

# Pengaruh Kecepatan Angin dan Kecepatan Kendaraan Terhadap Gaya Skid Pada Mobil Chevrolet Camaro

Arantxa Rama Syamsudin, I Gusti Bagus Wijaya Kusuma, Suarnadwipa  
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

## Abstrak

Dalam balapan mobil, mobil-mobil dipacu dalam kecepatan tinggi hingga batas maksimalnya, sehingga kecelakaan di dalam sirkuit balapan terkadang dapat terjadi. Salah satu kecelakaan dalam sirkuit yang pernah terjadi antara lain adalah terjadinya gaya lift pada mobil yang dapat menyebabkan mobil terangkat sehingga terjadi gaya slip, skid maupun rolling pada mobil. Beberapa hal yang mengakibatkan kejadian tersebut adalah kecepatan mobil, kecepatan angin dan sudut tikungan, oleh sebab itu perlu diteliti ketiga parameter tersebut dengan menggunakan simulasi computer berbasis CFD. Analisis CFD dilakukan untuk mengetahui gaya slip dan skid pada kendaraan yang melaju pada berbagai variasi kecepatan. Simulasi Computational Fluid Dynamic divariasikan menjadi 6 kondisi yaitu, mobil melaju pada kecepatan 80 km/h no slip, kecepatan 80 km/h dengan slip, kecepatan 80 km/h dengan slip dan skid, kecepatan 140 km/h no slip, kecepatan 140 km/h dengan slip, kecepatan 140 km/h dengan slip dan skid. Dari hasil simulasi didapatkan bahwa terjadi pergeseran centre of gravity dari mobil saat no slip, slip dan skid, masing-masing berurutan sebesar 0 mm, 8.191043063 mm dan 11.2876569 mm untuk kecepatan 80 km/h, dan masing-masing berurutan sebesar 0 mm, 33.3943 mm dan 103.195 mm untuk kecepatan 140 km/h, artinya semakin tinggi kecepatan mobil maka pergeseran center of gravity yang menyebabkan mobil mengalami gaya slip dan skid semakin besar.

Kata kunci: Aerodinamika, CFD, gaya slip, gaya skid

## Abstract

In-car racing, the cars are driven at high speed to the maximum limit, thus the accidents on the racing circuit can sometimes occur. One of the accidents in the circuit that has occurred, among others, is the occurrence of a lift force on the car which can cause the car to lift and causes skid, slip and rolling force on the car. Some of the things that can cause this incident are the speed of the car, the wind speed and the angle of the corner. Therefore, it is necessary to examine these three parameters using a computer simulation based on CFD. CFD analysis is conducted to determine the slip and skid forces of vehicles moving at various speed variations. Computational Fluid Dynamic simulation is varied into 6 conditions, which are, the car is moving at a speed of 80 km/h with no slip, a speed of 80 km/h with slip, a speed of 80 km/h with slip and skid, a speed of 140 km/h with no slip, a speed of 140 km/h with slip, speed 140 km/h with slip and skid. From the simulation results obtain that there was a shift in the center of gravity of the car when no slip, slip and skid were 0 mm, 8.191043063 mm and 11.2876569 mm respectively for a speed of 80 km/h, and respectively 0 mm, 33.3943 mm and 103.195 mm for a speed of 140 km/h, this means that the higher the speed of the car, the higher shift in the center of gravity causes the car run into a slip and skid force.

Keyword: Aerodynamics, CFD, slip force, skid force

## 1. Pendahuluan

Kendaraan bermotor adalah suatu benda yang digerakan oleh gear dan mesin sebagai media penggerakannya, serta digunakan sebagai alat transportasi untuk memindahkan manusia atau benda dari satu tempat ke tempat lainnya dalam waktu singkat. Pada dasarnya kendaraan bermotor menggunakan mesin pembakaran dalam, kendaraan bermotor juga kebanyakan memiliki roda yang fungsinya sebagai perpindahan tenaga dari mesin ke permukaan jalan agar kendaraan tersebut dapat berpindah tempat.

Keamanan dasar pada mobil ada dua yaitu: Kesalahan yang terjadi akibat pengemudi sering terjadi dan juga ban kehilangan gesekan saat pengereman hampir setengah gravitasi. Lalu kondisi angin serta jalanan dengan tingkat kemiringan tertentu juga bisa menyebabkan kecelakaan lalu

lintas tentunya hal ini juga berhubungan dengan aerodinamika pada kendaraan.

Seiring dengan perkembangan zaman, mobil tidak hanya digunakan untuk alat transportasi tetapi digunakan juga untuk olahraga, salah satunya adalah balapan mobil. Balap mobil adalah salah satu cabang olahraga yang melibatkan kendaraan khususnya mobil. Salah satu cabang olahraga tontonan yang paling diminati dan juga banyak diiklankan juga merupakan cabang olahraga balap mobil. Pada 11 Juni tahun 1895 balap mobil pertama kali muncul dan dikenalkan, dan hingga saat ini masih menjadi salah satu olahraga yang populer di dunia. Mobil yang digunakan dalam balapan mobil merupakan mobil yang khusus yaitu mobil balap.

Mobil balap merupakan mobil yang dipakai untuk lomba dalam balapan mobil. Mobil balap tidak sama karakteristik dan spesifikasinya dengan mobil yang biasa dipakai sehari-hari. Pada mobil balap,

banyak aspek yang berbeda dengan mobil yang biasa dipakai sehari-hari. Mulai dari body mobil, fairing, spesifikasi dari mesin mobil tersebut hingga ke system kendalinya pun berbeda dengan mobil pada umumnya. Untuk menjadi seorang pembalap, skill untuk mengendarai mobil harus lebih baik daripada pengemudi biasa dan juga menguasai medan balapan atau track balapan adalah kemampuan yang wajib yang dimiliki oleh setiap pembalap. Dari zaman ke zaman mobil balap telah mengalami banyak terobosan teknologi dan juga perubahan desain mobilnya. Tetapi dikarenakan mobil ini dikhususkan untuk melaju dengan kecepatan tinggi, faktor design dari body mobil juga harus diperhatikan agar dapat mensirkulasikan udara pada body mobil dengan baik (aerodinamis).

Dalam perlombaan balapan mobil, Mobil-mobil dipacu dalam kecepatan tinggi hingga batas maksimalnya, sehingga kecelakaan di dalam sirkuit balapan terkadang dapat terjadi. Salah satu kecelakaan dalam sirkuit yang pernah terjadi antara lain adalah terjadinya gaya lift pada mobil yang dapat menyebabkan mobil terangkat dan terjadi gaya skid, slip maupun rolling pada mobil.

Karena pada setiap balapan tidak selalu berjalan dengan mulus, kecelakaan terkadang tidak dapat dihindari. Seperti pada tragedi yang terjadi pada balapan di Le Mans, Prancis pada tahun 1955, dimana Pierre Levegh, seorang pembalap asal Prancis, mungkin saja dapat memenangkan perlombaan jika bukan karena satu kesalahan dalam satu jam terakhir. Tiga tahun kemudian, Levegh diundang untuk bergabung dengan tim Mercedes-Benz; 300SLR mereka harus dilengkapi dengan inovasi baru, rem udara yang akan meningkatkan tikungan.

Sebelum perlombaan, Levegh mengeluh bahwa jalannya terlalu sempit di dekat area pit-stop dan tribun. Pengamatan ini terbukti berhasil. Ketika Levegh berlomba untuk memimpin di dekat pit-stop, dia berbelok untuk menghindari sesama pembalap Jaguar Mike Hawthorn saat bergerak menuju pit. Mobil Levegh, melaju sekitar 150 mph/h, mobil Levegh kehilangan keseimbangannya lalu terjadi gaya angkat yang tidak diinginkan pada mobil yang menyebabkan mobil mengalami bodyroll hingga menabrak tribun penonton.

Kecelakaan selanjutnya terjadi pada saat pengujian prototype dari Chevrolet Camaro Z/28 yang dilakukan pada Nurburgring. Pada saat prototype diuji di sebuah sirkuit Nurburgring di Jerman, pengemudi yang memacu Chevrolet Camaro gagal melakukan tikungan yang menyebabkan mobil menabrak dinding dari sirkuit. Pengemudi serta penumpangnya baik-baik saja tetapi dari yang dapat disimpulkan dari kejadian tersebut adalah mobil mengalami understeer yang menyebabkan mobil gagal berbelok dan akhirnya menabrak dinding [1].

Beberapa penelitian tentang aerodinamika sudah pernah dilakukan sebelumnya, salah satunya adalah yang dilakukan oleh Nehru College of Engineering and Research Centre, dengan judul "CFD Analysis of aerodynamics of car". Penelitian tersebut menjelaskan tentang gaya-gaya aerodinamika yang terjadi pada mobil. Dalam penelitian tersebut, mereka menganalisis fenomena aliran drag yang terjadi pada kendaraan dengan tujuan untuk meminimalisir drag force yang terjadi pada mobil. Kendaraan yang digunakan dalam penelitian ini dibuat menggunakan aplikasi CAD dengan ukuran/ skala 1:1 dengan mobil aslinya [2].

Untuk melakukan pengujian CFD, peneliti menggunakan aplikasi CFD berupa Ansys. Model mobil yang telah dibuat diimport ke dalam format Ansys agar bisa dibuka dalam Ansys dan selanjutnya meshing body mobil untuk mengetahui apakah mobil sudah layak untuk diuji karena meshing merupakan tahap penting yang dapat menentukan bagaimana hasilnya nanti, setelah itu adalah membuat wind tunnel dalam Ansys.

Dari penelitian tersebut didapatkan koefisien drag, tekanan pada bagian depan dan belakang mobil serta bagaimana aliran dari udara di sekitar mobilnya. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Pancasila, dengan judul "Pemodelan dan Simulasi Stabilitas Sistem Kemudi Sepeda Motor Roda Tiga untuk Penyandang Disabilitas" dimana penelitian ini menganalisis pergeseran center of gravity yang diakibatkan oleh gaya yang diterima pada masing masing roda pada saat kendaraan menikung dikecepatan 10-30 km/jam dengan sudut steer yang bervariasi dari 2-18 derajat dan mencari pada kecepatan berapakah serta sudut steer berapa kendaraan tersebut mengalami slip maupun skid yang diakibatkan oleh gaya yang diterima oleh masing masing roda[3].

## 2. Dasar Teori

### 2.1. Aerodinamika Kendaraan

Aerodinamika pada *body* kendaraan yaitu bagian yang sangat penting dari desain kendaraan karena dapat mempengaruhi efisiensi dari kinerja kendaraan itu sendiri apabila tidak direncanakan dengan baik. Kestabilan dari kendaraan dan efisiensi penggunaan bahan bakar dapat lebih baik jika design body kendaraan memiliki gaya hambat yang kecil [4].

Aspek aerodinamika pada sebuah kendaraan memerankan salah satu parameter yang sangat penting dalam design otomotif, karena hal ini berpengaruh pada timbulnya gaya hambat pada kendaraan, dan akan mempengaruhi keseimbangan (stabilitas) dari koefisien hambat, tekanan dinamis serta luas permukaannya [5].

Persamaan tersebut dapat dituliskan dalam persamaan sebagai berikut :

$$D = 0,5 (C_D \cdot \rho \cdot U_0^2 \cdot A) \quad (1)$$

Dimana :

$C_D$  = Koefisien drag

$\rho \cdot U_0^2$  = Tekanan dinamis arus bebas

A = Luas karakteristik (luas daerah yang mengalami geseran)

## 2.2. Gaya Slip dan Skid

*Slip* merupakan gerakan relatif antara roda dan jalanan tempat roda itu menapak. *Slip* terjadi jika pergerakan rotasi roda lebih daripada jarak yang seharusnya ditempuh oleh kendaraan sedangkan gaya *skid* dapat terjadi jika jarak yang ditempuh lebih besar daripada gerakan rotasional roda.

## 2.3 Computational Fluid Dynamics

*Computational Fluid Dynamics* (CFD) merupakan suatu sistem simulasi analisis berbasis komputer yang dikhususkan untuk memprediksi perhitungan seperti perhitungan aliran fluida, heat transfer dan reaksi kimia lainnya yang terjadi pada fluida.

CFD mengandung tiga tahapan, yaitu:

### 1) Pre-processing.

*Pre-processing* merupakan tahapan awal dimana mengexport model mobil yang telah dibuat di aplikasi inventor serta dilakukan proses *meshing* pada mobil.

2) *Processing* adalah suatu tahap menghitung serta menganalisis. Proses ini merupakan proses yang paling penting karena meliputi membuat kondisi batas, menentukan kecepatan inlet dan menentukan variasi sudut serang pada mobil.

### 3) Post-processing

Pada tahapan ini adalah menampilkan seluruh hasil yang dibuat dalam tahapan sebelumnya.

## 2.4 Center of Gravity

*Center of gravity* kendaraan adalah titik yang menjumlahkan massa kendaraan di satu titik pusat. Sederhananya, ini adalah lokasi rata-rata berat suatu benda, pusat gravitasi kendaraan paling sering berperan saat mobil berbelok. Pergeseran *center of gravity* sekecil apapun dapat memicu terjadinya gaya *slip* maupun gaya *skid* tergantung dari kecepatan kendaraan saat berbelok maupun sudut belokannya, oleh karena itu, *center of gravity*  $\neq 0$  atau terjadinya pergeseran *center of gravity* berbahaya bagi stabilitas kendaraan [6].

## 3. Metode Penelitian

### 3.1. Alur penelitian

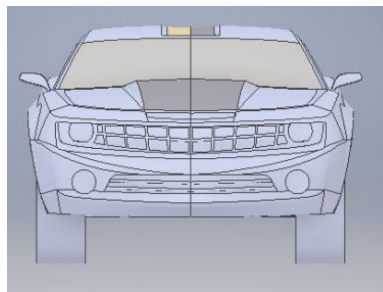
#### 1. Mengumpulkan dan mempelajari literatur.

Mengumpulkan serta mempelajari dari berbagai jurnal penelitian yang sudah ada tentang aerodinamika, variable penyebab kecelakaan dan gaya-gaya aerodinamika yang terjadi pada mobil.

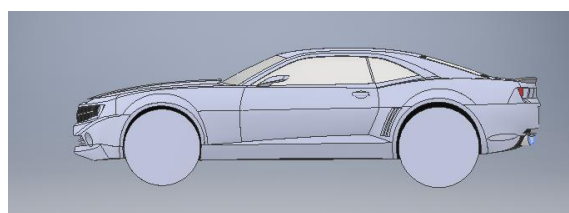
Selanjutnya mempelajari simulasi CFD menggunakan ANSYS 19.2.

#### 2. Pembuatan model kendaraan dengan aplikasi CAD

Membuat model dari mobil 3D yang ingin dianalisa dengan skala 1:1 dengan ukuran aslinya.



Gambar 1. Tampak depan model mobil yang akan diuji



Gambar 2. Tampak samping model mobil yang akan diuji

#### 3. Mengimpor model mobil dari CAD ke Ansys.

#### 4. Meshing

Proses *meshing* merupakan suatu proses yang sangat penting karena mempengaruhi hasil akhir dari simulasi yang dilakukan, proses ini adalah proses dimana segmen segmen dari model mobil disatukan sehingga simulasi dapat dilakukan, apabila proses *meshing* gagal, maka model mobil harus diperbaiki lagi desain dari mobilnya dalam aplikasi inventor.

#### 5. Penentuan kondisi batas

Simulasi aerodinamika yang akan dilakukan dipengaruhi oleh udara pada lingkungan sekitar dengan nilai tekanan atmosfer sebesar 1 atm. Penentuan kondisi batas juga ditentukan pada *inlet*, *outlet* serta pada dinding. Pada bagian *inlet* dimasukan kecepatan kendaraan yang divariasikan dari 80 dan 140 km/h lalu dimasukan serang angin sebesar 58 km/h dan juga sudut serang akan divariasikan. Hal ini dilakukan dengan cara mengatur kecepatan arah u, v dan w masing masing untuk arah x, y dan z. Fluida yang digunakan pada penelitian ini adalah udara dengan sifat fisik sebagai berikut: density 1,225 kg/m. Udara yang mengalir pada bodi mobil diasumsikan sebagai gas ideal dan *incompressible*. Pada *outlet* Neumann diaplikasikan ( $dp/dx=dp/dy=dp/dz=0$ ), pada body mobil aplikasi adalah wall ( $du/dx=dv/dy=dw/dz=0$ ).

#### 6. Hasil simulasi

Hasil dari simulasi yang akan didapat berupa perubahan tekanan, kecepatan aliran, gaya seret dan gaya tekan di sekitar bodi mobil yang nantinya akan dihitung untuk mencari gaya slip, skid dan gaya rolling yang terjadi pada model mobil.

### 7. Analisa gaya-gaya aerodinamika

Analisa gaya-gaya aerodinamika dilakukan untuk mencari penyebab mobil mengalami kecelakaan seperti gaya slip, gaya skid dan gaya rolling.

### 3.2. Perhitungan gaya slip dan skid

Untuk mengetahui apakah mobil mengalami gaya slip maupun gaya skid,  $\Sigma F = 0$  dipakai dalam penelitian ini. Jika  $\Sigma F = 0$  artinya mobil tidak mengalami gaya slip atau gaya skid, tetapi jika  $\Sigma F \neq 0$  maka gaya slip atau gaya skid terjadi, dimana  $\Sigma F$  dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\Sigma F = P1 \cdot X + P2 \cdot X - P3 \cdot X - P4 \cdot X \quad (2)$$

Dimana :

- P1 = Tekanan pada roda depan kanan
- P2 = Tekanan pada roda depan kiri
- P3 = Tekanan pada roda belakang kanan
- P4 = Tekanan pada roda belakang kiri
- X = Jarak dari roda ke *center of gravity*

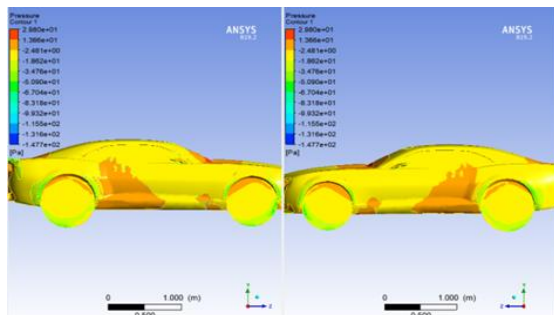
Dan untuk mengetahui berapa pergeseran *center of gravity* yang terjadi menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Cg = \frac{\Sigma F}{(g \cdot \text{berat mobil})} \quad (3)$$

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1. Kecepatan 80 km/h tanpa slip

Distribusi tekanan yang terjadi pada bagian kiri dan kanan mobil saat mobil melaju tanpa slip pada kecepatan 80 km/h juga sama, tidak adanya perbedaan gradien tekanan antara mobil bagian kiri dan mobil bagian kanan. *Contour* gradien tekanan menggunakan warna berbeda untuk mengetahui perbedaan gradien tekanan, warna hijau muda menggambarkan gradien tekanan sebesar -23.4 Pa, warna kuning -5.7 Pa, warna oranye 12 Pa dan warna merah 29.8 Pa. Gradien tekanan yang terjadi pada keempat roda mobil semuanya sama yaitu -49.1 Pa.



**Gambar 3. Gradien tekanan pada roda kecepatan 80km/h tanpa slip.**

$$\begin{aligned} P1 &= -49.1 \text{ Pa} & P3 &= -49.1 \text{ Pa} \\ P2 &= -49.1 \text{ Pa} & P4 &= -49.1 \text{ Pa} \\ X &= 1696.03 \text{ cm} \\ \text{Berat mobil} &= 2250 \text{ kg} \\ g &= 9.81 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

$$\Sigma F = -49,1 \times 1696,03 + -49,1 \times 1696,03 - -49,1 \times 1696,03 - -49,1 \times 1696,03$$

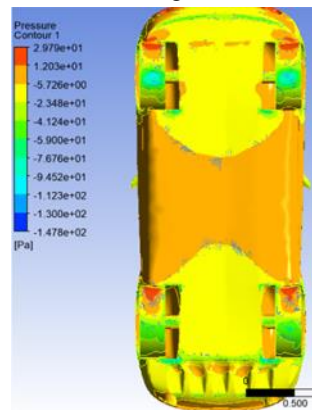
$$\Sigma F = -180796,798$$

$$Cg = \frac{0}{(9.81 \times 2250)} \\ Cg = 0$$

Tidak adanya pergeseran *center of gravity* pada saat mobil melaju tanpa slip di kecepatan 80 km/h yang artinya tidak terjadi gaya slip maupun gaya skid.

### 4.2. Kecepatan 80 km/h dengan slip

Perbedaan gradien tekanan yang signifikan dapat terlihat pada bagian roda, dimana terjadi perbedaan gradien tekanan pada roda depan dan roda belakang. Tekanan yang terjadi pada kedua roda depan sebesar -94.5 Pa sedangkan tekanan yang terjadi pada roda belakang sebesar -41.2 Pa yang berarti terdapat perbedaan kecepatan antara roda depan dengan roda belakang.



**Gambar 4. Gradien tekanan pada roda kecepatan 80km/h dengan slip.**

$$\begin{aligned} P1 &= -94.5 \text{ Pa} & P3 &= -41.2 \text{ Pa} \\ P2 &= -94.5 \text{ Pa} & P4 &= -41.2 \text{ Pa} \\ X &= 1696.03 \text{ cm} \\ \text{Berat mobil} &= 2250 \text{ kg} \\ g &= 9.81 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

$$\Sigma F = -94,5 \times 1696,03 + -94,5 \times 1696,03 - -41,2 \times 1696,03 - -41,2 \times 1696,03$$

$$\Sigma F = -180796,798$$

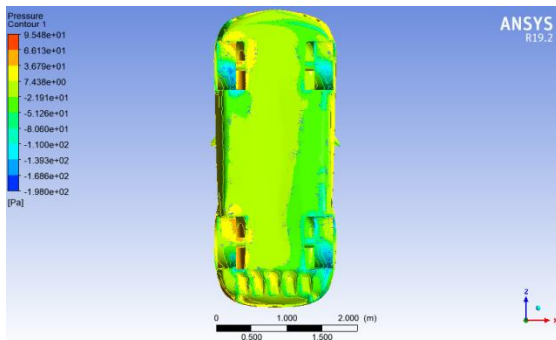
$$C_g = \frac{-180796,798}{(9,81 \times 2250)}$$

$$C_g = -8,191043063$$

Terjadi sedikit pergeseran *center of gravity* pergeseran sebesar 8,191043063 mm kearah kiri, ini menandakan bahwa mobil mengalami *slip* sesaat dikarenakan terjadinya pergeseran *center of gravity*.

#### 4.3. Kecepatan 80 km/h dengan *slip* dan *skid*.

Gradien tekanan yang terjadi pada keempat roda mengalami perbedaan dimana pada roda bagian depan kanan adalah sebesar -168 Pa, roda depan bagian kiri sebesar -110 Pa, roda bagian belakang kanan -21.9 Pa dan roda bagian belakang kiri sebesar -110 Pa yang menyebabkan terjadinya perbedaan kecepatan pada keempat roda karena semakin tinggi tekanan maka kecepatan akan semakin rendah dan sebaliknya.



Gambar 5. Gradien tekanan pada roda kecepatan 80km/h dengan *slip*.dan *skid*.

$$P1 = -168,8 \text{ Pa} \quad P3 = -21,9 \text{ Pa}$$

$$P2 = -110 \text{ Pa} \quad P4 = -110 \text{ Pa}$$

$$X = 1696,03 \text{ cm}$$

$$\text{Berat mobil} = 2250 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\Sigma F = -168,8 \times 1696,03 + -110 \times 1696,03 - 21,9 \times 1696,03 - -110 \times 1696,03$$

$$\Sigma F = -249146,807$$

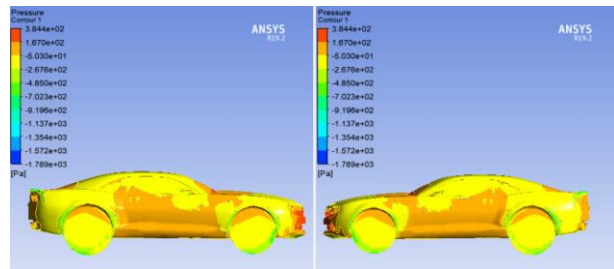
$$C_g = \frac{-249146,807}{(9,81 \cdot 2250)}$$

$$C_g = -11,2876569$$

Pergeseran *center of gravity* pada saat mobil mengalami *slip* dan *skid* pada 80 km/h lebih besar dibandingkan pada saat mobil hanya maju dengan *slip* saja yaitu sebesar 11,2876569 mm kearah kiri, ini menandakan bahwa mobil mengalami *slip* disusul dengan *skid*.

#### 4.4. Kecepatan 140 km/h tanpa *slip*.

Gradien tekanan yang terjadi pada keempat roda mobil pun sama yaitu sebesar -485 Pa tekanan ini menunjukkan bahwa mobil melaju dengan stabil dan keempat roda mengalami kecepatan yang sama.



Gambar 6. Gradien tekanan pada roda kecepatan 140km/h tanpa *slip*.

$$P1 = -475 \text{ Pa} \quad P3 = -475 \text{ Pa}$$

$$P2 = -475 \text{ Pa} \quad P4 = -475 \text{ Pa}$$

$$X = 1696,03 \text{ cm}$$

$$\text{Berat mobil} = 2250 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\Sigma F = -475 \times 1696,03 + -475 \times 1696,03 - 475 \times 1696,03 - -475 \times 1696,03$$

$$\Sigma F = 0$$

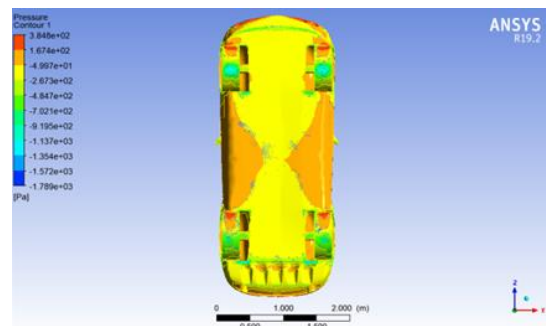
$$C_g = \frac{0}{(9,81 \times 2250)}$$

$$C_g = 0$$

Tidak adanya pergeseran *center of gravity* pada saat mobil melaju tanpa *slip* di kecepatan 140 km/h yang artinya tidak terjadi gaya *slip* maupun gaya *skid*.

#### 4.5. Kecepatan 140 km/h dengan *slip*.

Gradien tekanan yang terjadi pada roda depan dan belakang mengalami perbedaan yang signifikan dimana gradien tekanan yang terjadi roda depan sebesar -702 Pa dan gradien tekanan yang terjadi pada roda belakang sebesar -484.4 Pa, perbedaan tekanan ini mengindikasikan bahwa mobil melaju dalam keadaan yang kurang stabil dikarenakan terjadinya perbedaan kecepatan akibat dari perbedaan tekanan antara roda depan dengan roda belakang.



Gambar 7. Gradien tekanan pada roda kecepatan 140km/h dengan *slip*.

$$P1 = -702 \text{ Pa} \quad P3 = -484.7 \text{ Pa}$$

$$P2 = -702 \text{ Pa} \quad P4 = -484.7 \text{ Pa}$$

$$X = 1696.03 \text{ cm}$$

$$\text{Berat mobil} = 2250 \text{ kg}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$\Sigma F = -702 \times 1696,03 + -702 \times 1696,03 - -484,7 \times 1696,03 - -484,7 \times 1696,03$$

$$\Sigma F = -737095$$

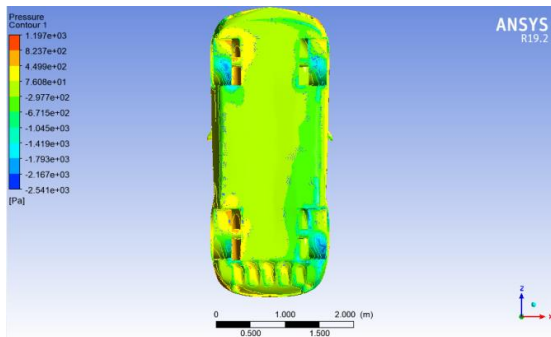
$$C_g = \frac{-737095}{(9.81 \times 2250)}$$

$$C_g = -33,3943$$

Terjadi sedikit pergeseran center of gravity pergeseran sebesar 33,3943 mm kearah kiri, ini menandakan bahwa mobil mengalami *slip* sesaat dikarenakan terjadinya pergeseran *center of gravity*.

#### 4.6. Kecepatan 140 km/h dengan *slip* dan *skid*.

Gradien tekanan pada keempat roda yang terjadi semuanya berbeda-beda. Gradien tekanan yang dialami oleh roda depan kanan sebesar -1793 Pa, roda depan kiri -1419, roda belakang kanan -76 Pa dan roda belakang kiri -1793 Pa. Tekanan yang terjadi pada roda dapat mengindikasikan bahwa mobil melaju tidak dalam keadaan stabil dikarenakan perbedaan tekanan yang terjadi pada masing masing roda yang artinya kecepatan yang terjadi pada masing-masing roda berbeda.



Gambar 8. Gradien tekanan pada roda kecepatan 140km/h dengan *slip* dan *skid*.

$$P1 = -1793 \text{ Pa} \quad P3 = -76 \text{ Pa}$$

$$P2 = -1419 \text{ Pa} \quad P4 = -1793 \text{ Pa}$$

$$X = 1696.03 \text{ cm}$$

$$\text{Berat mobil} = 2250 \text{ kg}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$\Sigma F = -1793 \times 1696,03 + -1419 \times 1696,03 - -76 \times 1696,03 - -1793 \times 1696,03$$

$$\Sigma F = -2277768$$

$$C_g = \frac{-2277768}{(9.81 \cdot 2250)}$$

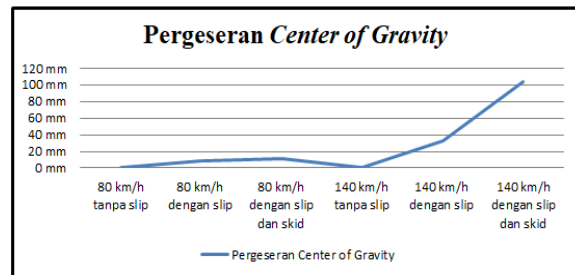
$$C_g = -103.195$$

Pergeseran *center of gravity* pada saat mobil mengalami *slip* dan *skid* pada 140 km/h lebih

besar dibandingkan pada saat mobil hanya maju dengan *slip* saja yaitu sebesar 103,195 mm kearah kiri, ini menandakan bahwa mobil mengalami *slip* yang berkepanjangan lalu terjadilah *skid*.

#### 3.7 Perbandingan pergeseran *center of gravity*

Dapat dilihat pada gambar bahwa semakin tinggi kecepatan mobil maka jika terjadi gaya slip maupun skid akan semakin besar pergeseran *center of gravity* yang terjadi pada mobil.



Gambar 9. Grafik pergeseran *center of gravity*

## 5. Kesimpulan

Salah satu hal yang dapat mengindikasikan kestabilan kendaraan saat melaju adalah besarnya tekanan yang sama pada masing-masing rodanya baik itu roda depan, maupun roda belakang. Perbedaan tekanan yang terjadi pada salah satu roda atau lebih dapat menyebabkan terjadinya gaya pada mobil yang sedang melaju, gaya yang dimaksud disini merupakan gaya *slip*, *skid* maupun *rolling*, semua itu tergantung pada perbedaan tekanan pada masing-masing roda yang terjadi. Dari pengujian diperoleh bahwa terjadi pergeseran *centre of gravity* dari mobil saat no slip, slip dan skid, masing-masing berurutan sebesar 0 mm, 8.191043063 mm dan 11.2876569 mm untuk kecepatan 80 km/h, dan masing-masing berurutan sebesar 0 mm, 33.3943 mm dan 103.195 mm untuk kecepatan 140 km/h.

## Daftar Pustaka

- [1] Okulski, T. (2016, May 12). The 2017 Camaro Z/28 Prototype Just Crashed on the Nurburgring. Retrieved from Road and Track.
- [2] R.Varun. (2018). CFD Analysis of Aerodynamics of Car . International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology .
- [3] Adi Nurrahman, Y. D. (n.d.). Pemodelan Dan Simulasi Stabilitas Sistem Kemudi Sepeda Motor Roda Tiga Untuk Penyandang Disabilitas.
- [4] Atmika, I. K. (2017, April). Konstruksi dan Stabilitas Kendaraan. Bali, Indonesia.

- [5] Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M. P. (2000). *Teknologi Otomotif*. Surabaya: Guna Widya.
- [6] Maslakhatus Zahro, I. N. (2018). Analisis Pengaruh Posisi Center of Gravity terhadap Stabilitas Arah Bus Double Deck. *Jurnal Teknik Its*.

	<p><b>Arantxa Rama Syamsudin</b> menyelesaikan studi S1 di Universitas Udayana, pada tahun 2021 dengan mengambil Program Studi Teknik Mesin pada tahun 2017.</p>
<p>Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan aerodinamika, gaya <i>slip</i> dan gaya <i>skid</i> pada mobil.</p>	