

# Analisis aliran fluida pada sepeda motor x saat berkendara di jalan tol menggunakan metode CFD

Ferry Varhani\*, Alief Avicenna Luthfie

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Indonesia

## Article Info

### Article history

Received

Revised

Accepted

### Keywords

Sepeda motor;

CFD;

Aerodinamika;

Jalan tol;

Dinamika fluida

## ABSTRAK

Motorcycles are the most common form of transportation in Indonesia. Motorcycles can only drive on non-toll roads according to Indonesian law. In 2019 there was a discourse from the government that allowed motorcycles to enter toll roads. However, vehicles such as motorcycles have serious problems with the wind loads they receive. Besides the damaged road surface, wind is a problem for motorcyclists. On toll roads that have at least 2 lanes per direction, it is possible for a vehicle to receive fluid distribution from other vehicles next to it. With a constant speed of 60 km/hour on a motorcycle and a speed of 60,90 and 120 km/hour on a car, the simulations form positions A, B, and C.

This is an open access article under the [CC BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



### \*Corresponding Author

Ferry Varhani,

Jurusan Teknik Mesin,

Universitas Mercu Buana,

Jl. Meruya Selatan No. 1, Kembangan, Jakarta Barat 11650, Indonesia

Email: ferryvarh17@gmail.com

## 1. PENDAHULUAN

Transportasi merupakan salah satu penunjang dalam kehidupan sehari-hari. Baik di pedesaan maupun di perkotaan. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2018 total jumlah kendaraan di Indonesia mencapai 146 858 759 unit, dengan persentase terbanyak yaitu sepeda motor (81%), mobil (11%), mobil barang & bus (8%). Sepeda motor adalah kendaraan roda dua yang hanya boleh berkendara di jalan non tol menurut aturan hukum di Indonesia yang mengacu pada PP No. 15 tahun 2005 pasal 38 ayat 1. Pada tanggal 29 Januari 2019 muncul wacana yang di sampaikan oleh ketua DPR Bambang Soesatyo tentang sepeda motor masuk jalan tol. Menurut beliau “Para pemotor memiliki hak yang sama dengan pemilik mobil karena sama-sama bayar pajak, sama-sama warga negara Indonesia”. Sepeda motor diperbolehkan masuk jalan tol karena sebelumnya hal itu telah diterapkan di tol Suramadu dan tol Mandara.

Berdasarkan data sebelum tahun 2019 sudah ada beberapa negara yang memperbolehkan sepeda motor memasuki jalan tol dengan menggunakan acuan kapasitas mesin/cc pada kendaraan. Negara – negara tersebut di antaranya [1]:

**Tabel 1:** Daftar Negara yang Memperbolehkan Sepeda Motor Masuk Jalan Tol

Nama Negara	Sepeda motor yang diperbolehkan
Malaysia	50 cc atau lebih
Hongkong	125 cc atau lebih
Jepang	125 cc atau lebih
India	350 cc atau lebih
Uni Eropa	50 cc atau lebih
Jerman	Kecepatan lebih dari 60 km/jam
Amerika serikat	Sebagian 50 cc atau lebih, Sebagian 125/150 cc atau lebih

Jalan tol adalah jalan nasional yang memiliki lajur sekurang – kurangnya 2 lajur per arah, menggunakan pemisah tengah, dan tidak ada persimpangan [2]. Pada dasarnya beban hambatan aerodinamis pada kendaraan hanyalah angin bebas yang mengenai sebuah bidang yang dinamakan ‘frontal area’ pada kendaraan. Namun, pada kasus jalan tol yang sekurang – kurangnya memiliki 2 lajur per arah memungkinkan satu kendaraan menerima distribusi fluida dari kendaraan yang ada di lajur sebelahnya. Dari hal tersebut, dibutuhkan satu metode untuk mendapatkan nilai distribusi fluida yang Terjadi di sekitar area sepeda motor.

*Computational Fluid Dynamics (CFD)* sebagai solusi terhadap permasalahan tersebut, merupakan metode penghitungan dengan sebuah kontrol dimensi, luas dan volume dengan memanfaatkan bantuan komputasi komputer untuk melakukan perhitungan pada tiap-tiap elemen pembagiannya [3].

## 2. METODE DAN BAHAN

Konsep dasar penggunaan *software* berbasis CFD ini adalah penyelesaian metode numerik dengan sebuah persamaan fluida yaitu Persamaan *Navier-Stokes*. [4]

- Kekekalan massa

Konsep utama dari hukum ini adalah laju kenaikan massa dalam volume Control adalah sama dengan laju net aliran fluida ke dalam elemen batas. Secara sederhana dapat ditulis dengan persamaan 2.9

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0$$

- Kekekalan momentum

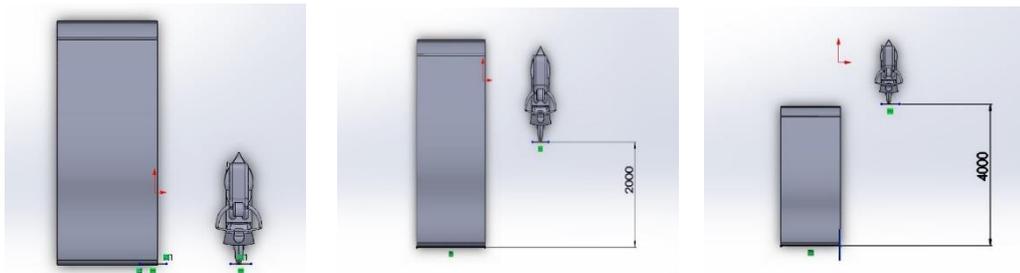
Persamaan momentum merupakan persamaan *navier – stokes* dalam bentuk yang sesuai dengan metode *finite* volume pada momentum arah sumbu x,y,z sesuai dengan persamaan:

$$\rho \left[ u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right] = \frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left[ \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right] + S_{Mx}$$

$$\rho \left[ u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right] = \frac{\partial p}{\partial y} + \mu \left[ \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right] + S_{My}$$

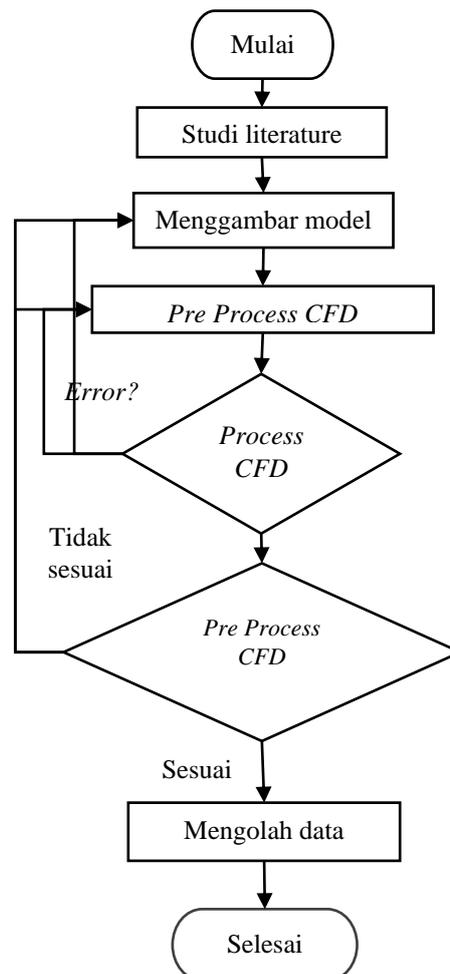
$$\rho \left[ u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right] = \frac{\partial p}{\partial z} + \mu \left[ \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right] + S_{Mz}$$

*Software* CFD yang digunakan pada penelitian ini adalah ANSYS CFX 2020 R1 *Student Version*. Sebelum dilakukan analisis, dilakukan studi literatur dan desing mengenai objek penelitian yaitu sepeda motor X dengan panjang *wheelbase* 1260 mm serta objek bantu mobil X. Objek – objek tersebut membentuk posisi yang dinamakan posisi A, B, dan C.



**Gambar 1:** Posisi A, B, dan C ( kiri ke kanan )

Dengan mengacu pada peraturan pemerintah, sepeda motor X disimulasikan berkendara dengan kecepatan konstan 60 km/jam, sedangkan mobil X disimulasikan dengan kecepatan variasi 60 km/jam, 90 km/jam dan 120 km/jam pada tiap – tiap posisi.



**Gambar 2:** Alur Penelitian

Pada penelitian ini, digunakan rumus – rumus untuk menentukan tipe aliran serta untuk mendapatkan nilai gaya dan momen aerodinamika.

- **Reynolds Number**

Untuk menentukan tipe aliran digunakan *reynolds number* sebagai acuan, dengan persamaan [5] [6]:

$$Re = \frac{\rho V^2 L^2}{(\mu V/L)L^2} = \frac{\rho V L}{\mu}$$

di mana:

- $Re$  = Bilangan *Reynold*
- $\mu$  = Viskositas dinamis (Ns/m<sup>2</sup>)
- $\rho$  = Massa jenis (kg/m<sup>3</sup>)
- $V$  = Kecepatan aliran (m/s)
- $L$  = Ukuran objek (m)

Karakteristik fluida yang digunakan adalah udara di suhu 30°C

- **Gaya Aerodinamika dan Koefisiennya**

Gaya aerodinamika dan koefisiennya ditentukan oleh persamaan [7]:

$$C_{d,l,s} = \frac{2F_{d,l,s}}{\rho AV^2}$$

di mana:

- $F_{d,l,s}$  : Gaya hambat, angkat, samping (N)  
 $C_{d,l,s}$  : Koefisien hambat, angkat, samping  
 $\rho$  : Massa jenis udara (kg/m<sup>3</sup>)  
 $V$  : Kecepatan *relative* antara kendaraan dengan udara (m/s)  
 $A$  : Luas *frontal area* (m<sup>2</sup>)

Luas frontal area sepeda motor X adalah  $508,415 \times 10^3 \text{ mm}^2$

- **Momen Aerodinamika dan Koefisiennya**

Gaya aerodinamika dan koefisiennya ditentukan oleh persamaan [8]:

$$C_{y,p,r} = \frac{M_{y,p,r}}{0,5\rho LAV^2}$$

di mana:

- $M_{y,p,r}$  : Momen *yaw, pitch, roll* (Nm)  
 $C_{y,p,r}$  : Koefisien *yaw, pitch, roll*  
 $\rho$  : Massa jenis udara (kg/m<sup>3</sup>)  
 $V$  : Kecepatan *relative* antara kendaraan dengan udara (m/s)  
 $A$  : Luas *frontal area* (m<sup>2</sup>)

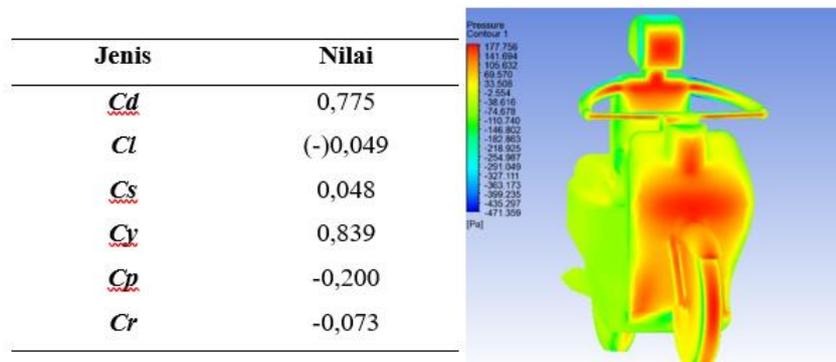
Dari penerapan rumus di atas, di dapatkan nilai nilai  $Re = 4,1756 \times 10^6$  berupa turbulen model. Tipe turbulen yang digunakan pada penelitian ini adalah *Shear strees transport (SST)*. Pada batas dinding digunakan tipe – tipe sebagai berikut: *inlet, outlet* dengan tekanan normal atmosfer, *wall* sebagai *free slip wall, road* sebagai *no slip wall*, objek sebagai *no slip wall*. Nilai residual yang ditentukan untuk mencapai nilai konvergen adalah  $10^{-4}$ .

### 3. HASIL DAN DISKUSI

Setelah dilakukan simulasi dengan menggunakan parameter – parameter di atas. Didapatkan hasil pada *post proses* CFD. Hasil tersebut berupa data yang nantinya akan digunakan untuk menghitung gaya dan momen aerodinamis pada sepeda motor X.

#### 3.1. Sepeda motor tanpa objek bantuan

Sebelumnya, telah dilakukan analisis aliran fluida sepeda motor X tetapi tanpa bantuan objek mobil X di sebelahnya. Didapatkan data dan kontur tekanan dari *fenomena murninya*.



**Gambar 3:** Tabel data nilai *murni* ( kiri ) dan kontur tekanan

Dari hasil di atas didapatkan nilai  $C_l$  berupa nilai negatif. Nilai negatif pada hal ini memiliki arti bahwa sepeda motor X menerima gaya menekan atau gaya ke bawah. Hal tersebut wajar, karena sepeda

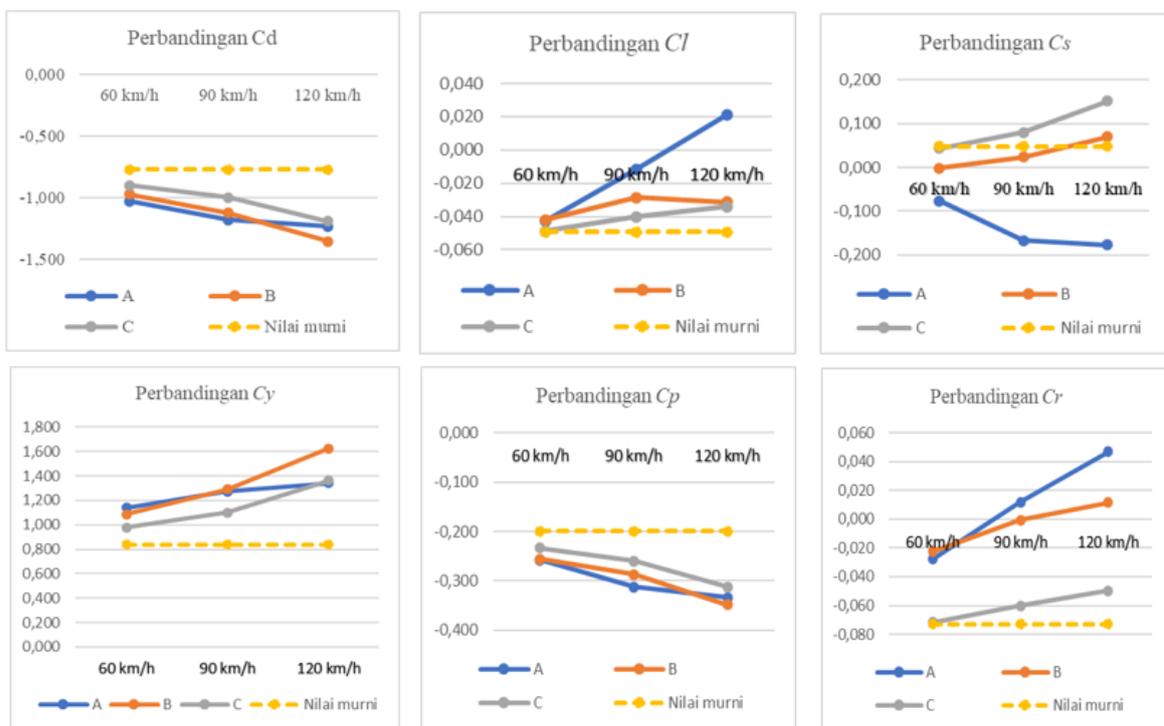
motor membutuhkan traksi atau gesekan antara roda dan jalan untuk melakukan pengereman. Dari hal tersebut ditetapkan bahwa *design* tidak mengalami masalah. Nilai *Cl* negatif memiliki kekurangan yaitu jika terlalu besar nilai negatifnya maka sepeda motor memiliki gesekan yang besar juga terhadap jalan, hal tersebut dapat mengurangi daya laju dari sepeda motor. Sedangkan pada nilai *Cl* positif berlaku sebaliknya, semakin besar nilai positifnya maka sepeda motor menjadi tidak stabil atau bahkan dapat terbang. Oleh karena itu, nilai *Cl* positif biasanya terdapat pada sayap pesawat terbang.

Dari hasil di atas juga didapatkan bahwa nilai momen paling besar terdapat pada momen *yaw*. Momen *yaw* sendiri terbentuk karena adanya gaya hambat dan gaya sampung. Pada sepeda motor, fluida yang terkena bagian depan akan terdistribusi sesuai tekanan yang dihasilkan dan sebagian mengalir mengikuti bodi *streamline* dari sepeda motor. Sehingga memungkinkan fluida mengenai sisi sampung dari sepeda motor. Oleh karena itu terciptanya gaya sampung yang menyebabkan momen *yaw*.

### 3.2. Sepeda motor pada posisi A, B dan C

Pada kasus ini, sepeda motor diposisikan seperti Gambar 1. Dengan jarak antara moncong sepeda motor X dengan moncong mobil X sebesar 0 meter, 2 meter dan 4 meter. Adapun jarak sampung atau horizontal sebesar 1 meter.

Berikut merupakan grafik perbandingan koefisien gaya dan momen aerodinamika dari sepeda motor X pada posisi A, B dan C.



Gambar 4: Perbandingan koefisien gaya dan momen

Dari grafik – grafik di atas dapat dilihat, distribusi fluida posisi A pada kecepatan 120 km/jam sangat mempengaruhi nilai *Cl* dan *Cs*. Untuk nilai *Cl* dari bernilai negatif (-) sampai bernilai positif (+) dengan kenaikan persentase sebesar 142,85%. Sedangkan distribusi fluida pada posisi B dengan kecepatan 120 km/jam sangat mempengaruhi nilai *Cd* dengan kenaikan persentase 77,41%. Sementara untuk posisi C bersifat netral di antara posisi yang lain. Sedangkan untuk momen yang paling besar dan paling kecil pengaruhnya ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2: Nilai Momen Terkecil dan Terbesar

	<i>Yaw moment, C<sub>y</sub></i>	<i>Pitch moment, C<sub>p</sub></i>	<i>Roll moment, C<sub>r</sub></i>
Terkecil	<i>C 60 km/jam [16,45%]</i>	<i>C 60 km/jam [16,5%]</i>	<i>C 60 km/jam [1,37%]</i>
Terbesar	<i>B 120 km/jam [93,45%]</i>	<i>B 120 km/jam [74%]</i>	<i>A 120 km/jam [164,38%]</i>

#### 4. KESIMPULAN

Dari analisis yang sudah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Gaya dan momen aerodinamika terendah yang mendekati nilai murninya terdapat pada posisi C dengan kecepatan objek bantu 60 km/jam.
2. Pada posisi A, semakin besar kecepatan maka semakin berpengaruh terhadap nilai *lift*. Sedangkan pada posisi B dan C, semakin besar kecepatan maka semakin berpengaruh terhadap nilai *drag*.
3. Pada posisi A dengan kecepatan objek bantu 120 km/jam, nilai *lift* sepeda motor mengalami nilai positif (+) yang sangat berpengaruh terhadap stabilitas dan pengereman sepeda motor.
4. Nilai *lift* sepeda motor pada posisi C dengan kecepatan objek bantu 60 km/jam memiliki nilai yang sama dengan nilai murninya, yaitu -0,049
5. Kecepatan yang paling ideal ditinjau dari kenaikan nilai gaya dan momen aerodinamik sepeda motor adalah kecepatan sepeda motor sama dengan kecepatan objek bantu.
6. Posisi yang paling ideal ditinjau dari kenaikan nilai gaya dan momen aerodinamik sepeda motor adalah Posisi C.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Budhiansyah, "Ini Dia Beberapa Negara Yang Memperbolehkan Motor Masuk Jalan Tol," 31 Januari 2019, 2019. <https://www.gridoto.com/read/221621844/ini-dia-beberapa-negara-yang-memperbolehkan-motor-masuk-jalan-tol>.
- [2] "Peraturan Pemerintah (PP) No. 15 Tahun 2005." <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/49351/pp-no-15-tahun-2005>.
- [3] H. Ghufron, "Analisis Aliran Fluida yang Terjadi saat Mobil Melewati Jembatan Suramadu," *Laporan tugas akhir (S1) Universitas Mercu Buana*, 2019. .
- [4] T. S. U. and M. Iqbal, "Analisa Aerodinamika Pada Sepeda dengan Formasi Beriringan dengan Variasi Kecepatan dan Jarak Antra Sepeda Menggunakan CFD Fluent 6.3," *J. Tek. Mesin Undip*, p. 29, 2012.
- [5] A. P. Ghurri, "Aliran Fluida Internal dan Eksternal," *Jur. Tek. Mesin Univ. Udayana*, 2015.
- [6] A. P. Ghurri, "Dasar-Dasar Mekanika Fluida," *Jur. Tek. Mesin Univ. Udayana*, 2014.
- [7] V. Cossalter, "Motorcycle Dynamics," *Padova LULU*, 2006.
- [8] e. a. M. P., "Analysis of crosswind aerodynamics for competitive hand-cycling," *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, pp. 182–190, 2018.