

**PEMODELAN DAN ANALISIS DINAMIS
SUSPENSI KENDARAAN BERBASIS
*STATE SPACE VARIABLE***

Skripsi

**Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Mencapai Derajat Sarjana S1
Pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa**



Disusun Oleh

RAFI RIZQI ANANDA

3331180076

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON - BANTEN**

2023

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama: Rafi Rizqi Ananda

NPM : 3331180076

Judul : Pemodelan Dan Analisa Dinamis Suspensi Kendaraan Berbasis *State Space Variable*

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

MENYATAKAN

Bahwa skripsi ini hasil karya sendiri dan tidak ada duplikasi dengan karya orang lain, kecuali untuk yang telah disebutkan sumbernya,

Cilegon, 26 Oktober 2023


Rafi Rizqi Ananda
NPM.3331180076

TUGAS AKHIR

PEMODELAN DAN ANALISIS DINAMIS SUSPENSI KENDARAAN BERBASIS STATE SPACE VARIABLE

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Rafi Rizqi Ananda

3331180076

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal, 26 Oktober 2023

Pembimbing Utama

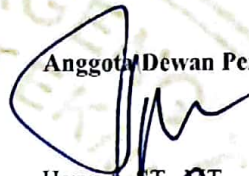


Emy Listijorini, ST., MT.
NIP. 197011022005012001

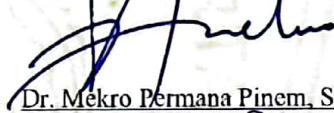


Sidik Susilo, ST., M.Sc.
NIP. 198806052019031006

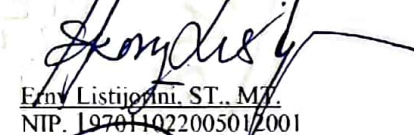
Anggota Dewan Penguji



Haryadi, ST., MT.
NIP. 198112042008121004



Dr. Mekro Permana Pinem, ST., MT.
NIP. 198902262015041002



Emy Listijorini, ST., MT.
NIP. 197011022005012001



Sidik Susilo, ST., M.Sc.
NIP. 198806052019031006

Tugas Akhir ini sudah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik



Janggal, 30 November 2023
Ketua Jurusan Teknik Mesin UNTIRTA



Dhimas Satria, S.T., M.Eng.
NIP. 198305102012121006

ABSTRAK

PEMODELAN DAN ANALISA DINAMIS SUSPENSI KENDARAAN BERBASIS *STATE SPACE VARIABLE*

Disusun oleh:

Rafi Rizqi Ananda

NIM.3331180076

Sistem suspensi merupakan salah satu komponen mekanik yang penting dalam suatu kendaraan, utamanya mobil, yang terletak di antara bodi kendaraan dengan roda. Sistem suspensi yang berfungsi untuk menahan getaran yang terjadi agar tidak berpindah pada bodi kendaraan. Tujuan Penelitian kali ini adalah untuk mendapatkan model sistem dari sebuah suspensi kendaraan yang akan disimulasikan. Selanjutnya dapat mensimulasikan hasil permodelan sistem yang telah dibuat melalui MATLAB. Setelah simulasi dilakukan, dapat menanalisa respon dinamis yang dihasilkan dari simulasi yang telah dilakukan. Hasil simulasi pada *road bump* setinggi 0.2 m dengan kecepatan yang bervariasi yaitu 20 km/h, 30 km/jam, dan 40 km/jam memperlihatkan bahwa terjadinya *Overshoot* pada *Chassis* mobil berturut-turut sebesar 0.032 m, 0.022 m, dan 0,017 m dimana *Settling time* dari *Chassis* mobil tersebut terjadi berturut-turut selama 1.59 detik, 1.33 detik. dan 1.28 detik. Kendaraan cenderung kembali ke posisi tetap lebih cepat dibandingkan dengan kecepatan yang lebih rendah. Sama halnya pada *settling time* nya semakin cepat ketika kecepatannya lebih tinggi.

Kata Kunci: Permodelan, *Road Bump*, Suspensi

ABSTRACT

MODELING AND DYNAMIC ANALYSIS OF VEHICLE SUSPENSION BASED ON STATE SPACE VARIABLE

Prepared by:

Rafi Rizqi Ananda

NIM.3331180076

The suspension system is a crucial mechanical component in a vehicle, particularly in cars, situated between the vehicle body and the wheels. The suspension system functions to dampen vibrations and prevent their transmission to the vehicle body. The objective of this research is to obtain a system model for a vehicle suspension, which will be subsequently simulated. The simulation results of the developed system model can then be analyzed using MATLAB. After conducting the simulation, the dynamic response generated from the simulation is analyzed. The simulation results for a road bump with a height of 0.2 m and varying speeds of 20 km/h, 30 km/h, and 40 km/h reveal the occurrence of overshoot in the vehicle chassis, measuring 0.032 m, 0.022 m, and 0.017 m, respectively. The settling time for the vehicle chassis occurs successively in 1.59 seconds, 1.33 seconds, and 1.28 seconds. The vehicle tends to return to a stable position more quickly at higher speeds compared to lower speeds. Similarly, the settling time decreases as the speed increases.

Keywords: Modeling, Road Bump, Suspension

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah Subhanahu Wata'ala yang telah memberikan kami kemudahan sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan tepat waktu. Tanpa pertolongan-Nya, tentunya kami tidak akan sanggup untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Shalawat serta salam semoga terlimpah curahkan kepada baginda tercinta kita yaitu Nabi Muhammad Shallallahu 'Alaihi Wasallam, karena berkat kegigihan dan kesabaran beliau kita dapat menuntut ilmu pengetahuan seperti sekarang ini.

Penulis mengucapkan syukur kepada Allah Subhanahu Wata'ala atas limpahan nikmat sehat-Nya, baik itu berupa sehat fisik maupun akal fikiran, sehingga penulis mampu untuk menyelesaikan penulisan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul "*Pemodelan Dan Analisa Dinamis Suspensi Kendaraan Berbasis State Space Variable*". Tujuan penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai salah satu syarat kelulusan Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Sehingga dalam kesempatan ini penulis juga bermaksud menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak Dhimas Satria, S.T., M.Eng Selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
2. Ibu Erny Listijorini, ST., MT Selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah membantu dan menuntun dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Sidik Susilo, S.T., M.Sc Selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir 2 yang telah membantu dan menuntun saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Hamdan Akbar Notonegoro, S.Si., M.Si Selaku Dosen Pembimbing akademik yang telah membimbing saya selama perkuliahan.
5. Ibu Miftahul Jannah, S.T., M.T., selaku Koordinator Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.
6. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik yang telah banyak memberikan ilmu kepada penulis, sehingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.

7. Kedua orang tua serta seluruh keluarga yang selalu mendukung, memberikan do'a, dan semangat serta dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Serta pihak-pihak lain yang tidak mungkin penulis sebutkan satu - persatu. Semoga Allah SWT memberi balasan yang setimpal kepada semuanya.
Akhirnya dengan satu harapan dari kami, semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kami khususnya dan bagi rekan-rekan pembaca umumnya. Aamiin Yarabbal 'alamin.

Cilegon, Oktober 2023

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian Pemodelan Sistem.....	6
2.2 Sistem Suspensi Mobil	8
2.3 Model Sistem dan Dinamika Suspensi	12
2.3.1 Pemodelan Setengah Kendaraan	12
2.3.2 Pemodelan Seperempat Kendaraan	13
2.4 <i>Road Disturbance</i>	14
2.5 <i>State Space Variable</i>	15
2.6 MATLAB	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	19
3.2 Pemodelan Sistem.....	20

3.3 Simulasi dan Analisa	20
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	
4.1 Pemodelan Sistem Setengah Kendaraan Mobil.....	21
4.2 Model Sistem Setengah Kendaraan Mobil	21
4.3 Komponen Permodelan Sistem Suspensi Setengah Kendaraan	27
4.4 Diagram Blok MATLAB.....	29
4.5 <i>Road Disturbance Input</i>	30
4.6 Simulasi MATLAB	31
4.7 MATLAB <i>M-Files Input</i>	32
4.8 Analisa Data.....	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Klasifikasi Sistem	6
Gambar 2.2 Sistem Suspensi Mobil	8
Gambar 2.3 Bagian Suspensi Kendaraan	9
Gambar 2.4 Suspensi Poros Kaku dan Bebas.....	10
Gambar 2.5 Komponen Sistem Suspensi	11
Gambar 2.6 Model Setengah Kendaraan	13
Gambar 2.7 Model Seperempat Kendaraan.....	14
Gambar 2.8 Profil <i>Road Bump</i> Pada Jalan	15
Gambar 2.9 Ikon <i>Matlab</i>	17
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	19
Gambar 4.1 Model Fisik Kendaraan <i>Avanza Veloz 2022</i>	22
Gambar 4.2 Model Sistem Setengah Kendaraan	22
Gambar 4.3 <i>Front Axle</i> FBD	23
Gambar 4.4 <i>Rear Axle</i> FBD.....	24
Gambar 4.5 <i>Chasis Translation</i> FBD	25
Gambar 4.6 <i>Chasis Rotational</i> FBD.....	26
Gambar 4.7 Model Diagram Blok MATLAB	30
Gambar 4.8 Ilustrasi Road Disturbance 0.2 m.....	31
Gambar 4.9 Input Road Disturbance 0.2 m.....	32
Gambar 4.10 <i>Front Wheel Vertical Displacement</i> pada 20 km/jam.....	33
Gambar 4.11 <i>Rear Wheel Vertical Displacement</i> pada 20 km/jam.....	34
Gambar 4.12 <i>Chassis Translational Displacement</i> pada 20 km/jam	34
Gambar 4.13 <i>Chassis (Rotational) Displacement</i> pada 20 km/jam.....	35
Gambar 4.14 <i>Front Wheel Vertical Displacement</i> pada 30 km/jam.....	36
Gambar 4.15 <i>Rear Wheel Vertical Displacement</i> pada 30 km/jam.....	36
Gambar 4.16 <i>Chassis Translational Displacement</i> pada 30 km/jam	37
Gambar 4.17 <i>Chassis (Rotational) Displacement</i> pada 30 km/jam.....	38

Gambar 4.18 *Front Wheel Vertical Displacement* pada 40 km/jam..... 38
Gambar 4.19 *Rear Wheel Vertical Displacement* pada 40 km/jam..... 39
Gambar 4.20 *Chassis Translational Displacement* pada 40 km/jam 39
Gambar 4.21 *Chassis (Rotational) Displacement* pada 40 km/jam..... 40

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Parameter pada Permodelan Sistem Suspensi Setengah Kendaraan	28
Tabel 4.2 Kecepatan Yang Digunakan dan <i>Time delay</i>	32
Tabel 4.3 Data Respon Pada Sistem Suspensi Kendaraan	40

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Masyarakat di era modern ini dapat berpindah dari satu tempat ke tempat yang lain dalam waktu yang cepat meskipun jarak yang ditempuh tersebut dekat maupun jauh karena menggunakan kendaraan yang mempunyai mobilitas tinggi. Salah satu kendaraan yang banyak digunakan adalah mobil. Kenyamanan penumpang kendaraan beserta kestabilan dalam mengendarainya adalah salah satu variabel penting yang selalu diinginkan oleh setiap orang yang menggunakan kendaraan. Kendaraan tersebut harus didesain nyaman dan se-efisien mungkin dalam memenuhi kebutuhan pengguna. Salah satunya mendesain sistem suspensi kendaraan yang sangat berfungsi dalam konstruksi mobil tersebut. Saat kendaraan digunakan, pengemudi maupun penumpang akan merasakan getaran yang disebabkan oleh profil jalan yang tidak rata, maupun getaran yang berasal dari mesin kendaraan. Getaran ini tentu saja akan mengganggu pengemudi dan penumpang dalam perjalanannya, karena itu diciptakan sistem suspensi untuk meredam getaran tersebut semaksimal mungkin.

Sistem suspensi merupakan salah satu komponen mekanik yang penting dalam suatu kendaraan, utamanya mobil, yang terletak di antara bodi kendaraan dengan roda. Sistem suspensi yang berfungsi untuk menahan getaran yang terjadi agar tidak berpindah pada bodi kendaraan. Sistem Suspensi terletak di antara bodi kendaraan dan roda-roda, yang dirancang untuk meredam getaran akibat gelombang permukaan jalan sehingga diperoleh kenyamanan dan kestabilan berkendara.

Sistem suspensi kendaraan umumnya digunakan untuk menopang beban yang ditimbulkan dari chasis, serta meredam getaran yang ditimbulkan. Agar getaran yang ditimbulkan oleh mesin dapat diserap sepenuhnya maka diperlukanlah perancangan sistem yang tepat dan optimal. Untuk memudahkan dalam proses analisa respon dinamis pada suspensi kendaraan,

maka diperlukanlah pemodelan sistem. Pemodelan suatu sistem bertujuan untuk mengoptimalkan hasil rancangan sebelum dilakukan proses produksi.

Pada penelitian sebelumnya, oleh Ayu Aulia Hakim dari Institut Teknologi Sepuluh November, yang melakukan pemodelan dan analisis pengaruh perubahan parameter *variable orifice* sistem suspensi hidrolik terhadap gaya redam yang dihasilkan dan respon dinamis penumpang pada sepeda motor *Honda Beat 2009*. Dalam pengujiannya dilakukan pemodelan dan simulasi dari sistem setengah kendaraan sepeda motor dengan perubahan parameter pada sistem suspensi hidroliknya. Simulasi dilakukan untuk mencari gaya redam dan respon dinamis yang lebih baik dari sistem suspensi sebelum modifikasi.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Isitina Rahmawati dari Institut Teknologi Sepuluh November, yang melakukan Pemodelan Dan Analisis Pengaruh Perubahan Parameter Sistem Suspensi *Hydro-Pneumatic* Terhadap Gaya Redam Dan Gaya Pegas Serta Respon Dinamis Mobil. Dalam pengujiannya pemodelan dan simulasi dari perubahan parameter yang ada pada sistem suspensi *hydro-pneumatic* terhadap gaya redam, gaya pegas dan respon dinamis dari kendaraan dan penumpang, serta gaya tekan dari ban pada mobil. Setelah dilakukan pemodelan sistem tersebut lalu disimulasikan pada *Simulink*.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Erny Listijorini Bersama dengan 4 anggota tim lainnya yang melakukan penelitian dengan judul *Design of half-car active suspension system for passenger riding comfort*. Dalam penelitian tersebut dirancang sistem suspensi aktif untuk meredam getaran pada kursi penumpang yang disebabkan oleh perubahan permukaan jalan atau gangguan yang terjadi di jalan. PID (*proportional–integral–derivative*) *Controller* digunakan dalam desain sistem suspensi aktif tersebut, dalam penelitian tersebut metode *Direct Synthesis* digunakan untuk mengoptimalkan parameter *tuning* PID untuk mencapai respons keluaran yang diinginkan di permukaan jalan yang berbeda. Simulasi untuk menganalisa sistem kontrol tersebut dilakukan pada *Simulink*.

Pada penelitian ini akan dilakukan permodelan sistem kendaraan serta simulasi pada kendaraan jenis *Avanza Veloz 2022*, menggunakan metode *state space variable* dengan aplikasi MATLAB untuk menganalisa respon dinamis yang dihasilkan oleh simulasi pemodelan sistem suspensi mobil terhadap road disturbance dengan variasi kecepatan yang berbeda.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian tugas akhir kali ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana melakukan permodelan sistem pada sistem suspensi mobil?
2. Bagaimana cara mensimulasikan permodelan sistem suspensi setengah kendaraan?
3. Bagaimana pengaruh *Road Disturbance* terhadap respon dinamis dari sistem suspensi mobil?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian dari penelitian tugas akhir kali ini adalah sebagai berikut:

1. Didapatkan model sistem dari sistem suspensi mobil yang digunakan sebagai bahan simulasi pada *road bump* dengan variasi kecepatan yang berbeda.
2. Didapatkan hasil respon simulasi berupa perpindahan serta waktu penyesuaian kendaraan.
3. Dapat menganalisa respon dinamis yang dihasilkan oleh simulasi permodelan sistem suspensi mobil.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian tugas akhir ini adalah didapatkannya permodelan sistem dari suspensi mobil yang dapat digunakan untuk menganalisa permasalahan yang dapat terjadi pada sistem tersebut sebelum akhirnya difabrikasi, agar mengurangi biaya yang dikeluarkan pada saat

fabrikasi apabila nanti terjadi kegagalan. Hasil dari simulasi dapat memberikan informasi bagaimana respon dinamis pada sistem suspensi kendaraan tersebut.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang didapat dari penelitian tugas akhir kali ini adalah sebagai berikut;

1. Permodelan yang akan dilakukan yaitu permodelan suspensi mobil.
2. Parameter yang digunakan dari model kendaraan *Avanza Veloz 2022*.
3. Metode simulasi yang digunakan adalah *state variable*.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas tentang latar belakang topik penelitian, rumusan masalah, tujuan dari penelitian yang dilakukan, manfaat dari penelitian, batasan masalah ketika melakukan penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini membahas mengenai teori – teori pendukung tentang penelitian permodelan sistem untuk suspensi kendaraan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisi tentang diagram alir penelitian, metode dalam pemodelan sistem yang akan digunakan, dan prosedur simulasi dan analisa respon dinamis sistem suspensi kendaraan.

BAB IV DATA DAN ANALISA

Pada bab ini berisi tentang pemodelan sistem setengah kendaraan mobil, komponen permodelan sistem suspensi setengah kendaraan, diagram blok matlab, *road disturbance input*, simulasi matlab, matlab *m-files input* dan analisa data.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab terakhir ini berisikan tentang kesimpulan yang didapat dari simulasi yang sudah dilakukan serta saran untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ekoanindiyo, F. A., (2011). *Pemodelan Sistem Antrian Dengan Menggunakan Simulasi*. Vol 5, No. 1, Hal, 72-85
- [2] Aisyiyah, N., *Pemodelan Sistem Suspensi Kendaraan Dengan Menggunakan Software Solidwork in Teknik Mesin*. 2016, Institut Teknologi Sepuluh November.
- [3] Rahmawati, I., *Pemodelan Dan Analisis Pengaruh Perubahan Parameter Sistem Suspensi Hydro-Pneumatic Terhadap Gaya Redam Dan Gaya Pegas Serta Respon Dinamis Mobil in Teknik Mesin*. 2016, Institut Teknologi Sepuluh November.
- [4] Raju, A. B., and Venkatachalam, R., 2013, *Analysis of Vibration of Automobile Suspension System Using Full Car Model*. International Journal of Scientific & Engineering.
- [5] Vius, G. L. S. S., *Desain Pengendali Model Reference Adaptive Control (MRAC) – PID Untuk Mengendalikan Sistem Suspensi Seperempat Kendaraan in Teknik Elektro*. 2019, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
- [6] Nugroho, P. W., dan Hadi, S., (2021). *Perancangan Alat Uji Getaran Suspensi Kendaraan Satu Roda*. In *Seminar Nasional Teknologi Terapan*. Vol 7.
- [7] Hakim, A. A., *Pemodelan Dan Analisis Pengaruh Perubahan Parameter Variable Orifice Sistem Suspensi Hidrolik Terhadap Gaya Redam Yang Dihasilkan Dan Respon Dinamis Penumpang Pada Sepeda Motor Honda Beat 2009 in Teknik Mesin*. 2017, Institut Teknologi Sepuluh November.
- [8] Listijorini, E., Susatio, Y., et al. *Design of half-car active suspension system for passenger riding comfort*. In *Regional Conference on Acoustics and Vibration 2017 (RECAV 2017)*.
- [9] Kunya, B. A., et al. *Half Car Suspension System Integrated with PID Controller*. In *Proceedings 29th European Conference on Modelling and Simulation* ©ECMS Valeri M. Mladenov, Petia Georgieva

- [10] Gandhi, P., et al. *Performance Analysis of Half Car Suspension Model with 4 DOF using PID, LQR, FUZZY and ANFIS Controllers*. In *7th International Conference on Advances in Computing & Communications, (ICACC) 2017*
- [11] Shelke, G, D., *Analysis and Validation of Linear Half Car Passive Suspension System with Different Road Profiles*. In *7th National conference on Recent Developments in Mechanical Engineering (RDME) 2018*.