

## Analisis Dinamika Kendaraan Mobil Antawirya Pada Saat *Cornering*

\*Aris haryanto<sup>1</sup>, Budi Setiyana<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: arisharyanto527@gmail.com

### Abstrak

Mobil saat ini menjadi alat transportasi yang sangat dibutuhkan masyarakat umum. Produsen mobil saat ini yang terus mengembangkan performa mesin dan desain agar selalu dalam kondisi aman dan nyaman pada saat dikendarai terutama didalam ruang kemudi agar minim terjadi kecelakaan. Salah satu faktor yang mempengaruhi terjadinya kecelakaan yaitu mengalami *slip condition* pada saat kendaraan melakukan *cornering*. Pentingnya faktor keamanan dan keselamatan kendaraan mobil. Multibody Dynamics (MBD) simulation merupakan salah satu metode untuk menguji kinematika dan dinamika dari rancangan. Pada penelitian ini dilakukan pengujian MBD dengan variasi radius putar dan kecepatan yaitu radius 10 m, 15 m, dan 20 m sedangkan variasi kecepatan 20 km/h, 30 km/h, 40km/h. Model kendaraan yang dijadikan referensi pada penelitian ini adalah mobil Antawirya Undip. Pengujian constant speed dan constant radius tertentu mendapatkan kondisi dinamik dari mobil antawirya yang terdiri dari turning radius, steering wheel angle, lateral acceleration, vehicle roll, vehicle yaw rate, vehicle path, vehicle slip. Dari pengujian didapatkan kecepatan aman maksimum dengan radius 10 m yaitu 30 km/h, radius 15 m adalah 30 km/h dan pada radius 20 m yaitu 40 km/h

**Kata kunci:** *cornering mbd; constant radius; constant speed constant radius simulation; mobil antawirya*

### Abstract

*Cars are currently a means of transportation that is really needed by the general public. Car manufacturers today continue to develop engine performance and design so that they are always safe and comfortable when driving, especially in the driver's seat, to minimize accidents. One of the factors that influence accidents is experiencing a slip condition when the vehicle is cornering. The importance of car safety and security factors. Multibody Dynamics (MBD) simulation is a method for testing the kinematics and dynamics of a design. In this research, MBD testing was carried out with variations in turning radius and speed, namely a radius of 10 m, 15 m, and 20 m, while speed variations were 20 km/h, 30 km/h, 40km/h. The vehicle model used as a reference in this research is the Antawirya Undip car. Certain constant speed and constant radius tests obtain the dynamic conditions of the Antawirya car which consist of turning radius, steering wheel angle, lateral acceleration, vehicle roll, vehicle yaw rate, vehicle path, vehicle slip. From the tests it was found that the maximum safe speed with a radius of 10 m was 30 km/h, with a radius of 15 m was 30 km/h and at a radius of 20 m it was 40 km/h.*

**Keyword:** *antawirya car; cornering mbd; constant radius; constant speed constant radius simulation*

### 1. Pendahuluan

Mobil saat ini menjadi alat transportasi yang sangat dibutuhkan masyarakat umum. Kebutuhan transportasi ini, membantu kinerja seseorang dari beberapa aktivitas dan juga memudahkan mobilitas dengan aman dan nyaman. Produsen mobil saat ini yang terus mengembangkan performa mesin dan desain agar selalu dalam kondisi aman dan nyaman pada saat dikendarai terutama didalam ruang kemudi. Kenyamanan kendaraan berpengaruh terhadap daya tahan tubuh pengemudi dan penumpang, pengendara mobil yang kualitas kenyamanannya rendah akan lebih cepat lelah, kelelahan pengemudi tersebut sering kali berujung dengan kecelakaan lalu lintas. Salah satu faktor yang mempengaruhi terjadinya kecelakaan yaitu mengalami *slip condition* pada saat kendaraan menikung, maka dari itu mengakibatkan kendaraan tidak bisa dikendalikan dengan baik sehingga bisa mengalami kecelakaan lalu lintas. [1 2]

Ketika sebuah kendaraan menikung, ia mengalami hambatan inersia terhadap percepatan sentripetal yang dirasakan di pusat gravitasi kendaraan, dari hukum ketiga Newton, ketika ban menghasilkan gaya yang menarik ke tengah tikungan, massa kendaraan merespons dengan gaya yang besarnya sama namun dengan arah berlawanan yang mendorong keluar tikungan. Hasilnya adalah perpindahan beban vertikal dari ban dalam ke ban luar. Hal ini menyebabkan terjadinya *body roll* pada kendaraan. Tingkat *body roll* yang terjadi di antaranya dipengaruhi oleh kekakuan suspensi yang digunakan, radius tikungan, kecepatan belok dan kemiringan permukaan jalan. [3 4]

Dalam penelitian kali ini fokus pada penelitian simulasi dinamika mobil antawirya Teknik mesin Undip. Untuk mengetahui batas aman kecepatan agar tidak terjadi *slip condition* pada radius belokan tertentu. *Software* yang digunakan

dalam penelitian ini adalah *Motion View Altair Hyperworks 2021*. Penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai acuan untuk pertimbangan dalam pengembangan kendaraan mobil antawirya selanjutnya.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Mobil Antawirya

Tim Antawirya merupakan suatu tim dari Universitas Diponegoro yang bergerak di bidang riset mobil hemat energi. Kami memiliki tujuan untuk meriset dan menciptakan kendaraan yang memiliki konsumsi bahan bakar seefisien mungkin dan juga ramah lingkungan. Pada penelitian ini mobil antawirya menjadi acuan spesifikasi kendaraan.

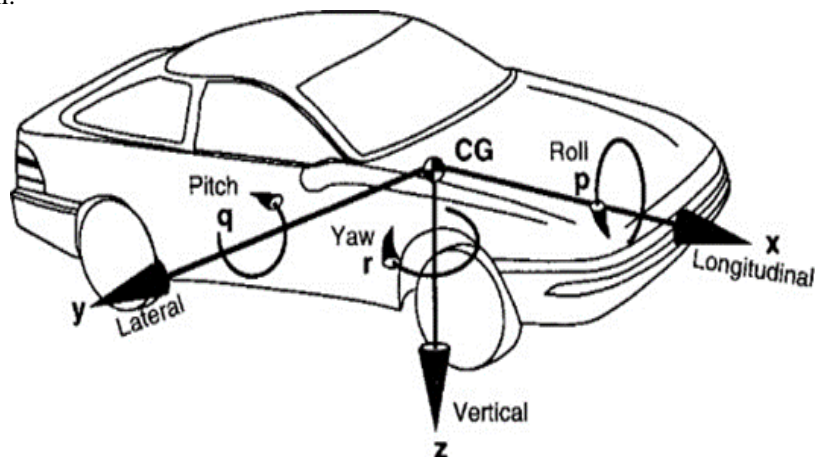


Gambar 1 Mobil Antawirya

### 2.2 Parameter Cornering

Untuk mencapai kondisi cornering kendaraan harus menghasilkan lateral force yang seimbang dengan besar centrifugal force yang dihasilkan adapun parameter yang mempengaruhi kendaraan saat menikung adalah *Vehicle Load, Road Surface, Coefficient of Friction, Center of Gravity, Vehicle speed, Vehicle Geometry, Vehicle component, Turning Radius*. [1]

Pada dinamika kendaraan terdapat 3 gerakan kendaraan yaitu pitch, yaw, dan roll. Dapat dilihat ilustrasi pada gambar 2. dibawah ini.

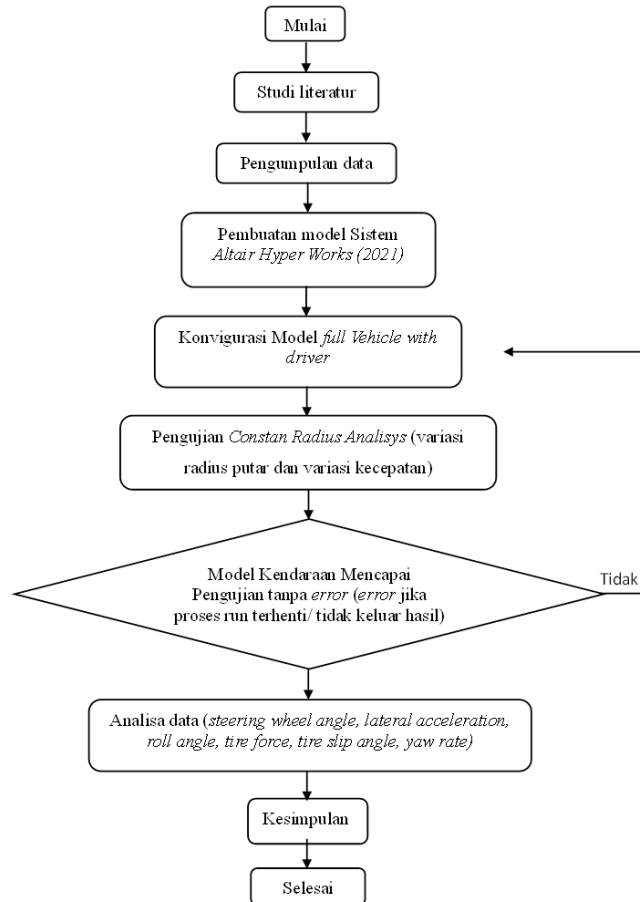


Gambar 2 Diagram Gerakan Kendaraan

### 3. Metode Penelitian

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Untuk mencapai tujuan penelitian maka diperlukan tahapan yang dijelaskan secara singkat pada diagram alir seperti pada Gambar 3.



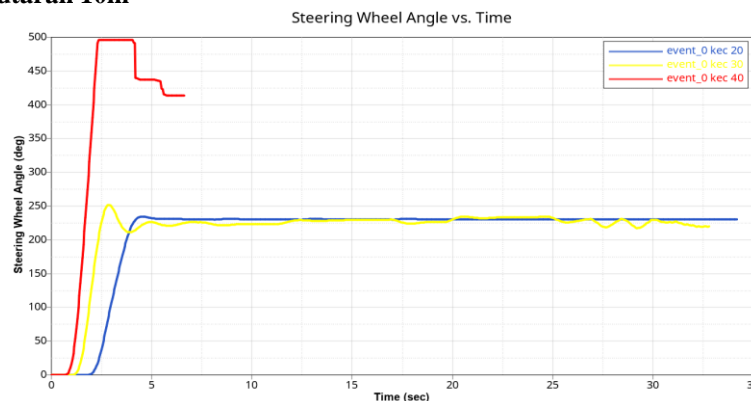
Gambar 3. Diagram alir penelitian

#### 3.2 Constant Radius Analysis

*Constant Radius Analysis* adalah salah satu jenis pengujian kendaraan pada *software* Altair MotionView yang mensimulasikan kendaraan yang melaju di lintasan melingkar, biasanya dengan kecepatan yang meningkat. Pengujian ini bertujuan memprediksi kemampuan mobil untuk mempertahankan stabilitasnya pada saat *cornering*. Pada pengujian ini radius tikungan dijaga konstan dan kecepatan kendaraan divariasikan untuk menghasilkan peningkatan jumlah akselerasi lateral

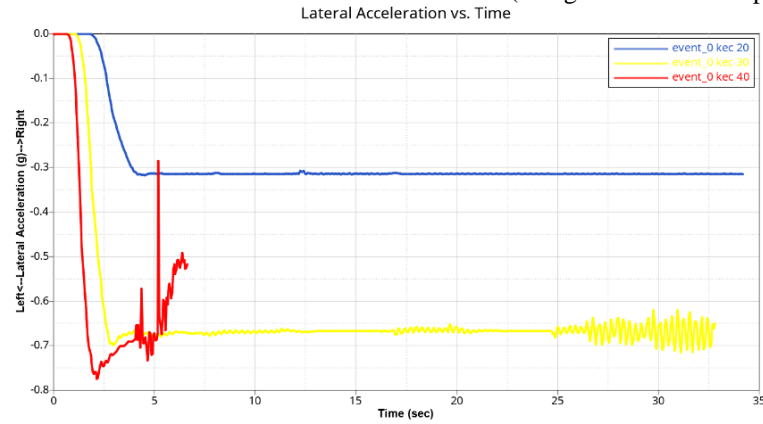
### 4. Hasil dan Pembahasan Constant Radius Analisis

#### 4.1 Pada radius putaran 10m



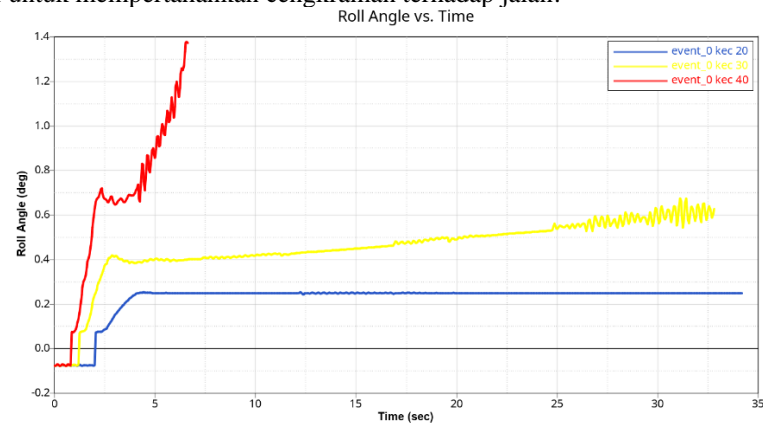
Gambar 4. Grafik Steering Wheel Angle vs Time

Sudut kemudi roda pada setiap kecepatan dipengaruhi oleh beban yang diterima pada roda, dapat dilihat pada gambar di atas. Pada kecepatan 20 km/h sudut kemudi tidak dapat mencapai maksimum dan hanya mencapai 232°, Pada kecepatan 30 km/h sudut kemudi mencapai maksimum yaitu mencapai 252, Sudut kemudi roda sudah mulai tidak stabil. Pada kecepatan 40 km/h sudut kemudi roda melewati batas maksimum (mengalami kondisi slip).



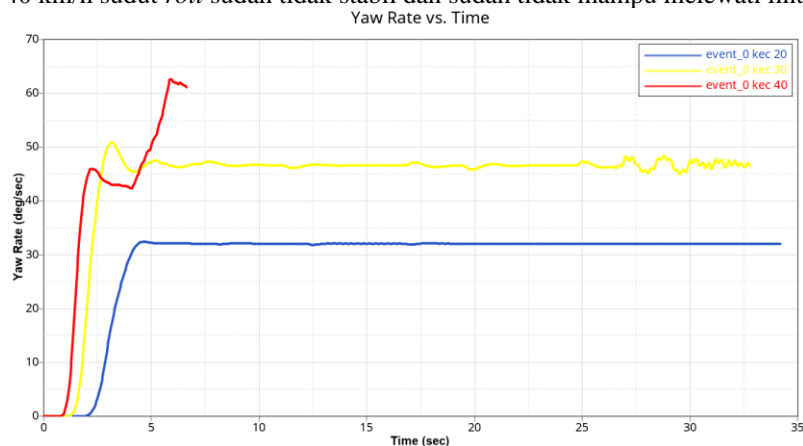
**Gambar 5.** Grafik Lateral Acceleration vs Time

Berdasarkan persamaan *lateral acceleration*, dan radius putaran dapat dihitung nilai percepatan lateral dari masing-masing variasi kecepatan pada kondisi ideal. Jika dibandingkan dengan hasil pengujian. Pada variasi kecepatan 20 km/h *lateral acceleration* yang dihasilkan paling stabil. Pada variasi kecepatan 30 km/h *Lateral acceleration* mulai tidak stabil dapat dilihat dari amplitudo grafik terhadap waktu yang dihasilkan dan pada kecepatan 40 km/h roda mobil sudah tidak mampu lagi untuk mempertahankan cengkaman terhadap jalan.



**Gambar 6.** Grafik Roll Angle vs Time

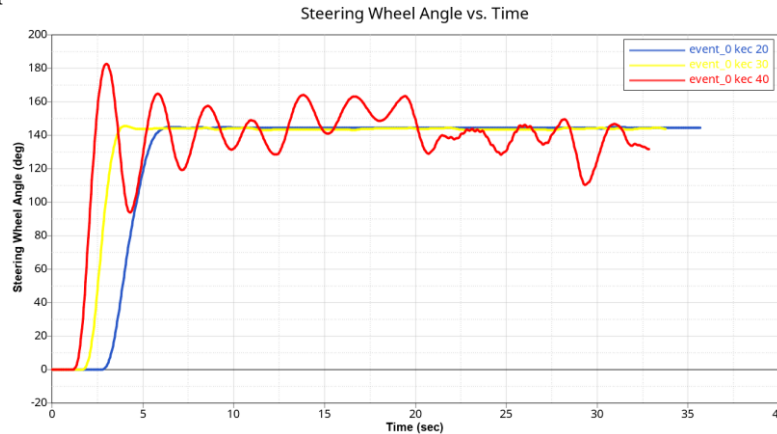
Nilai pengujian *roll angle* cenderung rendah karena nilai *spring rate* serta peredaman diasumsikan sangat besar. *Roll angle* dengan kondisi *cornering* paling rendah pada kecepatan 20 km/h dan paling tinggi dialami pada kecepatan 30 km/h. Pada kecepatan 40 km/h sudut *roll* sudah tidak stabil dan sudah tidak mampu melewati lintasan putarannya.



**Gambar 7.** Grafik Yaw Rate vs Time

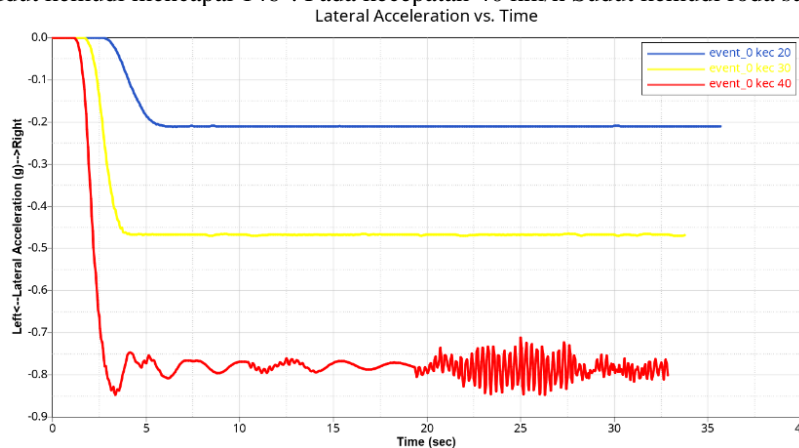
Laju *yaw rate* berhubungan langsung dengan *lateral acceleration* kendaraan yang berputar dengan kecepatan konstan di sekitar radius konstan, oleh hubungan tersebut. Dapat dilihat pada gambar ketika kecepatan meningkat maka percepatan lateral kendaraan akan ikut bertambah diikuti dengan peningkatan *yaw rate*.

#### 4.2 Pada radius putaram 15m



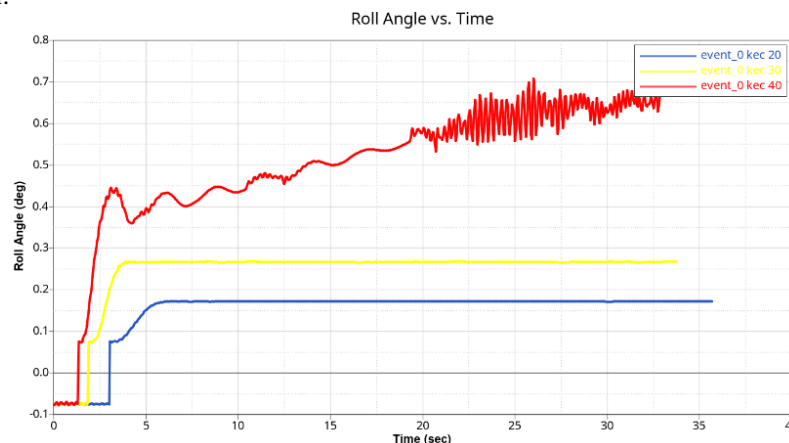
**Gambar 8.** Grafik Steering Wheel Angle vs Time

Pada kecepatan 20 km/h sudut kemudi tidak dapat mencapai maksimum dan hanya mencapai 144°, Pada kecepatan 30 km/h, sudut kemudi mencapai 146°. Pada kecepatan 40 km/h Sudut kemudi roda sudah mulai tidak stabil.



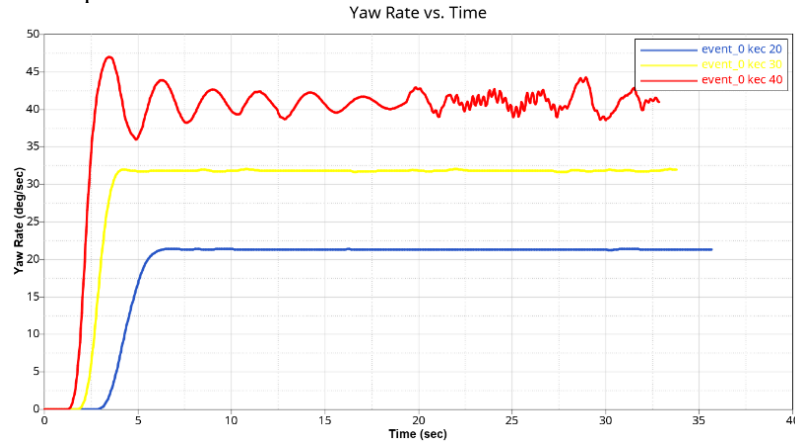
**Gambar 9.** Grafik Lateral Acceleration vs Time

Pada variasi kecepatan 20 km/h dan 30 km/h mencapai percepatan *lateral acceleration* dengan kondisi paling stabil. Pada variasi kecepatan 40 km/h *Lateral acceleration* mulai tidak stabil dapat dilihat dari amplitudo grafik terhadap waktu yang dihasilkan.



**Gambar 10.** Grafik Roll Angle vs Time

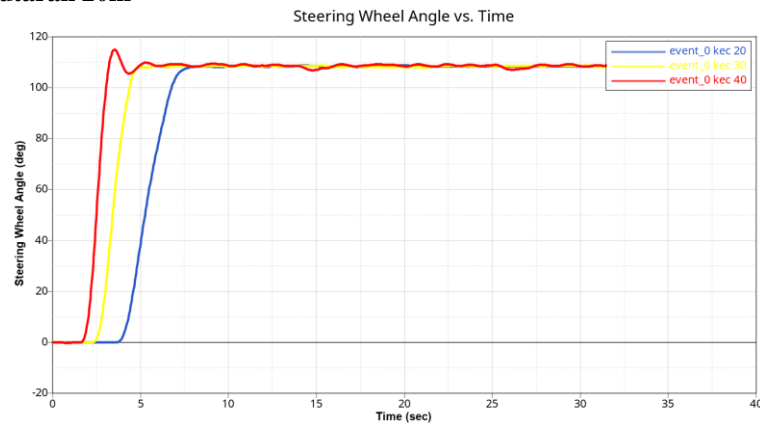
*Roll angle* dengan kondisi *cornering* paling rendah pada kecepatan 20 km/h dan paling tinggi dialami pada kecepatan 30 km/h. Pada kecepatan 40 km/h sudut *roll* sudah mulai tidak stabil.



Gambar 11. Grafik Yaw Rate vs Time

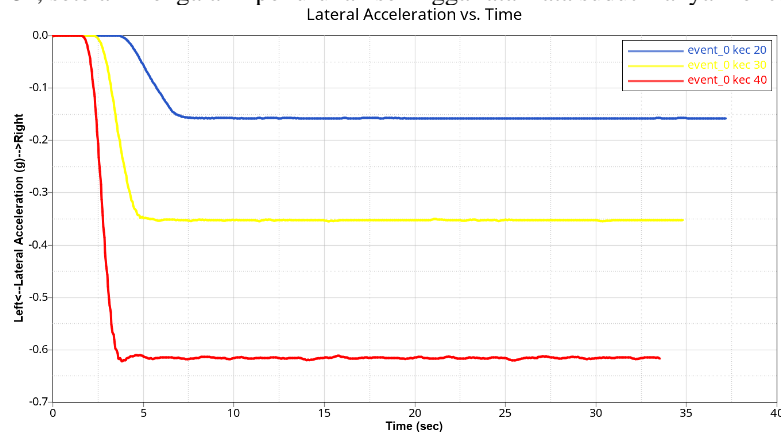
Laju *yaw rate* berhubungan langsung dengan *lateral acceleration* kendaraan yang berputar dengan kecepatan konstan di sekitar radius konstan, oleh hubungan tersebut. Dapat dilihat pada Gambar ketika kecepatan meningkat maka percepatan lateral kendaraan akan ikut bertambah diikuti dengan peningkatan *yaw rate*.

#### 4.3 Pada radius putaran 20m



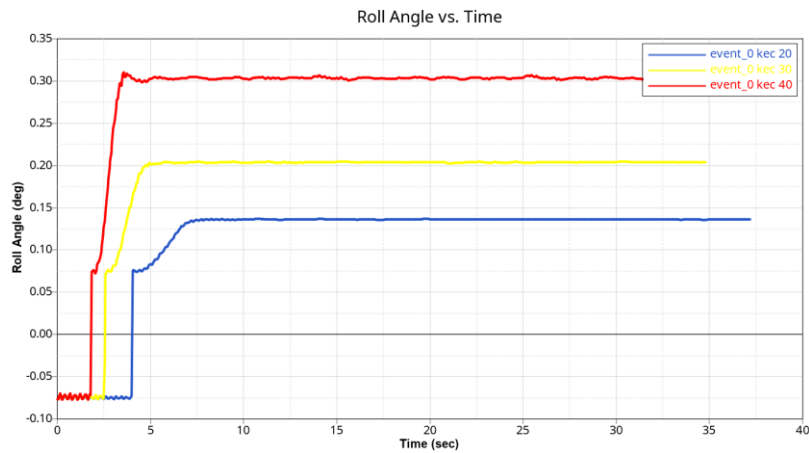
Gambar 12. Grafik Steering Wheel Angle vs Time

Pada kecepatan 20 km/h sudut kemudi tidak dapat mencapai maksimum dan hanya mencapai 106°, Pada kecepatan 30 km/h, sudut kemudi mencapai 108°. Pada kecepatan 40 km/h Sudut kemudi roda sudah mulai tidak stabil dengan sudut puncak 115°, setelah mengalami penurunan sehingga rata- rata sudut hanya mencapai 109°.



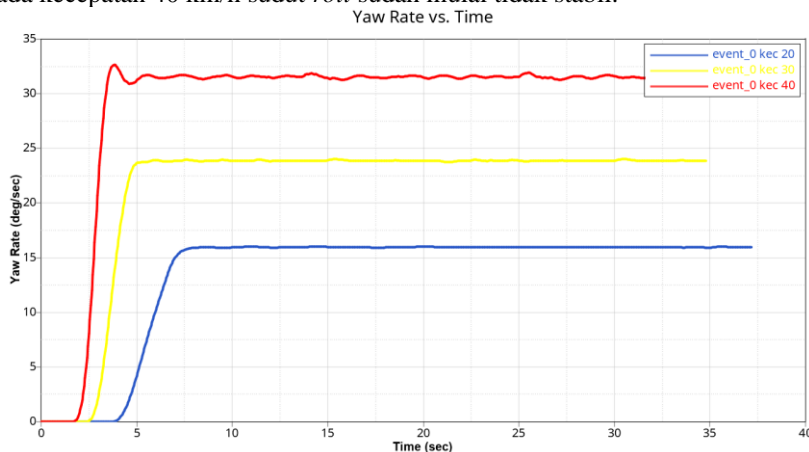
Gambar 13. Grafik Lateral Acceleration vs Time

Pada variasi kecepatan 20 km/h dan kecepatan 30 km/h *lateral acceleration* yang dihasilkan paling stabil. Pada variasi kecepatan 40 km/h *Lateral acceleration* mulai tidak stabil dapat dilihat dari amplitudo grafik terhadap waktu yang dihasilkan.



**Gambar 14.** Grafik Roll Angle vs Time

*Roll angle* dengan kondisi *cornering* paling rendah pada kecepatan 20 km/h dan paling tinggi dialami pada kecepatan 30 km/h. Pada kecepatan 40 km/h sudut *roll* sudah mulai tidak stabil.



**Gambar 15.** Grafik Yaw Rate vs Time

Laju *yaw rate* berhubungan langsung dengan *lateral acceleration* kendaraan yang berputar dengan kecepatan konstan di sekitar radius konstan, oleh hubungan tersebut. Dapat dilihat pada Gambar ketika kecepatan meningkat maka percepatan lateral kendaraan akan ikut bertambah diikuti dengan peningkatan *yaw rate*.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dibuat dapat ditarik kesimpulan:

1. Pada penelitian ini dilakukan dengan pemodelan *full vehicle* melalui *Assembly Wizard* pada *software Altair motionview 2021*, dengan menggunakan acuan spesifikasi mobil antawirya Undip.
2. Penelitian ini menggunakan pengujian *constant radius simulation* menggunakan variasi radius putaran 10m, 15m, dan 20 m. Sedangkan untuk variasi kecepatan yaitu 20 km/h, 30 km/h, dan 40 km/h. Pada pengujian ini didapatkan hasil sebagai berikut:
  - Pada radius 10 m dengan performa terbaik didapatkan pada kecepatan 30 km/h. sedangkan pada kecepatan 40 km/h kendaraan sudah tidak mampu mempertahankan kondisi *cornering* sehingga slip. Dengan laju *yaw rate* mencapai 47 deg/s; *steering wheel* mencapai 252°; *lateral acceleration* yang dihasilkan 0.68g; besar *roll angle* 0.40°.
  - Pada radius 15 m dengan performa terbaik didapatkan pada kecepatan 30 km/h, sedangkan pada kecepatan 40 km/h kendaraan sudah mulai tidak stabil. Dengan laju *yaw rate* mencapai 33 deg/s; *steering wheel* mencapai 146°; *lateral acceleration* yang dihasilkan 0.48g; besar *roll angle* 0.27°.

- Pada radius 20 m dengan performa terbaik didapat pada kecepatan 40 km/h. Dengan laju yaw rate mencapai 32 deg/s; steering wheel mencapai 109°; lateral acceleration yang dihasilkan 0.62g; besar roll angle 0.31°.
3. Didapatkan batas aman kecepatan pada radius 10 m yaitu 30 km/h, batas aman kecepatan pada radius 15 m didapat 30 km/h, dan pada radius 20 m didapatkan batas aman kecepatannya 40 km/h

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Balkwill, J. (2018). *Performance Vehicle Dynamics: Engineering and Applications*.
- [2] Bhanage, A. (2015). *Static and Fatigue Simulation of Automotive Anti Roll Bar before DBTT Design optimization of aerospace sandwich composites for strength and stiffness View project Uploading useful Slides and ppt presentations in slideshare View project Static and Fatigue. In Article in International Journal of Applied Engineering Research*. <https://www.researchgate.net/publication/281684193>
- [3] Bhanage, A. (2015). *Static and Fatigue Simulation of Automotive Anti Roll Bar before DBTT Design optimization of aerospace sandwich composites for strength and stiffness View project Uploading useful Slides and ppt presentations in slideshare View project Static and Fatigue. In Article in International Journal of Applied Engineering Research*. <https://www.researchgate.net/publication/281684193>
- [4] Cho, W., Suh, J., & You, S. H. (2021). *Integrated Motion Control Using a Semi-Active Damper System to Improve Yaw-Roll-Pitch Motion of a Vehicle*. *IEEE Access*, 9, 52464-52473.
- [5] Ishac, A., Simanjuntak, E., Haryanto, I., Prahasto, T., Jurusan, M., Mesin, T., Teknik, F., Diponegoro, U., Jurusan, D., Mesin, T., Teknik, F., & Diponegoro, U. (2021). *ANALISIS PERFORMA CORNERING MEDIUM DUTY TRUK DENGAN SUSPENSI*. 9(4), 475–482.
- [6] Kun, J. (2019). *Real-time estimation and prediction of tire forces using digital map for driving risk assessment. Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 107, 463–489. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2019.08.016>
- [7] 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.
- [8] Pacejka, H. B. (2012). *Tire Characteristics and Vehicle Handling and Stability. In Tire and Vehicle Dynamics*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-097016-5.00001-2>
- [9] Priyambada, P. (2016). *Analisis Kenyamanan Serta Redesain Pegas Suspensi Mobil Toyota Fortuner 4.0 V6 SR (AT 4x4)* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- [10] Thomas D. Gillespie (1992). *Fundamentals of Vehicle Dynamics*