

Performansi Alat Uji Getaran Kendaraan Model Satu Roda Terhadap Pengaruh Gelombang Jalan

Pipit Wahyu Nugroho^{1)*}, Utsman Syah Amrullah¹⁾, Khambali¹⁾, Achmad Walid¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang,

Jl. Soekarno Hatta No.9, Jatimulyo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65141

Jalan Soekarno-Hatta No. 9 Malang, 65141

*pipit.wahyu@polinema.ac.id

Abstract

The comfort of vehicle passengers and the stability of driving it is one of the important variables that is always desired by everyone who uses transportation. In order to achieve this goal, the vehicle's suspension will play an important role because its function is to isolate passengers from the influence of excitation from outside the vehicle and regulate the stability of the vehicle so that the wheels remain attached to the road surface. The performance of each suspension really needs to be tested so that its condition can be analyzed and if possible, a suspension with better performance can be developed. In this research, a model of one-wheeled vehicle vibration test equipment was designed to be used to test vehicle comfort and stability. The design starts from the drive transmission components from the motorbike to the road profile components, in terms of dimensions, shape and constituent materials. These road surface components include the motor, camshaft, connecting rod, road surface plate, support shaft and wheels. Each component is assembled into a single test equipment system and its movement will be simulated. This design is based on Computer Aided Design with Catia software. Vehicle model testing is carried out by simulation with excitation forces in the form of sinusoidal waves and step functions with various types of suspension, including soft, medium and hard. The test results showed a good response. Soft and Medium suspension types can handle vibrations very well, especially from the level of response speed on relatively flat roads. Meanwhile, the Hard type suspension is very good at dampening vibrations on bumpy roads.

Keywords: vibration, suspension, vehicle, components

1. Pendahuluan

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. Komponen utama sistem suspensi adalah pegas dan damper (*shock absorber*), sedangkan komponen tambahannya berupa *ball joint*, *steering link*, *suspension arm* dan *frame*.

Perancangan sistem suspensi kendaraan sangat menentukan tingkat kenyamanan yang dirasakan penumpang dan juga memberikan efek kestabilan kendaraan. Efek lebih jauh berdampak pada kesehatan dan keselamatan penumpang [1].

Pengujian suspensi kendaraan dalam hal tingkat kenyamanan dan kestabilannya terhadap gaya eksitasi dari gelombang jalan yang dilewati sangat diperlukan untuk bisa membuat analisis yang benar. Alat uji yang digunakan bisa dalam skala kecil, misalkan satu roda atau dua roda, maupun dalam skala besar dengan menggunakan mobil yang sesungguhnya, disesuaikan dengan kebutuhan dan pendanaan.[2]

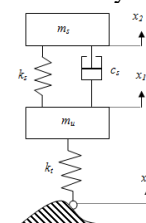
Penelitian sebelumnya berhasil mengembangkan perancangan alat uji suspensi kendaraan model satu roda atau seperempat mobil. Penelitian ini merancang alat uji getaran kendaraan satu roda, sebagai bentuk yang paling sederhana.

Setiap komponen kemudian dirangkai atau diasembli menjadi satu sistem dan bisa disimulasikan, yang selanjutnya diuji dengan model gelombang jalan. Hasil-hasil perancangan ini dapat dipakai sebagai acuan dalam proses pengujian sistem suspensi kendaraan yang sangat dibutuhkan baik untuk sekedar mengukur performansi suspensi maupun dalam rangka pengembangan model suspensi dan rangka kendaraan di masa yang akan datang.

2. Metode Penelitian

2.1. Formasi Eksitasi

Getaran yang terjadi pada sistem suspensi merupakan suatu model matematika yang diturunkan dari hukum Newton ke II. [3] Dari model getaran kendaraan satu roda dengan tinjauan dua derajat kebebasan berikut ini, bisa diturunkan persamaan model matematikanya sebagai berikut:



Gambar 1. Model Kendaraan Satu Roda Dua Derajat Kebebasan

$$m_s \ddot{x}_2 + c_s (\dot{x}_2 - \dot{x}_1) + k_s (x_2 - x_1) = 0 \quad (1)$$

$$m_u \ddot{x}_1 + k_t (x_1 - x_{in}) + c_s (\dot{x}_1 - \dot{x}_2) + k_s (x_1 - x_2) = 0 \quad (2)$$

Keterangan:

m_s adalah massa kendaraan dan penumpang (Kg),

m_u adalah massa roda (ban) kendaraan (Kg),

c_s adalah konstanta peredam/damper (Kg/s),

k_s adalah konstanta kekakuan pegas (Kg/s²),

k_t adalah konstanta kekakuan ban (Kg/s²),

x_1 adalah perpindahan dari m_u (m)

x_2 adalah perpindahan dari m_s (m)

x_{in} adalah profil permukaan jalan (m)

Dalam pengujian getaran secara simulasi permukaan jalan dimodelkan menjadi dua bentuk permukaan untuk mewakili ragam permukaan jalan yaitu sinusoidal dan step.

Komponen profil permukaan jalan dirancang dengan data awal beban kendaraan satu roda. Setiap komponen ditentukan ukuran dan material yang dipakai. Dari hasil rancangan dibuat gambar kerjanya, kemudian setiap komponen diassembly dengan komponen lain sehingga menjadi satu kesatuan sistem alat uji.

2.2. Kenyamanan dan kestabilan kendaraan

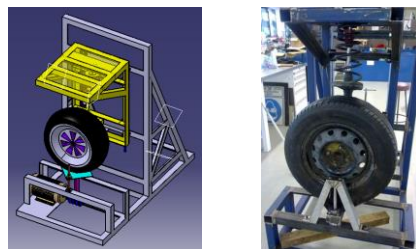
Istilah kenyamanan dalam berkendara bagi penumpang adalah adanya rasa nyaman dan relatif tenang di dalam kendaraan walaupun kondisi jalan bergelombang. Guncangan akibat bentuk permukaan jalan yang penuh lobang atau tidak rata seharusnya mampu diredam oleh sistem suspensi kendaraan sehingga penumpang seperti diisolasi dari gaya eksitasi luar.

Tingkat kenyamanan yang dirasakan penumpang secara matematis bisa diukur dari nilai \ddot{x} (percepatan gerak kendaraan) pada persamaan (1) dan (2). Semakin rendah \ddot{x} yang dihasilkan maka semakin baik tingkat kenyamanan. [4]

Guncangan akibat profil jalan yang tidak rata juga mengakibatkan kendaraan sulit dikendalikan sehingga dalam kondisi terburuk, kendaraan bisa terguling. Sistem suspensi juga berfungsi menjaga agar permukaan roda tetap menempel pada jalan sehingga gerak kendaraan bisa dikendalikan menjadi lebih stabil. Secara matematis tingkat kestabilan kendaraan bisa diukur dari jarak antara bodi kendaraan dan permukaan jalan. Jika perbedaan jarak bisa dikendalikan nilainya semakin kecil berarti kendaraan semakin stabil. [5][6]

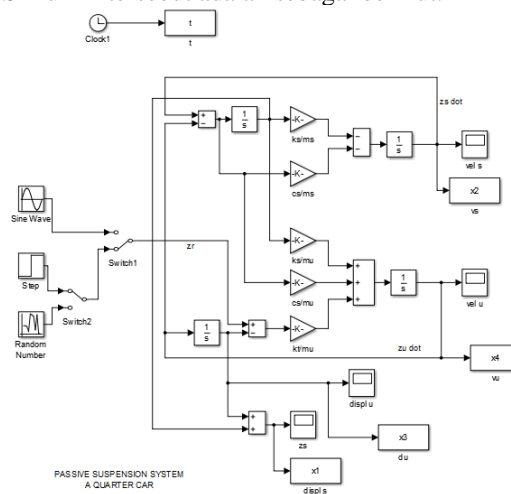
3. Hasil dan Pembahasan

A. Data hasil akhir perancangan Alat Uji Getaran Kendaraan Model Satu Roda pada gambar berikut.



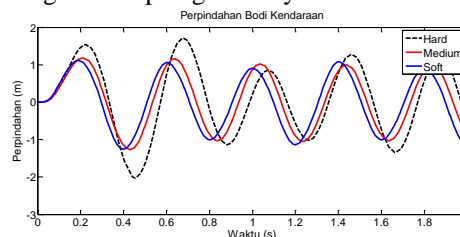
Gambar 2. Hasil Rancangan Alat Uji

Data hasil percobaan dan pengolahannya yaitu berupa konstanta kekakuan ban (k_t), konstanta spring (k_s) dan konstantan peredaman (c_s) disimulasikan ke dalam program Simulink Matlab untuk mendapatkan respon getaran kendaraan dengan dua jenis profil jalan: sinusoidal dan step. Diagram Simulink tersebut adalah sebagai berikut.



Gambar 3. Diagram Blok Simulink

Grafik-grafik respon getarannya berikut ini



Gambar 4. Grafik Respon Perpindahan Bodi Kendaraan dengan Fungsi Sinus

Tabel 1. Getaran Perpindahan Suspensi Jenis Hard Untuk Fungsi Sinusoidal

No	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	t_r	0.05 – 0.25 s
2	Maximum Amplitude	M_P	1.8 m
3	Peak Amplitude	A_P	-2.0 m
4	Steady State	SS	0.8 s

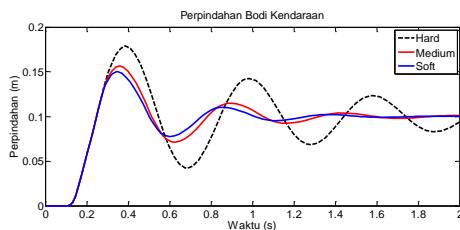
Tabel 2. Data Getaran Perpindahan Suspensi Jenis *Medium* Untuk Fungsi Sinusoidal

No	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	t_r	0.05 – 0.25 s
2	Maximum Amplitude	M_P	1.2 m
3	Peak Amplitude	A_P	-1.2 m
4	Steady State	SS	0.7 s

Tabel 3. Data Getaran Perpindahan Suspensi Jenis *Soft* Untuk Fungsi Sinusoidal

No	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	t_r	0.05 – 0.2 s
2	Maximum Amplitude	M_P	1.0 m
3	Peak Amplitude	A_P	-1.2 m
4	Steady State	SS	0.65 s

Dari Gambar 4. Grafik Respon Perpindahan Bodi Kendaraan dengan Profil Jalan Fungsi Sinusoidal dapat dijelaskan bahwa getaran/perpindahan bodi kendaraan yang dihasilkan suspensi soft didapat respon yang relatif paling bagus. Hal ini disebabkan karena waktu yang dibutuhkan untuk mencapai situasi *steady state* tidak terlalu lama yaitu 0.65 detik, sedangkan untuk suspensi *medium* dan *hard* berturut-turut 0.7 dan 0.8 detik. *Rise time* atau jarak gelombang getaran yang dihasilkan suspensi *soft* antara 0.05 detik hingga 0.2 detik, sedangkan untuk suspensi *medium* dan *hard* memiliki data yang sama, yaitu 0.05 sampai dengan 0.025 detik.



Gambar 5. Grafik Respon Perpindahan Bodi Kendaraan dengan Fungsi *Step*

Tabel 4. Getaran Perpindahan Suspensi Jenis *Hard* Untuk Fungsi *Step*

No	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	t_r	0.1 – 0.4 s
2	Maximum Amplitude	M_P	0.18 m
3	Peak Amplitude	A_P	0.1 m
4	Steady State	SS	2.8 s

Tabel 5. Getaran Perpindahan Suspensi Jenis *Medium* Untuk Fungsi *Step*

No	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	t_r	0.1 – 0.3 s
2	Maximum Amplitude	M_P	0.155 m
3	Peak Amplitude	A_P	0.1 m
4	Steady State	SS	1.8 s

Tabel 6. Getaran Perpindahan Suspensi Jenis *Soft* Untuk Fungsi *Step*

No	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	t_r	0.1 – 0.3 s
2	Maximum Amplitude	M_P	0.15 m
3	Peak Amplitude	A_P	0.1 m
4	Steady State	SS	1.6 s

Dari Gambar 5. Grafik Respon Perpindahan Bodi Kendaraan dengan Fungsi *Step* menunjukkan bahwa getaran atau perpindahan bodi kendaraan yang dihasilkan suspensi *soft* memperoleh respon yang relatif paling bagus. Hal ini disebabkan karena waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi *steady state* tidak terlalu lama yaitu hanya sekitar 1.6 detik, sedangkan untuk suspensi jenis *medium* dan *hard* berturut-turut 1.8 dan 2.8 detik. *Rise time* atau jarak gelombang getaran yang dihasilkan suspensi *soft* antara 0.1 detik hingga 0,3 detik, sedangkan untuk suspensi *medium* dan *hard* memiliki data hampir sama yaitu berturut-turut 0.1 ÷ 0.4 detik dan 0.1 ÷ 0.3 detik.

4. Kesimpulan

Cara mendesain komponen-komponen alat uji getaran model seperempat kendaraan, diawali dengan menentukan beban seperempat kendaraan dan kapasitas motor yang digunakan. Komponen-komponen yang dirancang adalah *camshaft*, *connecting rod*, plat permukaan jalan, poros pendukung, roda dan motor. Hasil tahap ini berupa gambar kerja setiap komponen.

Komponen-komponen alat uji getaran kemudian dirakit menjadi satu dan kemudian dilakukan percobaan. Hasil rakitan tahap pertama merupakan eksitasi dari gaya yang mendorong roda agar bisa mendukung beban. Hasil tahap ini berupa gambar assembli dan rakitan riil alat uji getaran kendaraan satu roda.

Dari hasil pengujian alat uji getaran ini ternyata, suspensi jenis *soft* dan *medium* bisa meredam getaran akibat gelombang jalan yang tidak terlalu tajam dengan kecepatan respon yang sangat baik, atau jenis suspensi ini cocok untuk permukaan jalan yang relatif rata. Sedangkan suspensi jenis *hard* bisa meredam dengan baik getaran akibat gelombang jalan yang tajam dengan kecepatan respon yang juga sangat baik. Suspensi jenis ini

sesuai untuk jalanan yang punya tingkat gelombang yang besar.

Daftar Pustaka

- [1] Wei, Y., Wu, M., Tang, Z., Yang, L. & Lu, J., 2022, Nonlinear Transfer Characteristics of Air Spring Struts with High-Fidelity Quarter car Tests and Theoretical Modeling, *Journal of Vibration Engineering & Technologies*.
- [2] Dixon, J., 2009, *Suspension Geometri and Computation*, United Kingdom, John Wiley and Sons, 2nd Edition,
- [3] Nugroho, P.W., Lee, W., Alici, G., Du, H. 2014, An Adaptive Neuro Fuzzy Hybrid Control Strategy for a Semi Active Suspension with Magneto Rheological Damper, *Advances in Mechanical Engineering*, Vol. 2014, 11 halaman, Hindawi Publishing Corporation.
- [4] Eslaminasab, N 2008, 'Development of a Semi-active Intelligent Suspension System for Heavy Vehicles', Thesis, Canada, University of Waterloo.
- [5] ISO 2631 1,2., 1997, *Mechanical Vibration and Shock Evaluation of Human Exposure to Whole Body Vibration*. Geneva, International Organisation for Standardisation.
- [6] Nugroho, P.W., Rarindo, H & Dani A., 2020, *Desain Suspensi Adaptif dalam Tinjauan Dua Derajat Kebebasan*, Prosiding Seminar Nasional Teknologi Terapan.
- [7] Nugroho, P.W., Agustriyana, L & Hadi S., 2022, *Desain Model Eksitasi pada Alat Uji Getaran Kendaraan Satu Roda*, Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Manufaktur
- [8] Hedrich, P., Johe, M., & Pelz, P. F. (2016). Design and realization of an adjustable fluid powered piston for an active air spring.
- [9] Qi, H., Chen, Y., Zhang, N., Zhang, B., Wang, D., & Tan, B. (2020). Improvement of both handling stability and ride comfort of a vehicle via coupled hydraulically interconnected suspension and electronic controlled air spring. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 234(2-3), 552-571.
- [10] Jiang, H., Ye, S., & Du, Y. (2016). Study on basic features of gas-liquid mechanical coupling suspension strut. *International Journal of Vehicle Design*, 72(1), 88-105.
- [11] Ahmad, M. A., Shah, S. I. A., Shams, T. A., Javed, A., & Rizvi, S. T. U. I. (2021). Comprehensive design of an oleo-pneumatic nose landing gear strut. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering*, 235(12), 1605-1622.
- [12] Li, Y., Jiang, J. Z., Neild, S. A., & Wang, H. (2017). Optimal inerter-based shock-strut configurations for landing-gear touchdown performance. *journal of aircraft*, 54(5), 1901-1909.
- [13] Li, Y., Jiang, J. Z., Sartor, P., Neild, S. A., & Wang, H. (2017). Including inerters in aircraft landing gear shock strut to improve the touch-down performance. *Procedia engineering*, 199, 1689-1694.
- [14] Bhonge, A., Daniel, S., Bhandare, S., & Joshi, K. Design Analysis Fabrication and Testing of Progressive Air Suspension Strut. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 3(11), 236913.
- [15] Tener, D. R. (2004). Overcoming the ride/handling compromise-A cockpit adjustable suspension system (No. 2004-01-1078). SAE Technical Paper.