

## ANALISIS SUSPENSİ DOUBLE WİSBONE TERHADAP PERILAKU KENDARAAN MENGGUNAKAN METODE MULTI BODY DYNAMICS ANALYSIS

Ibnu Agistia Dzaky<sup>1</sup>, Toni Prahasto<sup>2</sup>, Ojo Kurdi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

\*E-mail: [ibnuadzaky@student.undip.ac.id](mailto:ibnuadzaky@student.undip.ac.id)

### Abstrak

Dalam perkotaan, kendaraan sangat dibutuhkan untuk moda transportasi pulang dan pergi. Kendaraan yang umum digunakan adalah mobil perkotaan (city car), kebutuhan mobil perkotaan tidak jauh dari kenyamanan dan handling. Handling kendaraan adalah bagian penting dalam kendaraan untuk mengacu pada reaksi kendaraan terhadap respon pengemudi. Handling juga berperan dalam menjaga kestabilan kendaraan saat melewati kontur jalan yang tidak rata. Kendaraan yang mempunyai handling yang bagus pada saat kendaraan berakselerasi pada kecepatan tinggi akan tetap stabil dan mengurangi gangguan seperti body roll (limbung). Dalam mendapatkan performa handling kendaraan yang optimal ada beberapa faktor yang diperhatikan, seperti suspensi. Pada penelitian ini dilaksanakan untuk menghasilkan kinerja suspensi yang diharapkan sesuai dengan kebutuhan beban yang diinginkan oleh kebutuhan pengemudi. Performa handling kendaraan yang optimal menjadi hal yang ingin dicapai dalam penelitian ini. Dalam penelitian ini dilakukan guna untuk meneliti sistem suspensi double wishbone terhadap perilaku kendaraan. Untuk acuan kendaraan dalam penelitian ini menggunakan Toyota Vios 2008. Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi literatur dan referensi geometri mobil, kemudian dilanjutkan dengan membuat model 1 sampai dengan model 5 di Motion View dengan geometri dari Toyota Vios 2008. Dengan menganalisis suspensi double wishbone menggunakan metode multi body dynamic analysis dengan software Altair 2019. Dalam penelitian ini menggunakan pengujian step steer dan single lane change untuk mendapatkan beberapa hasil parameter yang menggunakan 5 model kendaraan yang berbeda berdasarkan kekakuan suspensinya, dengan model 1 menggunakan spesifikasi suspensi depan coil spring  $k=120$ , strut damper  $c=12$  dan suspensi belakang coil spring  $k=90$ , strut damper  $c=1$ , sedangkan model 5 menggunakan tambahan stabilize bar OD=25 dengan spesifikasi suspensi depan coil spring  $k=160$ , strut damper  $c=16$  dan suspensi belakang coil spring  $k=100$ , strut damper  $c=2$ . Untuk lintasan pengujian menggunakan jalanan dalam kota dengan kecepatan 30km/jam dan jalan bebas hambatan menggunakan kecepatan 80km/jam. Parameter yang ingin didapat seperti roll angle, yaw angle, pitch angle, lateral acceleration understeer dan perilaku kendaraan lainnya. selanjutnya melakukan simulasi dan analisis. Hasil yang didapatkan model 5 lebih stabil dalam performa handling, untuk mengendalikan kendaraan pada steering wheel harus membutuhkan momen, hasil pada model 5 dengan rentang momen diantara 5,18797 Nm dan -4,55829 Nm. Sedangkan pada model 1 ada diantara 5,83085 Nm dan -5,00501Nm.

**Kata kunci:** *double wishbone; suspensi; toyota vios*

### Abstract

*In urban areas, vehicles are needed for the mode of transportation back and forth. The vehicles that are commonly used are city cars, the needs of urban cars are not far from comfort and handling. Vehicle handling is an important part of the vehicle to refer to the vehicle's reaction to the driver's response. Handling also plays a role in maintaining vehicle stability when passing through uneven road contours. Vehicles that have good handling when the vehicle accelerates at high speeds will remain stable and reduce disturbances such as body roll (unsteady). In getting optimal vehicle handling performance, there are several factors to consider, such as suspension. In this study, it was carried out to produce the expected suspension performance in accordance with the load requirements desired by the needs of the rider. Optimal vehicle handling performance is the thing to be achieved in this research. This study was conducted to examine the double wishbone suspension system on vehicle behavior. For the reference vehicle in this study using the Toyota Vios 2008. This research began by conducting a literature study and reference geometry of the car, then continued by making models 1 to 5 in Motion View with the geometry of the Toyota Vios 2008. By analyzing the double wishbone suspension using the method multi body dynamic analysis with Altair 2019 software. In this study, step steer and single lane change tests were used to obtain several parameter results using 5 different vehicle models based on suspension stiffness, with model 1 using coil spring front suspension specifications  $k=120$ , strut damper  $c=12$  and coil spring rear suspension  $k=90$ , strut damper*

*c=1, while model 5 uses an additional stabilizer bar OD=25 with coil spring k=160 front suspension specifications, strut damper c=16 and coil spring k rear suspension =100, strut damper c=2. For the test track using inner city roads with a speed of 30km/hour and the freeway using a speed of 80km/hour. Parameters to be obtained such as roll angle, yaw angle, pitch angle, lateral acceleration understeer and other vehicle behavior. then perform simulation and analysis. The results obtained that model 5 is more stable in handling performance, to control the vehicle on the steering wheel must require a moment, the results on model 5 with a moment range between 5.18797 Nm and -4.55829 Nm. While in model 1 it is between 5.83085 Nm and -5.00501Nm.*

**Keywords:** double wishbone; suspension; toyota vios

## 1. Pendahuluan

Kendaraan menjadi sarana angkut di jalan terdiri dari kendaraan bermotor dan kendaraan tidak bermotor, kendaraan bermotor menjadi suatu moda transportasi yang dipergunakan oleh masyarakat untuk mempersingkat waktu dalam berpindah tempat dengan aman dan nyaman. Khususnya pada kendaraan mobil penumpang yang merupakan kebutuhan bagi masyarakat untuk memudahkan perpindahan manusia ataupun barang. Kenyamanan berkendara menjadi salah satu faktor yang berperan untuk memilih kendaraan, karena menjadi syarat bagi pengendara. Pada era sekarang produsen kendaraan mobil sudah memperhatikan kenyamanan, dengan kondisi kenyamanan yang ingin diperoleh pengendara dalam ruang kemudi dan penumpang kendaraan harus seminimal mungkin ada gangguan, gangguan seperti ketidak rataan jalan dan jalan berbelok [1]. Kondisi seperti ini tetap memperhatikan penggunaan suspensi kendaraan untuk meredam getaran saat kendaraan melintasi jalan yang tidak rata dan berbelok.

Sistem suspensi adalah bagian yang menjadi faktor penting dalam kenyamanan berkendara. Fungsi utama suspensi adalah meredam berbagai getaran yang dihasilkan roda dari permukaan jalan dan menjadi penghubung antara roda dengan bodi kendaraan serta menahan roda agar tetap melakukan gesek dengan permukaan jalan [2]. Sistem suspensi berperan dalam meredam getaran yang dihasilkan oleh mesin dan kontur jalan yang dilintasi, Ketika mobil berjalan getaran tersebut akan didistribusikan pada lengan bawah dan lengan atas. Gaya yang dihasilkan tersebut akan diredam oleh spring, sehingga ukuran dari spring akan berubah. Getaran pada spring akan ditahan oleh peredam kejut sehingga getaran tidak berlebihan, Hal ini berdampak pada roda agar tetap memiliki traksi terhadap jalan. Bentuk dan jenis suspensi juga menjadi faktor penting dalam kenyamanan berkendara. Posisi dari bagian komponen suspensi mempengaruhi keamanan dari sistem sistem suspensi tersebut. Untuk mobil perkotaan umumnya menggunakan sistem suspensi double wishbone. Bentuknya sederhana terdiri dari dua lengan yaitu lengan atas, dan lengan bawah yang merancang secara melintang terhadap sumbu longitudinal [3]. Dalam penelitian ini suspensi yang akan menjadi standar untuk memodelkan perilaku kendaraaan menggunakan suspensi mobil perkotaan (city car) karena lebih untuk pengguna sangat banyak dan untuk mengetahui cara menaikan performa handling kendaraan. Dalam merancang sistem suspensi yang bekerja secara maksimal dibutuhkan dasar teori yang lengkap yaitu perilaku sistem suspensi dan efek sistem suspensi misalnya yaw rate, lateral acceleration dan roll angle. Dari referensi tersebut dapat ditentukan bahwa suspensi yang baik adalah suspensi yang dapat meredam getaran dengan maksimal, sehingga kenyamanan saat berkendara tidak terganggu oleh hal tersebut [4].

## 2. Dasar Teori dan Metode Penelitian

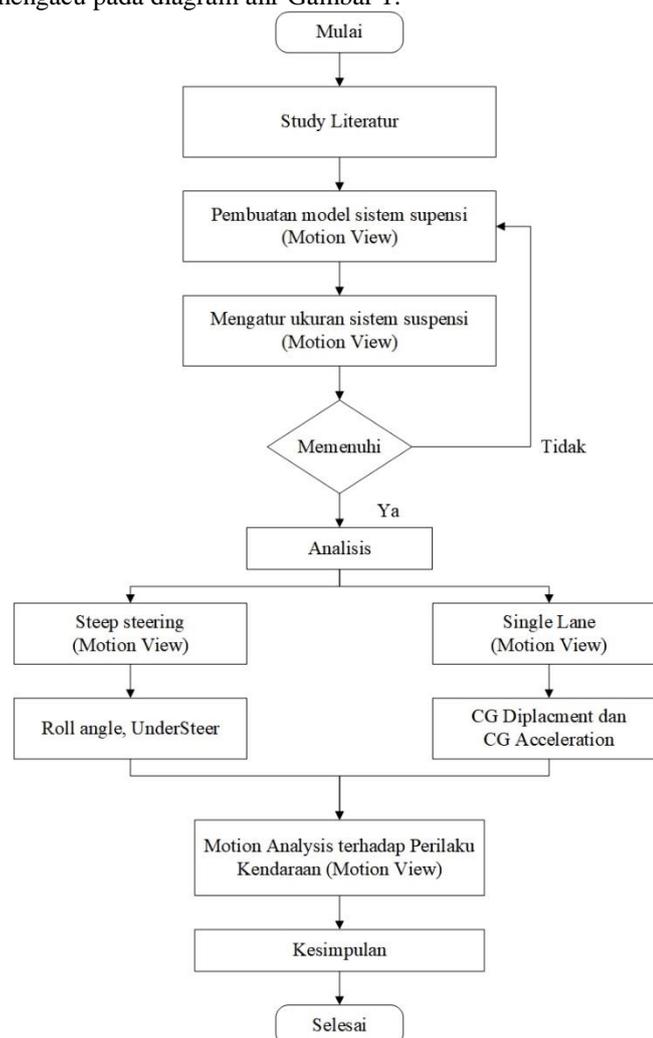
### 2.1 Dasar Teori

Sistem suspensi berfungsi dalam meredam getaran akibat dari kontur jalan yang tidak rata seperti melewati polisi tidur, jalan berlubang dan jalan berbatu. Sehingga dapat meningkatkan kenyamanan dan pengendalian kendaraan. Sistem suspensi kendaraan juga menjadi faktor yang memberikan traksi yang optimal pada ban terhadap jalan. Dengan asumsi suspensi dapat memberikan keamanan yang memadai, Selain meredam kejutan dan getaran, suspensi juga mempunyai berfungsi sebagai penghubung body dan roda. Suspensi berperan sebagai penyeimbang saat menahan badan mobil saat bergerak ataupun berhenti. Sehingga dari uraian diatas dapat diketahui bahwa suspensi yang bagus adalah suspensi yang mampu mereduksi gangguan diatas sebanyak mungkin sehingga pengendara atau driver tidak merasakan gangguan berarti dari luar [5] Dalam pengujian ini menggunakan software altair Motion view digunakan untuk menguji parameter suspensi untuk mengubah dengan pendekatan kendaraan dasar asli [6]. Pada pengujian ini untuk jenis sistem suspensi yang digunakan adalah sistem suspensi double wishbone, salah satu tipe suspensi yang memiliki 2 arm terpasang pada body yaitu arm atas dan bawah. double wishbone biasanya digunakan pada mobil penggerak depan. Suspensi jenis ini memiliki keuntungan yaitu camber recovery yang baik, lebih nyaman karena efek histerisis yang lebih kecil dan memiliki keuntungan secara aerodinamik dan kinematik [7]. Ketika suspensi sedang beroperasi, terdapat beberapa parameter yang mempengaruhi performa pengendalian dari kendaraan, seperti :

- Lateral acceleration adalah percepatan vektor suatu titik dalam kendaraan dalam arah y. Percepatan lateral positif dari kiri ke kanan, dari sudut pandang pengemudi ketika duduk di kendaraan menghadap ke arah perjalanan kendaraan maju.
- Understeer adalah kondisi saat mobil sulit berbelok bahkan tetap meluncur lurus meskipun roda kemudi sudah diputar. Understeer dipengaruhi oleh side slip angle. Understeer terjadi Ketika front side slip angle lebih besar dibandingkan dengan rear side slip angle
- Roll angle adalah gerakan mobil terhadap sumbu longitudinal, menyebabkan perindahan berat dari dalam ke sisi luar mobil .Sehingga roll angle ini yang menentukan seberapa besar suatu mobil mengalami limbung. Ilustrasi dari suatu mobil yang limbung dapat dilihat pada gambar di sebelah kanan atas
- Yaw angle adalah gerakan bodi kendaraan ke kanan dan ke kiri terhadap titik tengah kendaraan yaw angle ini menjadi parameter menunjukkan pengendalian dari suatu mobil, apakah mobil tersebut mengikuti respon yang ditentukan oleh pengendara terhadap suatu lintasan.

## 2.2 Diagram Alir

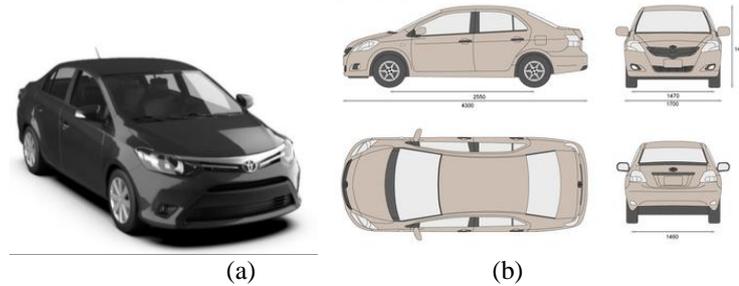
Pada penelitian ini terdapat langkah-langkah permodelan suspensi *double wishbone* dan simulasi dengan metode *motion body dynamic* yang mengacu pada diagram alir Gambar 1.



**Gambar 1** Diagram Alir

## 2.3 Perancangan Model Kendaraan

Model kendaraan yang dipakai dalam penelitian ini adalah mobil Toyota Vios 2008 seperti pada **Gambar 2** (a) (b). Perancangan desain model kendaraan menggunakan Altair *Motion View* 2019 dengan menggunakan pendekatan dari desain aslinya. Pada pengujian ini, desain suspensi dibuat 5 model, yang modifikasinya dibedakan pada tingkat kekakuan sistem suspensi dan penambahan stabilizer bar pada sistem suspensi double wishbone. Untuk data variasi kendaraan bisa dilihat di Tabel 1.



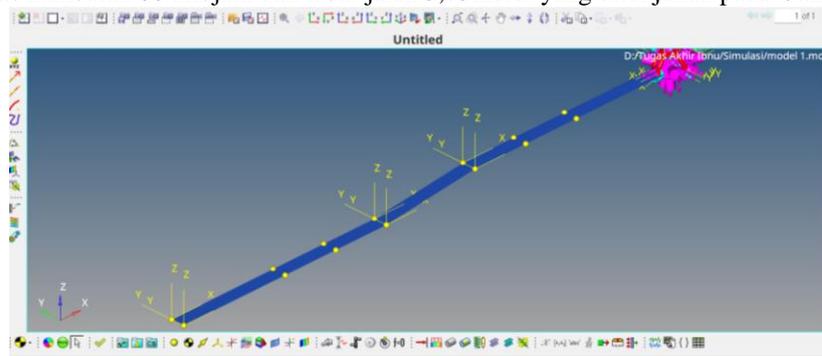
**Gambar 2.** (a) Toyota Vios 2008, (b) Drawing Desain Permodelan

**Tabel 1.** Variasi Model Pengujian

Model	Front		Rear		Stabilizer OD (mm)
	Coil spring (k - N/mm)	Strut damper (c - Ns/m)	Coil spring (k - N/mm)	Strut damper (c - Ns/m)	
I	120	12	90	1	-
II	120	16	90	2	-
III	160	16	100	2	-
IV	160	16	100	2	20
V	160	16	100	2	30

## 2.4 Perancangan Lintasan Pengujian

Dengan parameter pengujian step steer analysis dan single lane change analysis menggunakan rancangan modelling lintasan yang sudah disediakan oleh software altair motion view 2019. pengujian single lane change menggunakan kecepatan di jalur bebas hambatan 80 km/jam dan lebar jalan 3,75meter yang ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Lintasan Pengujian

## 2.5 Metode Pengujian

Pada penelitian ini, terdapat 2 metode pengujian yakni pengujian step steer dan pengujian single lane change. Untuk masing – masing pengujian, dijelaskan dibawah ini :

### a. Pengujian step steer

Pada pengujian ini steering wheel akan diputar secara konstan untuk mencapai sudut tertentu dengan kecepatan mobil yang ditentukan, sehingga didapatkan beberapa parameter yang menentukan performa handling dari sebuah mobil. Sudut pemutaran kemudi yang diberikan secara kontan adalah 0° sampai dengan 60°.

### b. Pengujian single lane change

Pengujian dilakukan manuver mengemudi dengan kondisi kendaraan berpindah dari satu lajur ke lajur lain di mana kedua lajur memiliki arah yang sama. Spesifikasi parameter pengujian yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah

**Tabel 2.** Parameter pengujian *single lane change*.

Nama Data	Keterangan
Kecepatan	80 km/jam
Cone Lateral Spacing	3,75 m
Lebar Jalur	3,75 m

### 3. Hasil dan Pembahasan

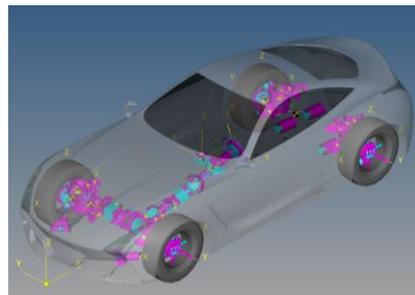
#### 3.1 Hasil Rancangan

Rangka monocoque bermodelkan city car dipilih sebagai beban yang akan ditopang oleh suspensi yang dirancang berdasarkan referensi dengan spesifikasi Panjang 4300 mm, lebar 1700 mm, wheelbase 2550 mm, dan track width 1500 mm. Dimensi kendaraan yang menjadi dasar perancangan model suspensi double wishbone. Spesifikasi referensi dari perancangan dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah

Tabel 3. Spesifikasi Referensi Kendaraan.

Spesifikasi Toyota Vios	
GVWR, kg	1315
Wheelbase, mm	2550
Track Width, mm	1470
Ukuran Ban	205/60/R15
Kapasitas penumpang	5 orang

Penyatuan komponen didasarkan pada ukuran yang ditentukan oleh referensi kendaraan dengan wheelbase 2550 mm. Pada pengujian ini desain sistem suspensi dibedakan atas yaitu suspensi depan dan suspensi belakang. Hasil rancangan model kendaraan dapat dilihat pada Gambar 4.

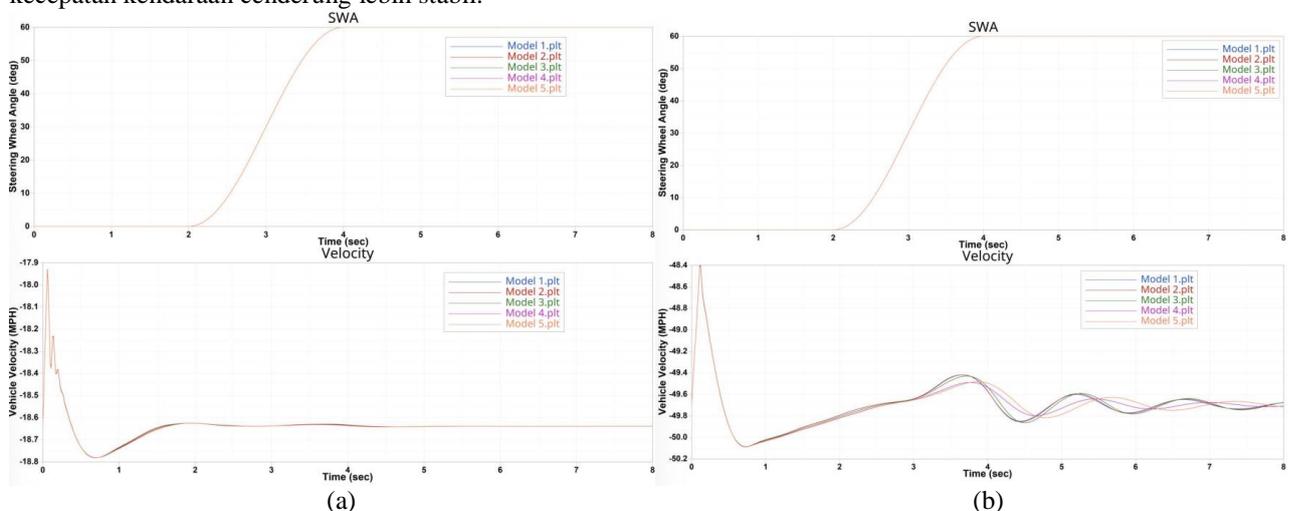


Gambar 4. Lintasan Pengujian

#### 3.2 Hasil dan Analisis Pengujian Steep Steer

##### a. SWA, Lateral Acceleration, Velocity, Roll

Dari pengujian step steer pada desain system suspensi terhadap manuver menikung kendaraan pada Altair Hyperwork 2019, sudut steering wheel yang untuk melakukan manuver menikung yang diberikan adalah 0° sampai 60°. kecepatan kendaraan yang diinput saat pengujian adalah 30 km/jam dan 80 km/jam. pada saat pengujian kecepatan dapat berubah yang diakibatkan oleh manuver dari kendaraan, hasil pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 5 Model 5 menunjukkan kecepatan kendaraan cenderung lebih stabil.



Gambar 5. Hasil SWA dan Velocity; (a) Kecepatan 30 km/jam (b) Kecepatan 80 km/jam

Untuk pengujian dengan kecepatan 80km/jam pengaruh lateral acceleration yang terjadi tampak lebih besar. Lateral acceleration yang terjadi pada model 1 sampai dengan model 3 tidak menunjukkan perubahan yang signifikan dibandingkan dengan model 4 dan 5 yang sudah ditambahkan stabilizer bar yang cenderung mendapatkan Pada model 1 sampai dengan model 5 lateral acceleration yang dialami oleh mobil dengan kecepatan rendah yaitu 30km/jam berada

diantara 0,18445 g sampai 0,18608 g, sedangkan pada model 5 lateral acceleration yang dialami mencapai 0,17999 g. Untuk hasil nilai max pengujian dapat dilihat pada **Tabel 4**. Dan hasil grafik ditunjukkan pada Gambar 6.

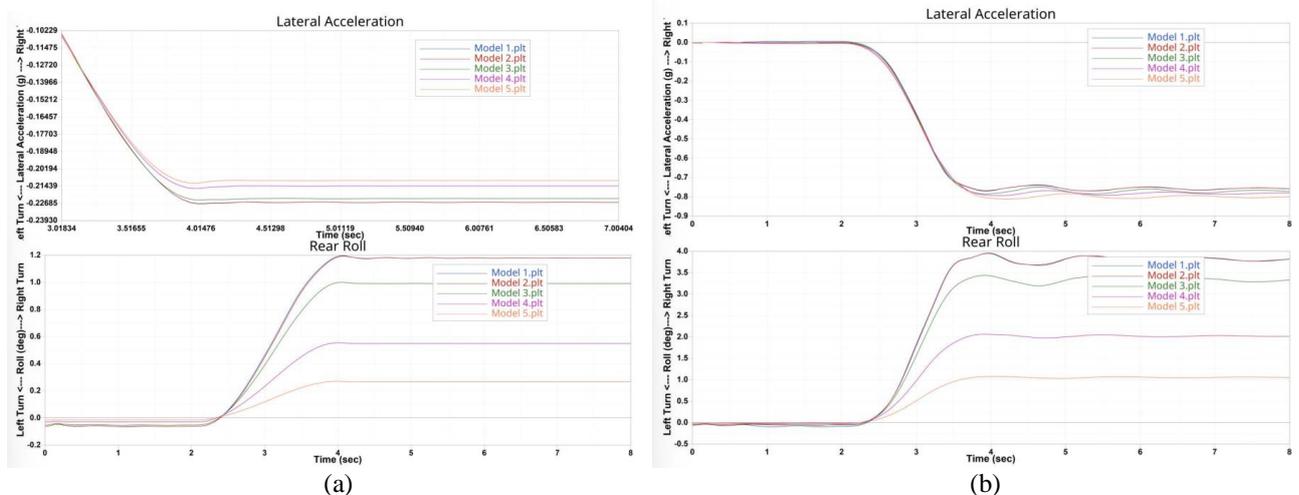
**Tabel 4.** Nilai Max Pengujian Lateral Acceleration

Parameter (Nilai Max)	Kecepatan	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
Lateral Acceleration (g)	30km/jam	18.78220	18.78190	18.78180	18.78160	18.78180
Lateral Acceleration (g)	80km/jam	0.00592	0.00130	0.00118	0.00038	0.00049

Pada parameter rear roll yang disebabkan oleh manuver kendaraan, model 1 menunjukkan desain yang paling limbung dibandingkan dengan model lainnya yaitu 0,97075 derajat pada 30km/j dan 4,19566 derajat pada 80km/jam, perubahan suspense yang lebihkaku menunjukkan rear roll yang lebih baik. Pada model 5 penambahan stabilizer bar dapat diredam untuk lebih baik dengan 0,45738 derajat pada 30km/j dan 2,02513 derajat pada 80km/j.

**Tabel 5.** Nilai Max Pengujian Rear Roll

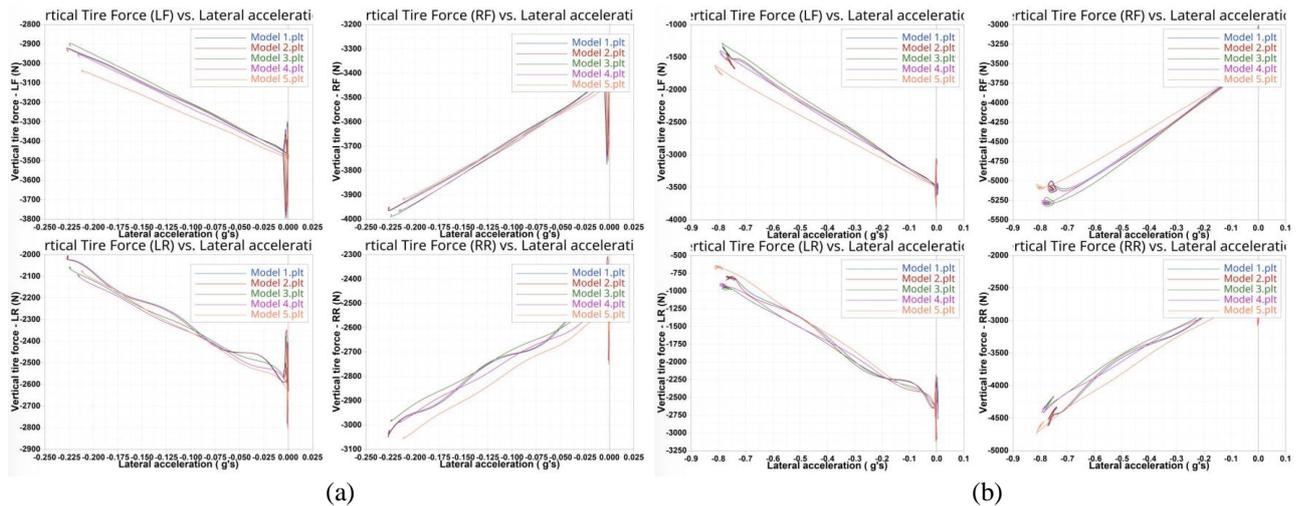
Parameter (Nilai Max)	Kecepatan	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
Rear Roll (deg)	30km/jam	1.19549	1.19176	0.99988	0.55424	0.26887
Rear Roll (deg)	80km/jam	3.94709	3.95533	3.43586	2.05814	1.07254



**Gambar 6.** Hasil Lateral Acceleration dan Rear Roll; (a) Kecepatan 30 km/jam (b) Kecepatan 80 km/jam

#### b. Vertical Tire Force

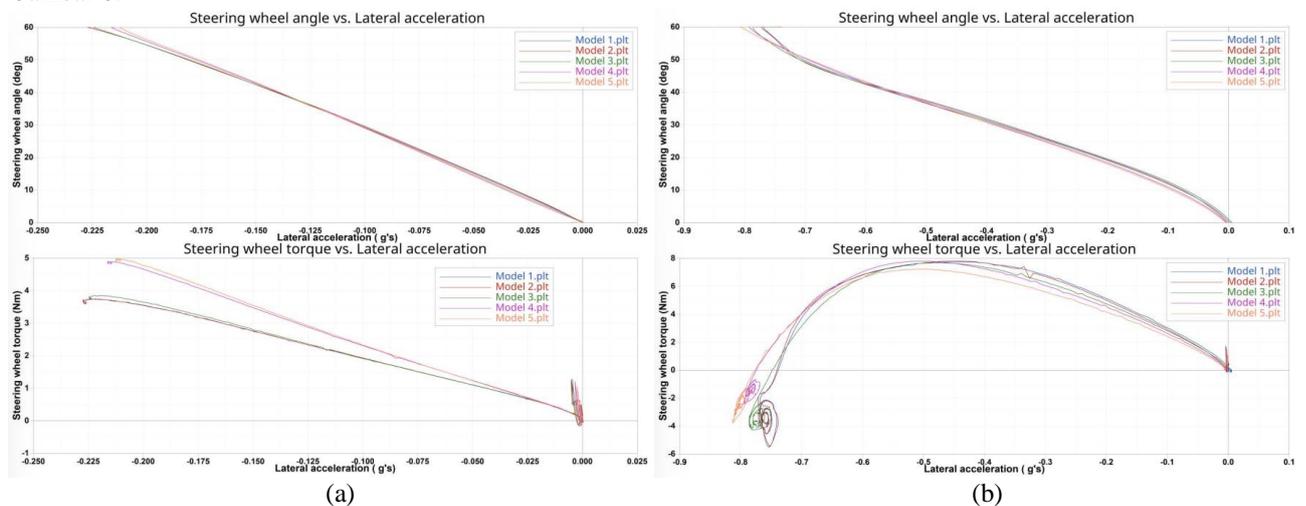
Pengujian step steer dilakukan untuk mendapatkan data vertical tire force saat kecepatan 30 km/j dan 80 km/jam. Data Vertical Tire Force akibat lateral force menunjukkan pada model 5 yang ditambahkan stabilizer bar terjadi gaya yang lebih besar dibandingkan dengan model 1 sampai dengan 4. pada model 1 sampai 4 vertical tire force tidak menunjukkan perubahan yang signifikan.



Gambar 7. Hasil Vertical Tire Force; (a) Kecepatan 30 km/jam (b) Kecepatan 80 km/jam

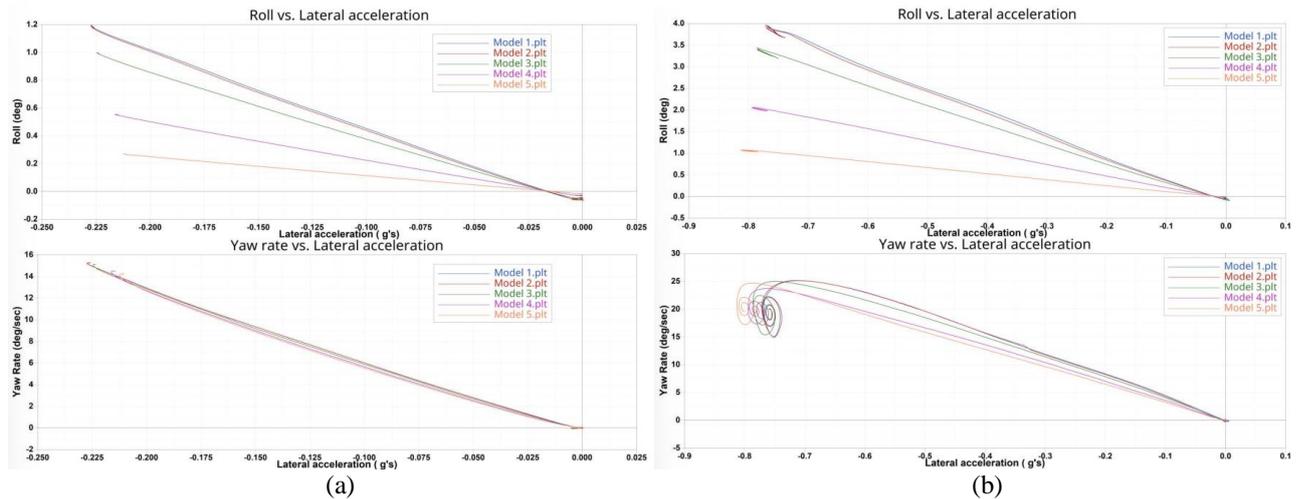
c. Steering Wheel Angle, Torque, Roll dan Yaw Rate

Pengujian step steer, data Lateral Acceleration pada kendaraan mengalami peningkatan sejajar dengan peningkatan sudut pada steering wheel. Pengujian ini menunjukkan bahwa pada model 5, lateral acceleration yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan yang terjadi pada model 1 sampai dengan model 4 saat diberikan sudut steering yang sama. Momen yang diberikan steering wheel yang dipengaruhi oleh lateral acceleration pada model 5 lebih kecil dibandingkan dengan model 1 sampai model 4 terhadap nilai lateral acceleration yang sama saat pengujian. Hasil ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil Steering Wheel Angle dan Torque; (a) Kecepatan 30 km/jam (b) Kecepatan 80 km/jam

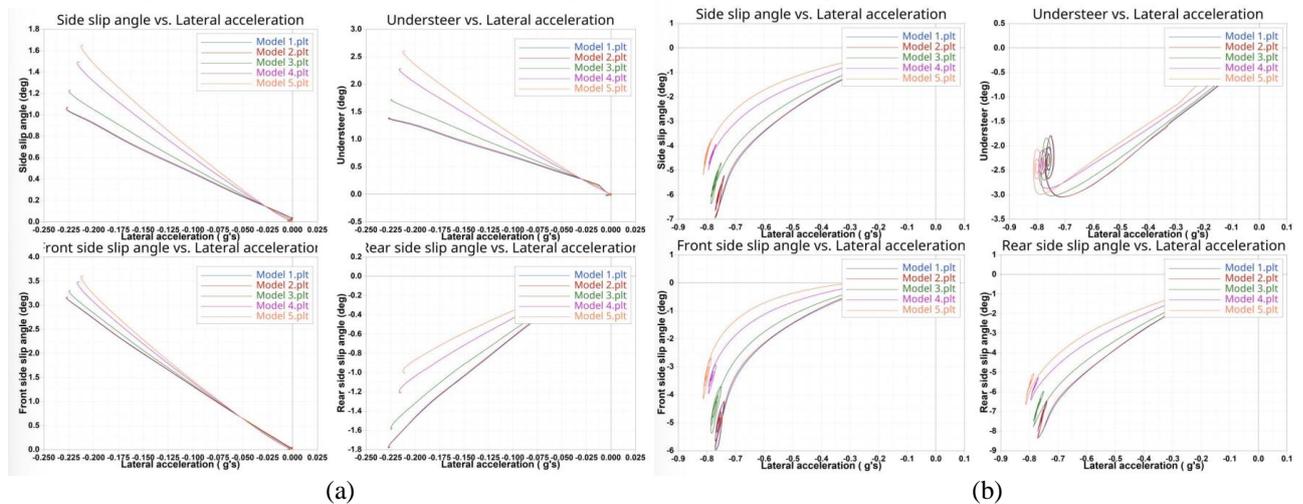
Roll rate yang dihasilkan pada model 1 dan 2 lebih besar dibandingkan dengan model 5, dimana model 1 dan 2 mengalami roll rate yang terbesar berakibat limbungnya kendaraan sedangkan model 5 menunjukkan roll rate yang kecil dan mengalami gejala limbung yang paling kecil diantara model lainnya. roll rate. Dalam pengujian ini, perubahan yaw rate terhadap lateral acceleration yang dihasilkan oleh model 5 lebih baik dibandingkan dengan model lainnya, berdampak menjadikan kendaraan lebih mudah dikendalikan. perbandingan yaw rate terhadap lateral acceleration hasil roll rate dan yaw rate ditunjukkan pada Gambar 9.



**Gambar 9.** Hasil Roll Rate dan Yaw Rate; (a) Kecepatan 30 km/jam (b) Kecepatan 80 km/jam

d. Side Slip Angles dan Understeer

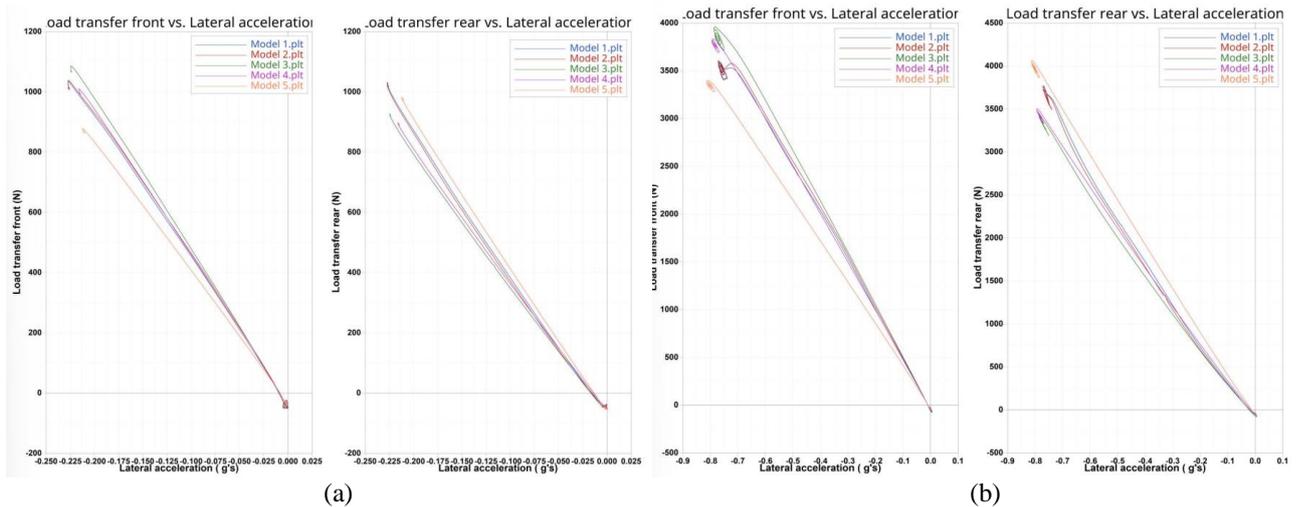
Jika front side slip angle lebih besar dibandingkan dengan rear side slip angle akan berdampak terjadinya understeer. Kendaraan dengan kecepatan 30 km/jam akan mengalami gangguan understeer lebih sedikit dibandingkan dengan kendaraan dengan kecepatan 80 km/jam akan jauh lebih besar saat mengalami gangguan understeer. Model yang mengalami gangguan understeer ini lebih sedikit terjadi pada model 5 dibandingkan dengan model 1 sampai dengan model 4 yang membuat model ini lebih aman. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 10.



**Gambar 10.** Hasil Side Slip Angles dan Understeer; (a) Kecepatan 30 km/jam (b) Kecepatan 80 km/jam

e. Load Transfer

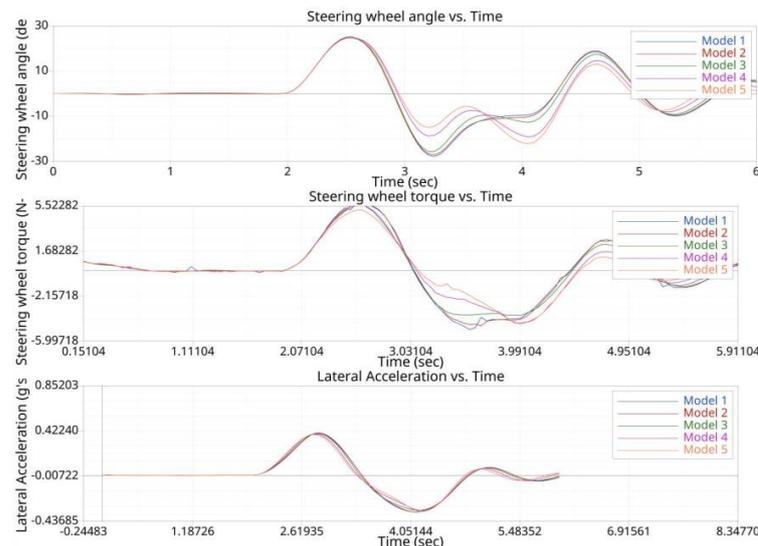
Pembagian beban yang terjadi ke bagian depan kendaraan pada model 1 sampai model 5 menunjukkan bahwa model 5 memiliki distribusi beban yang lebih seimbang dibanding model lainnya saat kendaraan sedang beroperasi. yang ditunjukkan Gambar 11.



Gambar 11. Hasil Load Transfer; (a) Kecepatan 30 km/jam (b) Kecepatan 80 km/jam

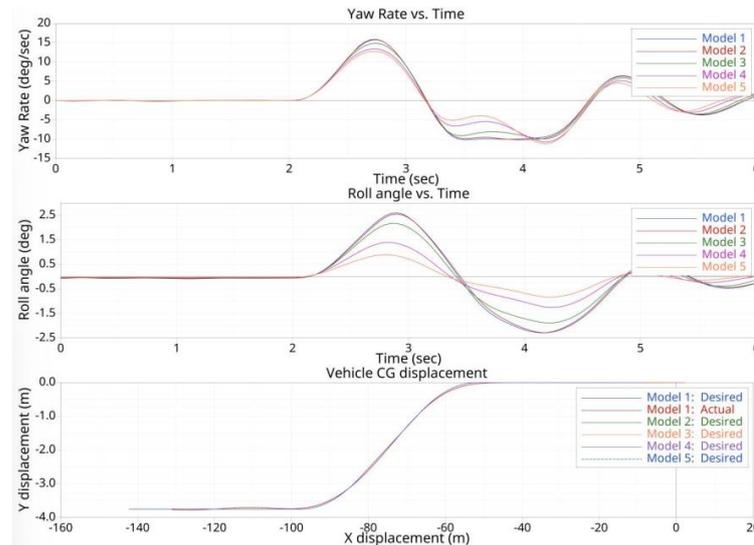
### 3.3 Hasil dan Analisis Pengujian Single Lane Change

Tahapan selanjutnya adalah menganalisis perilaku kendaraan pada saat kendaraan beroperasi dengan dijalankan pada track pengujian single lane change. Akibat adanya perubahan parameter tertentu dan parameter terpenting seperti CG dan Kecepatan Kendaraan pada saat analisis, maka terjadi kondisi selip pada akhir perubahan lajur, tetapi kemudian pada Kendaraan cenderung menjadi lebih stabil seperti yang terlihat pada Grafik yang diplot dalam Report, yaitu perpindahan CG. Jadi dengan cara ini, dengan simulasi masalah dapat diperbaiki dan dengan demikian mengubah parameter, dapat diselesaikan dengan mudah. Untuk hasil pengujian yang disimulasikan pada lintasan yang sama pada tiap model, dengan model 5 menghasilkan lateral acceleration yang lebih rendah pada saat bermanuver dibandingkan dengan model 1 sampai dengan 4 yang lebih besar. Model 1 menghasilkan Lateral Acceleration sebesar 0,403386 G dan -0,349337 G, sedangkan pada model 5 berada diantara 0,387276 G dan -0,344392G. Hasil swa, swt dan lateral acceleration ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Hasil SWA, SWT dan Lateral Acceleration

Pada pengujian ini model 1 mempunyai yaw rate yang dengan rentang diantara 15,8725 deg/sec dan -10,1703 deg/sec yang terjadi pada kendaraan terhadap lintasan, sedangkan pada model 5 ada diantara 12,7714 deg/sec dan -11,1956 deg/sec yang ditunjukkan oleh Gambar 4.21. sehingga menunjukkan kendaraan lebih mudah dan aman untuk dikendalikan pada model 5. Untuk mengendalikan kendaraan pada steering wheel membutuhkan momen, sedangkan pada model 5 dengan rentang diantara 5,18797 Nm dan -4,55829 Nm. Sedangkan pada model 1 ada diantara 5,83085 Nm dan -5,00501Nm. Model 5 menunjukkan momen yang dibutuhkan lebih kecil dibanding model 1 yang ditunjukkan pada Pada saat pengujian model 1 mempunyai roll angle yang paling besar dan berakibat limbung. Sedangkan roll angle paling kecil dan stabil ditunjukkan oleh model 5 yaitu diantara 0,891311 degree dan -0,836284 degree dibandingkan pada model 1 yang ada diantara 2,59891 degree dan -2,29357 degree yang dapat dilihat pada Gambar 13.



**Gambar 13.** Hasil Yaw Rate, Roll Angle dan Vehicle CG

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan simulasi terhadap perilaku kendaraan dengan suspensi double wishbone didapatkan beberapa pengaruh. perilaku kendaraan seperti steering wheel angle, lateral acceleration, rear roll, yaw rate, side slip, load transfer, displacement, velocity dan acceleration. Dengan permodelan kendaraan dengan suspensi double wishbone dengan pengujian single lane change dan step steer dengan menggunakan 5 model untuk pengujian, model 1 sampai dengan model 5 divariasikan kekakuan suspensinya guna mendapatkan hasil yang paling optimal. Model 1 suspensi depan dengan coil spring 120 N/mm dan strut damper 12 Ns/m sedangkan suspensi belakang dengan coil spring 90 N/mm dan strut damper 1 Ns/m dengan hasil pengujian model 1 menghasilkan *Lateral Acceleration* sebesar 0,403386 G dan -0,349337 G, sedangkan pada Model 5 menggunakan stabilizer bar OD 30mm dengan suspensi depan coil spring 160 N/mm dan strut damper 16 Ns/m sedangkan suspensi belakang dengan coil spring 100 N/mm dan strut damper 2 Ns/m didapatkan lateral acceleration model 5 berada diantara 0,387276 G dan -0,344392G. Berdasarkan pengujian dengan beberapa variasi, untuk model dengan performa *handling* yang optimal adalah model 5 dengan menggunakan tambahan stabilizer bar OD 30mm, dengan suspensi depan coil spring 160 N/mm dan strut damper 16 Ns/m sedangkan suspensi belakang dengan coil spring 100 N/mm dan strut damper 2 Ns/m.

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] K. Saeedi, R. J. Alkhoury, R. B. Bhat, A. K. W. Ahmed, Ride dynamic analysis of a hybrid discrete and continuous vehicle model, SAE Technical paper 2008-01-2671, 2008.
- [2] Jazar, Reza N. 2008. "Vehicle Dynamics: Theory and Applications". New York: Springer.
- [3] Priyambada, P. (2016). Analisis Kenyamanan Serta Redesain Pegas Suspensi Mobil Toyota Fortuner 4.0 V6 SR (AT 4x4) (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- [4] Shodiq, F. J. F. (2015). Analisa Kinematis Dan Kekuatan Sistem Suspensi Mobil Listrik ITS Brajawahana (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- [5] Killedar, J. S. (2012). Dynamometer: Theory And Application To Engine Testing. Xlibris Corporation.
- [6] Sutanra, I Nyoman& Bambang Sampurno. 2010. "Teknologi Otomotif: Edisi Kedua". Surabaya: Guna Widya
- [7] Abe, Masato.2011."Vehicle Handling Dynamic".Oxford.Butterworth-Henneinman
- [8] Balike. 2011. "Development of Kineto-Dynamic Quarter Car Model for Synthesis of a Double Whisbone Suspension.". Cocncordia University:Taylor & Francis
- [9] Lee, U., & Han, C. (2001). A suspension system with a variable roll centre for the improvement of vehicle handling characteristics. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, 215(6), 677-696.
- [10] Reddy, K. V., Kodati, M., Chatra, K., & Bandyopadhyay, S. (2016). A comprehensive kinematic analysis of the double wishbone and MacPherson strut suspension systems. Mechanism and Machine Theory, 105, 441-470.