

ANALISIS PENGARUH *STABILIZER BAR* TERHADAP *BODY ROLL* MOBIL PADA SUSPENSI *DOUBLE WISHBONE* MENGGUNAKAN METODE *MULTI BODY DYNAMICS*

*Fitra Nur Huda¹, Toni Prahasto², Achmad Widodo²

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: fitranurhuda.fnh@gmail.com

Abstrak

Salah satu faktor yang dikembangkan dalam peningkatan stabilitas kendaraan adalah dengan modifikasi pada suspensi seperti penambahan batang *stabilizer (stabilizer bar)*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemasangan *stabilizer bar* pada sistem suspensi *double wishbone* terhadap pengurangan perilaku *body roll* ketika kendaraan dalam kondisi menikung. Penelitian ini menggunakan dua jenis pengujian pada *full vehicle model (FVM)* yaitu *single lane change* dan *step steer analysis* yang disediakan oleh Altair MotionView. Pengujian dilakukan dengan 6 variasi *stabilizer bar* yaitu model tanpa *stabilizer bar*, diameter (mm) 15, 19, 20, 21, dan 22 yang diterapkan pada suspensi depan maupun belakang. Pada pengujian *single lane change* dapat disimpulkan bahwa semakin tebal *stabilizer bar* maka semakin kecil sudut *roll angle* yang dihasilkan, *lateral acceleration* semakin rendah, dan *yaw rate* semakin kecil. Pada pengujian *step steer* dapat disimpulkan bahwa semakin tebal *stabilizer bar* maka semakin kecil sudut *rear roll* yang dihasilkan, semakin kecil sudut *slip*, dan gangguan *understeer* yang terjadi semakin kecil sehingga mobil lebih mudah dikendalikan saat bermanuver. Model suspensi terbaik adalah model 5 dengan variasi ketebalan *stabilizer bar* berukuran OD=22mm dengan *roll angle* sebesar -1.8855 deg, *lateral acceleration* sebesar -0.02625g, *yaw rate* sebesar 21,88 deg/sec, *rear roll* sebesar 1.85075 deg, serta sudut *slip* yang kecil sehingga gangguan *understeer* yang terjadi semakin kecil dan lebih aman dibandingkan dengan model lainnya.

Kata kunci: *body roll; double wishbone; stabilizer bar*

Abstract

One of the factors developed in improving vehicle stability is by modifying the suspension such as adding a stabilizer bar (stabilizer bar). The purpose of this study is to determine the effect of installing a stabilizer bar in a double wishbone suspension system on reducing body roll behavior when the vehicle is cornering. This research uses two types of tests on the full vehicle model (FVM), namely single lane change and step steer analysis provided by Altair MotionView. Tests were carried out with 6 variations of stabilizer bars, namely models without stabilizer bars, diameters (mm) 15, 19, 20, 21, and 22 applied to the front and rear suspensions. In the single lane change test, it can be concluded that the thicker the stabilizer bar, the smaller the roll angle produced, the lower the lateral acceleration, and the smaller the yaw rate. In the step steer test, it can be concluded that the thicker the stabilizer bar, the smaller the rear roll angle produced, the smaller the slip angle, and the smaller the understeer disturbance that occurs so that the car is easier to control when maneuvering. The best suspension model is model 5 with a variation of stabilizer bar thickness measuring OD = 22mm with a roll angle of -1.8855 deg, lateral acceleration of -0.02625g, yaw rate of 21.88 deg/sec, rear roll of 1.85075 deg, and a small slip angle so that the understeer disturbance that occurs is smaller and safer than other models.

Keywords: *body roll; double wishbone; stabilizer bar*

1. Pendahuluan

Sistem suspensi kendaraan adalah suatu mekanisme benda rigid yang terletak di antara rangka dengan roda kendaraan yang berfungsi untuk meredam getaran atau kejutan (beban dinamis) yang disebabkan oleh kondisi jalan yang tidak rata. Suspensi juga berfungsi sebagai tumpuan untuk menahan beban kendaraan (beban statis). Suspensi dirancang untuk memberikan kenyamanan dan stabilitas kendaraan, serta meningkatkan kemampuan cengkraman roda dengan jalan [1].

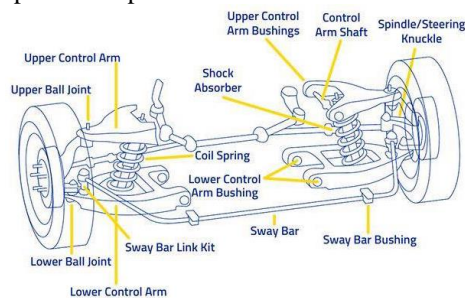
Salah satu faktor yang dikembangkan dalam peningkatan stabilitas kendaraan adalah dengan modifikasi pada suspensi seperti penambahan batang *stabilizer* (*anti-roll bar*). Saat paling rawan adalah waktu mobil menikung dengan kecepatan tinggi dimana kendaraan akan mengalami gejala guling yang disebabkan gaya sentrifugal pada kendaraan. Gaya sentrifugal pada kendaraan akan memberi gaya keluar dari pusat titik belok. Hal ini menyebabkan juga bodi kendaraan mengalami *rolling* (*body roll*) [2]. *Stabilizer bar* berfungsi untuk mengurangi kemiringan kendaraan akibat gaya sentrifugal saat kendaraan membelok. Untuk suspensi depan, *stabilizer bar* biasanya dipasang pada ke dua *lower arm* melalui bantalan karet dan *linkage*. Pada bagian tengah ke frame pada dua tempat melalui *bushing*. Umumnya pada saat kendaraan membelok, pegas roda bagian luar (*outer spring*) mengembang dan pegas roda bagian dalam (*inner spring*) tertekan, akibatnya *stabilizer bar* akan terpuntir karena ujung satunya bergerak ke atas dan lainnya ke bawah. Batang *stabilizer* cenderung menahan terhadap puntiran. Tahanan ini berfungsi mengurangi *body roll* dan menjaga bodi dalam kemiringan yang aman [3].

Berdasarkan uraian di atas, dalam penelitian kali ini fokus penelitian yaitu *stabilizer bar* pada sistem suspensi mobil dengan beberapa spesifikasi yang diambil dari suspensi Toyota Camry 2012. Mobil tersebut dipilih sebagai referensi karena ketersediaan informasi mengenai *center of gravity* dan banyaknya produk *stabilizer bar custom* untuk mobil tersebut. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *stabilizer bar* pada sistem suspensi *double wishbone* terhadap perilaku *body roll* ketika kendaraan dalam kondisi menikung. Untuk membantu menyelesaikan penelitian ini, perangkat lunak/*software* yang digunakan adalah Altair MotionView 2019 yang mendukung proses analisis yang akan dilakukan.

2. Dasar Teori dan Metode Penelitian

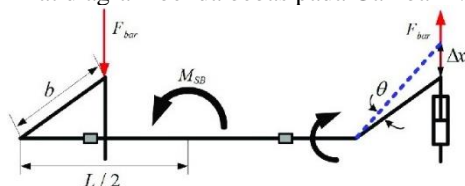
2.1 Dasar Teori

Suspensi dirancang untuk memberikan kenyamanan dan stabilitas kendaraan, serta meningkatkan kemampuan cengkraman roda dengan jalan. Dalam sistem suspensi, roda dihubungkan dengan bodi kendaraan melalui berbagai macam linkage. Suspensi *double wishbone* banyak digunakan pada roda depan mobil penumpang dan truk kecil. Konstruksinya adalah roda dipasang ke *body* melalui dua suspensi lengan (lengan atas dan bawah). Peredam kejut dan pegas koil dipasang di antara kedua lengan, *steering knuckle* dan *frame*. Salah satu ujung lengan dipasang ke bodi atau rangka melalui busing, dan ujung lainnya ke *steering knuckle* melalui *ball joints*. Bagian atas *shock absorber* bertumpu pada *body* atau *frame*, dan bagian bawah bertumpu pada lengan bawah. Pegas koil terletak di antara lengan bawah dan *body* [4]. Suspensi *double wishbone* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Suspensi *double wishbone*

Stabilizer bar merupakan suatu komponen yang berbentuk besi melintang pada sistem suspensi untuk meningkatkan stabilitas kendaraan. *Stabilizer bar* berfungsi untuk mengurangi kemiringan kendaraan akibat gaya sentrifugal saat kendaraan menikung atau akibat permukaan jalan yang tidak rata. Berdasarkan prinsip kerja *stabilizer bar* saat kendaraan menikung, dapat dilihat diagram benda bebas pada Gambar 2.



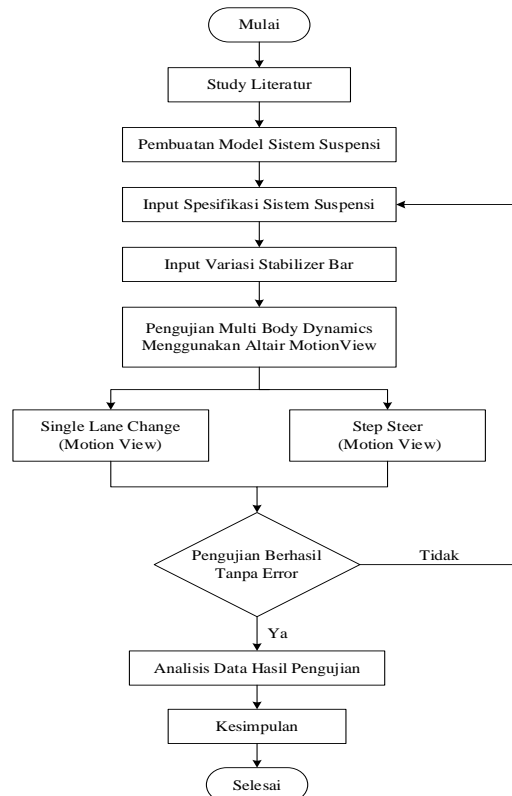
Gambar 2. Diagram benda bebas *stabilizer bar*

Pada Gambar 2 dijelaskan bahwa pada saat kendaraan menikung ke kiri, akan ada gaya yang menekan lengan roda bagian kiri sehingga gaya pada lengan roda bagian kanan mendorong naik (terangkat), untuk menjaga keseimbangan antara lengan roda kiri dan kanan maka *stabilizer bar* ini akan menahan puntiran akibat gaya yang terjadi pada kedua lengan roda tersebut, sehingga mampu mengurangi *body roll* kendaraan [5]. Beberapa parameter yang mempengaruhi kendaraan pada saat menikung antara lain :

- Roll angle* merupakan perpindahan sudut kendaraan terhadap sumbu longitudinalnya, yaitu kecenderungan kendaraan untuk terbalik yang diakibatkan pada saat kendaraan sedang menikung.
- Lateral acceleration* adalah percepatan vector suatu titik dalam kendaraan yang bekerja secara transversal terhadap arah jalur perjalanan sebuah mobil.
- Rear roll* adalah suatu fenomena dimana bagian belakang kendaraan bergerak ke samping seiring dengan perubahan kecepatan atau arah saat membelok.
- Yaw Rate* merupakan laju perubahan sudut arah kendaraan yang diukur dalam derajat/detik rotasi terhadap sumbu vertikal melalui pusat gravitasi kendaraan.
- Slip angle* adalah sudut yang terbentuk antara arah ban dan arah pergerakannya.
- Vehicle Path (VPath)* merupakan jalur sapuan kendaraan yang mengikuti jalur kemudi yang telah ditentukan. Dalam kondisi yang ditentukan, berdasarkan jalur yang dibuat dapat dilihat sensitivitas kendaraan terhadap kemudi (kondisi *understeer* dan *oversteer*).

2.2 Diagram Alir

Dalam penelitian ini terdapat langkah-langkah pemodelan dan pengujian model kendaraan yang mengacu pada diagram alir pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

2.3 Perancangan Model Kendaraan

Model kendaraan yang digunakan dalam perancangan suspensi yaitu Toyota Camry 2012 seperti pada Gambar 4. Mobil ini dipilih sebagai referensi karena ketersediaan informasi mengenai *center of gravity* dan banyaknya produk *stabilizer bar* custom untuk mobil ini. Perancangan desain model menggunakan Altair MotionView 2019 dengan pendekatan sesuai dimensi kendaraan.



Gambar 4. Toyota Camry 2012

Pada pengujian ini dibuat 6 variasi yang dibedakan dari ketebalan *stabilizer bar* yang digunakan. Variasi yang diujikan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Variasi ketebalan *stabilizer bar*

Model	Outer Diameter (mm)
0	Tanpa <i>Stabilizer</i>
1	15
2	19
3	20
4	21
5	22

2.4 Step Steer Analysis

Pengujian ini digunakan untuk mensimulasikan respons kendaraan terhadap *input* langkah mendadak ke roda kemudi [6]. Analisis *step steer* dari sistem suspensi yang telah dibuat dilakukan dengan mengambil data rata-rata kecepatan kendaraan di ruas jalan perkotaan yaitu 60 km/jam. Konfigurasi pengujian *step steer* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Konfigurasi *step steer*

No.	Konfigurasi	Keterangan
1.	Kecepatan	60 km/jam
2.	Max. Steering Input	60 derajat

2.5 Single Lane Change Analysis

Single lane change merupakan simulasi respons kendaraan terhadap pergantian jalur tunggal dimana tindakan pergantian jalur yang mengacu pada laju kendara mobil pada waktu tertentu untuk mengetahui stabilitas mobil dengan kecepatan tertentu [7]. Konfigurasi pengujian *single lane change* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Konfigurasi *single lane change*

No.	Konfigurasi	Keterangan
1.	Kecepatan	60 km/jam
2.	Lebar Jalur	4 meter

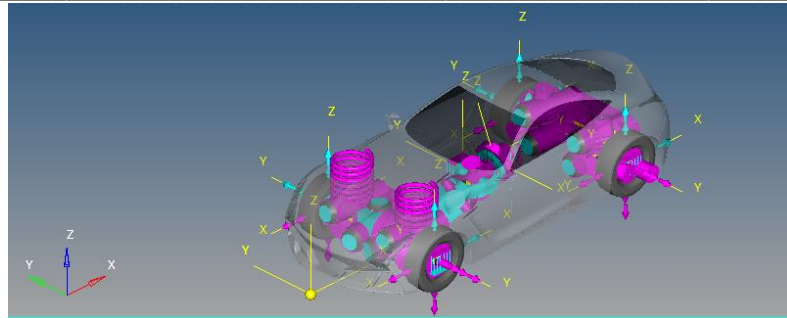
3. Hasil dan Analisis

3.1 Hasil Pemodelan Kendaraan

Pemodelan sistem suspensi *Full Vehicle Model* (FVM) ditujukan untuk pengerjaan simulasi *multibody dynamics* (MBD) melalui pengujian *step steer* dan *single lane change* untuk melihat perilaku kendaraan pada kondisi lintasan yang diberikan. Hasil pemodelan Toyota Camry 2012 dengan data spesifikasi yang telah diperoleh seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Spesifikasi Toyota Camry 2012

Spesifikasi	Keterangan
Tipe penggerak	Penggerak roda depan (FWD)
Berat kotor kendaraan, kg	1674 kg
Wheelbase, mm	2790 mm
Pusat Gravitasi (CG), mm	1196 mm
Suspensi depan dan belakang	<i>Double-Wishbone</i> dengan <i>Stabilizer Bar</i>
Jenis Ban	P205/60 R15
Spring rate, N/mm	Depan: 24, belakang: 29 (N/mm)
Koefisien peredaman, Ns/mm	16 Ns/mm

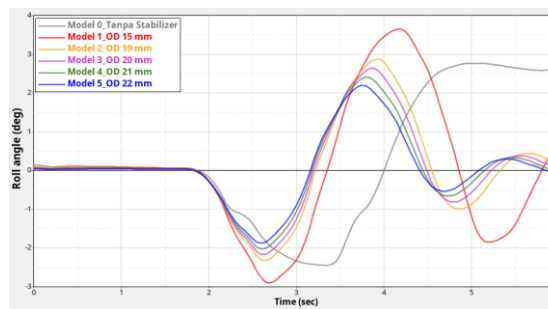


Gambar 5. Full vehicle model (FVM)

3.2 Analisis Multi Body Dynamics dengan Variasi Model

3.2.1 Analisis Roll Angle

Hasil dari pengujian *single lane change* dengan membandingkan *roll angle* terhadap waktu ditunjukkan pada Gambar 6 dan Tabel 5.



Gambar 6. Grafik roll angle

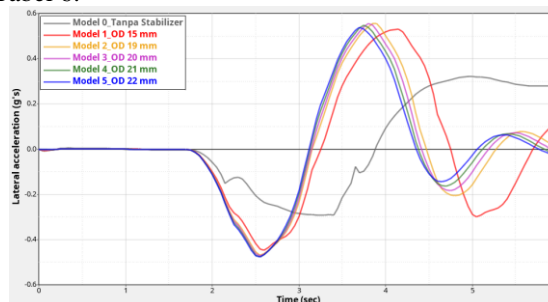
Tabel 5. Analisis Roll Angle

Roll Angle (°)						
Variasi	Model 0	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
Max	-2.45	-2.90	-2.33	-2.17	-2.03	-1.89

Roll angle yang dihasilkan pada saat menikung model 0 sampai dengan model 4 lebih besar jika dibandingkan dengan model 5. Dimana model 0 mengalami keterlambatan saat bermanuver pada detik ke-3.35 dengan *roll angle* mencapai -2.45 derajat yang mengakibatkan kendaraan keluar dari jalur. Pada model 1 mengalami *roll angle* terbesar yaitu -2.90 derajat pada detik ke-2.7 yang mengakibatkan limbungnya kendaraan. Sedangkan model 5 merupakan model terbaik yang menunjukkan *roll angle* terkecil yaitu -1.89 derajat pada detik ke-2.6 sehingga mengalami perilaku *body roll* yang lebih kecil diantara model lainnya.

3.2.2 Analisis Lateral Acceleration

Hasil dari pengujian *single lane change* dengan membandingkan *lateral acceleration* terhadap waktu ditunjukkan pada Gambar 7 dan Tabel 6.



Gambar 7. Grafik lateral acceleration

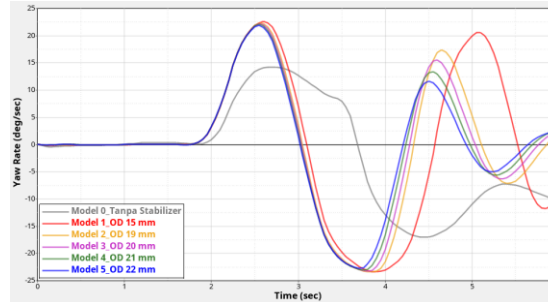
Tabel 6. Analisis Lateral Acceleration

Lateral Acceleration (g's)						
Variasi	Model 0	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
Max	0.32	-0.29	-0.16	-0.10	-0.06	-0.03

Dari grafik perubahan *lateral acceleration* terhadap waktu di atas menunjukkan semua model mengalami penurunan akselerasi mulai detik ke-2 dan mengalami perubahan akselerasi setiap detiknya. Pada model 0 setelah detik ke-5 mengalami akselerasi yang tidak stabil dengan nilai *lateral acceleration* mencapai 0.32 g. Sedangkan pada model 1 sampai model 4 pada detik ke-5 menghasilkan nilai *lateral acceleration* berada di antara -0.06 g sampai -0.29 g dan model 5 memiliki nilai akselerasi lateral terkecil mencapai -0.03 g. Sehingga model 5 adalah model yang terbaik karena tidak memiliki perubahan yang signifikan dan memiliki nilai akselerasi yang lebih kecil dibandingkan dengan model lainnya.

3.2.3 Analisis Yaw Rate

Hasil dari pengujian *single lane change* dengan memperbandingkan *yaw rate* terhadap waktu ditunjukkan pada Gambar 8 dan Tabel 7.



Gambar 8. Grafik yaw rate

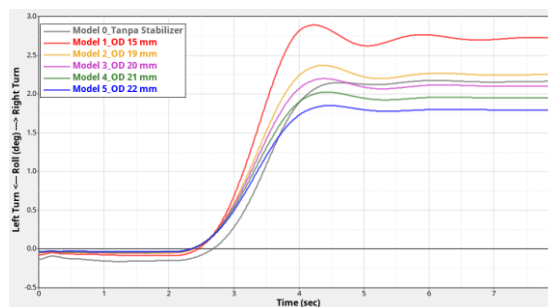
Tabel 7. Analisis Yaw Rate

Yaw Rate (deg/sec)						
Variasi	Model 0	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
Max	14.27	22.61	22.33	22.22	22.08	21.88

Laju yaw berhubungan langsung dengan *lateral acceleration* kendaraan yang berputar dengan kecepatan konstan. *Yaw rate* yang terjadi pada kendaraan terhadap lintasan yang dihasilkan pada model 0 cenderung tidak stabil saat bermanuver yang dapat dilihat pada detik ke-3,5 dengan laju yaw di antara 14,27 deg/sec dan -17,02 deg/sec. Pada model 1 laju yaw yang terjadi cukup signifikan setelah bermanuver yang dapat dilihat laju yaw sebesar 22.61 deg/sec. Sedangkan pada model 5 memiliki laju yaw yang cenderung lebih stabil dan lebih aman dikendalikan dibandingkan model lainnya dengan laju yaw maksimum sebesar 21.88 deg/sec.

3.2.4 Analisis Rear Roll

Hasil dari pengujian *step steer* dengan memperbandingkan *rear roll* terhadap waktu ditunjukkan pada Gambar 9 dan Tabel 8.



Gambar 9. Grafik rear roll

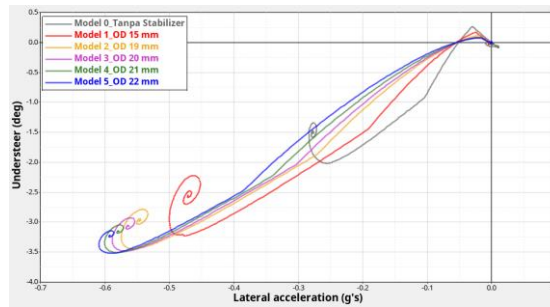
Tabel 8. Analisis Rear Roll

Rear Roll						
Variasi	Model 0	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
Max	2.17	2.89	2.37	2.20	2.02	1.85

Dari grafik dan tabel di atas menunjukkan model 0 saat dimulai pengujian sudah mengalami *rolling* pada bagian belakang dengan nilai *rear roll* minimum pada detik ke-1.25 mencapai -1.60 derajat. Sedangkan pada model 1 adalah model yang paling beresiko mengalami limbung dan tidak stabil saat bermanuver dengan nilai *rear roll* maksimum pada detik ke-4.24 mencapai 2.89 derajat. Pada model 5 adalah model terbaik dimana sudut *rear roll* yang dihasilkan lebih kecil dan cenderung lebih stabil saat bermanuver dengan nilai *rear roll* maksimum pada detik ke-4.47 sebesar 1.85 derajat.

3.2.5 Analisis Understeer

Hasil dari pengujian *step steer* dengan membandingkan *understeer* terhadap *lateral acceleration* ditunjukkan Gambar 10.

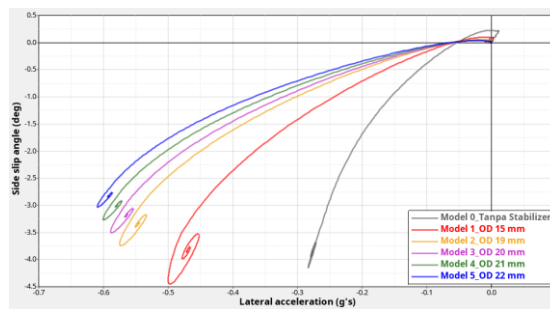


Gambar 10. Grafik *understeer*

Pada Gambar 10 menunjukkan bahwa model 0 pada saat dimulai pengujian lebih cepat mengalami perubahan akselerasi lateral yang lebih beresiko mengalami *understeer*. Pada model 1 sampai dengan model 4 mengalami perubahan yang cukup signifikan dilihat dari perubahan akselerasi lateralnya terhadap sudut slip bagian depan maupun belakang. Sedangkan pada model 5 merupakan model terbaik yang mengalami gangguan *understeer* paling kecil karena tidak mengalami perubahan akselerasi lateral yang signifikan dan cenderung stabil yang menjadikan model ini lebih aman.

3.2.6 Analisis Slip Angle

Hasil dari pengujian *step steer* dengan membandingkan *slip angle* terhadap *lateral acceleration* ditunjukkan pada Gambar 11 dan Tabel 9.



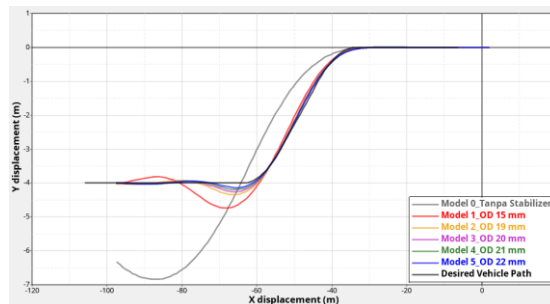
Gambar 11. Grafik *slip angle*

Tabel 9. Analisis *Slip Angle*

Slip Angle (deg)						
Variasi	Model 0	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
Max	-4.15	-4.45	-3.74	-3.50	-3.26	-3.03

Dari grafik dan tabel di atas menunjukkan model 0 (tanpa *stabilizer bar*) tidak mampu mempertahankan percepatan lateralnya sehingga sudut *slip* yang terjadi cukup besar. Pada model 1 memiliki sudut *slip* yang paling besar yang lebih beresiko mengalami perilaku *understeer*. Sedangkan model 5 merupakan model yang paling aman karena memiliki sudut *slip* terkecil sebesar -3.03 deg, dengan percepatan lateral yang lebih stabil sehingga kendaraan mampu mempertahankan kondisi putarannya saat diuji.

3.2.7 Analisis Vehicle Path



Gambar 12. Grafik *Vehicle Path*

Pada Gambar 12 menunjukkan bahwa *stabilizer bar* sangat mempengaruhi kemampuan kemudi dalam mempertahankan sudut kemudi roda pada saat diberikan lintasan berbelok seperti pada pengujian *single lane change*. Model 0 (tanpa *stabilizer bar*) mengalami gangguan *understeer* yang paling besar ketika bermanuver sehingga saat berbelok keluar cukup jauh dari lintasan yang ditentukan dimana sudut belokan roda yang kecil dengan radius belok yang besar namun cengkraman roda depan semakin kecil sehingga kemungkinan slip roda depan semakin tinggi. Pada model 1 juga mengalami gangguan *understeer* yang cukup signifikan sehingga pada saat berbelok menjauhi lintasan. Sedangkan model 5 merupakan model terbaik dimana model tersebut yang paling sedikit mengalami gangguan *understeer* sehingga lebih aman dikendalikan dan berjalan sesuai lintasan yang diinginkan.

4. Kesimpulan

1. Berdasarkan perancangan desain suspensi pada mobil Toyota Camry 2012, melalui pengujian saat kendaraan sedang beroperasi terdapat beberapa parameter yang berpengaruh terhadap *body roll* dari mobil. Parameter yang dibahas antara lain *roll angle*, *lateral acceleration*, *yaw rate*, *rear roll*, *understeer*, *slip angle*, dan *vehicle path*.
2. Dari hasil penelitian didapatkan pengaruh variasi ketebalan *stabilizer bar* :
 - Pada pengujian *single lane change* dapat disimpulkan bahwa semakin tebal *stabilizer bar* maka semakin kecil sudut *roll angle* yang dihasilkan, *lateral acceleration* semakin rendah, dan *yaw rate* semakin kecil.
 - Pada pengujian *step steer* dapat disimpulkan bahwa semakin tebal *stabilizer bar* maka semakin kecil sudut *rear roll* yang dihasilkan, semakin kecil sudut *slip*, dan gangguan *understeer* yang terjadi semakin kecil sehingga mobil lebih mudah dikendalikan saat bermanuver.
3. Setelah dilakukan beberapa variasi melalui data pengujian *single lane change* dan *step steer*, model suspensi terbaik adalah pada model 5 dengan variasi ketebalan *stabilizer bar* berukuran OD=22 mm dengan hasil *roll angle* sebesar -1.89 derajat, *lateral acceleration* sebesar -0.03 g, *yaw rate* sebesar 21.88 deg/sec, *rear roll* sebesar 1.85 derajat, sudut *slip* sebesar -3.03 deg, serta gangguan *understeer* yang terjadi paling kecil dan lebih aman dibandingkan dengan model lainnya.

5. Daftar Pustaka

- [1] Aisyiyah. (2016). Pemodelan Sistem Suspensi Kendaraan dengan Menggunakan Software Solidwork. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [2] Balkwill, J. (2018). Performance vehicle dynamics: engineering and applications. Butterworth-Heinemann.
- [3] Bharane, M. P., Tanpure, M. K., & Kerkal, M. G. (2014). Optimization of anti-roll bar using ansys parametric design language (apdl). International Journal of Engineering Research and General Science, 2(5).
- [4] Altair. (2019). "Motionview 10.0 User's Guide," Altair Engineering, Inc.
- [5] Abe, Masato. (2015). *Vehicle Handling Dynamics*. Second edition. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- [6] CCSA. (2016). Development & Validation of a Finite Element Model for the 2012 Toyota Camry Passenger Sedan. George Mason University. Hal. 1-5.
- [7] Heißing, B., & Ersoy, M. (Eds.). (2010). Chassis handbook: fundamentals, driving dynamics, components, mechatronics, perspectives. Springer Science & Business Media.
- [8] Kumar, Rajesh. (2020). Design and Optimization of Static Characteristics for a Steering System in an Design and Optimization of Static Characteristics for a Steering System in an ATV. IOP Conference Series Materials Science and Engineering
- [9] Nikhil, M. K., & Daspute, D. H. (2018). Dynamic analysis of anti roll bar. Materials today: proceedings, 5(5), 12490-12498.
- [10] Reimpell, J., Stoll, H., & Betzler, J. (2001). The automotive chassis: engineering principles. Elsevier.