Analisa Aerodinamis Sepeda Tunggal, Ganda Dan Triple Berkelanjutan Menggunakan 3D Computational Fluid Dynamics

Arif Nur Cahyono [1], Ayu Setyaning Sayekti Poesoko[2], dan Syamsuri[3]
Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya[1,2,3]

e-mail: ayusp@itats.ac.id

ABSTRACT

There are three types of bicycles: single, double, and triple. Double and triple bicycles are designed to be ridden by more than one person so that the load carried by one person during cycling can be divided into two or three people. Therefore, an aerodynamic bicycle design is needed to minimize air pressure resistance (coefficient of pressure) so that the rider does not get tired quickly. This study analyzed the phenomena occurring on bicycles with single, double, and triple models due to fluid flow velocity. The researchers simulated using Ansys Fluent with CFD (Computational Fluid Dynamics) software and varied the speed variations of 30, 60, and 100 km/hour to analyze the air pressure and turbulence passing through the bicycles. The simulation results indicated that the greatest drag coefficient value of 1,380 existed on a triple bicycle model at a speed of 100 km/h, while the greatest lift force value of 0.452 happened on a single bicycle at a speed of 100 km/h. The calculation results that were used to find the drag and lift force on single, double, and triple bicycles demonstrated that the value of the drag force was 70,448 N and the lift force was 23,074 N.

Keywords: Bicycle Model, Coefficient of Resistance, Speed, Lifting Force, Resistance, CFD, Aerodynamics, Ansys Fluent

ABSTRAK

Sepeda model tunggal, ganda dan triple. Sepeda ganda dan triple adalah sepeda yang di desain untuk di kendarai lebih dari satu orang, sehingga beban yang di pikul oleh satu orang saat bersepeda dapat di bagi menjadi dua atau tiga orang, oleh karena itu di butuhkan desain atau model sepeda yang aerodinamis agar meminimalkan tahanan tekanan udara (*coefficient of pressure*) agar pengendara tidak cepat lelah, penelitian ini menganalisis fenomena yang terjadi pada sepeda dengan model tunggal, ganda dan triple yang di akibatkan dengan adanya kecepatan aliran fluida. Metodologi penelitian ini di simulasikan menggunakan *ansys fluent* dengan softwere CFD (*Computational Fluid Dynamics*). Dengan variasi kecepatan 30,60 dan 100 km/jam. Hal ini untuk mengganalisa tekanan udara dan turbulensi yang melintasi sepeda. Hasil simulasi menunjukan nilai koefisien hambat terbesar terjadi pada sepeda model triple dengan kecepatan 100 km/jam sebesar 1.380, sedangkan gaya angkat dengan nilai terbesar pada sepeda tunggal dengan kecepatan 100 km/jam sebesar 0.452. Hasil perhitungan dilakukan untuk mencari gaya hambat dan gaya angkat pada sepeda tunggal, ganda & triple. Hasil perhitungan menunjukan nilai gaya hambat sebesar 70.448 N dan gaya angkat sebesar 23.074 N.

Kata Kunci : Model Sepeda , Koefisien Tahanan , Kecepatan , Gaya Angkat , Gaya Hambat , CFD , Aerodinamis , *ansys fluent* .

PENDAHULUAN

Pada saat ini sepeda ontel masih di gemari oleh banyak masyarakat indonesia. tidak hanya sebagai alat transportasi, sepeda juga menjadi gaya hidup masyarakat Indonesia.[1] Sejak lama aerodinamika banyak digunakan dan memiliki dampak besar pada industri otomotif dan pesawat terbang, hingga kendaraan yang digunakan untuk olahraga atau balapan.[2]

Objek pada penelitian ini saya mengulas tentang aerodinamis pada variasi model sepeda, karena pada studi kasus kali ini akan menganalisa gaya-gaya pada aerodinamis dengan menggunakan metode *Computational*

ISSN 2775-5630

Fluid Dynamics dengan *Software Fluent*, [3] untuk memberikan visualisasi terkait aliran yang terjadi disekitar sepeda.[4] Penggunaan Fluent pada penelitian ini dapat divariasikan kecepatan aliran udaranya.[5] Kecepatan aliran udara dapat mempengaruhi gaya angkat (*lift force*) dan gaya hambat (*drag force*) yang terjadi pada sepeda.[6]

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian

Fluida adalah suatu zat yang berubah bentuk secara terus menerus apabila tekena tegangan geser sekecil apapun.[7] Salah satu cakupan zat fluida dalam ilmu mekanika fluida yaitu udara. [8] Udara adalah suatu wujud yang memiliki densitas (ρ) dan viskositas (μ). Berdasarkan pergerakan partikel fluidanya, aliran udara dibedakan menjadi aliran laminar dan aliran turbulen. [9]

Massa Jenis

Massa jenis merupakan suatu bilangan yang menyatakan massa zat (besaran massa) itu dalam setiap besaran volumenya (dengan besaran persegi Panjang).

Massa rata-rata suatu benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya, ini terjadi pada setiap benda yang terdiri dari benda padat (solid), cair (fluid), dan gas (gas) dinyatakan dalam satuan kg/m3 dan dirumuskan dengan :

$\rho = m / V$

dimana :
ρ : Massa jenis fluida (kg/m^3)
m : Massa Benda (kg)
V : Volume (m^3)

Gaya Hambat

Gaya drag adalah gaya yang bekerja dari arah horizontal dan bergeraknya berlawanan arah dari arah kendaraan. Gaya hambat dapat disajikan dalam bentuk bilangan tak berdimensi yaitu berupa Koefisien tahanan (C_D) di definisikan sebagai :

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2}\rho V^2 A}$$

dimana :
C_D : Koefisien hambat
F_D : Gaya hambat (Newton)
ρ : massa jenis udara (kg/m^3)
v : Kecepatan relative antara kendaraan dengan udara (m/s)
A : Luasan frontal area (m^2)

Gaya Angkat

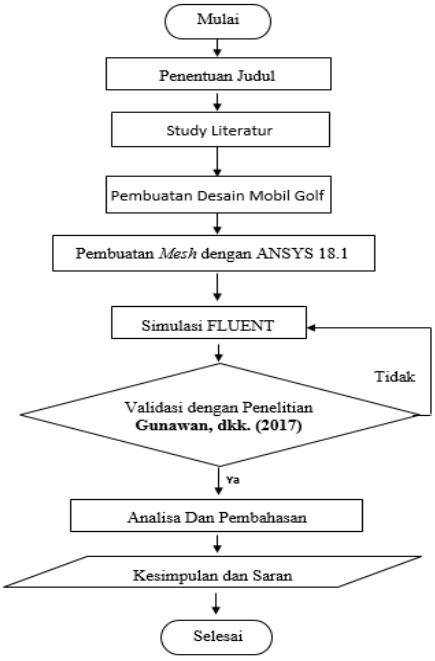
Gaya ini bekerja dalam arah vertikal atau tegak lurus dengan arah aliran udara.Berikut perhitungan untuk mencari koefisien angkat (C_L) didefinisikan sebagai berikut :

$$C_L = \frac{\mathrm{F}L}{\frac{1}{2}\,\rho\, V^2\,\mathrm{A}}$$

dimana :

C_L : Koefisien angkat
F_L : Gaya angkat (Newton)
ρ : massa jenis udara (kg/m^3)
v : Kecepatan relative antara kendaraan dengan udara (m/s)
A : Luasan frontal area (m^2)

METODE



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Design Sepeda

Tahap ini desain sepeda balap, sepeda gunung, dan sepeda kota dirancang menggunakan *software Autodesk AutoCAD* 2017 (*Student License*), *software* ini dipilih karena sangat fleksibel untuk membuat desain 3D.

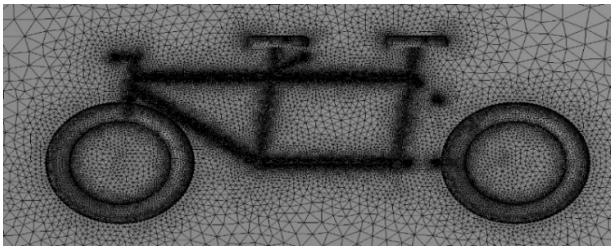
Tabel 1 Dimensi sepeda

Dimensi	Ukuran
Panjang Total	2100 mm
Tinggi Total	1330 mm
Spesifikasi Roda	28 X 1.40 inch
Jarak Poros Roda Depan Dengan Belakang	1150 mm

ISSN 2775-5630

Pembuatan Mesh

Setelah desain jadi maka dilakukan meshing, untuk menentukan titik-titik yang akan dilewati fluida. Pada tahap ini digunakan *software* ANSYS MESHING atau bisa digunakan ICEM CFD yang sudah tersedia pada menu *Toolbox–Analysis Systems–Component Systems.*



Gambar 2 Hasil Mesh Sepeda Ganda

Penentuan meshing pada simulasi ini. Parameter ini diambil dari jurnal dengan penentuan sudut meshing sesuai dengan default Fluent, berikut tabel pengaturan ukuran mesh :

Tabel 2 Pengaturan Ukuran Mesh

Use Advance Size Function	**On: Curvature**
Relevance Center	Coarse
Initial Size Speed	Active Assembly
Smoothing	High
Transition	Slow
Span Angle Center	Medium
Curvature Normal Angle	Default Fluent (45º)
Min Size	1.0 mm
Max Size	500.0 mm
Max Tet Size	1500.0 mm
Growth Rate	1.3

Setelah dimeshing maka dilakukan analisa aerodinamis menggunakan fluent untuk mendapat data perhitungan. Pada proses simulasi ini menggunakan model turbulensi yang di gunakan adalah k-epsilon Standard Wall Function

Tabel 3 Pengaturan Setup Fluent

Viscous Model	**k-epsilon**
k-epsilon model	*Standard*
Near Wall Treatment	*Standard Wall Function*
Discretization	
Pressure	*Standard*
Momentum	*Second Order Upwind*
Turbulent Kinetic Energy	*Second Order Upwind*

ISSN 2775-5630

Viscous Model	**k-epsilon**
Turbulent Dissipation Rate	*Second Order Upwind*
Pressure	0.3
Density	1
Momentum	0.7
Turbulent Kinetic Energy	0.8
Turbulent Dissipation Rate	0.8
Turbulent Viscosity	1
Convergencie Criteria	1E-06

HASIL DAN PEMBAHASAN

Validasi

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh MSK. Tony Suryo Utomo dan Muhammad Iqbal (2012) yaitu, pada kecepatan 30 km/jam (8.3333 m/s) dengan kondisi Reynold Number = 8.5573 x 10^5

Tabel 4 Perbandingan C_D Penelitian Sekarang Dengan **MSK. Tony Suryo Utomo, dkk.** (2012)

No	**Penelitian**	**C_D**
1	MSK. Tony Suryo Utomo, dkk. (2012)	0.680
2	Penelitian Sekarang	0.647

Pada tabel diatas adalah perbandingan hasil C_D dari sepeda dengan penelitian sebelumnya oleh MSK. Tony Suryo Utomo*, Muhammad Iqbal (2012). Pada tabel tersebut terlihat bahwa perbedaan harga C_D sebesar **4.85%**.

Pressure Contours Pada Sepeda

Untuk mengetahui daerah ini ditampilkan gambar yang ditandai dengan beberapa variasi warna, mulai dari biru tua (Tekanan paling rendah) sampai warna merah gelap (Tekanan paling tinggi). Berikut gambar kontur tekanan beserta tekanan maksimal dan minimal yang terjadi pada sepeda :



Gambar 3 *Pressure Contur* Sepeda Pada Kecepatan 30 km/h

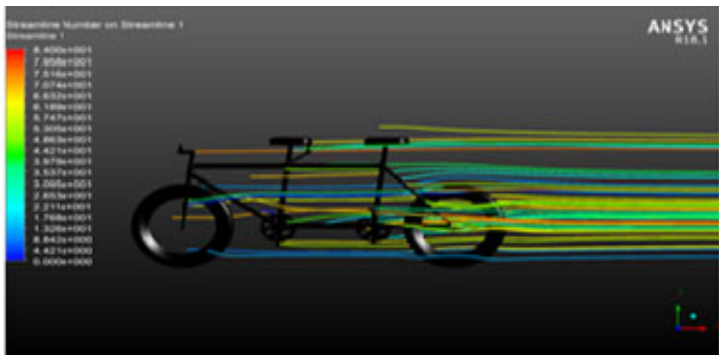
Gambar di atas menunjukkan Pressure Contur sepeda pada area frontal sepeda dimana area yang pertama kali terkena aliran udara atau disebut juga area stagnasi terjadi pada ban sepeda dengan tekanan yang sama. Dengan disertai perbedaan warna pressure contour pada setiap sepeda dimana pada sepeda ganda dan triple tekanan udara terbesar pada rangka terjadi di area tengah sepeda sedangkan pada sepeda tunggal tekanan terbesar pada rangka terjadi di area ban dan stagnasi sepeda.

.

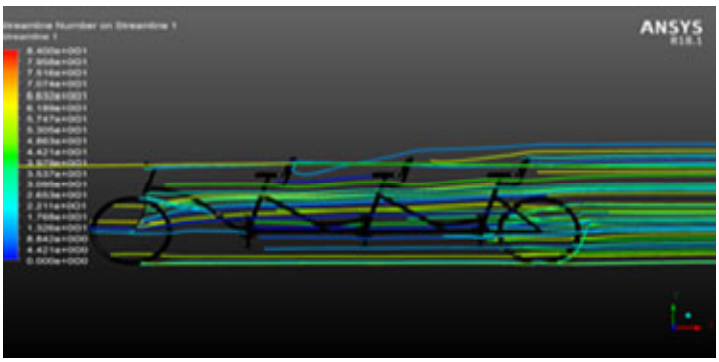
ISSN 2775-5630

Pathlines Hasil Pengujian Beberapa Variasi Model Sepeda

SEPEDA TUNGGAL



SEPEDA GANDA

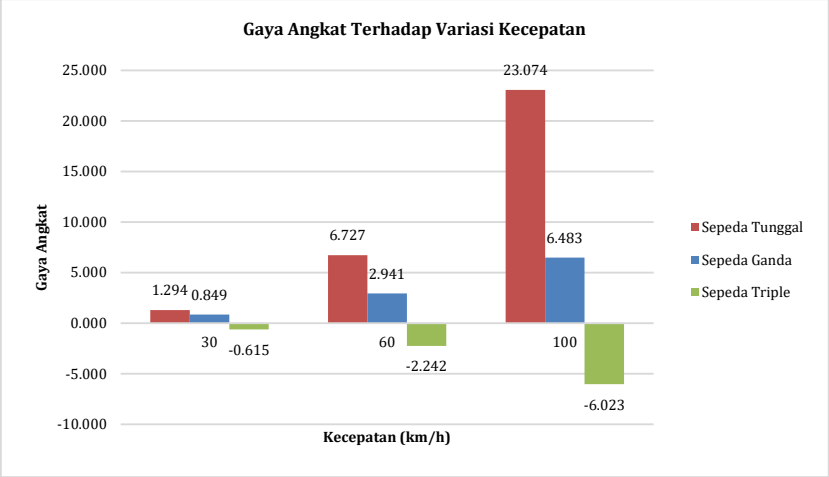


SEPEDA TRIPLE

Gambar 4 *Pathlines* Sepeda Pada Kecepatan 30 km/h

Pada gambar diatas terlihat bahwa pada kecepatan 30 km/jam aliran fluida melintasi sepeda secara laminar dan terjadi turbulensi pada bagian belakang sepeda. Aliran tersebut terjadi akibat perbedaan tekanan pada bagian depan dan belakang sepeda. Dari perbandingan Pathlines dari model sepeda tunggal, ganda, dan triple sepeda model satu memiliki aliran yang berputar lebih banyak. Oleh karena itu koefisien tahanan sepeda model tunggal lebih besar dari pada model ganda dan triple. Sementara, sepeda model ganda dan triple memiliki aliran berputar sedikit. Oleh karena itu koefesien tahanan pada sepeda model dua dan tiga lebih rendah. memiliki aliran berputar sedikit. Oleh karena itu koefesien tahanan pada sepeda model dua dan tiga lebih rendah.

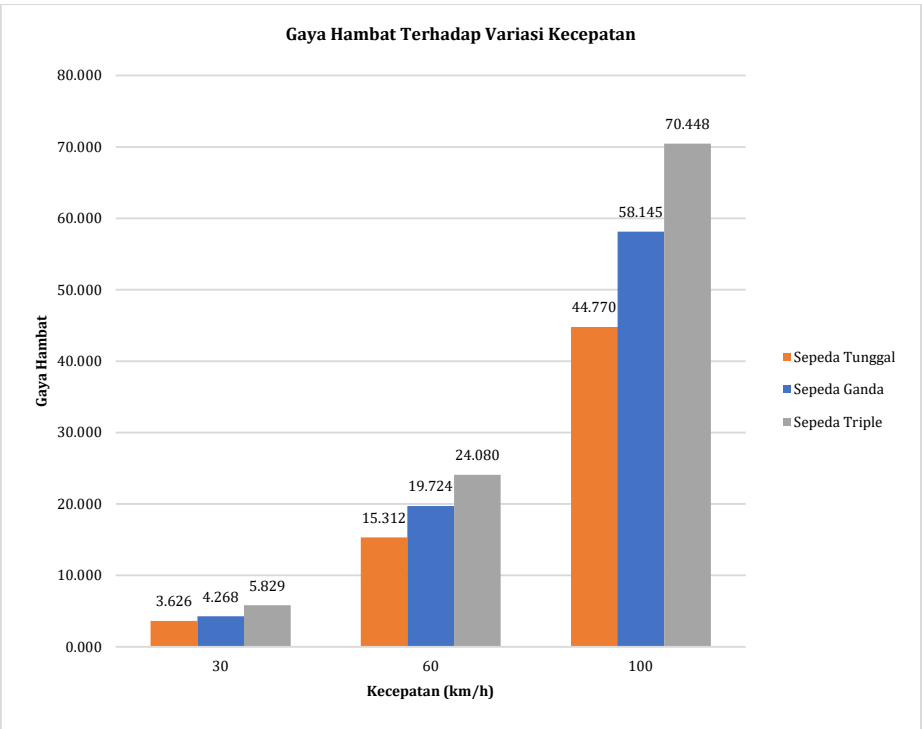
Gaya Angkat



Gambar 5 Grafik Hubungan Antara Variasi Kecepatan Terhadap Gaya Angkat

Grafik diatas terlihat bahwa gaya angkat dari kecepatan 100 km/jam lebih besar daripada gaya angkat pada variasi kecepatan 30 dan 60 km/jam. Dengan demikian semakin besar kecepatan sepeda melaju maka semakin besar Gaya angkat yang terjadi yang menyebabkan sepeda tidak stabil. Tetapi gaya angkat yang memiliki notasi negatif sepeda menjadi stabil

Gaya Hambat

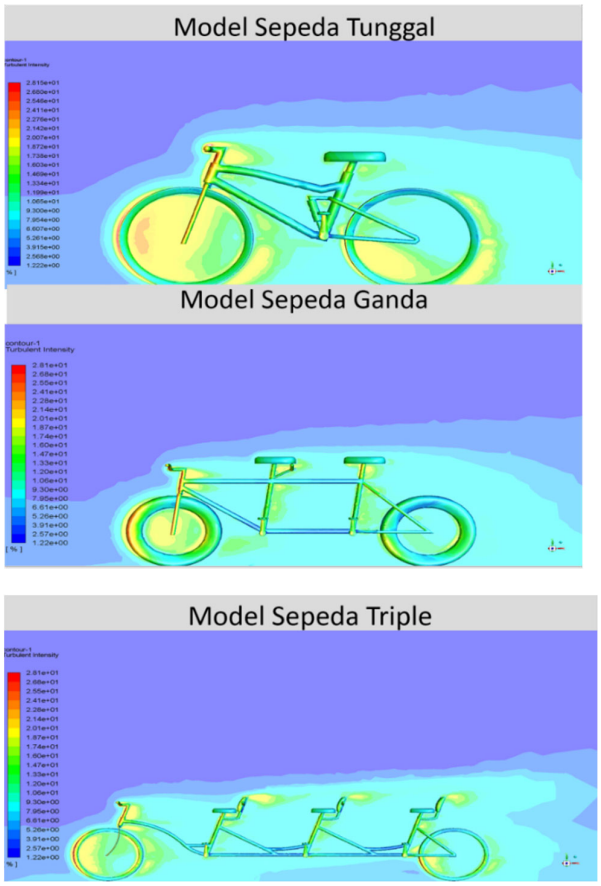


Gambar 6 Grafik Gaya Angkat Terhadap Variasi Kecepatan

Pada grafik diatas dinyatakan bahwa apabila kecepatan sepeda semakin bertambah maka gaya hambat yang dialami sepeda semakin besar.

ISSN 2775-5630

Turbulent Intensity

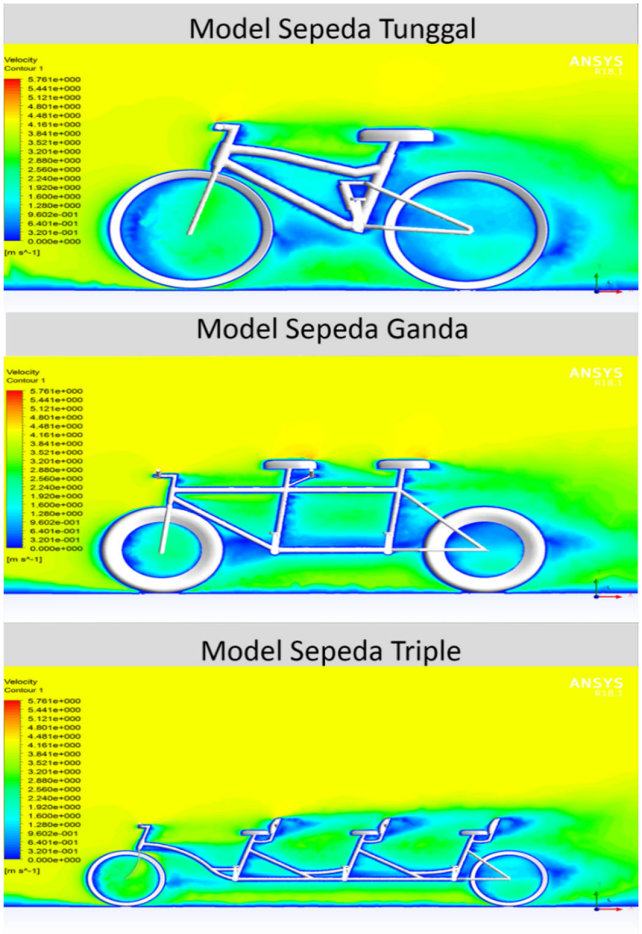


Gambar 7 *Turbulent Intensity* Sepeda Pada Kecepatan 100 km/h

Pada gambar 7 menunjukkan plot contur distribusi turbulent intensity. Ketiga model sepeda mengalami peningkatan turbulen intensity ketika aliran udara melintasi roda bagian depan sepeda kemudian mengalami penurunan pada intensitas ketika melewati body sepeda. Perbedaan turbulent intensity pada ketiga sepeda ditunjukkan pada aliran udara yang melintasi bagian belakang sepeda. Sepeda model tunggal memiliki turbulent intensity yang lebih besar apabila dibandingkan dengan sepeda model ganda dan triple. Hal ini karena sepeda tunggal memiliki ukuran dimensi roda lebih besar di bandingan sepeda ganda dan triple. Untuk model triple, intensity turbulensi di depan itu paling besar kemudian intensity turbulent di belakang paling kecil adalah paling belakang.

ISSN 2775-5630

Velocity Contour



Gambar 8 *Contour Velocity* Sepeda Pada Kecepatan 100 km/h

Contour Velocity pada Gambar 8. menunjukkan aliran udara yang begerak mengalami penurunan kecepatan pada area stagnasi pada bagian ban depan. Aliran udara kembali mengalami penurunan kecepatan ketika melewati body sepeda pada area tengah. Pada area ini terdapat perbedaan dimana sepeda tunggal mengalami penunuran kecepatan yang signifikan apabila dibandingkan dengan sepeda ganda dan triple ditunjukkan dengan perbadaan contour warna biru tua yang lebih dominan pada area tengah. Dengan demikian sepeda triple memiliki gaya hambat yang lebih besar dibandingkan dengan sepeda tunggal dan ganda.

KESIMPULAN

Data analisa dari hasil simulasi analisa aerodinamika sepeda tunggal, ganda dan triple menggunakan 3D *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS* dengan variasi kecepatan 30, 60 dan 100 km/jam. Maka dari itu penelitian ini dapat diambil dari kesimpulan bahwa Semakin besarnya kecepatan maka turbulensi intensity untuk sepeda ini juga semakain besar, Sepeda model tunggal memiliki tigkat turbulensi intensity lebih besar dari pada sepeda ganda & triple. Serta semakin besarnya kecepatan maka tekanan total untuk sepeda juga lebih besar, Sepeda tunggal memiliki tekanan yang lebih besar dari pada sepeda ganda & triple.

DAFTAR PUSTAKA

[1] M. S. K. T. S. Utomo and M. Iqbal, "Analisa Aerodinamika Pada Sepeda Dengan Formasi Beriringan Dengan Variasi Kecepatan Dan Jarak Antar Sepeda Menggunakan Cfd Fluent 6.3," *Rotasi*, vol. 14, no. 4, pp. 28–37, 2012.

[2] A. Ekoprianto, "Analisis aerodinamik pada bodi kendaraan listrik type citycar untuk lingkungan kampus," *J. Konversi Energi dan Manufaktur*, vol. 3, no. 3, pp. 125–130, 2016.

[3] W. Hucho and G. Sovran, "Aerodynamics of road vehicles," *Annu. Rev. Fluid Mech.*, vol. 25, no. 1, pp. 485–537, 1993.

[4] H. Heisler, *Advanced vehicle technology*. Elsevier, 2002.

[5] D. A. Patriawan, M. Ulum, M. S. Alqoroni, and A. Y. Ismail, "Transient Response Performance Test on Aftermarket Motorcycle Rear Suspension in Indonesia," *J. Mech. Eng. Sci. Innov.*, vol. 1, no. 2, pp. 69–76, 2021.

[6] & S. Wahyu, A. S., "Analisa Aerodinamis Sepeda Listrik Tenaga Surya Menggunakan 3D COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC," Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya., 2020.

[7] P. J. Pritchard and J. W. Mitchell, *Fox and McDonald's introduction to fluid mechanics*. John Wiley & Sons, 2016.

[8] A. W. Jayawardena, *Fluid Mechanics, Hydraulics, Hydrology and Water Resources for Civil Engineers*. CRC Press, 2021.

[9] N. A. S. Fatowil, "Simulasi Aliran Fluida Melintasi Body Mobil Toyota Yrs 4 Door Sedan Dengan Variasi Rear Spoiler Menggunakan Software Flent," Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya., 2014.