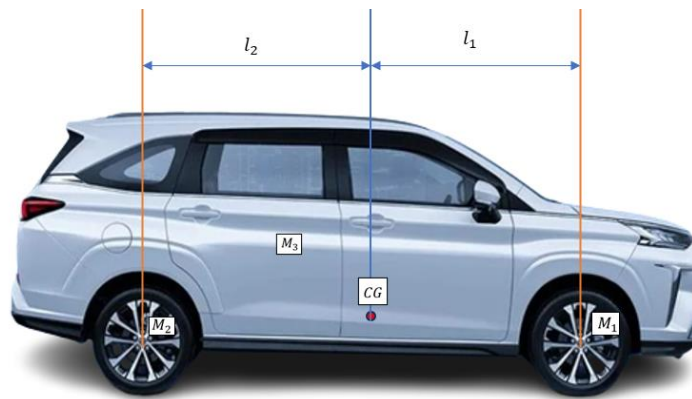


BAB IV

DATA DAN ANALISA

4.1 Permodelan Sistem Setengah Kendaran Mobil

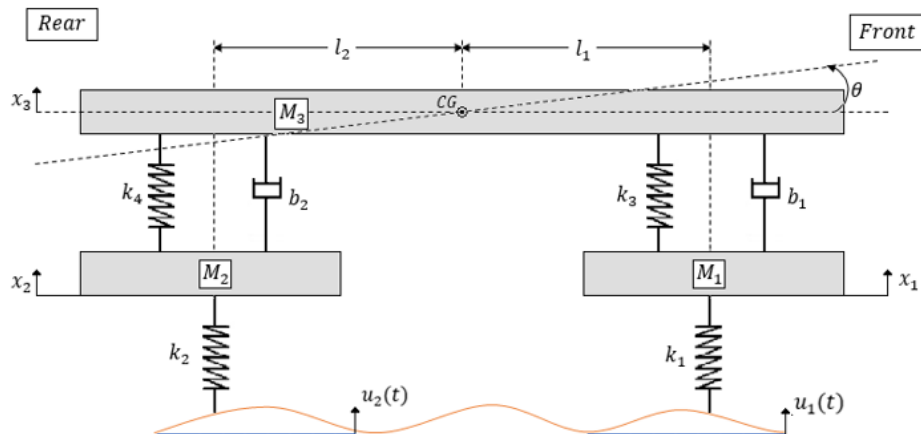
Pada penelitian ini digunakan model fisik mobil dari model *Avanza Veloz 2022*. Adapun model fisik kendaraan yang digunakan sebagai acuan penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 4.1 Model Fisik Kendaraan *Avanza Veloz 2022*

4.2 Model Sistem Setengah Kendaran Mobil

Setelah didapatkan model fisik mobil, selanjutnya dapat membuat persamaan gerak dari sistem kendaraan yang telah didapatkan. Seluruh massa dan komponen pada model sistem setengah kendaraan dimodelkan pada Gambar 4.2 dibawah.



Gambar 4.2 Model Sistem Setengah Kendaran

Dimana:

M_3 = Massa total setengah kendaraan (kg)

M_1 = Massa total pada *Front Axle* (kg)

M_2 = Massa total pada *Rear Axle* (kg)

J = Momen Inersia Kendaraan ($Kg.m^2$)

x_1 = Perpindahan pada *Front Axle* (m)

x_2 = Perpindahan pada *Rear Axle* (m)

x_3 = Perpindahan translasi *chassis* kendaraan (m)

θ = Perpindahan rotasi kendaraan (rad)

k_1 = Kekakuan material ban depan (N/M)

k_2 = Kekakuan material ban belakang (N/M)

k_3 = Konstanta pegas pada *Front Axle* (N/M)

k_4 = Konstanta pegas bagian *Rear Axle* (N/M)

b_1 = Koefisien damper pada bagian *Front Axle* ($N.s/M$)

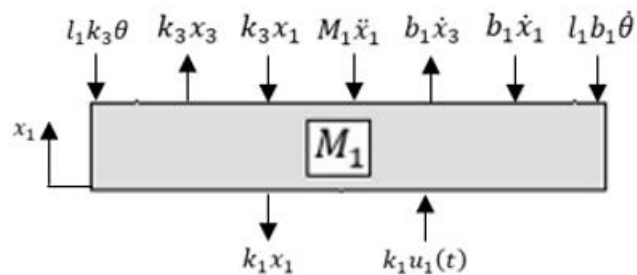
b_2 = Koefisien damper bagian *Rear Axle* ($N.s/M$)

l_1 = Jarak sumbu roda depan dari *Center of Gravity* (m)

l_2 = Jarak sumbu roda belakang dari *Center of Gravity* (m)

Setelah model sistem didapatkan, dapat membuat Diagram Benda Bebas (DBB) dari model sistem yang menggunakan hukum kedua Newton untuk mendapatkan model matematika yang menggunakan titik keseimbangan sebagai titik awal untuk perpindahan *Center of Gravity* (CG) dan sudut perpindahan badan kendaraan. Adapun DBB dari tiap derajat kebebasan adalah sebagai berikut:

1. *Front Axle* FBD



Gambar 4.3 *Front Axle* FBD

Dimana:

x_1 = Perpindahan pada *Front Axle*.

$M_1\ddot{x}_1$ = Akselerasi massa pada *Front Axle*.

k_1x_1 = Perpindahan ban depan terhadap bagian *Front Axle*.

k_3x_1 = Perpindahan pegas terhadap *Front Axle*.

k_3x_3 = Perpindahan pegas terhadap *chassis* kendaraan.

$b_1\dot{x}_1$ = Kecepatan suspensi bagian depan terhadap *Front Axle*.

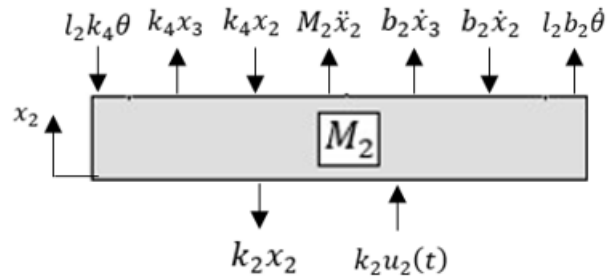
$b_1\dot{x}_3$ = Kecepatan suspensi bagian depan terhadap *chassis* kendaraan.

$l_1k_3\theta$ = Perpindahan rotasional suspensi bagian depan kendaraan terhadap CG

$l_1b_1\dot{\theta}$ = Kecepatan sudut pada suspensi bagian depan terhadap CG

$k_1u_1(t)$ = *Road Input* pada *Front Axle*.

2. Rear Axle FBD



Gambar 4.4 *Rear Axle FBD*

Dimana:

x_2 = Perpindahan pada *Rear Axle*.

$M_2\ddot{x}_2$ = Akselerasi massa pada *Rear Axle*.

k_2x_2 = Perpindahan ban belakang terhadap bagian *Rear Axle*.

k_4x_2 = Perpindahan pegas terhadap *Rear Axle*.

k_4x_3 = Perpindahan pegas terhadap *chassis* kendaraan.

$b_2\dot{x}_2$ = Kecepatan suspensi bagian belakang terhadap *Rear Axle*.

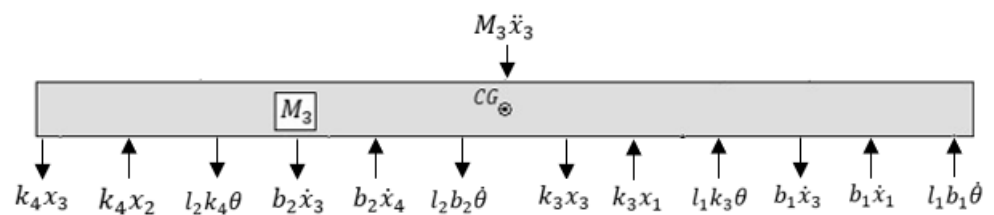
$b_2\dot{x}_3$ = Kecepatan suspensi bagian belakang terhadap *chassis* kendaraan.

$l_2k_4\theta$ = Perpindahan rotasional suspensi bagian belakang kendaraan terhadap CG

$l_2b_2\dot{\theta}$ = Kecepatan sudut pada suspensi bagian belakang terhadap CG

$k_2u_2(t)$ = *Road Input* pada *Rear Axle*.

3. Chasis Translation FBD



Gambar 4.5 *Chasis Translation FBD*

Dimana:

x_3 = Perpindahan pada *chassis* kendaraan.

$M_3\ddot{x}_3$ = Akselerasi massa *chassis* kendaraan.

k_3x_1 = Perpindahan pegas terhadap bagian *Front Axle*.

k_3x_3 = Perpindahan pegas bagian depan terhadap *chassis* kendaraan.

k_4x_2 = Perpindahan pegas terhadap *Rear Axle*

k_4x_3 = Perpindahan pegas bagian belakang terhadap *chassis* kendaraan

$b_1\dot{x}_1$ = Kecepatan suspensi bagian depan terhadap *Front Axle*.

$b_1\dot{x}_3$ = Kecepatan suspensi bagian depan terhadap *chassis* kendaraan.

$b_2\dot{x}_2$ = Kecepatan suspensi bagian belakang terhadap *Rear Axle*.

$b_2\dot{x}_3$ = Kecepatan suspensi bagian belakang terhadap *chassis* kendaraan.

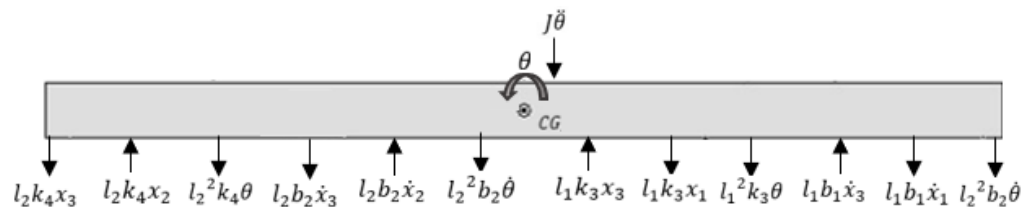
$l_1 k_3 \theta$ = Perpindahan rotasional suspensi bagian depan kendaraan terhadap CG

$l_2 k_4 \theta$ = Perpindahan rotasional suspensi bagian belakang kendaraan terhadap CG

$l_1 b_1 \dot{\theta}$ = Kecepatan sudut pada suspensi bagian depan terhadap CG

$l_2 b_2 \dot{\theta}$ = Kecepatan sudut pada suspensi bagian belakang terhadap CG

4. Chasis Rotational FBD



Gambar 4.6 Chasis Rotational FBD

Dimana:

θ = Sudut perputaran *chassis* pada CG.

$J\ddot{\theta}$ = Momen inersia pada percepatan sudut *chassis*

$l_1 k_3 x_1$ = Perpindahan pegas bagian *Front Axle* terhadap CG.

$l_1 k_3 x_3$ = Perpindahan pegas bagian depan *chassis* kendaraan terhadap CG.

$l_2 k_4 x_2$ = Perpindahan pegas bagian *Rear Axle* terhadap CG.

$l_2 k_4 x_3$ = Perpindahan pegas bagian belakang *chassis* kendaraan terhadap CG.

$l_1 b_1 \dot{x}_1$ = Kecepatan suspensi bagian *Front Axle* terhadap CG.

$l_1 b_1 \dot{x}_3$ = Kecepatan suspensi bagian depan *chassis* kendaraan terhadap CG.

$l_2 b_2 \dot{x}_2$ = Kecepatan suspensi bagian *Rear Axle* terhadap CG.

$l_2 b_2 \dot{x}_3$ = Kecepatan suspensi bagian belakang *chassis* kendaraan terhadap CG.

- $l_1^2 k_3 \theta$ = Perpindahan rotasional suspensi bagian depan kendaraan terhadap CG
- $l_2^2 k_4 \theta$ = Perpindahan rotasional suspensi bagian belakang kendaraan terhadap CG
- $l_1^2 b_1 \dot{\theta}$ = Kecepatan sudut pada suspensi bagian depan terhadap CG
- $l_2^2 b_2 \dot{\theta}$ = Kecepatan sudut pada suspensi bagian belakang terhadap CG

Dari Diagram Benda Bebas (DBB) diatas didapatkan model matematika dan bentuk *State Space Variable* dari persamaan yang didapat dari Gaya Eksternal pada Model Sistem serta Gaya dan Momen dari *Front Axle, Rear Axle, Chasis Translation* dan *Rotational* adalah sebagai berikut:

$$\Sigma F = m \cdot a \dots\dots\dots (1)$$

Front Axle

$$M_1 \ddot{x}_1 = k_3 x_3 - k_3 x_1 - l_1 k_3 \theta + b_1 \dot{x}_3 - b_1 \dot{x}_1 - l_1 b_1 \dot{\theta} - k_1 x_1 + k_1 u_1(t) \dots (2)$$

Persamaan *State Space Variable* dari persamaan (2) yaitu:

$$\ddot{x}_1 = \frac{1}{M_1} [k_3(x_3 - x_1 - l_1 \theta) + b_1(\dot{x}_3 - \dot{x}_1 - l_1 \dot{\theta}) - k_1(x_1 - u_1)] \dots\dots\dots (3)$$

Rear Axle

$$M_2 \ddot{x}_2 = k_4 x_3 - k_4 x_2 + l_2 k_4 \theta + b_2 \dot{x}_3 - b_2 \dot{x}_2 + l_2 b_2 \dot{\theta} - k_2 x_2 + k_2 u_2(t) \dots (4)$$

Persamaan *State Space Variable* dari persamaan (4) yaitu:

$$\ddot{x}_2 = \frac{1}{M_2} [k_4(x_3 - x_2 + l_2 \theta) + b_2(\dot{x}_3 - \dot{x}_2 + l_2 \dot{\theta}) - k_2(x_2 - u_2)] \dots\dots\dots (5)$$

Gerak Translasi Chasis

$$M_3 \ddot{x}_3 = -k_3 x_3 + k_3 x_1 + l_1 k_3 \theta - k_4 x_3 + k_4 x_2 - l_2 k_4 \theta - b_1 \dot{x}_3 + b_1 \dot{x}_1 + l_1 b_1 \dot{\theta} - b_2 \dot{x}_3 + b_2 \dot{x}_2 + l_2 b_2 \dot{\theta} \dots\dots\dots (6)$$

Persamaan *State Space Variable* dari persamaan (6) yaitu:

$$\ddot{x}_3 = \frac{1}{M_3} [-k_3(x_3 - x_1 - l_1\theta) - k_4(x_3 - x_2 + l_2\theta) - b_1(\dot{x}_3 - \dot{x}_1 - l_1\dot{\theta}) - b_2(\dot{x}_3 - \dot{x}_2 + l_2\dot{\theta})] \dots \dots \dots (7)$$

Gerak Rotasi Chasis

$$J\ddot{\theta} = l_1k_3x_3 - l_1k_3x_1 - l_1^2k_3\theta - l_2k_4x_3 + l_2k_4x_2 - l_2^2k_4\theta + l_1b_1\dot{x}_3 - l_1b_1\dot{x}_1 - l_1^2b_1\dot{\theta} - l_2b_2\dot{x}_3 + l_2b_2\dot{x}_2 - l_2^2b_2\dot{\theta} \dots \dots \dots (8)$$

Persamaan *State Space Variable* dari persamaan (8) yaitu:

$$\ddot{\theta} = \frac{1}{J} [l_1k_3(x_3 - x_1 - l_1\theta) - l_2k_4(x_3 - x_2 + l_2\theta) + l_1b_1(\dot{x}_3 - \dot{x}_1 - l_1\dot{\theta}) - l_2b_2(\dot{x}_3 - \dot{x}_2 + l_2\dot{\theta})] \dots \dots \dots (9)$$

4.3 Komponen Permodelan Sistem Suspensi Setengah Kendaraan

Untuk melakukan simulasi pada sistem suspensi setengah kendaraan diperlukan parameter untuk model matematika sistem suspensi setengah kendaraan. Parameter kendaraan yang digunakan merupakan parameter dari *Avanza Veloz 2022*. Adapun parameter kendaraan yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Parameter pada Permodelan Sistem Suspensi Setengah Kendaraan

Parameter	Simbol	Nilai
<i>Constants</i>		
<i>Sprung mass of the half vehicle Chassis</i>	M_3	835 Kg
<i>Moment of inertia of the vehicle</i>	J	418 Kg.m ²
<i>Unsprung mass of the front axle</i>	M_1	28 Kg
<i>Unsprung mass of the rear axle</i>	M_2	28 Kg
<i>Stiffness of the front tire material</i>	k_1	200000 N/M
<i>Stiffness of the rear tire material</i>	k_2	180000 N/M
<i>Spring constant of the front axle</i>	k_3	25000 N/M
<i>Spring constant of the rear axle</i>	k_4	20000 N/M
<i>Damping coefficient of the front axle</i>	b_1	1500 N.s/M

<i>Damping coefficient of the rear axle</i>	b_2	$1200 \text{ N}\cdot\text{s}/M$
<i>Front body length from the CG</i>	l_1	1.35 m
<i>Rear body length from the CG</i>	l_2	1.40 m
State Variables		
<i>Vehicle vertical displacement (Chassis)</i>	x_3
<i>Vehicle rotational movement</i>	θ
<i>Front axle vertical displacement</i>	x_1
<i>Rear axle vertical displacement</i>	x_2
Inputs		
<i>Road excitation at the front axle</i>	$u(t)$
<i>Road excitation at the rear axle</i>	$u(t+ t_d)$

Persamaan gerak dari model matematika diatas dapat disusun ulang kedalam bentuk matriks sebagai berikut:

$$[M]\ddot{x} + [b]\dot{x} + [k]x = F(u).....(6)$$

dimana bentuk matriks:

$$[M] = \begin{bmatrix} M_3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & J & 0 & 0 \\ 0 & 0 & M_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & M_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{x}_3 \\ \ddot{\theta} \\ \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \end{bmatrix} + \dots$$

$$[b] = \begin{bmatrix} b_1 + b_2 & l_2 b_2 - l_1 b_1 & -b_1 & -b_2 \\ l_2 b_2 - l_1 b_1 & b_1 l_1^2 + b_2 l_2^2 & l_1 b_1 & -l_2 b_2 \\ -b_1 & l_1 b_1 & b_1 & 0 \\ -b_2 & -l_2 b_2 & 0 & b_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x}_3 \\ \dot{\theta} \\ \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} + \dots$$

$$[k] = \begin{bmatrix} k_3 + k_4 & l_2 k_4 - l_1 k_3 & -k_3 & -k_4 \\ l_2 k_4 - l_1 k_3 & k_3 l_1^2 + k_4 l_2^2 & l_1 k_3 & -l_2 k_4 \\ -k_3 & l_1 k_3 & k_3 + k_1 & 0 \\ -k_4 & -l_2 k_4 & 0 & k_4 + k_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_3 \\ \theta \\ x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \dots$$

$$[F(u)] \dots = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ k_1 & 0 \\ 0 & k_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix}$$

State Space Model

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

dimana:

$$x = [x_1 \quad \dot{x}_1 \quad x_2 \quad \dot{x}_2 \quad x_3 \quad \dot{x}_3 \quad \theta \quad \dot{\theta}]^T, u = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{(k_1+k_3)}{M_1} & -\frac{b_1}{M_1} & \frac{0}{M_1} & \frac{0}{M_1} & \frac{k_3}{M_1} & \frac{b_1}{M_1} & \frac{l_1 k_3}{M_1} & \frac{l_1 b_1}{M_1} \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{0}{M_2} & \frac{0}{M_2} & -\frac{(k_4+k_2)}{M_2} & -\frac{b_2}{M_2} & \frac{k_4}{M_2} & \frac{b_2}{M_2} & -\frac{l_2 k_4}{M_2} & -\frac{l_2 b_2}{M_2} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ \frac{k_3}{M_3} & \frac{b_1}{M_3} & \frac{k_4}{M_3} & \frac{b_2}{M_3} & -\frac{(k_3+k_4)}{M_3} & -\frac{(b_1+b_2)}{M_3} & \frac{(l_2 k_4 - l_1 k_3)}{M_3} & \frac{(l_2 b_2 - l_1 b_1)}{M_3} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ \frac{l_1 k_3}{J} & \frac{l_1 b_1}{J} & -\frac{l_2 k_4}{J} & -\frac{l_2 b_2}{J} & \frac{(l_2 k_4 - l_1 k_3)}{J} & \frac{(l_2 b_2 - l_1 b_1)}{J} & -\frac{(l_1^2 k_3 + l_1^2 k_4)}{J} & \frac{(l_2^2 b_2 - l_2^2 b_1)}{J} \end{bmatrix} x$$

$$+ \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{k_1}{M_1} & \frac{0}{M_1} \\ 0 & 0 \\ \frac{0}{M_2} & \frac{k_2}{M_2} \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} U$$

4.4 Diagram Blok MATLAB

Gambar dibawah ini merupakan bentuk model Diagram Blok dari MATLAB yang dikembangkan dari model matematika yang sudah didapat dari diagram benda bebas Model suspensi setengah kendaraan. Adapun model Diagram Blok yang didapat adalah sebagai berikut:

(TERLAMPIR)

Gambar 4.7 Model Diagram Blok MATLAB

Pada diagram blok terdapat 3 kotak dimana kotak biru mengindikasikan input yang terdapat pada sistem suspensi setengah kendaraan, lalu kotak merah merupakan sistem suspensi setengah kendaraan yang didapat, dan kotak kuning berisikan perhitungan terhadap setiap DOF yang terdapat pada sistem suspensi setengah kendaraan.

4.5 *Road Disturbance Input*

Road Disturbance atau gangguan pada jalan merupakan gangguan eksternal dari jalan yang menjadi input ($u(t)$) pada suspensi kendaraan. Gangguan jalan dialami pada roda depan dan roda belakang terjadi dengan adanya waktu tunda (*time delay*). Adapun perhitungan *time delay* adalah sebagai berikut:

$$Time\ Delay\ (t_d) = \frac{l_1 + l_2}{v}$$

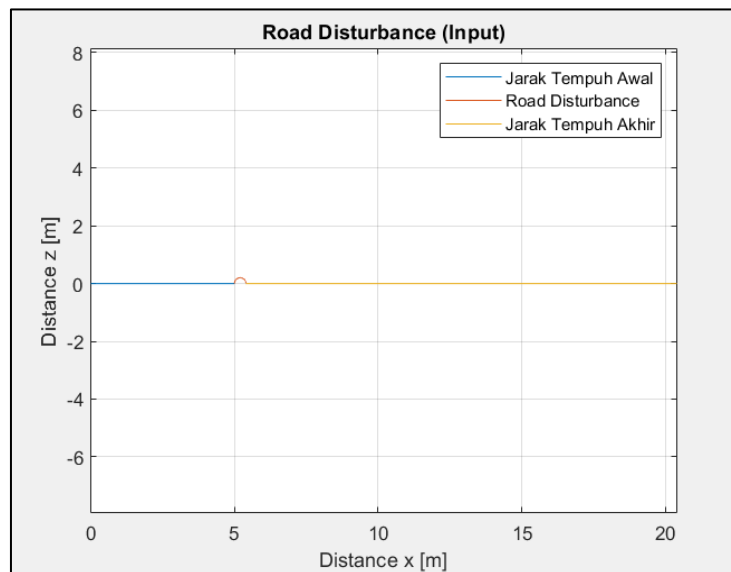
Dimana:

l_1 = Jarak dari roda depan ke CG (m)

l_2 = Jarak dari roda belakang ke CG (m)

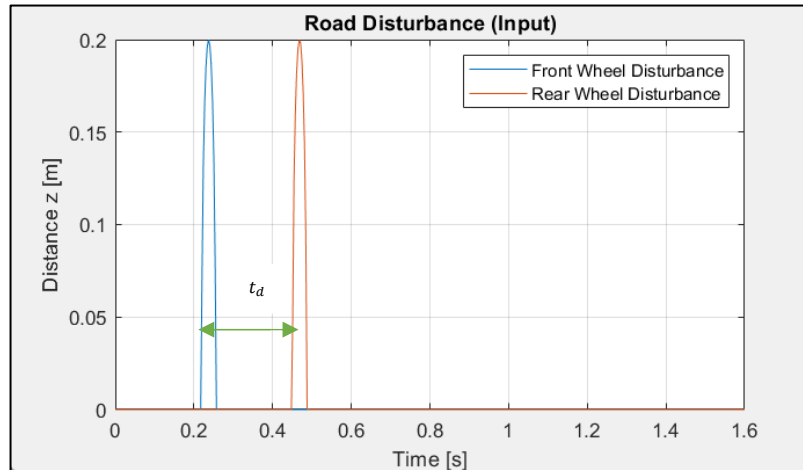
v = kecepatan kendaraan (m/s)

Adapun input *road disturbance* adalah sebagai berikut:



Gambar 4.8 Ilustrasi *Road Disturbance* 0.2 m

dari ilustrasi diatas, respon antara roda depan dan belakang didapatkan sebagai berikut:



Gambar 4.9 Input Road Disturbance 0.2 m

4.6 Simulasi MATLAB

Simulasi dilakukan di MATLAB dengan total waktu simulasi 20 detik. Kendaraan melaju dengan kecepatan tertentu melewati *road bump* dengan ketinggian 0.2 m dengan variasi kecepatan 20 km/h, 30 km/h, dan 40 km/h. Berbagai komponen perlu dihitung untuk setiap kecepatan. Saat kecepatan bertambah, waktu yang dibutuhkan untuk menempuh *road bump* berkurang sehingga waktu tunda antara bagian depan mobil dan bagian belakang mobil harus dihitung.

Tabel 4.2 Kecepatan Yang Digunakan dan *Time Delay*

<i>Speed</i> (km/h)	<i>Speed</i> (m/s)	<i>Time delay</i> (detik)
20	5.667	0.485
30	8.333	0.330
40	11.111	0.247

Respon sistem suspensi setengah kendaraan dapat dianalisa melalui *Settling Time* dan *Maximum Overshoot* yang merupakan parameter dalam membangun efektivitas dan ketangguhan model suspensi.

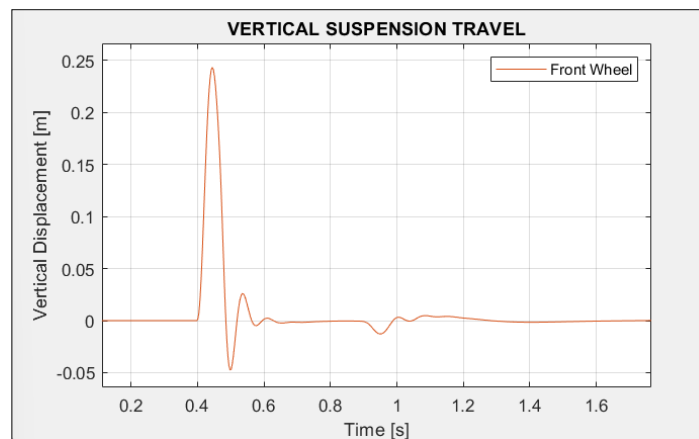
4.7 MATLAB M-Files Input

MATLAB memiliki fitur bernama M-Files yang dapat mempermudah penggunaan operasionalnya. *M-Files* adalah file yang berisi pernyataan matlab, yang dapat disimpan dan dijalankan kembali dengan satu perintah MATLAB. Adapun input yang digunakan pada simulasi kali ini adalah sebagai berikut:

(TERLAMPIR)

Dengan mensimulasikan input diatas dapat menghasilkan respon seperti berikut:

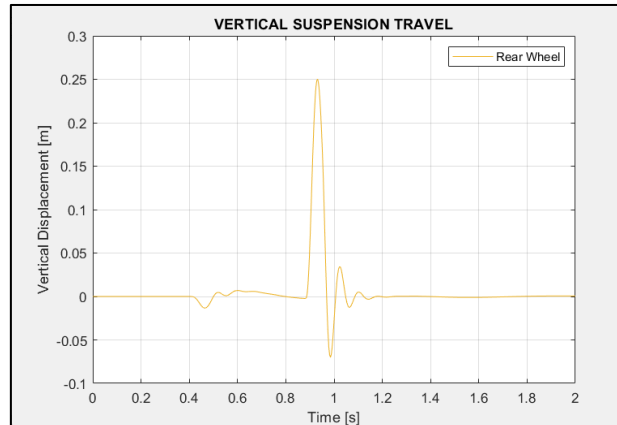
1. Respon Pada $V = 20$ km/h
 - a. *Front Wheel Vertical Displacement*



Gambar 4.10 *Front Wheel Vertical Displacement at 20 km/h*

Dari hasil respon dapat dilihat bahwa sistem suspensi pada bagian roda depan kendaraan mengalami titik maksimum (*maximum overshoot*) di 0.243 m. Suspensi mengalami respon pada 0.414 detik dan mereda pada 1.41 detik, suspensi mengalami waktu penyelesaian (*settling time*) respon selama 1 detik, dikarenakan adanya respon getaran yang diakibatkan dari getaran yang ditimbulkan suspensi bagian belakang kendaraan.

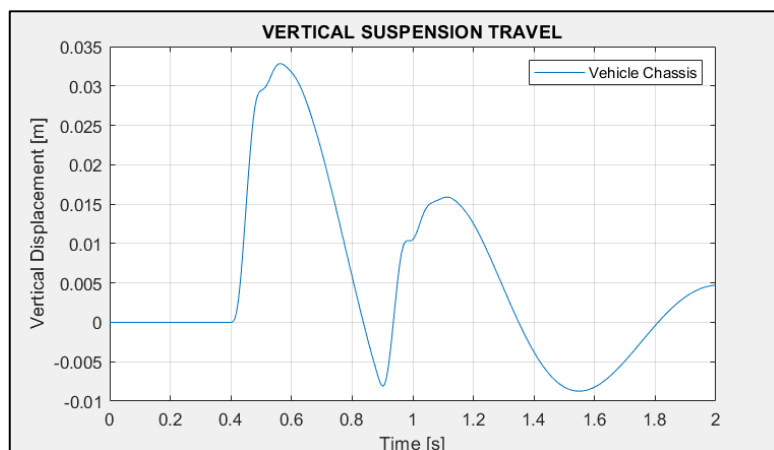
b. *Rear Wheel Vertical Displacement*



Gambar 4.11 *Rear Wheel Vertical Displacement at 20 km/h*

Hasil respon pada bagian roda belakang kendaraan mengalami *maximum overshoot* di 0.251 m. Suspensi kendaraan mengalami respon pada 0.414 detik dan mereda pada 1.41 detik, suspensi mengalami *settling time* selama 1 detik. Suspensi mengalami respon pada detik 0.4 dikarenakan getaran yang diakibatkan pada roda penggerak depan berpengaruh terhadap sistem suspensi ban belakang sehingga suspensi merespon getaran tersebut.

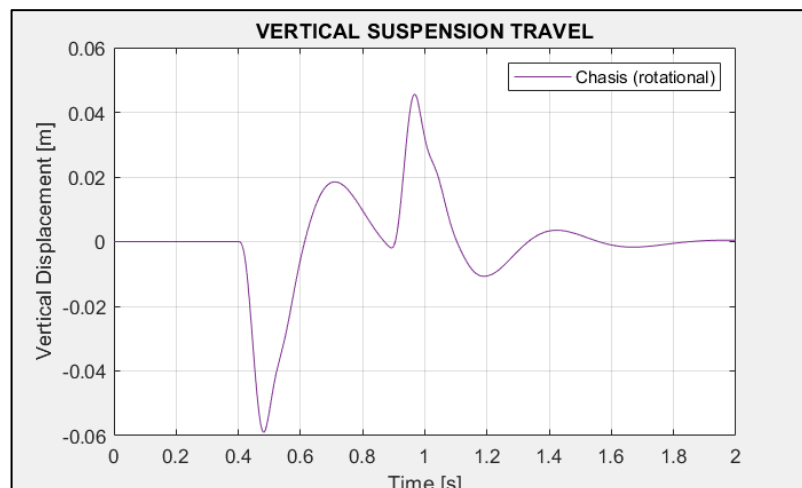
c. *Vehicle Chassis Translational Displacement*



Gambar 4.12 *Chassis Translational Displacement at 20 km/h*

Pada *Chassis* Kendaraan, respon yang didapatkan dari simulasi sistem suspensi didapatkan *overshoot* yang diakibatkan oleh roda depan dan roda belakang kendaraan. Respon pertama pada 0.41 detik, dengan *overshoot* setinggi 0.032 m. Selanjutnya *overshoot* terjadi pada 0.89 detik dengan *overshoot* setinggi 0.015 m. Pada respon pertama dan respon kedua didapatkan *time delay* selama 0.48 detik sesuai dengan yang sudah didapatkan pada Tabel 4.2 diatas. Antara respon awal dengan posisi ketika keadaan *chassis* sudah stabil didapatkan *settling time* selama 1.59 detik.

d. *Vehicle Chassis (Rotational) Displacement*

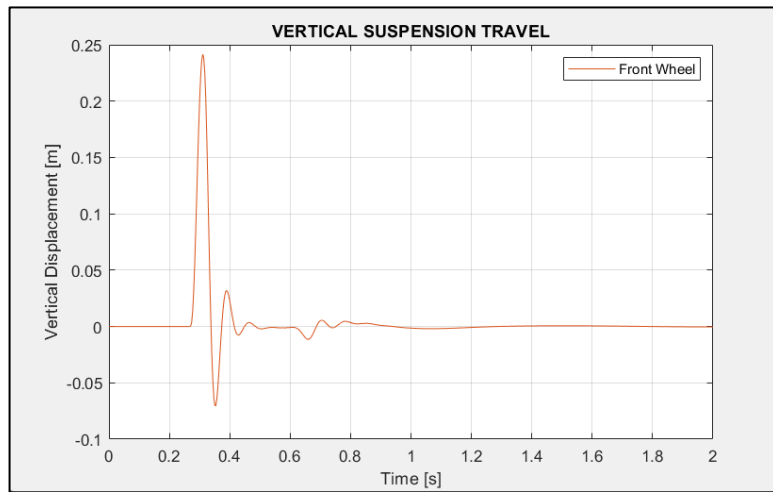


Gambar 4.13 *Chassis (Rotational) Displacement at 20 km/h*

Respon pada *Rotational Displacement* dari *Chassis* kendaraan menunjukkan adanya *undershoot* yang menunjukkan keadaan ketika terjadinya respon dari *road disturbance* pada *chassis*. *Undershoot* pertama terjadi sebesar -0.058 m. *Settling time chassis* didapatkan selama 1.59 detik.

2. Respon Pada $V = 30 \text{ km/h}$

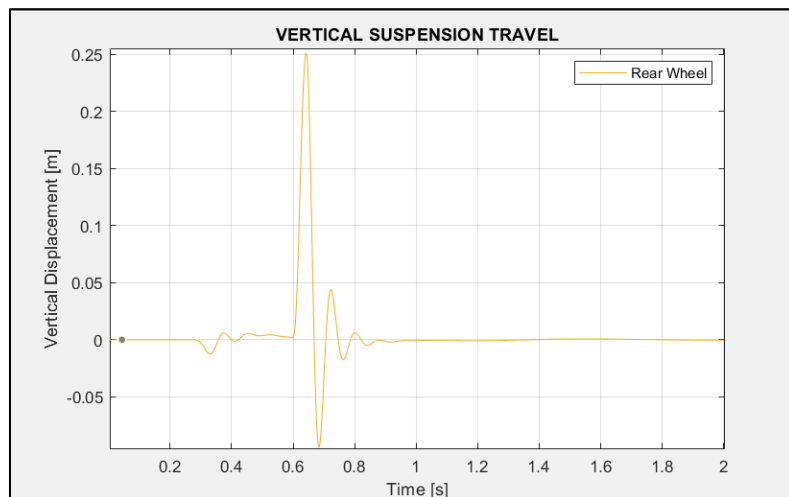
a. *Front Wheel Vertical Displacement*



Gambar 4.14 *Front Wheel Vertical Displacement at 30km/h*

Dari hasil respon pada bagian roda depan kendaraan mengalami *maximum overshoot* di 0.241 m. Suspensi mengalami respon pada 0.27 detik dan mereda pada 1.16 detik, suspensi mengalami waktu penyelesaian (*settling time*) respon selama 0.89 detik.

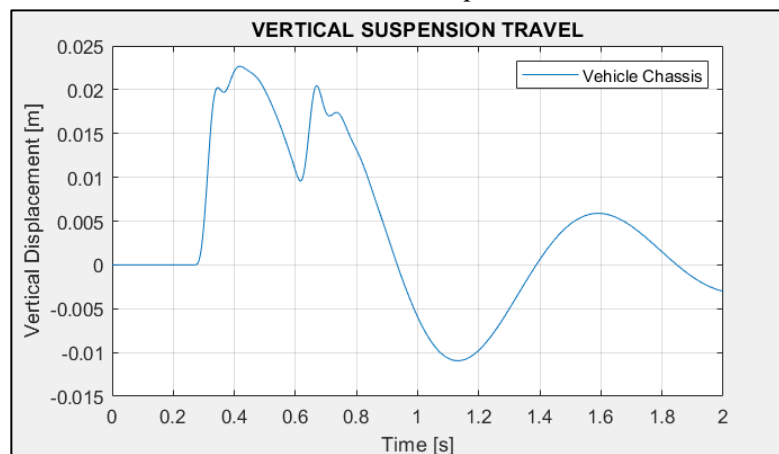
b. *Rear Wheel Vertical Displacement*



Gambar 4.15 *Rear Wheel Vertical Displacement at 30km/h*

Dari hasil respon pada bagian roda belakang kendaraan mengalami titik maksimum (*maximum overshoot*) di 0.251 m. Suspensi mengalami respon pada 0.27 detik dan mereda pada 1.16 detik, suspensi mengalami waktu penyelesaian (*settling time*) respon selama 0.89 detik.

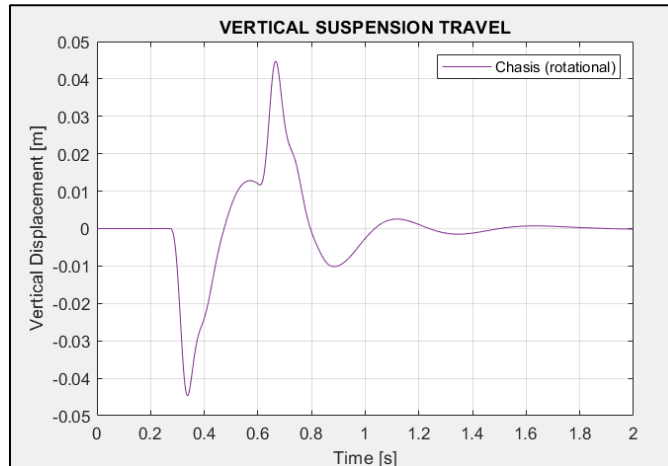
c. *Vehicle Chassis Translational Displacement*



Gambar 4.16 *Chassis Translational Displacement at 30 km/h*

Pada *Chassis* Kendaraan di kecepatan 30 km/h, respon yang didapatkan *overshoot* yang diakibatkan oleh roda depan dan roda belakang kendaraan. Respon pertama pada 0.27 detik, dengan *overshoot* setinggi 0.022 m. Selanjutnya *overshoot* terjadi pada 0.613 detik dengan *overshoot* setinggi 0.02 m. Pada respon pertama dan respon kedua didapatkan *time delay* selama 0.34 detik. hamper sesuai dengan yang sudah didapatkan pada Tabel 4.2 diatas. Antara respon awal dengan posisi ketika keadaan *chassis* sudah stabil didapatkan *settling time* selama 1.33 detik.

d. *Vehicle Chassis (Rotational) Displacement*

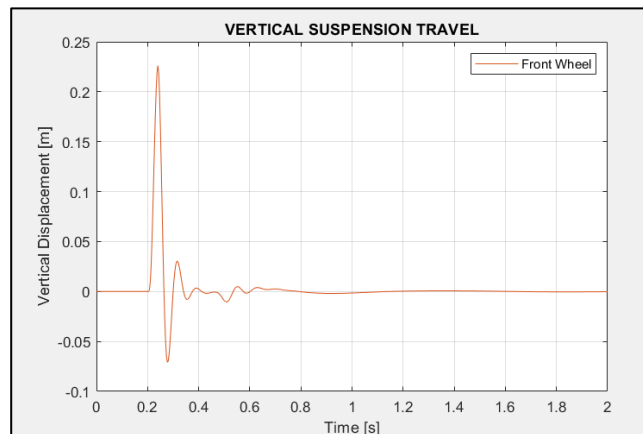


Gambar 4.17 *Chassis (Rotational) Displacement at 30 km/h*

Respon pada *Chassis (Rotational)* didapatkan *undershoot* pertama terjadi sebesar -0.034 m. *Settling time chassis* didapatkan selama 1.33 detik.

3. Respon Pada $V = 40$ km/h

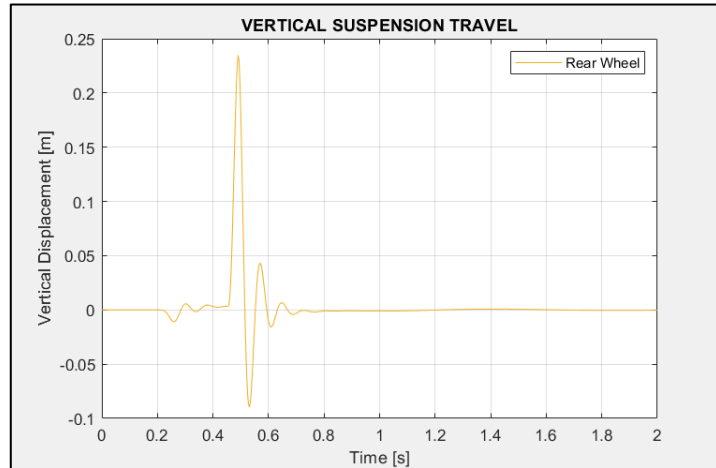
a. *Front Wheel Vertical Displacement*



Gambar 4.18 *Front Wheel Vertical Displacement at 40 km/h*

Dari hasil respon pada bagian roda depan kendaraan mengalami titik maksimum di 0.226 m. Suspensi mengalami respon pada 0.2 detik dan mereda pada 0.98 detik, suspensi mengalami waktu penyelesaian (*settling time*) respon selama 0.78 detik.

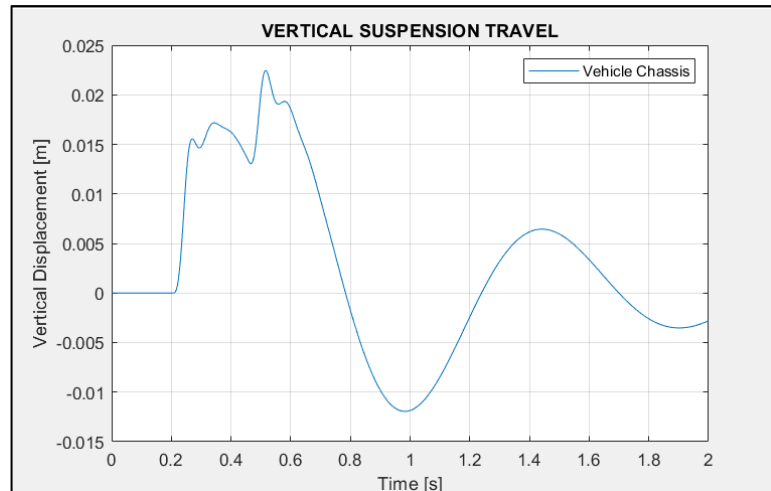
b. *Rear Wheel Vertical Displacement*



Gambar 4.19 *Rear Wheel Vertical Displacement at 40 km/h*

Dari hasil respon pada bagian roda belakang kendaraan mengalami titik maksimum (*maximum overshoot*) di 0.23 m. Suspensi mengalami respon pada 0.2 detik dan mereda pada 0.98 detik, suspensi mengalami waktu penyelesaian (*settling time*) respon selama 0.78 detik.

c. *Vehicle Chassis Translational Displacement*

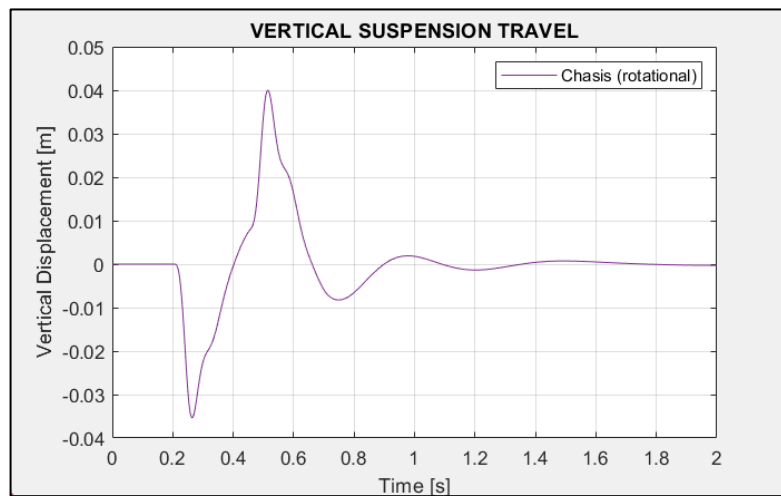


Gambar 4.20 *Chassis Translational Displacement at 40 km/h*

Pada *Chassis* Kendaraan di kecepatan 40km/h, respon yang didapatkan *overshoot* yang diakibatkan oleh roda depan dan roda belakang kendaraan. Respon pertama pada

0.2 detik, dengan *overshoot* setinggi 0.017 m. Selanjutnya *overshoot* terjadi pada 0.467 detik dengan *overshoot* setinggi 0.022 m. Pada respon pertama dan respon kedua didapatkan *time delay* selama 0.247 detik sesuai dengan yang sudah didapatkan pada Tabel 4.2 diatas. Antara respon awal dengan posisi ketika keadaan *chassis* sudah stabil didapatkan *settling time* selama 1.28 detik.

d. *Vehicle Chassis (Rotational) Displacement*



Gambar 4.21 *Chassis (Rotational) Displacement at 40 km/h*

Respon pada *Chassis (Rotational)* didapatkan *undershoot* pertama terjadi sebesar -0.035 m. *Settling time chassis* didapatkan selama 1.15 detik.

4.8 Analisa Data

Dari hasil simulasi yang sudah didapatkan dari 3 jenis kecepatan terhadap *road disturbance* setinggi 0.2 m. dihasilkan data data sebagai berikut:

Tabel 4.3 Data Respon Pada Sistem Suspensi Kendaraan

Displacement	Max. Overshoot (m)			Settling Time (s)		
	20 km/h	30 km/h	40 km/h	20 km/h	30 km/h	40 km/h
Front Wheel	0.243m	0.241m	0.226m	1s	0.89s	0.78s

Rear Wheel	0.253m	0.251m	0.23m	1s	0.89s	0.78s
Chassis	0.032m	0.022m	0.017m	1.59s	1.33s	1.28s
Chassis (rot)	-0.058m	-0.045m	-0.035m	1.59s	1.33s	1.28s

Dari simulasi yang dilakukan di MATLAB pada model matematika Sistem Suspensi Setengah Kendaraan. Tujuan dilakukannya simulasi ini adalah untuk memperhitungkan parameter kendaraan yang bervariasi yang digunakan dalam analisa dinamis kendaraan. Parameternya seperti massa, kekakuan pegas, nilai damper, dan lain lain.

Dapat dilihat dari *settling time* kendaraan pada ketiga kecepatan, dimana *settling time* ketika kecepatan kendaraan 40km/h, waktu *settling time* nya semakin cepat. Karena jika ban kendaraan gagal untuk menetap lebih cepat dapat mengakibatkan kendaraan tergelincir serta pengereman yang tidak efektif.

Sementara pada *Overshoot*, perpindahan kendaraan juga mengalami penurunan nilai ketika kecepatannya 40km/h. Kendaraan cenderung kembali ke posisi tetap lebih cepat dibandingkan dengan kecepatan yang lebih rendah.

Respon yang terjadi pada suspensi bagian depan dan belakang kendaraan pada tiap kecepatan saling mempengaruhi satu sama lain, ketika roda depan mengenai *Road Disturbance* getaran yang ditimbulkan mempengaruhi sistem suspensi bagian belakang kendaraan sehingga suspensi mengalami respon walaupun belum mengenai *Road Disturbance*. Perpindahan (*displacement*) yang dialami bagian belakang kendaraan juga mengalami perubahan yang membuat perpindahan lebih tinggi daripada perpindahan ban depan akibat getaran sistem suspensi ban depan yang mempengaruhi ban belakang.