ketahanan rangka SPKL, para pengembang dan perencana infrastruktur dapat mengoptimalkan desain dan material rangka untuk memastikan bahwa SPKL berbasis panel surya portable tetap stabil dan aman dalam berbagai kondisi lingkungan. Penelitian ini juga akan memberikan kontribusi penting dalam memperluas pengetahuan kita tentang penggunaan energi terbarukan dalam infrastruktur transportasi dan memberikan panduan praktis bagi pembangunan SPKL yang tahan angin.

Tinjauan pustaka dari beberapa penelitian sebelumnya yang memiliki relevansi dengan simulasi CFD untuk mengetahui ketahanan struktur rangka stasiun pengisian kendaraan listrik berbasis panel surya portabel terhadap variasi laju angin seperti penelitian yang berjudul "Kajian Efek Angin pada Bangunan Tinggi Menggunakan *Computational Fluid Dynamics*" oleh Yudiawan Fajar Kusuma dan Alief Sadlie Kasman membahas pentingnya memahami pengaruh angin terhadap bangunan tinggi menggunakan metode Dinamika Fluida Komputasional (*Computational Fluid Dynamics* atau CFD) [2]. Dalam lingkup perkembangan kota-kota besar, bangunan tinggi menjadi solusi dalam memaksimalkan penggunaan lahan yang terbatas. Bangunan-bangunan ini berfungsi sebagai kantor atau tempat tinggal seperti apartemen. Sebelum membangun bangunan tinggi, penelitian dan analisis yang cermat diperlukan untuk memastikan keamanan dan kenyamanan bangunan tersebut.

Salah satu aspek krusial yang perlu diperhatikan adalah efek angin terhadap bangunan tinggi. Dalam penelitian ini, penulis menerapkan metode Dinamika Fluida Komputasional (CFD) untuk menganalisis gaya-gaya aerodinamika yang bekerja pada bangunan tinggi. Metode CFD memungkinkan simulasi komputer tentang aliran fluida, dalam hal ini aliran angin, di sekitar bangunan. Keuntungan utama dari CFD adalah biaya yang lebih rendah dibandingkan pendekatan eksperimental, kemampuan untuk melakukan modifikasi dengan mudah, dan waktu analisis yang lebih singkat.

CFD tidak hanya digunakan untuk menganalisis gaya-gaya aerodinamika, tetapi juga untuk memprediksi distribusi kecepatan dan tekanan di sekitar bangunan. Dalam penelitian ini, distribusi kecepatan diukur pada dua ketinggian berbeda yaitu 1,75 m dan 39,5 m di atas podium bangunan. Hasil distribusi kecepatan ini membantu memprediksi kecepatan dan arah angin pada ketinggian-ketinggian tersebut. Dengan menggabungkan metode CFD memberikan pemahaman yang lebih baik tentang pengaruh angin pada bangunan tinggi. Data dan hasil dari penelitian ini dapat memberikan perkiraan awal sebelum melakukan pengujian atau pengukuran fisik yang lebih lanjut. Hal ini akan sangat membantu dalam merancang bangunan tinggi yang aman, nyaman, dan efisien dalam menghadapi kondisi lingkungan angin yang mungkin berubah-ubah.

2. METODE

2.1. Jenis Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan pendekatan atau metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah simulasi *computational fluid dynamics* (CFD). Namun, pendekatan simulasi CFD yang dilakukan pada penelitian ini tidak berdiri sendiri, tapi memiliki keterkaitan dengan pendekatan eksperimental ataupun analitis. Sehingga, kekeliruan dan kekurangan data parameter ketika proses simulasi CFD berlangsung dapat diminimalisir atau dihilangkan. Dalam penelitian simulasi CFD ini bertujuan untuk menguji sebuah hipotesis atau untuk mengenali adanya hubungan sebab dan akibat dengan tujuan tertentu. Penelitian yang

memiliki banyak variasi model yang sesuai berbagai kondisi saat pengoperasiannya dan ketahanan pada laju angin.

2.2. Metodologi Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini, peneliti menerapkan metode kuantitatif untuk memperoleh data-data penelitian. Metode kuantitatif adalah metode yang dilakukan secara sistematis dan menggunakan model-model yang bersifat sistematis. Metode kuantitatif dalam penelitian ini yaitu menganalisa kekuatan rangka dari laju angin yang terjadi pada stasiun pengisian kendaraan listrik berbasis panel surya portable.

2.3. Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah sesuatu yang menjadi fokus perhatian yang memberikan pengaruh dan mempunyai nilai (*value*). Variabel merupakan suatu besaran yang dapat diubah atau berubah sehingga dapat mempengaruhi peristiwa atau hasil penelitian. Dengan penggunaan variabel, kita dapat dengan mudah memperoleh dan memahami permasalahan. Dinamakan variabel karena ada variasinya. Misalnya berat alat, kerangka alat, kekuatan alat dan lain sebagainya. Untuk memudahkan pemahaman tentang status variabel yang dikaji, maka identifikasi variabel dalam penelitian ini adalah:

2.3.1 Variabel Independen

Variabel Independent (variabel bebas) adalah variabel yang dianggap menjadi penyebab bagi terjadinya perubahan pada variabel terikat. Pada penelitian ini yang menjadi variabel bebasnya adalah ketahanan rangka terhadap laju angin dengan kecepatan 3 km/j, 6 km/j dan 9 km/j.

2.3.2 Variabel Dependen

Variabel Dependent (variabel terikat) merupakan variabel yang dipengaruhi karena adanya variabel bebas. Pada penelitian ini variabel terikatnya adalah kekuatan atau ketahanan rangka SPKL dalam menahan laju angin yang dapat diamati dari besarnya peningkatan kecepatan aliran udara, nilai gaya hambat dan nilai tekanan tertinggi pada permukaan rangka SPKL.

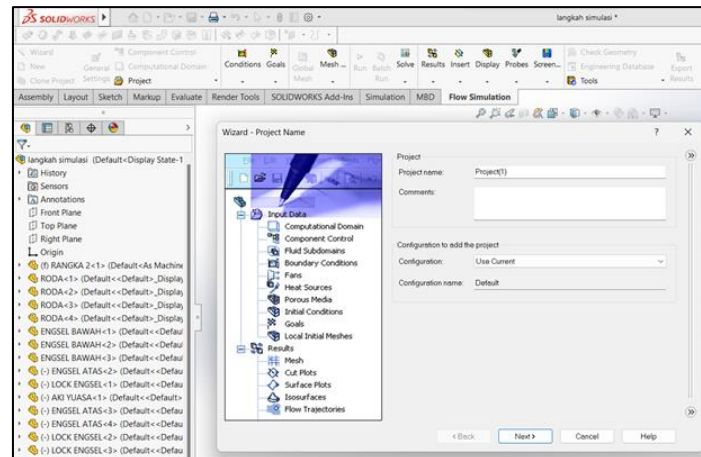
2.4. Tahapan Simulasi CFD dengan Solidworks Flow Simulations

Solidworks *Flow Simulations* adalah perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dalam berbagai aplikasi, seperti aliran fluida, perpindahan panas, reaksi kimia, dan banyak lagi. Proses simulasi CFD menggunakan Solidworks *Flow Simulations* adalah sebagai berikut (contoh tampilan dapat dilihat pada Gambar 1):

1. *Set up*: Pada tahapan ini dilakukan persiapan parameter yang akan digunakan pada simulasi yang akan dilakukan, parameter tersebut mencakup, penggunaan satuan, tipe analisa, jenis fluida, *wall conditions*, *initial and ambient conditions*, mencakup arah laju fluida, kecepatan fluida, serta masa jenis fluida.
2. *Geometry*: Pada tahapan ini dilakukan persiapan model rangka SPKL dalam bentuk 3D dan menetapkan domain atau wilayah di sekitar objek yang ingin diuji dalam simulasi. Ini melibatkan pembatasan fisik untuk simulasi CFD.
3. *Mesh*: Dalam tahapan ini, dilakukan proses pengaturan *mesh* pada model rangka SPKL, dengan tujuan untuk memecah seluruh geometri model menjadi elemen-elemen atau node-node yang lebih kecil. Semakin rapat *meshing* yang dilakukan maka hasil simulasi akan semakin akurat.
4. *Input Data*: Tahap ini melibatkan eksekusi simulasi CFD berdasarkan pengaturan yang telah ditentukan sebelumnya. Langkah dalam tahap ini mencakup memilih jenis simulasi, mengatur *sub domain*, *boundry conditions*, *goals*, serta *mesh*. Kemudian menjalankan simulasi dengan memilih menu *Run* untuk menghitung solusi numerik serta memantau

konvergensi iterasi dan menghentikan simulasi saat konvergensi tercapai. Indikator konvergensi tercapai akan muncul notifikasi *solver finished*.

5. *Results*: Tahapan ini merupakan tahap akhir proses simulasi CFD pada rangka SPKL menggunakan perangkat lunak Solidworks *Flow Simulation*. Dimana pada proses ini akan menampilkan visualisasi hasil simulasi CFD rangka SPKL. Hasil akan divisualisasikan dengan perbedaan gradasi warna *contour* atau *vector* berwarna biru sampai warna merah.



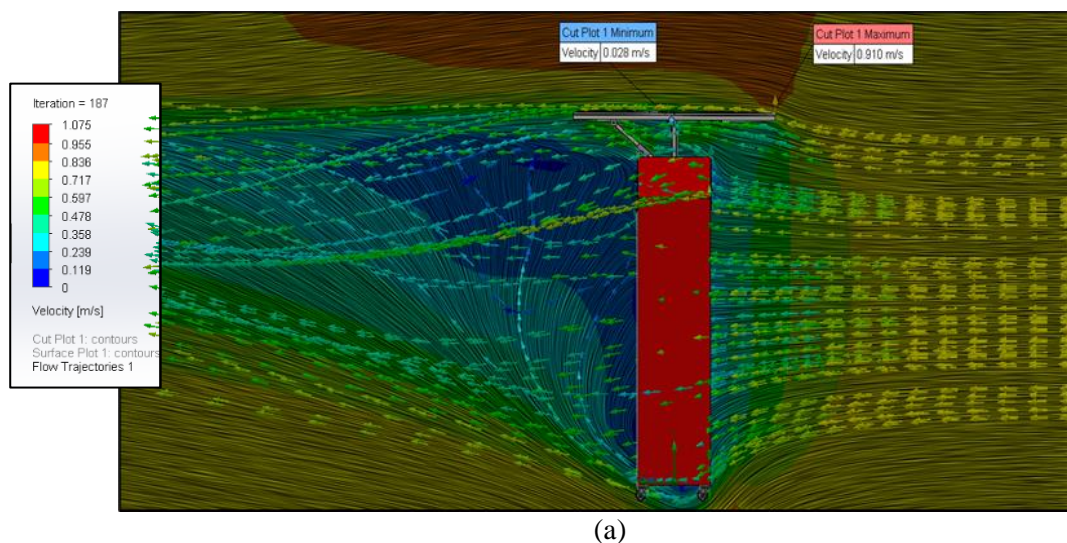
Gambar 1. Contoh tampilan proses simulasi CFD dengan Solidworks *Flow Simulation*.

3. Hasil dan Pembahasan

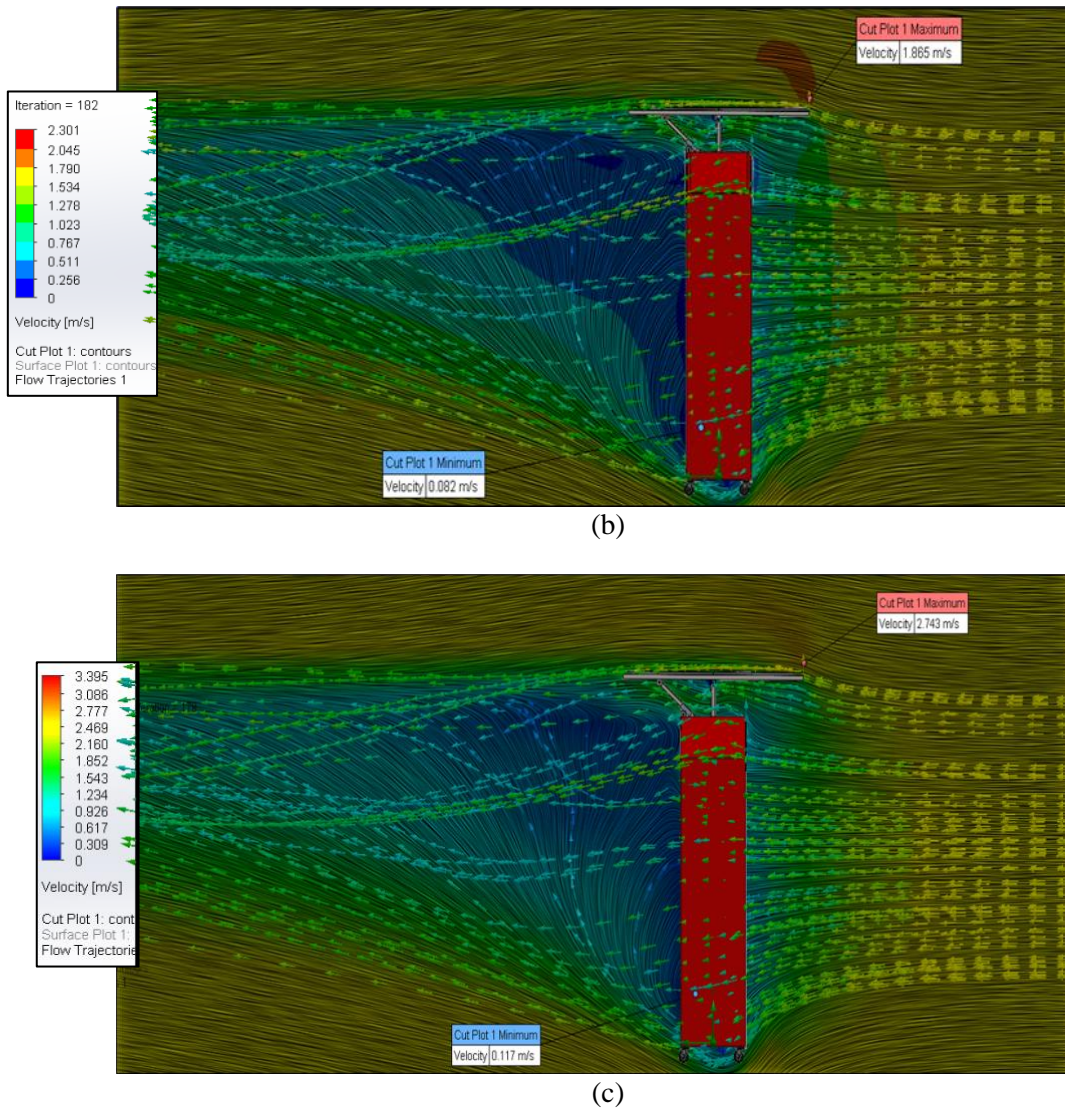
3.1 Hasil Analisa

3.1.1 Visualisasi Kecepatan Aliran Udara

Hasil simulasi CFD menunjukkan kecepatan aliran udara yang melewati rangka SPKL divisualisasikan oleh gradasi warna *vector* atau panah seperti pada Gambar 2(a), 2(b) dan 2(c). *Vector* yang berwarna semakin mendekati warna merah artinya terjadi peningkatan kecepatan aliran udara, sebaliknya apabila warna *vector* yang semakin mendekati warna biru artinya terjadi perlambatan kecepatan aliran udara.



(a)



Gambar 2. Visulasasi Hasil Simulasi Kecepatan Aliran Udara Rangka SPKL (a) 3 km/j (b) 6 km/j (c) 9 km/j.

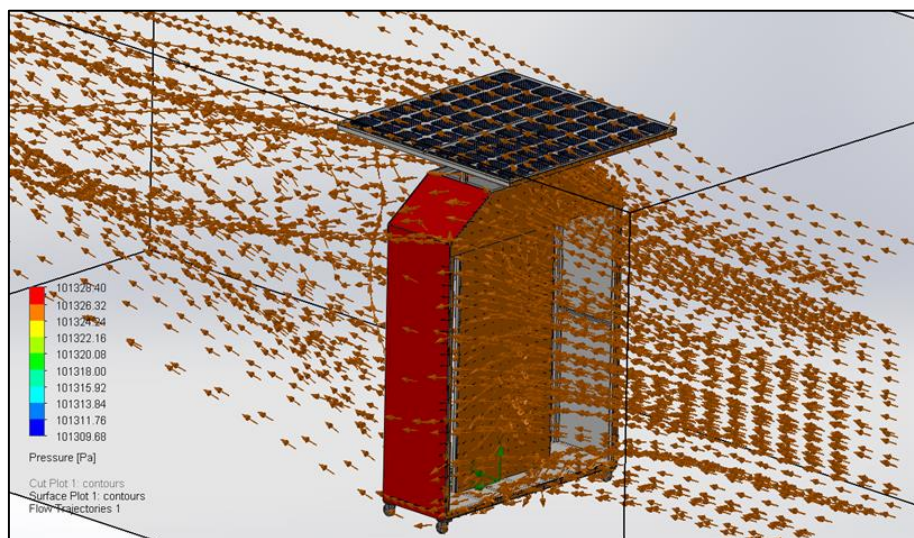
Hasil simulasi CFD pada desain rangka SPKL menjelaskan bahwa terjadi peningkatan kecepatan aliran udara pada masing-masing variasi *inlet velocity* 3 km/j, 6 km/j dan 9 km/j seperti pada Gambar 4.11. Peningkatan kecepatan aliran udara dibagian atas rangka yang diperlihatkan oleh *vector* dan *cut plot* berwarna kuning hingga oranye, sedangkan perlambatan kecepatan aliran udara dibagian belakang dari desain SPKL yang diperlihatkan oleh *vector* dan *cut plot* berwarna hijau hingga mendekati warna biru.

Dari hasil simulasi CFD diketahui nilai kecepatan maksimum aliran udara pada parameter *inlet velocity* 3 km/jam yaitu sebesar 0,91 meter/detik atau 3,276 km/jam. Ini menunjukkan bahwa pada kecepatan masukan 3 km/jam, aliran udara memiliki laju yang cukup rendah sehingga kecepatan maksimumnya juga cenderung rendah. Berikutnya, nilai kecepatan maksimum aliran udara pada parameter *inlet velocity* 6 km/j yaitu sebesar 1,865 meter/detik atau 6,8652 km/jam. Hal ini menunjukkan bahwa dengan peningkatan kecepatan masukan menjadi 6 km/jam, laju aliran udara juga meningkat, yang mengakibatkan peningkatan kecepatan maksimum aliran. Kemudian, nilai kecepatan maksimum aliran udara pada parameter *inlet velocity* 9 km/j yaitu sebesar 2,743 meter/detik atau 9,8748 km/jam. Dengan kenaikan kecepatan masukan menjadi 9 km/jam, laju aliran udara semakin tinggi, dan ini tercermin dalam peningkatan kecepatan maksimum aliran yang diamati dalam simulasi.

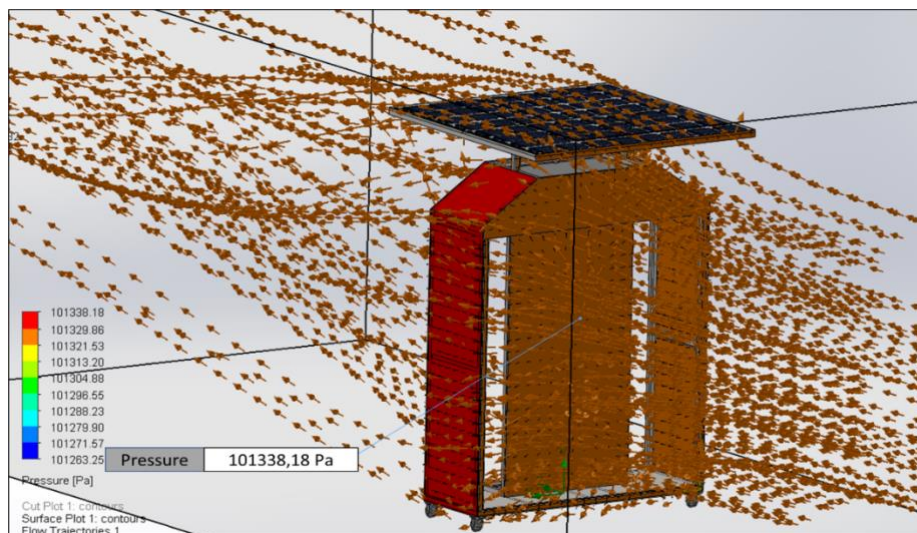
Dengan demikian, hasil simulasi CFD menunjukkan bahwa semakin tinggi parameter *inlet velocity*, semakin besar pula kecepatan maksimum aliran udara yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan prinsip dasar dinamika fluida, di mana semakin tinggi kecepatan awal aliran udara, maka semakin besar pula energi kinetik yang dimiliki oleh aliran tersebut. Dalam hal ini, dapat dilihat bahwa kecepatan aliran udara pada parameter inlet velocity 9 km/j memiliki nilai maksimum yang lebih tinggi daripada parameter inlet velocity 6 km/j dan 3 km/j.

3.1.2 Visualisasi Tekanan

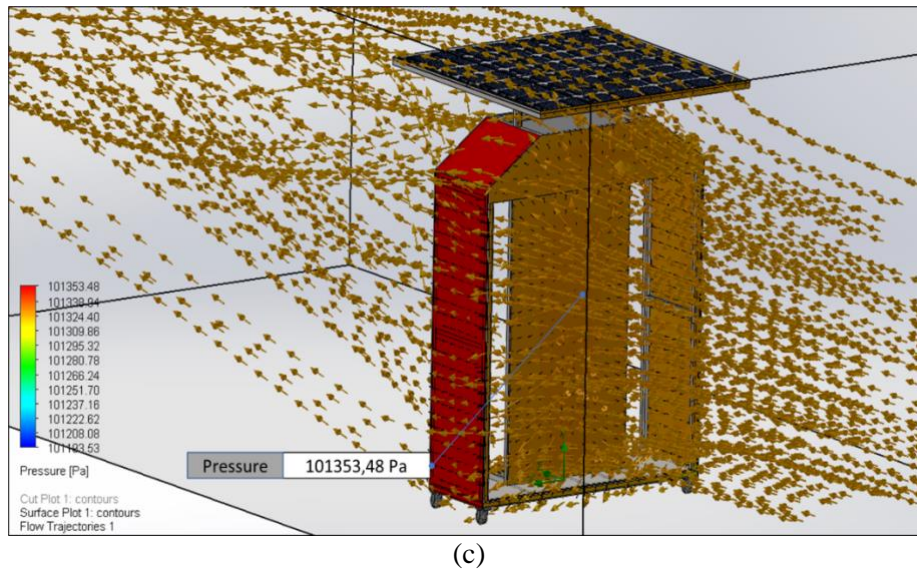
Dari hasil simulasi CFD diketahui pula tekanan (*pressure*) yang diterima oleh permukaan rangka SPKL divisualisasikan oleh gradasi warna *contour* pada permukaan rangka SPKL seperti pada Gambar 3(a), 3(b), dan 3(c). *Contour* yang warnanya semakin mendekati warna merah artinya besar tekanan (*pressure*) udara yang diterima bernilai positif atau searah sumbu Z+ yang menjadi proyeksi koordinat *inlet*, sebaliknya apabila warna *contour* yang besar tekanan (*pressure*) udara yang diterima bernilai negatif atau searah sumbu Z-.



(a)



(b)



Gambar 3. Visulasasi Tekanan Rangka SPKL (a) 3 km/j (b) 6 km/j (c) 9 km/j.

Dari hasil simulasi CFD diketahui bahwa hasil nilai tekanan minus terjadi karena adanya perbedaan dalam koordinat yang digunakan dalam perhitungan atau running calculation yang dihitung berdasarkan sumbu pada pemodelan geometri 3D. Dengan demikian sistem koordinat yang digunakan memiliki arah yang berlawanan dengan parameter *inlet* tekanan yang diukur, ini bisa menghasilkan nilai minus. Maka, didapatkan nilai tekanan tertinggi pada parameter *inlet pressure* 3 km/j yaitu sebesar 101325,45 Pascal. Berikutnya, nilai tekanan tertinggi pada parameter *inlet pressure* 6 km/j yaitu sebesar 101338,18 Pascal. Selain itu, nilai tekanan tertinggi pada parameter *inlet pressure* 9 km/j yaitu sebesar 101353,46 Pascal.

Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat korelasi positif antara kecepatan masukan aliran udara (*inlet pressure*) dan nilai tekanan tertinggi dalam simulasi CFD. Semakin tinggi kecepatan masukan, semakin besar energi kinetik aliran, yang pada akhirnya menghasilkan tekanan yang lebih tinggi dalam sistem. Hasil ini sesuai dengan prinsip dasar aerodinamika yang menyatakan bahwa semakin tinggi kecepatan aliran udara, semakin besar tekanan yang dihasilkan oleh aliran tersebut.

3.2 Perhitungan Kecepatan dengan Gaya Hambat

Dari simulasi CFD yang telah dilaksanakan pada rangka SPKL dengan variasi parameter *inlet velocity* 3 km/jam, 6 km/jam dan 9 km/jam ditemukan berbagai fenomena fluida yang berbeda pada setiap parameter *inlet velocity*. Simulasi CFD yang dilakukan menghasilkan informasi tentang profil kecepatan aliran udara di sepanjang permukaan objek yaitu desain rangka SPKL atau dalam aliran secara keseluruhan. Profil kecepatan ini menggambarkan bagaimana kecepatan aliran berubah dari lapisan aliran yang paling dekat dengan permukaan objek hingga lapisan aliran bebas. Profil kecepatan ini akan memengaruhi distribusi tekanan dan juga gaya hambat pada objek.

Untuk memperkaya dan mendukung temuan penelitian ini, disajikan data hubungan antara *inlet velocity* atau kecepatan aliran udara masuk dengan gaya hambat pada permukaan rangka SPKL. Gaya hambat adalah gaya yang bekerja ke arah berlawanan dengan gerakan objek melalui medium (dalam hal ini, udara). Gaya hambat viskous timbul karena gesekan antara lapisan-lapisan aliran fluida yang bergerak pada kecepatan yang berbeda. Dengan menyajikan grafik hubungan kecepatan aliran udara masuk dengan gaya hambat seperti pada Gambar 4.13, maka grafik ini dapat menggambarkan bagaimana kecepatan aliran udara mempengaruhi gaya hambat yang diberikan pada desain rangka SPKL. Didapatkan hitungan dari persamaan sebagai berikut:

a. *Inlet Velocity 3Km/j*

$$F = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot Cd \cdot A$$

$$F = \frac{1}{2} \cdot (1,225 \frac{kg}{m^3}) \cdot (0,83^2) \cdot (2) \cdot (2,27)$$

$$F = 2,27 Kg$$

$$F = 22,34 N$$

b. *Inlet Velocity 6Km/j*

$$F = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot Cd \cdot A$$

$$F = \frac{1}{2} \cdot (1,225 \frac{kg}{m^3}) \cdot (1,67^2) \cdot (2) \cdot (2,27)$$

$$F = 9,22 Kg$$

$$F = 90,42 Newton$$

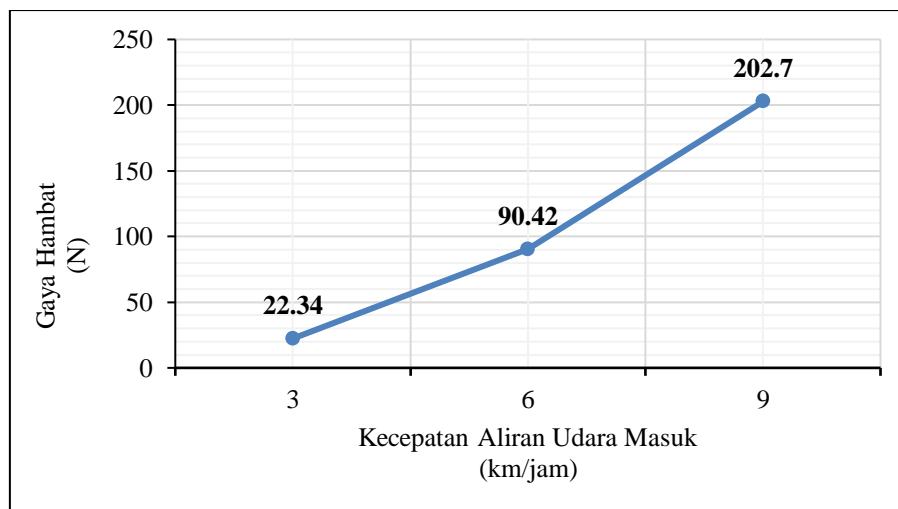
c. *Inlet Velocity 9Km/j*

$$F = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot Cd \cdot A$$

$$F = \frac{1}{2} \cdot (1,225 \frac{kg}{m^3}) \cdot (2,5^2) \cdot (2) \cdot (2,27)$$

$$F = 20,67 Kg$$

$$F = 202,7 N$$



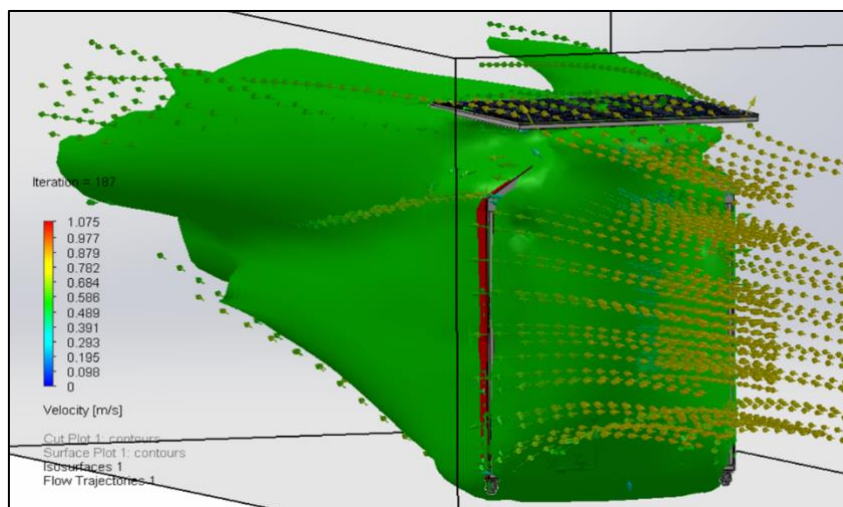
Gambar 4. Grafik Hubungan antara Kecepatan Aliran Udara dengan Gaya Hambat Hasil Simulasi CFD Rangka SPKL.

Dapat diamati pada Gambar 4 disajikan data yang jelas dalam pemahaman gaya hambat pada desain rangka SPKL dalam berbagai kondisi kecepatan aliran udara masuk (*inlet velocity*). Berdasarkan hasil simulasi CFD, ditemukan bahwa nilai gaya hambat pada kecepatan 3 km/j adalah sebesar 22,34 Newton, meningkat menjadi 90,42 Newton pada kecepatan 6 km/j, dan mencapai 202,7 Newton pada kecepatan 9 km/j. Data hasil simulasi menunjukkan adanya peningkatan nilai gaya hambat seiring dengan peningkatan kecepatan aliran udara masuk. Hal ini mengindikasikan interaksi yang kompleks antara desain rangka dan aliran fluida, serta memberikan kontribusi berharga dalam pemahaman fenomena aerodinamika.

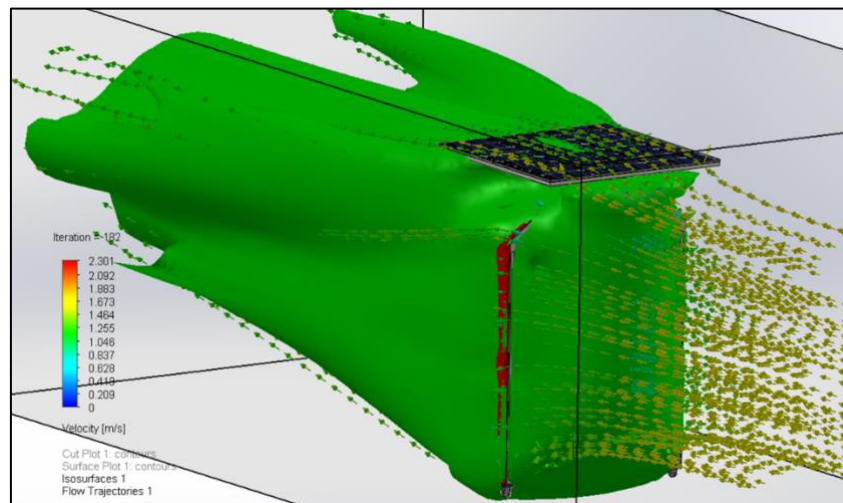
Dalam penelitian ini, hasil simulasi CFD menggambarkan adanya hubungan linear antara kecepatan aliran dan nilai gaya hambat. Peningkatan kecepatan aliran dari 3 km/j menjadi 6 km/j mengakibatkan peningkatan gaya hambat sebesar 68,08 Newton. Demikian pula, dari 6 km/j menjadi 9 km/j, gaya hambat meningkat sebesar 112,28 Newton. Temuan ini mendukung pemahaman umum bahwa gaya hambat bertambah sejalan dengan peningkatan kecepatan aliran, sesuai dengan prinsip dasar aerodinamika yang menyatakan bahwa aliran fluida menghasilkan gaya hambat yang proporsional terhadap kuadrat kecepatan aliran.

3.2.1 Visualisasi Kecepatan Dengan Gaya Hambat

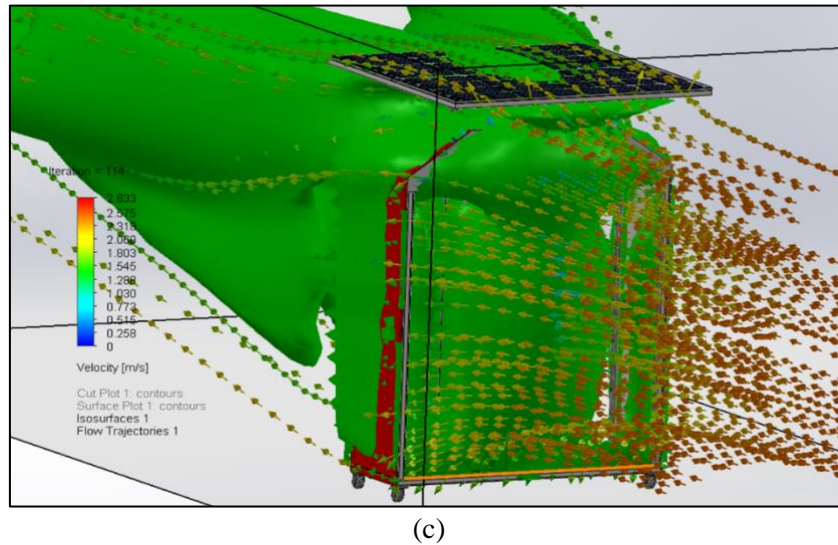
Dari hasil simulasi CFD diketahui pula gaya hambat yang diterima oleh permukaan rangka SPKL divisualisasikan oleh gradasi warna *contour* pada permukaan rangka SPKL seperti pada Gambar 4.4. *Contour* tersebut menunjukkan hambatan udara yang terjadi pada permukaan rangka SPKL.



(a)



(b)



(c)
Gambar 4. Visualisasi Gaya Hambat SPKL (a) 3 km/j (b) 6 km/j (c) 9 km/j.

Interpretasi temuan ini dapat dihubungkan dengan prinsip Bernoulli, di mana peningkatan kecepatan aliran udara dapat menyebabkan penurunan tekanan yang menghasilkan gaya hambat. Konsep ini juga ditemukan dalam berbagai penelitian sebelumnya yang melibatkan analisis gaya hambat pada benda yang bergerak dalam aliran fluida. Temuan ini mendukung pemahaman bahwa semakin tinggi kecepatan aliran, semakin besar hambatan yang dihadapi oleh desain. Tingginya nilai gaya hambat pada kecepatan yang lebih tinggi sesuai dengan prinsip dasar aerodinamika. Seiring dengan peningkatan kecepatan, aliran fluida di sekitar objek (desain rangka) menjadi lebih kompleks dan lebih bercampur, mengakibatkan peningkatan gaya hambat. Hal ini sejalan pula dengan prinsip bahwa semakin tinggi kecepatan relatif antara objek dan aliran fluida, semakin kuat pula gaya hambat yang dihasilkan.

Namun, penting untuk diperhatikan bahwa hasil simulasi CFD ini memiliki batasan dalam representasi dunia nyata. Simulasi CFD melibatkan model numerik yang mewakili aliran fluida, yang mungkin tidak sepenuhnya mencakup kompleksitas fenomena fisik yang sebenarnya terjadi. Oleh karena itu, hasil ini sebaiknya digunakan sebagai panduan awal dalam pengembangan desain, dan validasi eksperimental lebih lanjut mungkin diperlukan untuk memastikan keakuratan hasil. Dengan demikian, temuan ini memberikan wawasan pengetahuan yang kuat untuk penelitian lebih lanjut dalam bidang aerodinamika dan rekayasa fluida. Kaitannya dengan temuan penelitian sebelumnya memberikan perspektif yang lebih lengkap tentang dinamika interaksi antara objek desain dan aliran fluida pada berbagai kondisi kecepatan aliran udara masuk.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian yang telah dipaparkan dalam skripsi ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Besar nilai gaya hambat pada laju angin 3 km/j adalah sebesar 22,34 N, meningkat menjadi 90,42 N pada laju angin 6 km/j, dan mencapai 202,7 N pada laju angin 9 km/j.
2. Nilai tekanan tertinggi pada variasi laju angin 3 km/j sebesar 101325,45 Pascal. Ketika laju angin meningkat menjadi 6 km/j, nilai tekanan tertinggi meningkat menjadi 101338,18 Pascal. Pada kondisi laju angin masukan tertinggi, yaitu 9 km/j, tekanan tertinggi mencapai 101353,46 Pa.

UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Universitas Global Jakarta atas dukungannya selama menyelesaikan penelitian ini

REFERENCES

- [1] F. Sutra Kamajaya and M. Muzmi Ulya, "Analisis Teknologi Charger Untuk Kendaraan Listrik - Review," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 6, no. 3, pp. 163–166, 2015, doi: 10.21776/ub.jrm.2015.006.03.4.
- [2] Y. F. Kusuma and A. S. Kasman, "Kajian Efek Angin Pada Bangunan Tinggi Menggunakan Computational Fluid Dynamics," *Journal of Aero Technology*, vol. 1, no. 2, pp. 10–18, 2018.