

---

## ANALISIS OPTIMASI PADA 3 DESAIN MODEL WINGLET MOTOGP MENGUNAKAN COMPUTATIONAL FLUIDA DYNAMICS (CFD)

Rifky Zaidani

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Yudharta Pasuruan  
Jl. Yudharta No. 7, Sengonagung, Purwosari, Pasuruan, Jawa Timur 67162

Email: [zaidanirifky98@gmail.com](mailto:zaidanirifky98@gmail.com)

### Abstrak

*Winglet* pada MotoGP memiliki kontribusi yg cukup krusial dalam membantu *Rider* mencapai kecepatan puncak (*top speed*). pemanfaatan *Winglet* digunakan dari berbagai macam karakteristik bentuk, seperti *angle of attack* (AoA), desain model, dsb, pada penelitian kali ini simulasi menggunakan *Computational Fluida Dynamics* digunakan untuk membandingkan 3 desain model *Winglet*. metode yg digunakan adalah membandingkan langsung 3 desain model *Winglet*, dengan AoA 12°, 15°, & 18° pada kecepatan 320 km/h, untuk menentukan angka *Downforce*, *Velocity*, *Pressure*, serta *Turbulence* dari 3 model tersebut menggunakan uji simulasi *Computational Fluida Dynamics* yg ada didalam software Solidworks. Hasil analisis simulasi digital menunjukkan terdapat perbedaan yg cukup signifikan dari ke 3 model baik itu *Downforce*, *Velocity*, *Pressure*, serta *Turbulence* yg terjadi, dimana pada model dengan angle of attack 12° dapat menciptakan *Average Downforce* hingga 3.40967 kgf, sedangkan model dengan AoA 15°, 5.25496 kgf, dan model dengan AoA 18° dpat menciptakan *Average Downforce* hingga 6.45177 kgf.

**Kata Kunci:** *Angle Of Attack, Computational Fluida Dynamics, Downforce, Velocity, Pressure, Turbulence.*

### Abstract

*Winglets in MotoGP have a crucial contribution in helping Riders reach top speed. Winglets are used from various shape characteristics, such as angle of attack (AoA), model design, etc., in this study, simulations using computational fluid dynamics were used to compare 3 Winglet design models, the method used is to directly compare 3 Winglet t designs, with AoA 12°, 15°, and 18° at a speed of 320 km/h, to determine the downforce, velocity, pressure, and turbulence figures from the 3 models using a simulation test. computational fluid dynamics built into the Solidworks software. The results of the digital simulation analysis show that there are quite significant differences between the 3 models, namely Downforce, Velocity, Pressure, and Turbulence that occur, where the model with an AoA of 12° can create an average downforce of up to 3,40967 kgf, while the model with an AoA of 15°, 5,25496 kgf, and models with an AoA of 18° can create an average downforce of up to 6,45177 kgf.*

**Keywords:** *Angle Of Attack, Computational Fluida Dynamics, Downforce, Velocity, Pressure, Turbulence*

## PENDAHULUAN

Kompetisi MotoGP telah berlangsung sejak puluhan tahun yg lalu, dan terus melibatkan perkembangan teknologi didalamnya untuk bersaing menjadi team yg paling unggul dalam hal kecepatan. salah satu teknologi yg cukup menarik perhatian pada MotoGP adalah hadirnya *Winglet* atau sayap kecil yg terletak pada bagian depan motor MotoGP. fungsi utama *Winglet* ini adalah untuk menciptakan *Downforce* (vortisitas gaya tekan ke bawah akibat *Ventury Effect*) (Altab Hossain dkk, 2011). Kemudian dari terciptanya *Downforce* ini, dapat mencegah *wheelie* dan ketidakstabilan pada motor, yg disebabkan oleh tekanan udara aerodinamis ketika motor melaju diatas 250 *km/h*. 10 kg pada kecepatan 300 *km/h* merupakan *Downforce* yg efektif untuk mencegah *wheelie*, David Emmett (2010).

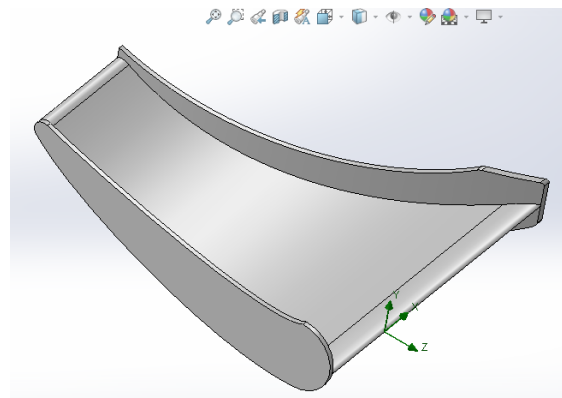
*Anti-wheelie* sebenarnya sudah ada sebelum teknologi *Winglet* terbaru diterapkan, namun fungsi anti-wheelie bukan untuk memperikan tekanan roda depan ke aspal, namun mengurangi output torsi sangat besar yg dihasilkan dari mesin dengan kubikasi 1000+cc tersebut, mencegah roda depan terangkat serta menjaga roda tetap menyentuh aspal, dan bekerja ketika sensor khusus pada ECU mendeteksi perubahan sudut beberapa derajat pada motor. Sehingga untuk mencapai akselerasi maksimal, anti-wheelie merupakan teknologi pada MotoGP yg memiliki efektivitas yg sangat baik ketika motor melaju dibawah 250 *km/h*.

Penerapan anti wheelie pada kecepatan diatas 250 *km/h* merupakan hal yg sangat beresiko, karena ketika motor melaju diatas 250 *km/h*, terjadi putaran rpm yg sangat tinggi didalam mesin, sehingga, penerapan *anti-wheelie*, pada kecepatan diatas 250 *km/h* sangat beresiko untuk mesin, selain itu top speed adalah salah satu tujuan utama dari setiap team di MotoGP. Oleh karena itu ketika pada kecepatan tinggi, *Winglet* lah yg memiliki efektivitas terbaik.

Berdasarkan hal diatas maka penelitian ini difokuskan untuk menentukan *Winglet* optimal yang dapat menghasilkan +-10kg *Downforce* bepatokan pada *angle of attack* serta mempertimbangkan *Pressure*, *Turbulence*, dan *Velocity* yg terjadi pada 3 jenis model *Winglets* dengan *angle of attack* 12°, 15°, & 18°, yg di buat serta simulasikan oleh *computational fluid dynamics* (CFD) analysis menggunakan software Solidworks 2020.



Gambar 1. Winglet



Gambar 2. Prototipe replika

### Definisi problem beserta metode numerik dan model matematika

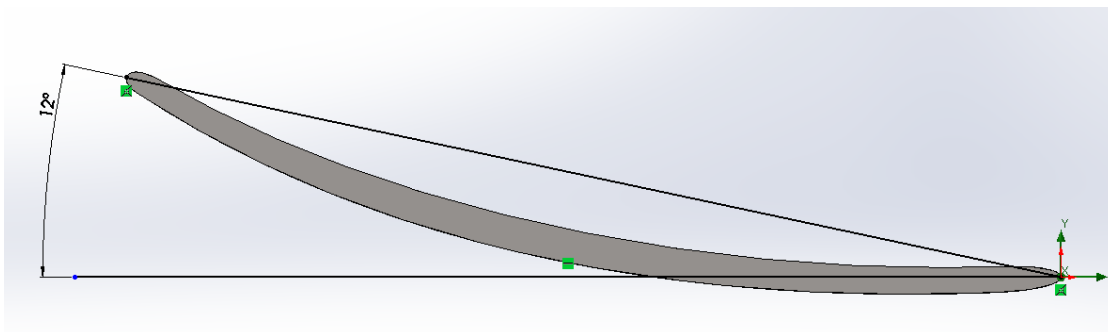
Kendaraan roda 2 dicirikan oleh atributnya yg unik. Kurangnya stabilitas di setiap sisi menyebabkan kompleksitas yang signifikan terhadap perilaku sepeda motor dinamis. Dalam penelitian ini, difokuskan hanya mempelajari performa aerodinamis Winglet MotoGP di sepanjang jalur lurus dengan kecepatan yg konstan, 300km/h. Pembahasan analisa kinerja *Winglet* ketika menikung akan keluar dari topik, dan akan menjadi pembahasan yg jauh lebih panjang dan kompleks (João Gaspar dkk, 2019).

#### a. CFD

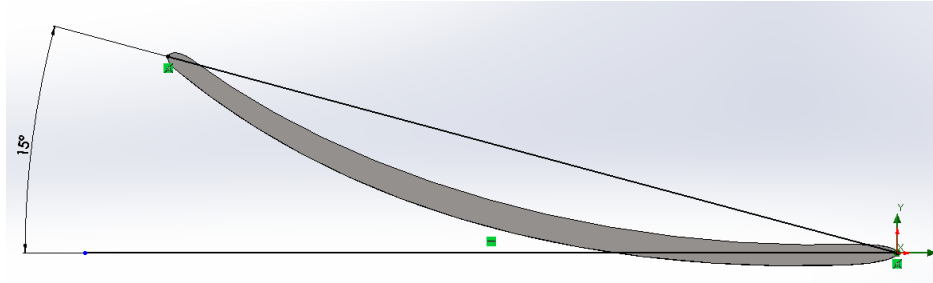
Merupakan salah satu teknik dalam metode elemen hingga yang telah dipertimbangkan oleh banyak ahli peneliti dalam mengetahui performa dari sebuah objek dengan mempertimbangkan pada baik itu tekanan fluida, *drag*, *lift*, *velocity*, dan sebagainya (Osama Gaheen dkk, 2021). Menurut Beechook, dan Wang (2013) dengan menggunakan metode *CFD*, mereka melakukan penelitian pada 2 model winglet yg memiliki *AoA* yg berbeda untuk menentukan model mana yg memiliki nilai *vortex* lebih rendah untuk meningkatkan efisiensi pada bahan bakar, dan hasilnya setiap model *winglet* memiliki angka *vortex* yg berbeda, menandakan kalau *fixed winglet* tidak memberikan performa *aircraft* yg optimal pada perbedaan fase penerbangan.

#### b. Angle of Attack (AoA)

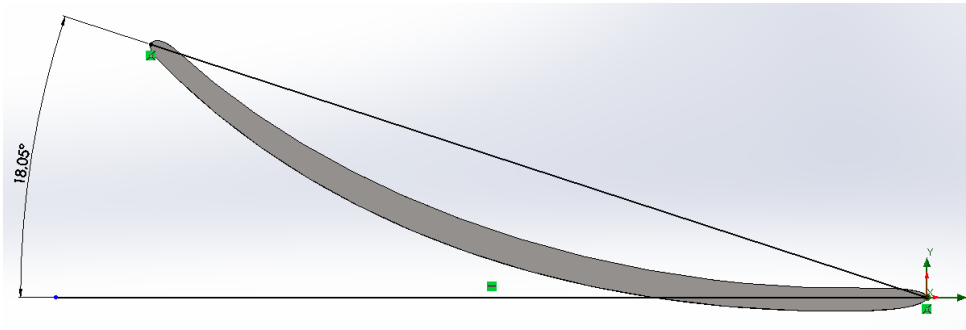
Pada desain winglet, pertimbangan dalam memntukan *AoA* sangat penting untuk diperhatikan, karena semakin besar *AoA* dari sebuah desain sayap, maka drag coefficient juga akan meningkat, dan disertai dengan menurunnya angka lift coefficient, desain winglet yg baik adalah desain yg memiliki keseimbangan antara kedua hal tersebut Samuel (Merryisha & Parvathy Rajendran, 2019). Pengaplikasian winglet cukup luas, dan setiap jenis winglet memberikan perlakuan yg berbeda pula pada objek penerapan (Kusumaningrum dkk 2021). Berikut 3 *AoA* dari desain winglet pada penelitian kali ini.



Gambar 3. Winglet dengan *AoA* 12°



Gambar 4. Winglet dengan AoA 15°



Gambar 5. Winglet dengan AoA 18°

### c. Turbulen

Aerodinamika didefinisikan sebagai ilmu penanganan fluida yang sering kali udara berinteraksi dengan suatu struktur. Saat mensimulasikan aliran di atas *airfoil*, transisi dari aliran laminar ke aliran turbulen memainkan peran penting dalam menentukan fitur aliran dan dalam mengukur kinerja airfoil seperti lift dan drag. Aliran fluida ini mengalami tegangan viskos dan inersia yang menghasilkan fluktuasi yang tidak teratur, sehingga turbulensi mempengaruhi perilaku aliran aerodinamis serta struktur yang berinteraksi dengan fluida dalam kisaran Reynolds tinggi memang wajib untuk mengendalikan aliran disuatu area agar memberikan desain struktur yang baik. Beberapa model turbulensi telah dikembangkan untuk memfasilitasi perhitungan besaran karakteristik untuk mengoptimalkan simulasi aliran turbulen dalam aerodinamika (Rabii El Maani dkk, 2018). Persamaan turbulensi yg terkenal dan dengan penerapan paling luas termasuk pada kasus kali ini adalah, persamaan Reynolds mean *Navier-Stokes* (RANS), Persamaan turbulensi untuk aliran tak tunak dari fluida kompresibel, dapat ditulis sebagai berikut.

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k + G_b - \rho \varepsilon - Y_M + S_k$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \varepsilon u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} (G_k + C_{3\varepsilon} G_b) - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} + S_\varepsilon$$

$G_k$  mewakili generasi energi kinetik turbulensi karena gradien kecepatan rata-rata,  $G_b$  adalah pembangkitan energi kinetik turbulensi karena gaya apung,  $Y_M$  merupakan kontribusi dari dilatasi berfluktuasi dalam turbulensi kompresibel dengan laju disipasi keseluruhan,  $C_{1\varepsilon}, C_{2\varepsilon}$ , dan

$C_{3_\varepsilon}$  konstanta,  $\sigma_k$  dan  $\sigma_\varepsilon$  adalah bilangan Prandtl turbulen untuk masing-masing  $k$  dan  $\varepsilon$ .  $S_k$  dan  $S_\varepsilon$  adalah istilah referensi.

**d. Pressure**

Pressure pada aerodinamis adalah properti yang ditentukan dari aliran gas yang bergerak. Secara khusus, gaya aerodinamis yang bekerja pada suatu benda saat bergerak di udara berbanding lurus dengan tekanan dinamis. Oleh karena itu, tekanan dinamis digunakan dalam definisi koefisien lift dan koefisien drag.

**i. Lift coefficient**

*Lift coefficient* atau Koefisien angkat adalah koefisien tak berdimensi yang menghubungkan gaya angkat yang dihasilkan oleh *lifting body* dengan densitas fluida di sekitar benda, kecepatan fluida, dan area referensi terkait. Berikut untuk persamaan dari *Lift coefficient* (Yudha Hafitsah, 2016).

$$C_L = \frac{L}{\frac{1}{2}\rho v^2 S}$$

Dimana  $C_L$  merupakan koefisien Lift,  $\rho$  densitas fluida ( $\text{kg/m}^3$ ),  $v$  kecepatan udara ( $\text{m/s}$ ), dan  $S$  luas permukaan benda ( $\text{m}^2$ )

**ii. Drag Coefficient**

Dalam dinamika fluida, *Drag Coefficient* adalah besaran tak berdimensi yang digunakan untuk mengukur gaya hambat atau hambatan Suatu benda dalam lingkungan fluida, seperti udara atau air. *Drag Coefficient* ini digunakan dalam persamaan drag di mana koefisien drag yang lebih rendah menunjukkan objek akan memiliki drag aerodinamis atau hidrodinamika yang lebih sedikit. Berikut untuk persamaan dari *Drag Coefficient* (Arina, Nafisah Hidayati dkk, 2017).

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

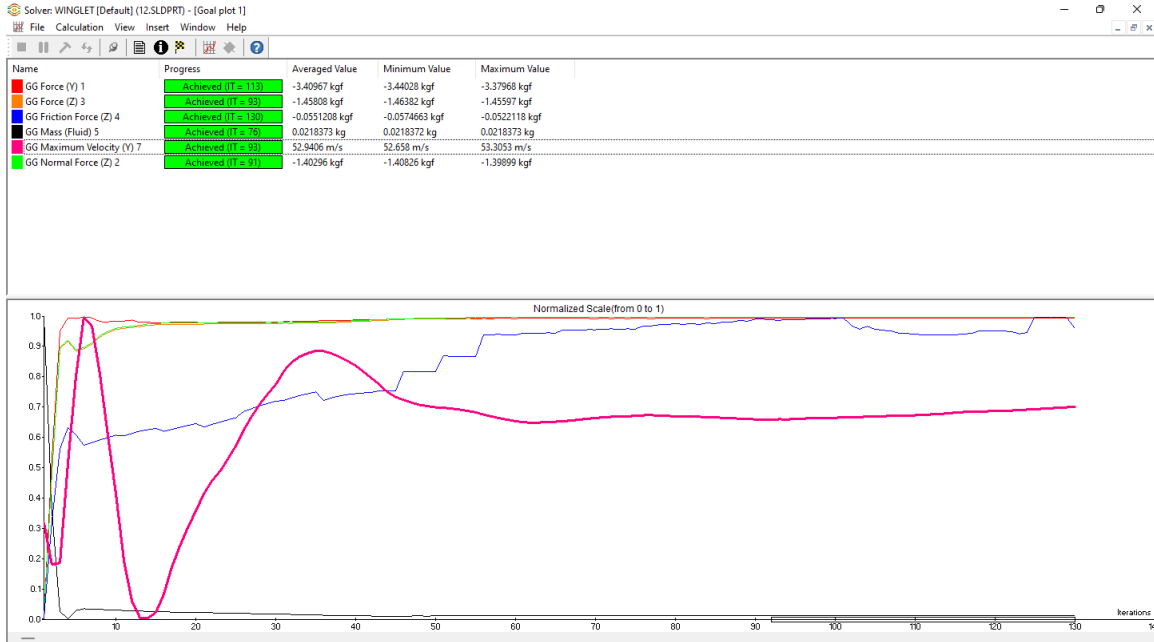
Dimana  $F_D$  merupakan gaya drag,  $C_D$  drag koefisien,  $A$  referensi area,  $\rho$  densitas fluida, dan  $v$  untuk kecepatan relatif aliran terhadap objek.

## METODE PENELITIAN

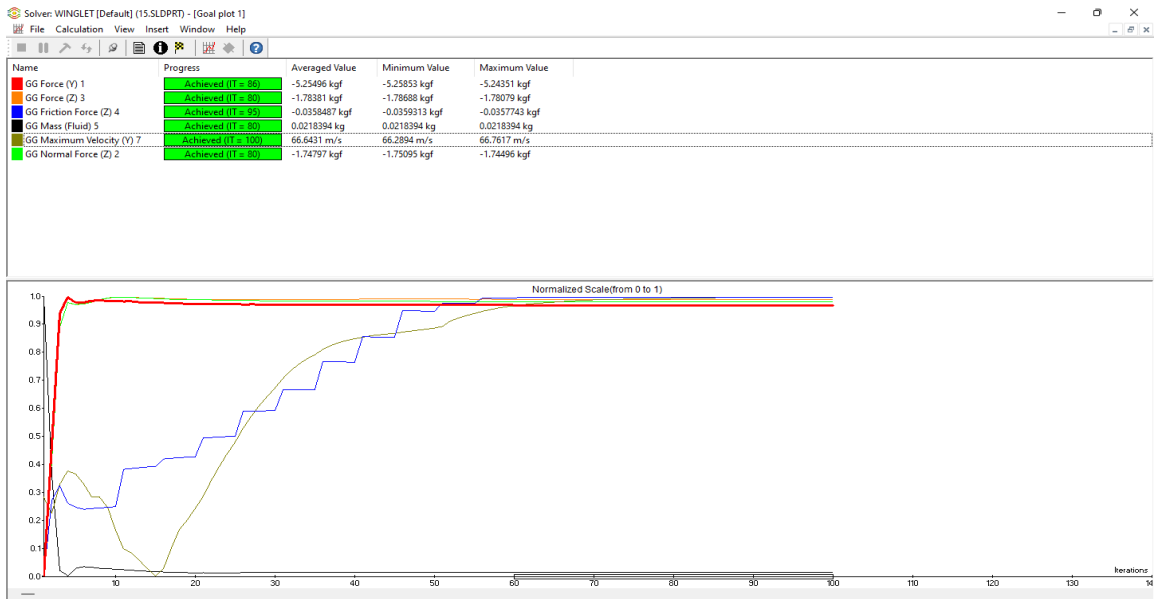
Metode penelitian yang digunakan adalah melakukan eksperimen terhadap 3 model desain Winglet, model 1 dengan AoA  $12^\circ$ , model 2 AoA  $15^\circ$ , dan model 3 dengan AoA  $18^\circ$  untuk mengetahui angka Downforce, Velocity, Pressure, dan Turbulensi, yg optimal kemudian menguji ketiga model tersebut menggunakan simulasi jenis Computational Fluida Dynamics (Cfd) yang ada pada software solidworks. Asumsinya adalah ketiga model tersebut melaju pada kecepatan konstan  $320 \text{ km/h}$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

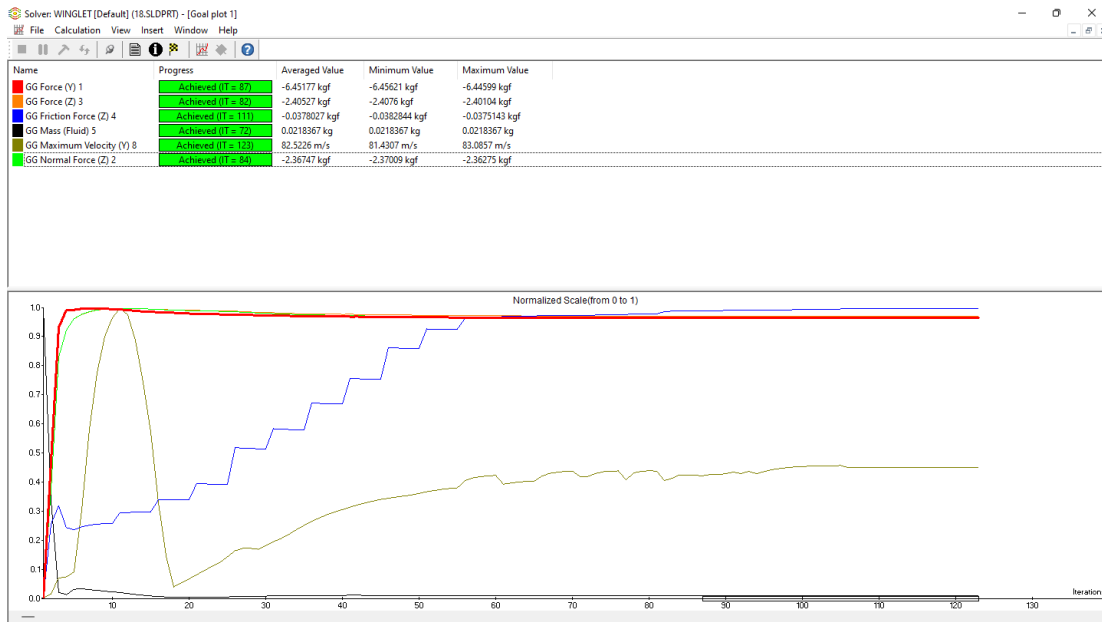
Berdasarkan data rata-rata kecepatan konstan motoGP sebesar 320 km/h dengan kerapatan udara  $1,225 \text{ kg/m}^3$ , maka didapatkan hasil dari simulasi Computational Fluid Dynamics (Cfd) dari 3 model didapatkan:



Gambar 6. Grafik hasil analisis dari model dengan AoA 12°

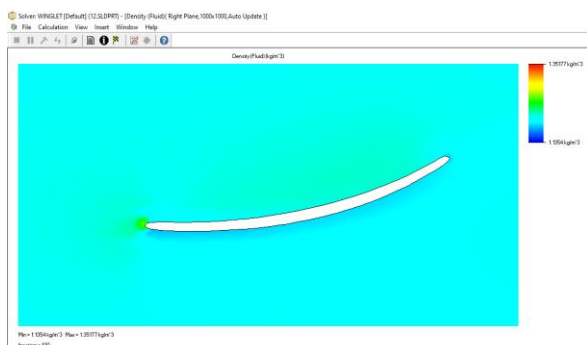


Gambar 7. Grafik hasil analisis dari model dengan AoA 15°

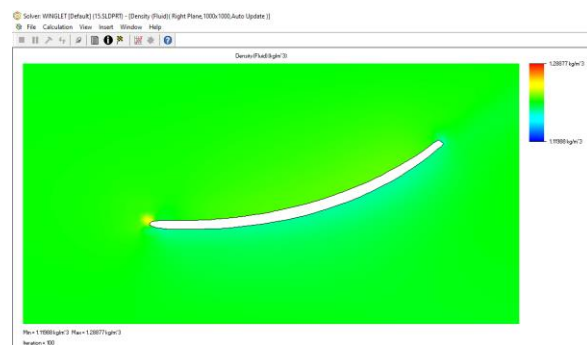


Gambar 8. Grafik hasil analisis dari model dengan AoA 18°

Berdasarkan hasil simulasi pada Gambar 6 didapatkan hasil simulasi yang menunjukkan angka Average Downforce 3.40967 *kgf*, Average Friction Force 0.0551208 *kgf*, Average Velocity 52.9406 *m/s*, dan massa fluida 0.0218373 *kg*, hasil simulasi pada gambar 7 hasil simulasi menunjukkan angka rerata Downforce 5.26496 *kgf*, rerata Friction Force 0.035848 *kgf*, Average Velocity 66.6431 *m/s*, dan rerata massa fluida 0.0218395 *kg*, dan hasil simulasi pada gambar 8 simulasi menunjukkan angka rerata Downforce 6.45177 *kgf*, rerata Friction Force 0.0378027 *kgf*, rerata Velocity 82.5226 *m/s*, dan rerata massa fluida 0.0218367 *kg*. Kemudian dianalisis untuk perbandingan density dari tiga model tersebut dan didapatkan:

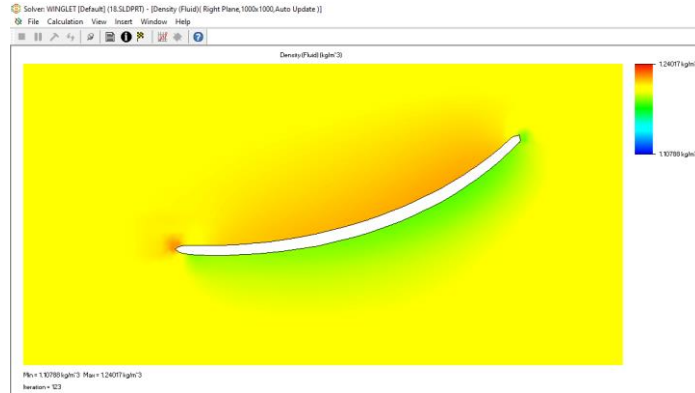


Gambar 9. AoA 12°



Gambar 10. AoA 15°





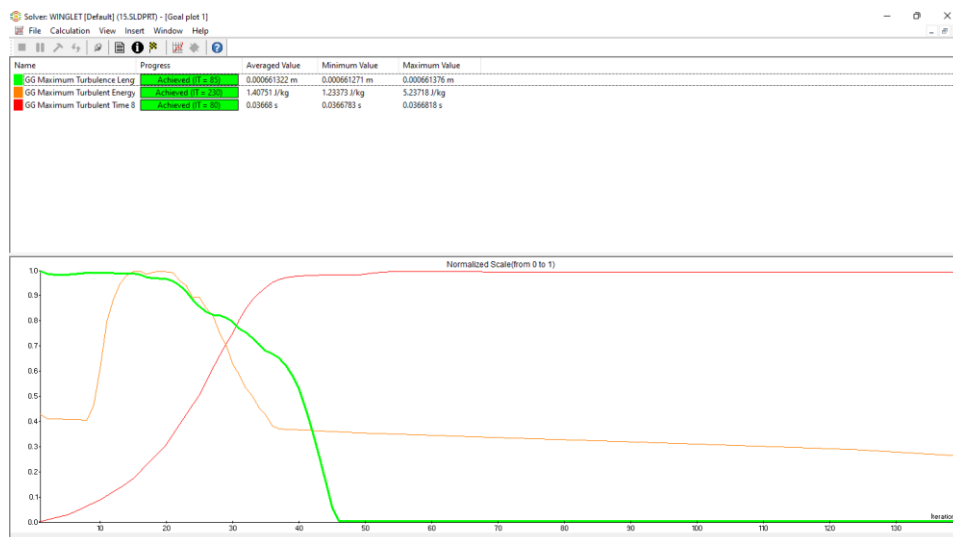
Gambar 11. AoA 18°

Berdasarkan hasil perbandingan density dari tiga model tersebut didapatkan tabel simulasi densitas fluida sebagai berikut:

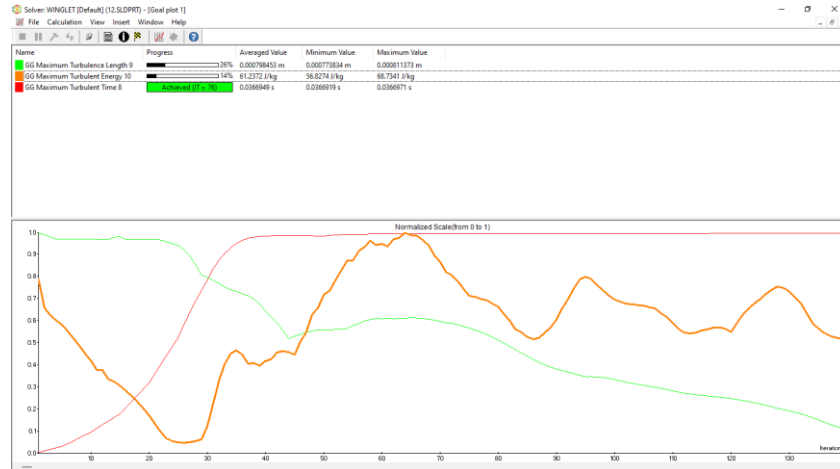
Tabel 1. Hasil Simulasi Densitas Fluida

Model (AoA)	Densitas fluida	Iterasi
12°	Min: 1.1354 <i>kg/m<sup>3</sup></i>	130
	Max: 1.35177 <i>kg/m<sup>3</sup></i>	
15°	Min: 1.11988 <i>kg/m<sup>3</sup></i>	100
	Max: 1.28877 <i>kg/m<sup>3</sup></i>	
18°	Min: 1.10788 <i>kg/m<sup>3</sup></i>	123
	Max: 1.24017 <i>kg/m<sup>3</sup></i>	

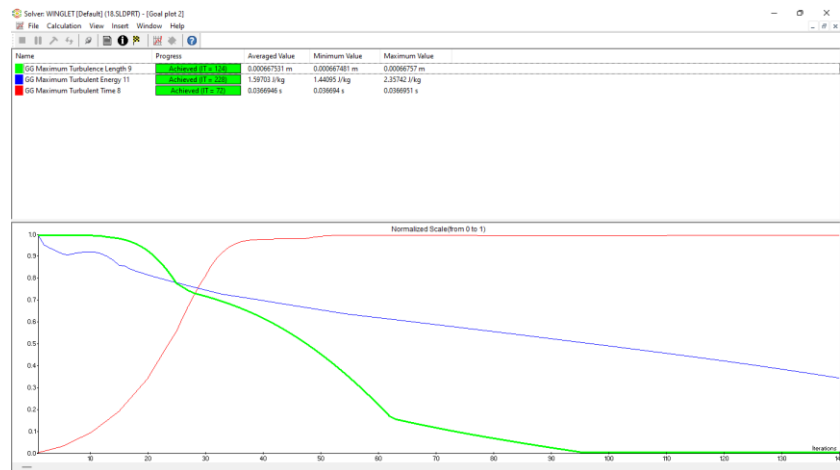
Kemudian dianalisis untuk perbandingan Turbulence dari 3 model yang telah ditentukan dan didapatkan:



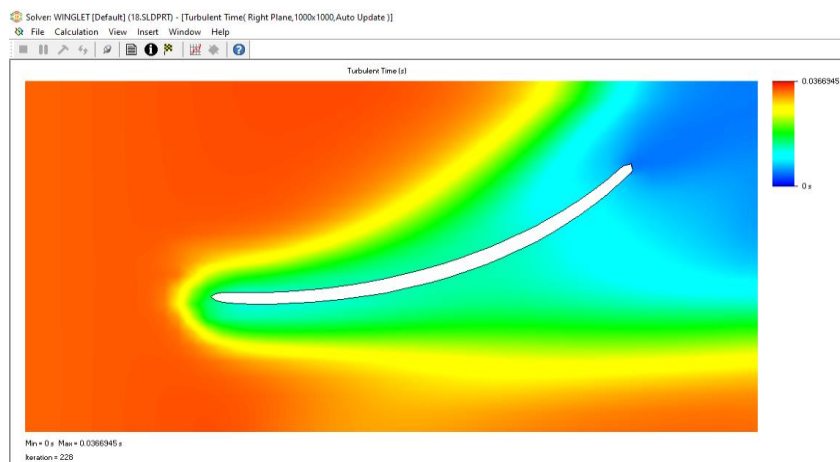
Gambar 12. AoA 12°



Gambar 13. AoA 15°



Gambar 14. AoA 18°



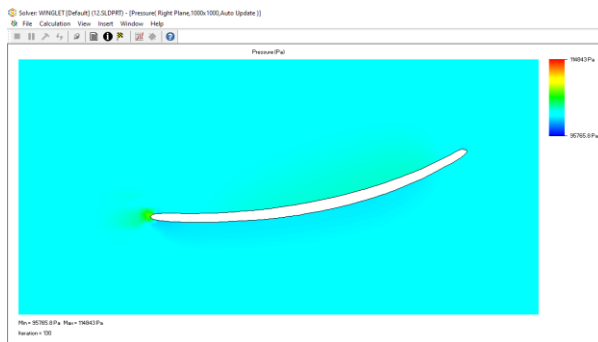
Gambar 15. Hasil Visualisasi Rainbow 2D Turbulence Time AoA 18°

Berdasarkan hasil perbandingan turbulence dari tiga model tersebut didapatkan tabel hasil simulasi Turbulence sebagai berikut:

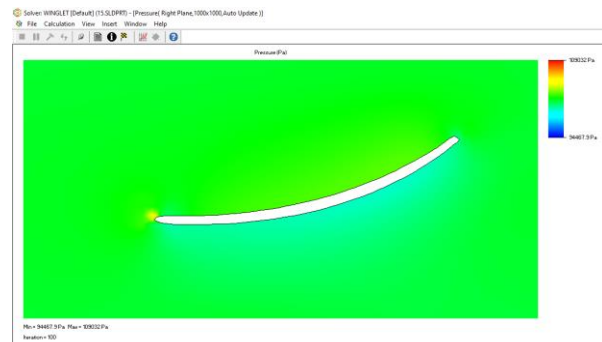
Tabel 2. Hasil Simulasi Turbulence

Model (AoA)	Jenis Turbulence (Average)		Iterasi
12°	Length:	0.000798453 <i>m</i>	301
	Energy:	61.2372 <i>J/kg</i>	
	Time:	0.036949 <i>s</i>	
15°	Length:	0.000661322 <i>m</i>	230
	Energy:	1.40751 <i>J/kg</i>	
	Time:	0.03668 <i>s</i>	
18°	Length:	0.000667531 <i>m</i>	228
	Energy:	1.59703 <i>J/kg</i>	
	Time:	0.0366946 <i>s</i>	

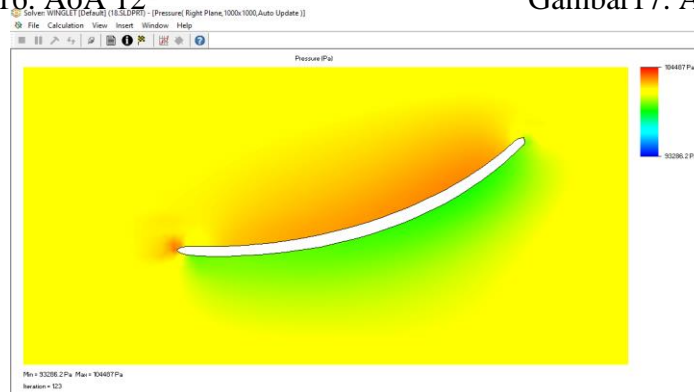
Kemudian dianalisis untuk perbandingan Pressure dari 3 model yang telah ditentukan dan didapatkan:



Gambar 16. AoA 12°



Gambar17. AoA 15°



Gambar 18. AoA 18°

Berdasarkan hasil perbandingan Pressure dari tiga model tersebut didapatkan tabel hasil simulasi Pressure (Pa) sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Simulasi Pressure (Pa)

Model (AoA)	Pressure (Pa)	Iterasi
12°	Min: 95.765	130
	Max: 114.843	
15°	Min: 94.467,9	100
	Max: 109.032	
18°	Min: 93.286,2	123
	Max: 104.487	

## KESIMPULAN

Mengacu pada pernyataan Richard Llewellyn yg mengatakan bahwa puncak efektivitas Winglet pada kecepatan 300 *km/h* terjadi apabila Downforce yg diciptakan Winglet tersebut +- 10 *kg*, maka pada peneilitian ini, ditentukanlah Winglet dengan AoA 15° lah yg memenuhi kriteria, dimana Winglet dengan AoA 15° tersebut dapat menciptakan Downforce 5.26496 *kgf*, ditambah lagi argument in diperkuat dengan rerata Friction Force yg diciptakan oleh Winglet dengan AoA 15° ini sebesar 0.035848 *kgf*, Average Velocity 66.6431 *m/s*, dan rerata massa fluida 0.0218395 *kg*, lalu untuk Turbulence Length sepanjang 0.000661322 *m*, Turbulence Energy sebesar 1.40751 *J/kg*, dan untuk Turbulence Time selama 0.03668 *s*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arina, Nafisah Hidayati & Setiaji, Fitra & Yaqin, Muhammad Ainul & Ulfa, Dewi Mariya & Choiron, Moch. Agus. (2017). Analisis aerodinamis pada variasi bentuk ekor desain bodi mobil hemat energi. *Jurnal Energi dan Manufaktur*. Teknik Mesin Universitas Brawijaya. Vol. 10 No. 2, (66-70).
- Beechhook, A., & Wang, J. (2013, September). Aerodynamic analysis of variable cant angle winglets for improved aircraft performance. *In 2013 19th International Conference on Automation and Computing* (pp. 1-6). IEEE.
- El Maani, Rabii & Elouardi, Soufiane & Radi, Bouchaib & ELHami, Abdelkhalak. (2018). Study of the turbulence models over an aircraft wing. *ISTE OpenScience*. DOI:10.21494/ISTE.OP.2018.0306
- Emmett, David. (2010) Those Ducati Winglets: What Are They Really For?. [https://motomatters.com/opinion/2010/08/02/those\\_ducati\\_winglets\\_what\\_are\\_they\\_real.html](https://motomatters.com/opinion/2010/08/02/those_ducati_winglets_what_are_they_real.html) diakses 30 Desember 2021.
- Gaheen, Osama & Aziz, Mohamed & Hamza, M & Kashkoush, Hoda & Khalifa, Mohamed. (2022). Fluid and Structure Analysis of Wind Turbine Blade with Winglet. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*. Vol. 90 No. 1: February. DOI:10.37934/arfmts.90.1.80101
- Hafitsah, Yudha. (2016). *Analisa Geometri Bodi Mobil dan Aerodinamis Material Berbahan Dasar Serat Fiber* [Skripsi]. SP - Mechanical Engineering Universitas Medan Area. Medan.

- Hossain, A., Rahman, A., Iqbal, A. K. M. P., Ariffin, M., & Mazian, M. (2012). Drag analysis of an aircraft wing model with and without bird feather like winglet. *International Journal of Aerospace and Mechanical Engineering*. Vol. 6 NO. 1. (8-13). DOI.org/10.5281/zenodo.1061336.
- João Gaspar Cardoso Coelho da Silva. (2019). On the Aerodynamics Performance of MotoGP Wings [Thesis]. Tecnico Lisboa, Lisbon, Portugal.
- Kusumaningrum, S. S., Marausna, G., Jayadi, F., & Soemaryanto, A. R. (2021). Analisis Aerodinamika Penambahan Winglet Pada Sayap Pesawat LSU-02 Nglid Dengan Variasi Canted Angle. *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, Vol. 7 No. 2, (247-254).
- Merryisha, Samuel & Rajendran, Parvathy. (2019). Review of Winglets on Tip Vortex, Drag and Airfoil Geometry. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*. Vol 63, Issue 2 (218-237).