

ANALISIS PENGARUH PARAMETER ANTI ROLL BAR TERHADAP BODY ROLL KENDARAAN DENGAN METODE MULTIBODY DYNAMICS (MBD) SIMULATION

*Hasyid Ahmad Wicaksono¹, Ismoyo Haryanto², Toni Prahasto²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

*E-mail: hasyidahmad95@gmail.com

Abstrak

Kendaraan adalah alat transportasi yang digerakkan oleh peralatan teknis. Kendaraan terdiri dari berbagai komponen di dalamnya, salah satu dari beberapa komponen kendaraan yang memiliki fungsi penting yaitu suspensi. Suspensi merupakan elemen penting untuk memberikan kenyamanan berkendara yang bertujuan untuk meredam getaran dan guncangan saat melewati jalan bergelombang. Dalam suatu suspensi terdapat komponen antiroll bar yang merupakan komponen berbentuk besi melintang yang menggabungkan satu sisi sistem suspensi dengan bagian sistem suspensi lainnya. Fungsi utamanya untuk mengurangi rollover atau body roll kendaraan saat menikung atau akibat permukaan jalan yang tidak rata. Pengujian yang dilakukan menggunakan double lane change analysis dan stepsteering analysis yang dimiliki software Altair Motionview 2019 untuk mengetahui pengaruh variasi anti roll bar pada kendaraan. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan Dari pengujian double lane change yang diperoleh model dengan variasi antiroll bar depan lebih besar dibandingkan antiroll bar belakang memiliki sudut roll yang lebih kecil sehingga mengidentifikasi bahwa model memiliki body roll yang rendah. Sedangkan pada pengujian ketiga dimana offset lateral 4,5 meter, semua model mengalami skid sehingga semua model tidak dapat mencapai garis finis, sedangkan pengujian step steer, grafik understeer untuk percepatan lateral masing-masing model menunjukkan bahwa setiap model mengalami sedikit perilaku understeer kemudian mengalami oversteer. Pada pengujian ini, model 4 mengalami perilaku understeer paling besar dibandingkan dengan model pengujian lainnya, sedangkan model tanpa stabilizer memiliki nilai understeer yang lebih rendah dibandingkan dengan model pengujian lainnya.

Kata kunci: antirollbar; body roll; understeer

Abstract

A vehicle is a means of transportation driven by technical equipment. Vehicles consist of various components in it, one of several vehicle components that has an important function, namely suspension. Suspension is an important element to provide driving comfort which aims to reduce vibrations and shocks when passing through bumpy roads. In a suspension, there is an antiroll bar component which is a transverse iron-shaped component that joins one side of the suspension system with other parts of the suspension system. Its main function is to reduce rollover or vehicle body roll when cornering or due to uneven road surfaces. The tests were carried out using the double lane change analysis and step steering analysis owned by the Altair Motionview 2019 software to determine the effect of anti-roll bar variations on vehicles. Based on the tests that have been carried out, it can be concluded from the double lane change test that the model with the front antiroll bar variation is greater than the rear antiroll bar, and has a smaller roll angle so that it identifies that the model has low body roll. Whereas in the third test where the lateral offset was 4.5 meters, all models experienced a skid so that all models could not reach the finish line, while in the step steer test, the understeer graph for the lateral acceleration of each model shows that each model experienced a slight understeer behavior then experienced oversteer. In this test, model 4 experienced the greatest understeer behavior compared to the other test models, while the model without stabilizer had a lower understeer value compared to the other test models

Keywords: anti-roll bar; body roll; understeer

1. Pendahuluan

Kendaraan merupakan suatu alat yang mempermudah kehidupan banyak orang dimana dapat mempercepat waktu tempuh perjalanan baik untuk kebutuhan pribadi, industry, atau kebutuhan lainnya yang sangat penting di era ini. Selain itu, kendaraan adalah suatu alat transportasi yang digerakkan oleh peralatan teknis yang berada pada kendaraan. Kendaraan mempunyai beberapa jenis seperti kendaraan ringan, kendaraan berat, hingga kendaraan yang digunakan untuk

olahraga atau balapan. Kendaraan terdiri dari berbagai komponen didalamnya, salah satu dari beberapa komponen dari suatu kendaraan yang memiliki fungsi penting yaitu suspensi.

Suspensi adalah elemen penting untuk memberikan kenyamanan berkendara yang bertujuan untuk meredam getaran serta guncangan saat Anda melewati jalan yang bergelombang. Salah satu komponen dari suspensi yaitu antiroll bar merupakan komponen berbentuk besi melintang yang menggabungkan satu sisi sistem suspensi dengan bagian lain dari sistem suspensi. Fungsi utamanya adalah untuk mengurangi rollover atau body roll kendaraan jika menikung atau karena ketidakrataan permukaan jalan dengan meningkatkan kekakuan sistem suspensi. Body roll terutama merupakan fenomena yang tidak diinginkan yang mengurangi traksi kendaraan tidak hanya menyebabkan kesulitan dalam penanganan kendaraan tetapi juga menyebabkan ketidaknyamanan bagi penumpang [1].

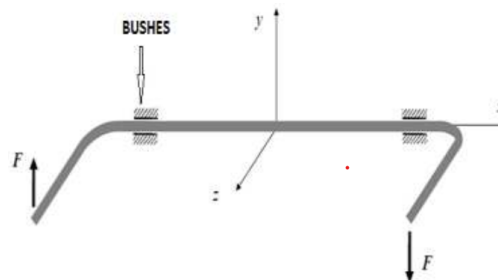
Body roll terjadi akibat gaya sentrifugal. Gaya tersebut terjadi ketika mobil berbelok dengan kecepatan tinggi. Bobot body mobil serta arah pergerakannya ketika menikung menjadi sumber gaya sentrifugal. Semakin besar kecepatan mobil, maka semakin besar pula gaya yang mendorong ke luar tikungan. Pada dasarnya hal tersebut bisa ditopang oleh sistem suspensi mobil yang terdapat pada setiap roda. Namun ketika gaya yang tercipta lebih besar dari kemampuan suspensi menyerap gaya, bukan tidak mungkin mobil akan terguling dan akhirnya celaka. Salah satu bagian dari suspensi yaitu antiroll bar yang memiliki konsep dasar yaitu meratakan pembagian beban dari depan ke belakang. Sehingga kemiringan sasis secara keseluruhan bisa seragam saat mobil melakukan manuver. Akhirnya, body roll pun bisa dikurangi.

Dalam penelitian kali ini fokus penelitian ada pada komponen antiroll bar. Analisis sistem suspensi yang dilakukan didasarkan pada pemodelan full vehicle model untuk mengetahui pengaruh antiroll bar terhadap efek rolling ketika berkendara. Sehingga, penelitian ini dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam menentukan tingkat geometri antiroll bar yang sesuai kebutuhan untuk mobil.

2. Dasar Teori dan Metode Penelitian

2.1 Dasar Teori

Suspensi kendaraan memiliki fungsi untuk membantu mengurangi guncangan yang dihasilkan dari permukaan jalan tidak rata dan jalanan berbelok. Suspensi akan berayun ke atas dan ke bawah menahan getaran dalam menyalurkannya pada chassis sampai kabin. Keseluruhan dari tujuan sistem suspensi pada kendaraan adalah untuk memastikan kontak maksimal antara ban dengan jalan dalam menjaga kenyamanan dan keselamatan berkendara. Kualitas pengendalian tampaknya sering menjadi tujuan kedua, asalkan suspensi dapat memberikan keamanan yang memadai. Selain mengurangi tekanan dan getaran, suspensi juga berfungsi dalam menyeimbangkan kendaraan. Suspensi membantu menyeimbangkan dan menopang body kendaraan saat mobil melaju maupun diam[2]. Dalam suatu suspensi terdapat komponen antiroll bar yang merupakan komponen berbentuk besi melintang yang menggabungkan satu sisi sistem suspensi dengan bagian sistem suspensi lainnya. Fungsi utamanya untuk mengurangi rollover atau body roll kendaraan saat menikung atau akibat permukaan jalan yang tidak rata. Berdasarkan prinsip kerja antiroll bar dapat dibuat diagram benda bebas yang dapat dilihat pada gambar 1.



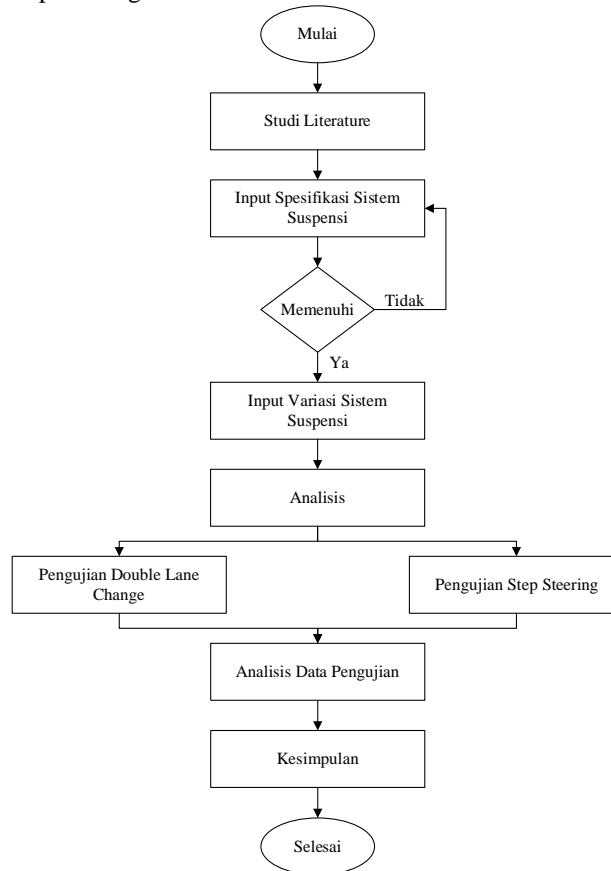
Gambar 1. Diagram benda bebas *Antiroll bar*

Pada gambar 1 gaya tersebut terjadi ketika mobil berbelok ke arah kiri, mobil tersebut mengalami rolling ke kiri sehingga gaya pada roda kiri turun dan roda kanan naik untuk melawan gaya tersebut antiroll bar paling kiri memberikan gaya keatas sedangkan batang antiroll bar kanan memberikan gaya ke bawah agar kendaraan menjadi seimbang. Saat sistem suspensi beroperasi terdapat beberapa parameter yang mempengaruhi yaitu :

- 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.
- 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
- Center of Gravity* (Titik berat) merupakan satu titik temu dimana seluruh bobot kendaraan terpusat.
- Sudut slip merupakan sudut antara arah yang ditunjuk roda dan arah yang sebenarnya dilaluinya
- Steering respons* adalah repon kendaraan ketika melakukan cornering yang dipengaruhi posisi dari *central of gravity* yang dibagi menjadi 3 yaitu : *Neutral steering car*, *Understeer*, dan *Oversteer*[3].

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 2



Gambar 2. Diagram alir

2.3 Perancangan Model Kendaraan

Model kendaraan yang dipakai dalam penelitian ini adalah mobil Toyota Yaris Sedan seperti pada Gambar 3 Perancangan desain model kendaraan menggunakan Altair Motion View 2019 dengan menggunakan pendekatan dari desain aslinya. Pada pengujian ini, desain antiroll bar dibuat 5 model, yang modifikasinya dibedakan untuk data variasi kendaraan bisa dilihat di Tabel 1.



Gambar 3. Toyota Yaris Sedan

Tabel 1 Variasi Model Pengujian

Model	Suspensi depan	Suspensi Belakang
	<i>Outer Diameter (mm)</i>	<i>Outer Diameter (mm)</i>
0	0	0
1	15	20
2	20	15
3	20	25
4	25	20

2.4 Double Lane Change Analysis

Model Altair Driver digunakan untuk menjaga kecepatan sepanjang analisis berlangsung. Analisis ini juga dapat melakukan perubahan jalur kanan dan kiri. Dalam pengujian kali ini analisis dilakukan dengan kecepatan 30mph atau hampir setara 50 kpj (kilometer per jam), kecepatan ini diambil berdasarkan peraturan pemerintah Nomor 79 Tahun 2013 tentang jaringan lalu lintas dan angkutan jalan atau LLAJ pasal 23 ayat 4, dimana batas maksimal kecepatan untuk jalan bebas hambatan ditol yaitu 100 kpj. Hal ini diambil karena untuk lajur ini dapat terjadi di kawasan tersebut. Tahapan pengujian double lane change yang dilakukan dengan aplikasi Altair MotionView 2019 diuji dengan memberikan variasi pada lateral offset pada jalur pengujian yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Variasi *lateral offset*

Pengujian Ke-	Lateral Offset (m)
1	2.5
2	3.5
3	4.5

2.5 Stepsteer Analysis

Step Steer Analysis adalah analisis yang mensimulasikan respons kendaraan terhadap input langkah mendadak ke roda kemudi dan mempertahankan respon belok selama waktu yang ditentukan. Pengujian ini model kendaraan akan mempertahankan kecepatan konstan selama pengujian. Dalam pengujian kali ini analisis dilakukan dengan kecepatan 30mph atau hampir setara 50 kpj (kilometer per jam), kecepatan ini diambil berdasarkan peraturan pemerintah Nomor 79 Tahun 2013 tentang jaringan lalu lintas dan angkutan jalan atau LLAJ pasal 23 ayat 4, dimana batas maksimal kecepatan kawasan perkotaan yaitu 50 kpj. Hal ini dipertimbangkan karena untuk lajur yang digunakan pada pengujian ini banyak terjadi pada kawasan perkotaan

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 berat 1263 kg, tipe mesin 1,5L V4, ukuran ban P185/60R15, wheelbase 2538 mm, *central of gravity* dari sisi depan roda belakang 1035 mm, dengan benruk kendaraan sedan 4 pintu. Dimensi kendaraan yang menjadi dasar perancangan model suspensi depan macpherson dan suspensi belakang torsionbeam. Spesifikasi referensi dari perancangan dapat dilihat pada tabel 3

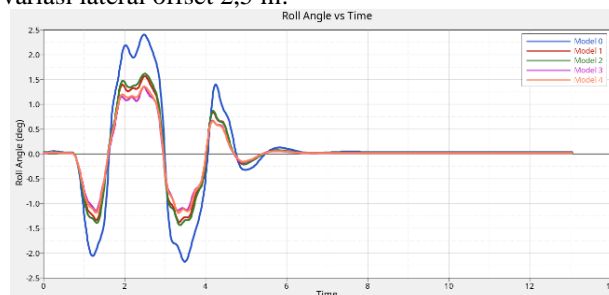
Tabel 3. Spesifikasi Toyota Yaris Sedan
Spesifikasi Toyota Yaris Sedan

<i>Berat, kg</i>	1263
<i>Tipe Mesin</i>	1.5L V4
<i>Ukuran Ban</i>	P185/60R15
<i>Wheelbase, mm</i>	2538
<i>CG (mm) dari sisi depan roda belakang</i>	1035
<i>Bentuk Kendaraan</i>	Sedan dengan 4 Pintu
<i>Spring rate depan, N/mm</i>	69
<i>Spring rate belakang, N/mm</i>	59
<i>Kapasitas penumpang</i>	5 Orang

3.2 Hasil dan Pembahasan Double Lane Change Analysis

Pengujian ini digunakan untuk mengetahui nilai roll angle yang menunjukkan karakteristik perilaku roll kendaraan, untuk itu pengujian dibagi menjadi 3, adapun hasil pengujiannya adalah sebagai berikut:

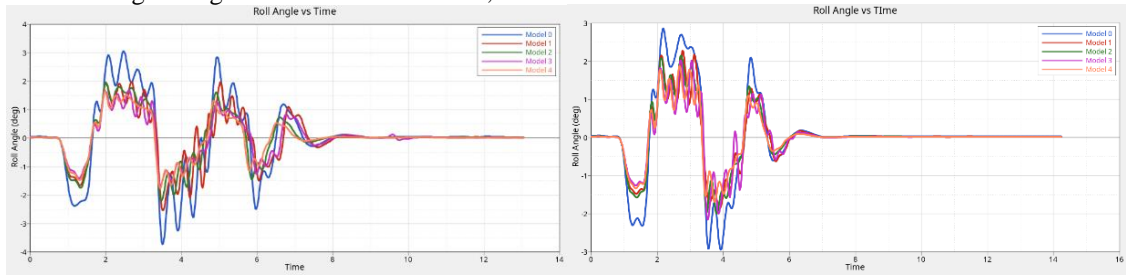
3.2.1 Analisis Roll Angle dengan variasi lateral offset 2,5 m.



Gambar 4. Roll angle vs time variasi lateral offset 2,5 m

Dari gambar 4 analisis tersebut menggunakan kecepatan sebesar 60mph dari grafik didapatkan semakin besar diameter antiroll bar pada suspensi maka roll angle yang dihasilkan semakin rendah. Selain itu model yang memiliki diameter antiroll bar depan lebih besar dibandingkan antiroll bar belakang memiliki gambar grafik lebih stabil

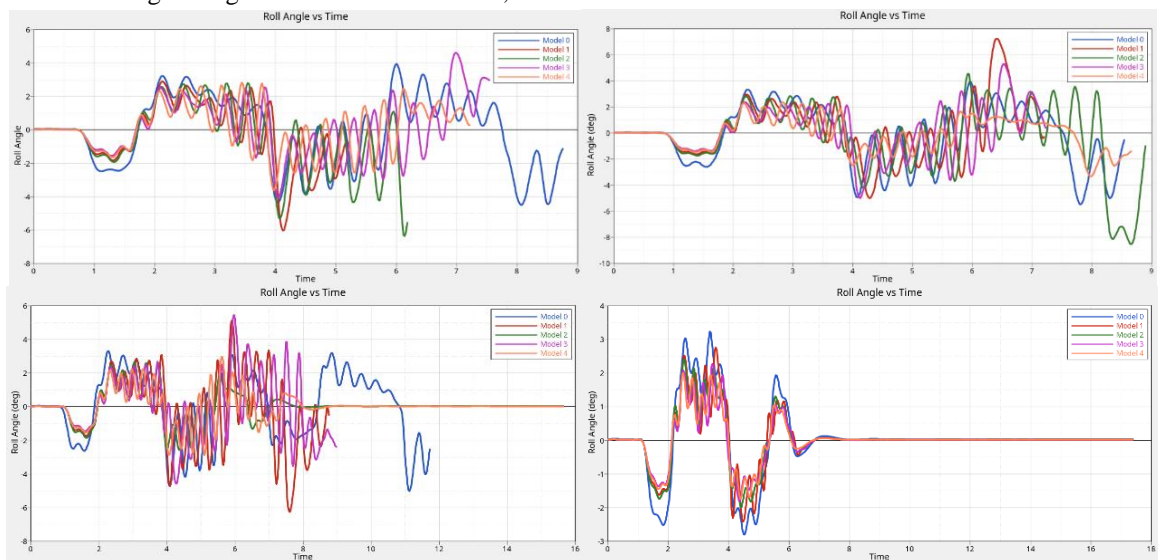
3.2.2 Analisis Roll Angle dengan variasi lateral offset 3,5 m.



Gambar 5. Roll angle vs time variasi lateral offset 3,5m

Pada gambar 5 bagian kiri kecepatan kendaraan divariasikan sebesar 60mph, dapat dilihat grafik dari semua model mengalami transient akan tetapi pada model 4 memiliki transient yang paling kecil dibandingkan model lain yang di uji, sehingga roll angle yang dimiliki model 4 lebih rendah dibandingkan model lain yang di uji. Dimana roll angle rendah menyebabkan body roll yang rendah juga karena roll angle merupakan sudut condongnya kendaraan terhadap sumbu vertical. Sedangkan, gambar 3 bagian kanan yang merupakan grafik dengan variasi kecepatan 55 mph. dapat dilihat semua model memiliki grafik lebih bagus dibandingkan dengan grafik kiri. Pada gambar kanan dapat diketahui bahwa model 4 memiliki transient paling kecil dibandingkan model lain yang diuji.

3.2.3 Analisis Roll Angle dengan variasi lateral offset 4,5 m.

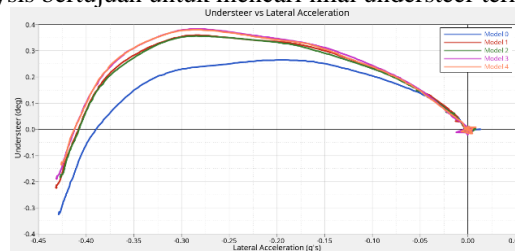


Gambar 6. Roll angle vs time variasi lateral offset 4,5m

Pada gambar 6 yang merupakan grafik dengan variasi kecepatan 60, 55, 50 dan 45 mph dapat dilihat grafik dengan variasi kecepatan yang rendah memiliki roll angle yang rendah juga. Selain itu model dengan variasi antiroll bar depan lebih besar daripada antiroll bar belakang memiliki roll angle yang lebih bagus daripada model dengan variasi antiroll bar belakang lebih besar dari pada antiroll bar.

3.3 Hasil dan Pembahasan Stepsteer Analysis

Pengujian stepsteering analysis bertujuan untuk mencari nilai understeer terhadap lateral acceleration.



Gambar 5. Understeer vs lateral acceleration

Dari gambar 5 menjelaskan tentang grafik understeer terhadap lateral acceleration pada tiap model dapat diketahui bahwa pada setiap model mengalami sedikit perilaku understeer kemudian mengalami oversteer. Pada pengujian kali ini model 4 mengalami perilaku understeer paling besar dibandingkan model lain yang di uji, sedangkan model tanpa stabilizer memiliki nilai understeer yang rendah dibandingkan model lain pengujian.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pada penelitian ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Berdasarkan pengujian double lane change didapat pada keseluruhan pengujian dari pengujian pertama hingga pengujian ketiga, model dengan variasi antiroll bar depan lebih besar dari antiroll bar belakang memiliki roll angle yang lebih kecil sehingga mengidentifikasikan bahwa model tersebut memiliki body roll yang rendah. Sedangkan pada pengujian ketiga dimana kondisi lateral offset sebesar 4.5 meter dengan variasi kecepatan 60mph dan 55mph semua model mengalami skid sehingga semua model tidak dapat mencapai garis finish.
2. Dari pengujian step steer didapat grafik grafik understeer terhadap lateral acceleration pada tiap model dapat diketahui bahwa pada setiap model mengalami sedikit perilaku understeer kemudian mengalami oversteer. Pada pengujian kali ini model 4 mengalami perilaku understeer paling besar dibandingkan model lain yang di uji, sedangkan model tanpa stabilizer memiliki nilai understeer yang rendah dibandingkan model lain pengujian

5. Daftar Pustaka

- [1] Nikhil, M. K., & Daspute, D. H. (2018). Dynamic analysis of anti roll bar. *Materials today: proceedings*, 5(5), 12490-12498.
- [2] Killedar, J. S. (2012). *Dynamometer: theory and application to engine testing*. Xlibris Corporation.
- [3] Balkwill, J. (2018). *Performance vehicle dynamics: engineering and applications*. Butterworth-Heinemann.
- [4] Goodarzi, A., & Khajepour, A. (2017). Vehicle suspension system technology and design. *Synthesis Lectures on Advances in Automotive Technology*, 1(1), i-77.
- [5] Hassan, M. Z., Aziz, M. K. H. A., Delbressine, F., & Rauterberg, M. (2016). Numerical analysis of spring stiffness in vehicle design development stage. *International Journal of Applied Engineering Research*, 11(7), 5163-5168.
- [6] Kumar, Y., Siddiqui, R. A., Upadhyay, Y., & Prajapati, S. (2022). Kinematic and structural analysis of independent type suspension system with anti-roll bar for formula student vehicle. *Materials Today: Proceedings*, 56, 2672-2679.
- [7] Rajamani, R., Piyabongkarn, D., Tsourapas, V., & Lew, J. Y. (2011). Parameter and state estimation in vehicle roll dynamics. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 12(4), 1558-1567.
- [8] Mohanavel, V., Iyankumar, R., Sundar, M., Kumar, P. K., & Pugazhendhi, L. (2021). Modelling and finite element analysis of anti-roll bar using ANSYS software. *Materials Today: Proceedings*, 37, 321-335.
- [9] Zulkarnain, N., Zamzuri, H., & Mazlan, S. A. (2014). Ride and handling analysis for an active anti-roll bar: case study on composite nonlinear control strategy. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*, 10(2), 2122-2143.
- [10] Reimpell, J., Stoll, H., & Betzler, J. (2001). *The automotive chassis: engineering principles*. Elsevier.