

PENGEMBANGAN DESAIN PERANGKAT AERODINAMIK MOBIL FG16 DITINJAU DARI HASIL SIMULASI NUMERIK ALIRAN UDARA EKSTERNAL

DESIGN DEVELOPMENT OF AERODYNAMIC DEVICE FG16 CAR OBSERVED BY RESULT OF EXTERNAL AIR FLOW SIMULATION

Oleh:

Anwar Dwi Murwantodan Muhkamad Wakid

Pendidikan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta

Email: anwardmurwanto@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk (1) menghasilkan rancangan perangkat aerodinamik mobil FG16 yang mempunyai nilai koefisien *drag* dan *lift* lebih rendah dari mobil F15, dan (2) menghasilkan data hasil simulasi numerik aliran udara eksternal mobil FG16. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian dan pengembangan. Prosedur dalam pengembangan perangkat aerodinamik ini menggunakan model pengembangan PPE. Proses pengujian menggunakan simulasi *Computational Fluid Dynamic* dengan menu *Flow Simulation* pada *software Solidworks 2016*. Hasil penelitian ini (1) rancangan perangkat aerodinamik mobil FG16. Rancangan pengembangan perangkat aerodinamik meliputi bodi dan *diffuser* yang menghasilkan nilai koefisien *drag* 0,57; 0,54; 0,53 dan nilai koefisien *lift* -0,063; -0,099; -0,122. Nilai tersebut masing-masing lebih rendah dari mobil F15. (2) hasil simulasi yang berupa kontur tekanan statis di sekitar mobil FG16, kontur tekanan statis pada permukaan mobil, kontur dan vektor kecepatan aliran udara yang melewati mobil, kontur intensitas turbulensi yang terjadi di sekitar mobil serta kontur tekanan udara statis pada permukaan *diffuser* mobil FG16. Masing-masing data kontur dan vektor tersebut sudah mengalami peningkatan dari kondisi pada mobil F15.

Kata Kunci : Aerodinamik, Simulasi, *Computational Fluid Dynamic*

Abstract

The aims of this research are (1) resulting design of aerodynamic device FG16 car that have coefficient of drag and coefficient of lift lower than F15 car, and (2) resulting data result of external air flow simulation FG16 car. This research belonged to research and development (R & D) using PPE model. Testing process of this research using *Computational Fluid Dynamic* simulation with *Flow Simulation Solidworks 2016*. The results of this research are (1) design of aerodynamic device FG16 car include body and *diffuser* that have coefficient of drag 0,57; 0,54; 0,53 and coefficient of lift -0,063; -0,099; -0,122. Each values are lower than F15 car. (2) simulation results are contour of static pressure around FG16 car, contour of static pressure on the car, contour and vector of air flow velocity across the car, contour of turbulence intensity around FG16 car and contour of static pressure on *diffuser* FG16 car. Each data include contour and vector have increase from F15 car.

Keywords : Aerodynamic, Simulation, *Computational Fluid Dynamic*

PENDAHULUAN

Student Formula Japan (SFJ) adalah bagian dari *Formula SAE series* yang merupakan kompetisi tahunan yang diselenggarakan oleh *Japanese Society of Automotive Engineer (JSAE)*. Kegiatan ini ditunjukkan untuk mahasiswa di berbagai Universitas di seluruh dunia untuk berkompetisi dalam merancang kendaraan bergaya formula. Di dalam kompetisi tersebut

terdapat dua kategori perlombaan yaitu *static events* dan *dynamic events*.

Universitas Negeri Yogyakarta (UNY) ikut berpartisipasi dalam kompetisi SFJ 2015. Mahasiswa perwakilan dari UNY yang mengikuti kompetisi tersebut tergabung dalam tim Garuda UNY. Berbekal dengan pengalaman seadanya dalam merancang kendaraan akhirnya berhasil menyelesaikan beberapa kategori perlombaan dalam kompetisi tersebut. Pada tahun pertamanya

mobil rancangan mahasiswa UNY yang mengikuti kompetisi tersebut adalah Formula 15 (F15).

Universitas Negeri Yogyakarta akan ikut berpartisipasi kembali dalam kompetisi SFJ 2016. Kendaraan yang akan diikutsertakan dalam kompetisi ini diharapkan dapat mencapai hasil lebih baik dari tahun pertamanya di lima kategori perlombaan yang ada dalam *dynamic events*. Kendaraan yang akan mengikuti kompetisi tersebut diharapkan mempunyai performa yang lebih baik dari tahun 2015. Maka dari itu perlu dilakukan evaluasi perbaikan dan pengembangan untuk mobil yang akan mengikuti kompetisi *SFJ 2016*.

Aerodinamika kendaraan memiliki efek yang signifikan terhadap performa yang akan dihasilkan oleh kendaraan, khususnya kendaraan *racing on the track*. Dalam *dynamic event* ke lima kategori yang dilombakan merupakan perlombaan *on the track*. Gaya hambat aerodinamik (*drag force*) dan gaya tekan ke bawah (*downforce*) memiliki banyak pengaruh terhadap laju kendaraan yang mempunyai kecepatan sedang dan tinggi. Gaya hambat aerodinamik (*drag force*) akan sangat berpengaruh terhadap laju kendaraan saat kondisi lurus. Sedangkan gaya tekan ke bawah (*downforce*) akan sangat berpengaruh pada saat berbelok dan saat dilakukan pengereman. Kedua gaya tersebut merupakan gaya aerodinamik yang terjadi pada kendaraan.

Mobil dengan kecepatan tinggi membutuhkan nilai *drag force* dan *downforce* yang tepat. Apabila nilai *drag force* terlalu besar, maka mobil tidak dapat mencapai kecepatan maksimal pada *track* lurus karena hambatan

udara terlalu besar. Sedangkan jika nilai *downforce* terlalu kecil mobil dapat terangkat karena kurangnya traksi roda terhadap jalan. Kurangnya *downforce* juga dapat mengakibatkan mobil tidak stabil saat di tikungan dan saat dilakukan pengereman karena terjadi slip. Kedua gaya tersebut saling berhubungan, jika *downforce* ditingkatkan upaya tersebut dapat mengakibatkan bertambahnya *frontal area* sehingga hambatan akan bertambah.

Nilai koefisien *drag* dan koefisien *lift* mobil F15 telah disimulasikan dan diketahui hasilnya. Nilai koefisien *drag* dan koefisien *lift* mobil F15 diketahui pada tingkat kecepatan yang berbeda. Kecepatan tersebut yaitu 8,334 m/s, 16,667 m/s dan 25 m/s setara dengan 30 Km/h, 60 Km/h dan 90 Km/h. Nilai koefisien *drag* mobil F15 pada kecepatan tersebut 0,62; 0,59; 0,58, sedangkan nilai koefisien *lift* mobil F15 pada kecepatan tersebut -0,025; -0,040; -0,067.

Tim Garuda UNY pada tahun 2016 berupaya untuk membangun mobil dengan performa yang lebih baik dari mobil F15. Perancangan mobil FG16 harus lebih baik agar mencapai performa terbaik untuk dapat memenangkan perlombaan. Aspek aerodinamika merupakan aspek yang penting untuk dirancang agar dapat meningkatkan performa mobil FG16. Jika aspek aerodinamika tidak dikembangkan maka performa mobil akan sulit meningkat, sehingga sangat penting untuk dilakukan pengembangan. Upaya untuk mencapai target tersebut salah satunya dapat dilakukan dengan cara mengurangi nilai koefisien *drag* dan nilai koefisien *lift* yang terjadi pada mobil FG16.

METODE PENELITIAN

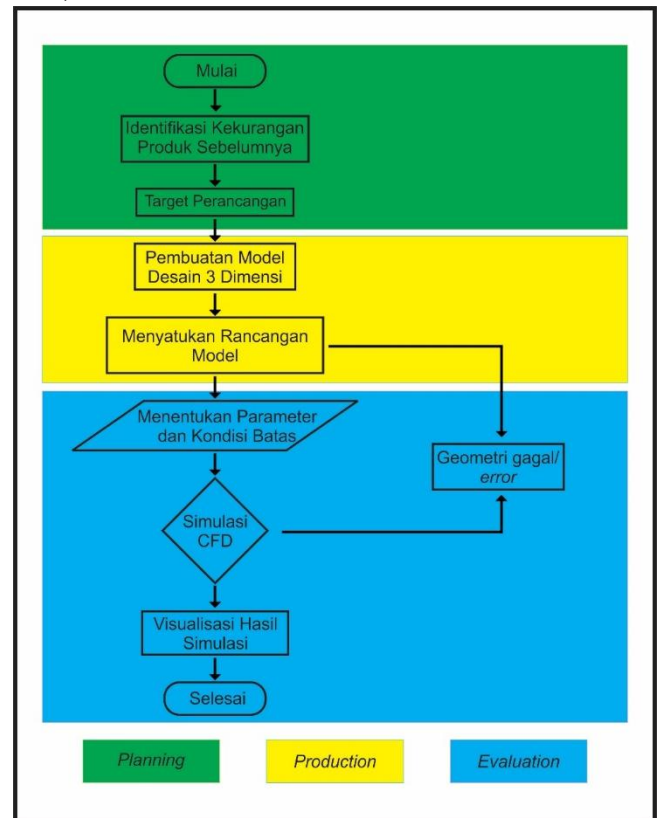
Model Pengembangan

Dalam penelitian pengembangan ini digunakan metodologi penelitian *Research and Development (R&D)*. Metode penelitian dan pengembangan ini bertujuan untuk mengembangkan produk yang telah ada. Metode penelitian dan pengembangan atau dalam bahasa Inggrisnya *Research and Development* adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji kelayakan produk tersebut (Sugiyono, 2015).

Terdapat banyak model pengembangan dalam penelitian *Research and Development*, salah satunya adalah model PPE. Model pengembangan PPE ini dikembangkan oleh (Richey and Klein, 2009) yang terdiri dari *planning* (perancangan), *production* (memproduksi), dan *evaluation* (evaluasi). Pemilihan model pengembangan dengan model PPE karena prosedurnya yang simpel dan sederhana melalui tiga tahapan. Tiga tahapan dalam model pengembangan PPE dijelaskan pada prosedur pengembangan.

Prosedur Pengembangan

Berdasarkan model pengembangan tersebut, langkah-langkah prosedur pengembangan dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Skema Penelitian Pengembangan Mobil FG16

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian pengembangan desain perangkat aerodinamik mobil FG16 ini dilakukan di rumah dan di Kantor Garuda UNY Racing Team yang berada di Fakultas Teknik UNY tepatnya sebelah barat Aula FT UNY. Penelitian ini dilakukan dari tanggal 1 Februari 2016 hingga 30 Mei 2016.

Subjek Penelitian

Subjek dalam penelitian pengembangan ini yaitu desain mobil FG16. Dalam penelitian dan pengembangan ini terdapat dua jenis desain mobil, yaitu desain mobil F15 dan desain mobil FG16, desain mobil F15 merupakan model yang sudah ada. Sedangkan desain mobil FG16 merupakan pengembangan dari model yang telah ada.

Teknik Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, pengambilan data dilakukan dengan melakukan pengujian simulasi menggunakan perangkat lunak komputer atau *software Solidworks 2016 Student Version*. Hal-hal yang perlu dicermati sebelum melakukan pengujian adalah perlu menyamakan parameter-parameter dan kondisi batas dari kedua model desain. Parameter tersebut meliputi domain komputasi, kecepatan angin dalam input data serta langkah-langkah dalam simulasi. Hal tersebut dikarenakan jika terjadi perbedaan parameter dan kondisi batas tersebut mengakibatkan hasil yang tidak seimbang atau tidak *valid*.

Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh pada penelitian ini didapatkan pada saat melakukan pengujian simulasi numerik aliran udara eksternal yang melewati kendaraan. Kegiatan ini dilakukan dengan memasukkan rumus perhitungan dari data yang akan dicari pada *software* kemudian *solver* akan mengkalkulasi dengan rumus :

$$\text{koefisien drag} \quad C_D = \frac{D}{qAp}$$

$$\text{koefisien lift} \quad C_L = \frac{L}{qAp}$$

dan menampilkannya dalam bentuk tabel dan juga gambar agar mudah untuk dibaca dengan keterangan rumus di atas sebagai berikut :

$$C_D = \text{Koefisien drag}$$

$$C_L = \text{Koefisien lift}$$

L = *Lift Force* yang didapat dari simulasi *software* (N)

D = *Drag Force* yang didapat dari simulasi *software* (N)

Ap = Luas permukaan model desain (*frontal area*) (m²)

q = Tekanan dinamis aliran fluida dengan persamaan matematis sebagai berikut : $q = \frac{1}{2} \rho V_{\infty}^2$ (N/m²)

ρ = Massa jenis udara (1,22 kg/m³)

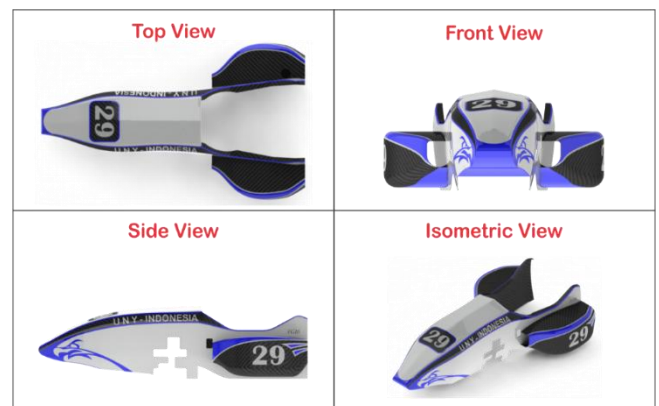
V = Kecepatan fluida/ laju kendaraan (m/s)

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Desain Bodi dan *diffuser* mobil FG16

a. Desain Bodi Mobil FG16

Pengembangan desain bodi mobil FG16 terletak pada bagian depan dan samping bodi. Pada bagian depan bodi mobil FG16 dibuat lebih landai ke atas dan ke bawah, sehingga luas permukaan bagian depan lebih kecil. Bagian samping bodi dibuat bentuk lubang kecil yang membesar ke belakang kemudian kembali mengecil di ujung belakang. Tujuannya agar saat udara memasuki bodi samping tersebut dapat menambah kecepatan aliran udara untuk dapat mendinginkan radiator dan *muffler* yang terdapat pada bodi samping mobil FG16. Desain bodi mobil FG16 dari berbagai pandangan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Desain Bodi Mobil FG16

b. Desain Diffuser Mobil FG16

Untuk desain *undertray* dan *diffuser* tidak banyak mengalami perubahan. Perubahan hanya menyesuaikan dimensi dan bentuk dari bodi dan rangka mobil FG16. Untuk desain *undertray* FG16 tidak terdapat bagian sisi samping dikarenakan bodi samping mobil FG16 sudah termasuk bagian bawah, selain itu juga untuk mereduksi beban. Desain *diffuser* mobil FG16 dapat dilihat pada gambar 3.

Diffuser FG16



Gambar 3. Desain Diffuser Mobil FG16

Sebelum dilakukan analisis data perlu diketahui terlebih dahulu luas *frontal area* mobil FG16. Luas *frontal area* ini digunakan untuk menghitung nilai koefisien *drag* dan nilai koefisien *lift*. Ukuran dari luas *frontal area* dapat diketahui melalui desain 3 dimensi pada *software Solidworks*. Nilai luas frontal area mobil FG16 adalah 0,8392 m².

Berdasarkan hasil pengujian pada *software* yang dilakukan, diperoleh data nilai *drag force* dan nilai *lift force*. Data-data tersebut dapat dilihat pada table 1, 2 dan 3.

Tabel 1. Nilai Drag dan Lift Mobil FG16 pada Kecepatan 30 Km/jam

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value
Lift Force	[N]	-2.23307	-2.624597	-3.433078	-2.090201
Drag Force	[N]	20.11132	20.65399	19.11132	24.04311

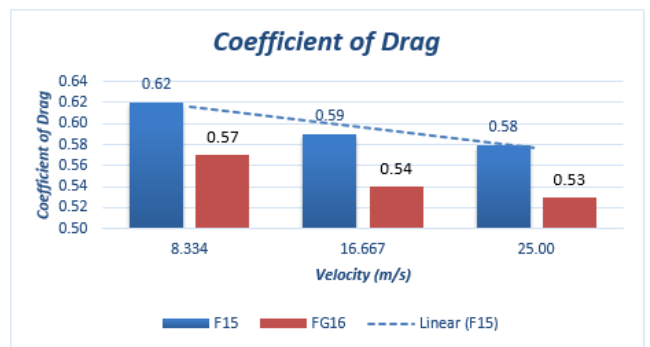
Tabel 2. Nilai Drag dan lift Mobil FG16 pada kecepatan 60 Km/jam

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value
Lift Force	[N]	-14.12251	-10.63943	-14.1225	-8.4302
Drag Force	[N]	76.70117	82.93871	76.70117	96.49199

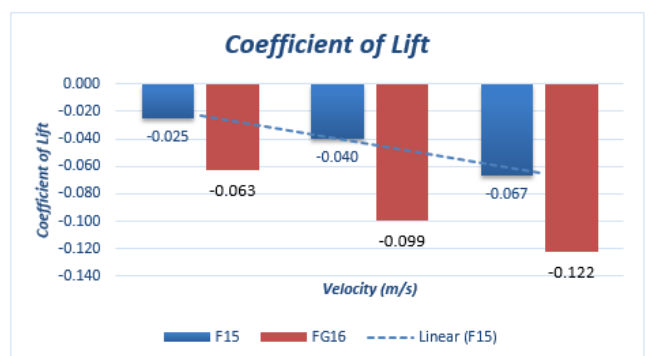
Tabel 3. Nilai Drag dan lift Mobil FG16 pada kecepatan 90 Km/jam

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value
Lift Force	[N]	-38.95835	-24.02489	-31.95835	-18.96803
Drag Force	[N]	168.6953	186.89	172.6953	217.6475

Analisis data berdasarkan nilai *drag force* dan *lift force* terbukti menurunkan nilai koefisien *drag* dan koefisien *lift* mobil FG16. Data nilai koefisien *drag* dan *lift* tersebut disajikan pada grafik gambar 4 dan 5. Dalam gambar tersebut menunjukkan adanya penurunan nilai koefisien *drag* dan koefisien *lift* pada mobil FG16. Penurunan nilai tersebut dikarenakan adanya pengembangan pada desain perangkat aerodinamik mobil FG16 yang meliputi bodi dan *diffuser*. Dengan demikian pengembangan desain perangkat aerodinamik mobil dengan menurunkan nilai koefisien *drag* dan *lift* mobil FG16 berhasil dilakukan.



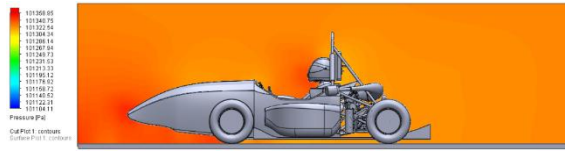
Gambar 4. Grafik Coefficient of Drag mobil FG16



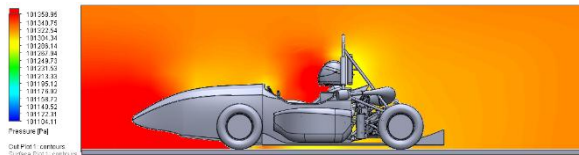
Gambar 5. Grafik Coefficient of Lift Mobil FG16

2. Visualisasi Hasil Simulasi

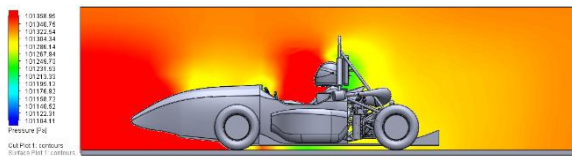
a. Kontur Tekanan Aliran Udara Statis di Sekitar Mobil FG16



Gambar 6. Kontur Tekanan Statis di Sekitar Kendaraan pada Bidang y-z Mobil FG16 dengan Kecepatan 30 km/jam



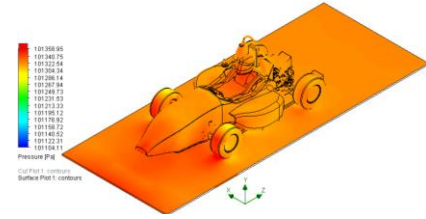
Gambar 7. Kontur Tekanan Statis di Sekitar Kendaraan pada Bidang y-z Mobil FG16 dengan Kecepatan 60 km/jam



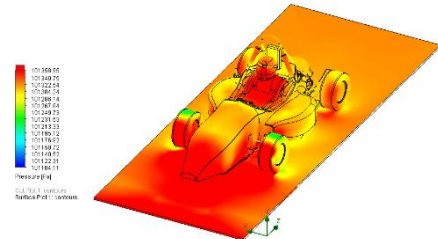
Gambar 8. Kontur Tekanan Statis di Sekitar Kendaraan pada Bidang y-z Mobil FG16 dengan Kecepatan 90 km/jam

Gambar 6, 7, 8 menunjukkan bahwa tekanan udara pada bagian depan bodi mobil FG16 sudah mengalami penurunan. Hal tersebut dikarenakan bentuk bodi mobil yang cenderung landai sehingga separasi aliran udara pada bagian depan dapat berkurang. Berkurangnya separasi aliran udara pada bagian depan bodi mobil dapat menurunkan tekanan statis yang terjadi pada bagian tersebut. Penurunan tekanan udara statis aliran udara tersebut dikarenakan aliran udara yang menabrak bagian depan bodi mobil langsung dapat diteruskan ke bagian atas, bawah dan samping bodi mobil.

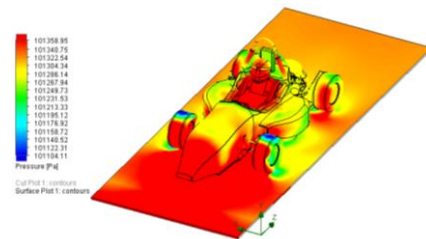
b. Kontur Tekanan Aliran Udara pada Permukaan Kendaraan



Gambar 9. Kontur Tekanan Statis pada Permukaan Mobil FG16 dengan Kecepatan 30 km/jam



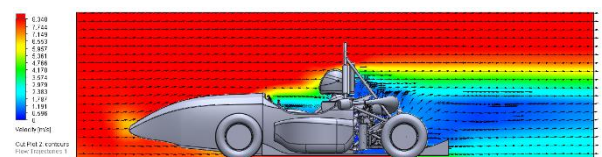
Gambar 10. Kontur Tekanan Statis pada Permukaan Mobil FG16 dengan Kecepatan 60 km/jam



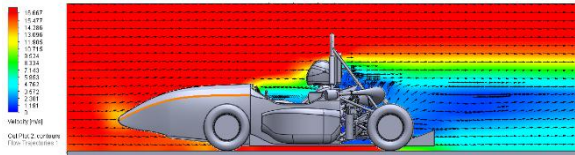
Gambar 11. Kontur Tekanan Statis pada Permukaan Mobil FG16 dengan Kecepatan 90 km/jam

Sama halnya dengan kontur tekanan aliran udara statis di sekitar mobil FG16, gambar 9, 10, 11 menunjukkan tekanan aliran udara statis pada permukaan mobil FG16 sudah mengalami penurunan dari desain sebelumnya.

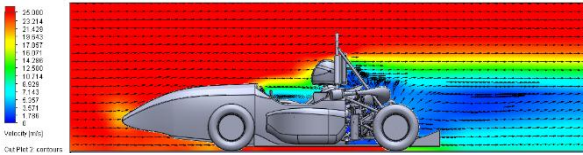
c. Kontur Kecepatan Aliran Udara di Sekitar Mobil FG16



Gambar 12. Kontur Kecepatan Aliran Udara di Sekitar Mobil FG16 dengan Kecepatan 30 km/jam



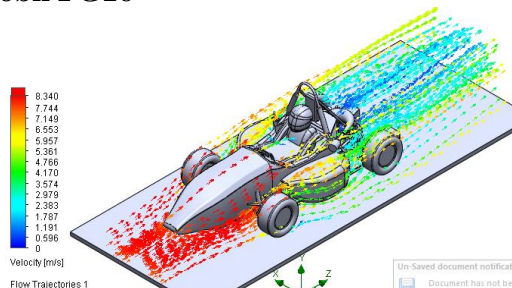
Gambar 13. Kontur Kecepatan Aliran Udara di Sekitar Mobil FG16 dengan Kecepatan 60 km/jam



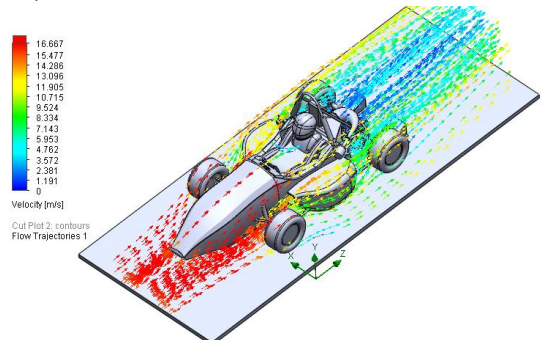
Gambar 14. Kontur Kecepatan Aliran Udara di Sekitar Mobil FG16 dengan Kecepatan 90 km/jam

Kontur kecepatan dan vektor aliran udara menunjukkan sudah terdapat peningkatan. Peningkatan ini terutama pada bagian bawah kendaraan atau di sudut *diffuser*. Gambar 12, 13, 14 menunjukkan bahwa kecepatan aliran udara pada bagian bawah mobil FG16 mencapai kecepatan maksimal aliran udara, selain itu pada bagian *diffuser* juga telah mencapai kecepatan setengah dari nilai kecepatan aliran udara. Meningkatnya kecepatan aliran udara ini mengakibatkan tekanan bagian bawah mobil FG16 menjadi berkurang, sehingga dapat mengurangi nilai *lift force*.

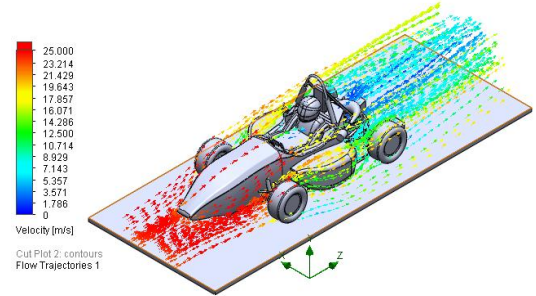
d. Vektor Kecepatan Aliran Udara di Sekitar Mobil FG16



Gambar 15. Vektor Kecepatan Aliran Udara di Sekitar Mobil FG16 dengan Kecepatan 30 km/jam



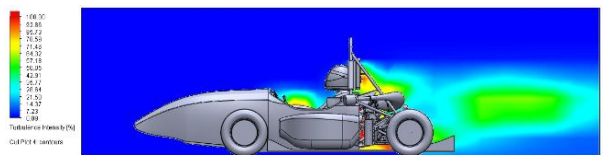
Gambar 16. Vektor Kecepatan Aliran Udara di Sekitar Mobil FG16 dengan Kecepatan 60 km/jam



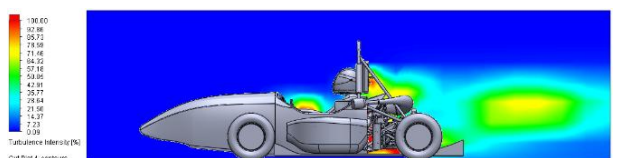
Gambar 17. Vektor Kecepatan Aliran Udara di Sekitar Mobil FG16 dengan Kecepatan 90 km/jam

Kecepatan merupakan suatu besaran yang memiliki arah, sehingga dapat disajikan dalam bentuk vektor anak panah. Penyajian vektor kecepatan di sekitar permukaan mobil FG16 dapat dilihat pada gambar 15, 16, 17. Penyajian vektor arah aliran udara termasuk dalam pandangan isometri dan dengan warna sesuai kecepatan dari aliran udara yang melewati mobil FG16.

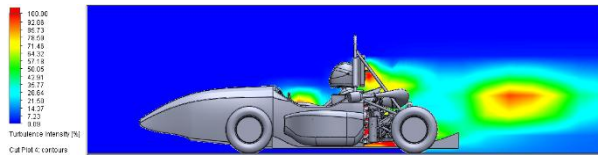
e. Kontur Intensitas Turbulensi di Sekitar Mobil FG16



Gambar 18. Kontur Intensitas Turbulensi di Sekitar mobil FG16 dengan Kecepatan 30 km/jam



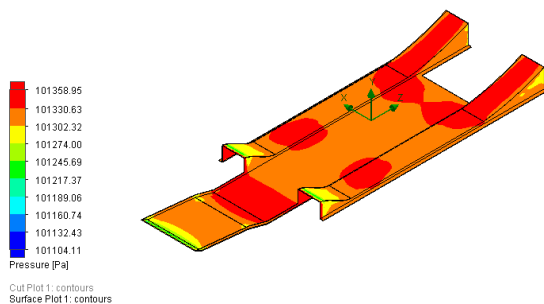
Gambar 19. Kontur Intensitas Turbulensi di Sekitar Mobil FG16 dengan Kecepatan 60 km/jam



Gambar 20. Kontur Intensitas Turbulensi di Sekitar Mobil FG16 dengan Kecepatan 90 km/jam

Intensitas turbulensi merupakan bentuk olakan aliran udara yang terjadi di sekitar kendaraan, yang ditampilkan dalam bidang y-z dalam bentuk presentase. Intensitas turbulensi ini akan sangat tinggi ketika rata-rata kecepatan udara yang mengalir sangat rendah. Hasil analisis intensitas turbulensi pada mobil FG16 ditampilkan dalam gambar 18, 19, 20.

f. Kontur Tekanan Udara Statis pada Permukaan *Diffuser* Mobil FG16



Gambar 21. Kontur Tekanan Statis Permukaan *Diffuser* Mobil FG16

Pada gambar 21 terlihat bahwa tekanan statis pada permukaan *diffuser* mobil FG16 dapat mencapai tekanan maksimal. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan dari desain *diffuser* pada mobil sebelumnya. Tekanan statis mobil FG16 sudah menyeluruh dengan tekanan yang mendekati tekanan maksimal, hal ini ditunjukkan dengan adanya warna merah yang menunjukkan tekanan maksimal.

KESIMPULAN

Pertama, berdasarkan hasil perancangan dan pengembangan desain perangkat aerodinamik mobil FG16 mempunyai nilai koefisien *drag* dan koefisien *lift* yang lebih rendah dari mobil F15. Rancangan desain perangkat aerodinamik mobil FG16 meliputi bodi dan *diffuser*. Pengembangan desain pada bodi hanya pada bagian depan dan samping bodi. Desain bodi bagian depan dibuat lebih landai ke depan, sehingga mengurangi separasi aliran udara yang terjadi pada bagian depan bodi mobil FG16. Desain bodi bagian samping dibuat bentuk lubang kecil yang membesar kemudian mengecil lagi ke belakang. Desain tersebut dapat mengarahkan aliran udara untuk tidak mengenai bagian roda, sehingga dapat mengurangi gaya hambat pada bagian roda. Rancangan pada *diffuser* dibuat sudut yang lebih tinggi dari desain *diffuser* mobil F15 untuk mengurangi nilai *lift*. Rancangan tersebut terbukti dapat mengurangi nilai koefisien *drag* menjadi 0,57; 0,54; 0,53 dan koefisien *lift* menjadi -0,063; -0,099; -0,122 lebih rendah dari nilai koefisien *drag* dan koefisien *lift* mobil F15.

Kedua, hasil simulasi numerik aliran udara eksternal rancangan mobil FG16 pada kecepatan 8,334 m/s; 16,667 m/s dan 25 m/s. Hasil simulasi berupa kontur tekanan udara statis di sekitar mobil dan juga pada permukaan mobil FG16 sudah mengalami penurunan dari mobil F15 pada setiap kecepatan. Hasil simulasi berupa kontur kecepatan aliran udara menunjukkan bahwa terdapat peningkatan kecepatan aliran udara pada bagian bawah mobil FG16, sehingga dapat mengurangi nilai gaya angkat *lift force*. Hal serupa juga ditunjukkan pada hasil simulasi berupa kontur tekanan statis pada permukaan

diffuser. Tekanan statis pada permukaan *diffuser* menunjukkan bahwa tekanan dapat mencapai nilai maksimum. Hasil simulasi yang selanjutnya berupa kontur intensitas turbulensi yang terjadi pada mobil FG16 yang hanya terjadi pada bagian belakang dari kendaraan.

SARAN

1. Anggota tim mobil Garuda UNY hendaknya dapat mengembangkan desain perangkat aerodinamik mobil FG16 ini lebih lanjut.
2. Pengembangan desain perangkat aerodinamik mobil hendaknya lebih banyak dilakukan dan difikirkan jauh-jauh hari sebelum kompetisi, sehingga dapat dilakukan riset dengan waktu yang lebih lama.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson Jr., J. D., (2007), *Fundamentals of Aerodynamics, 4th Edition*, McGraw-Hill Company, Inc., Newyork.
- FSAE Rules*, (2015). *2016 Formula Society of Automotive Engineer Rules*. Japan: SAE International
- Richey and Klein. (2009). *Penelitian dan Pengembangan*. Penerjemah : Sugiyono. Bandung: Alfabeta
- Sugiyono. (2015). *Metode Penelitian dan Pengembangan*. Bandung: Alfabeta