

Analisa Gerakan Rolling, Pitching, dan Vertikal Truk 3 Axle dengan Penggerak Motor Listrik IWM pada Saat Melewati Polisi Tidur

by Ivan Christian Hernando

Submission date: 27-Aug-2024 08:32PM (UTC+0700)

Submission ID: 2439049880

File name: 2._Isi.pdf (1.13M)

Word count: 2119

Character count: 11850

Analisa Gerakan Rolling, Pitching, dan Vertikal Truk 3 Axle dengan Penggerak Motor Listrik IWM pada Saat Melewati Polisi Tidur

Ivan Christian Hernando^{1*}

¹ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra
Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236, Indonesia

*Penulis korespondensi; E-mail: ivan.hernando@petra.ac.id

ABSTRAK

Paper ini menginvestigasi bagaimana gerakan rolling, pitching, dan gerakan vertikal dari sebuah truk dengan tiga axle. Analisa ini diselesaikan dengan melakukan pemodelan dinamis terlebih dahulu pada truk kemudian setelah model dinamik didapatkan selanjutnya dilakukan pembuatan model Simulink pada software Matlab. Analisa dilakukan dengan membuat asumsi kendaraan melewati sebuah polisi tidur. Kendaraan melewati polisi tidur dengan kecepatan yang disesuaikan dengan kecepatan roda berputar dimana roda digerakkan oleh sebuah motor yang tertanam pada velg atau disebut dengan in wheel motor. Hasil pergerakan dari masing-masing bagian dari truk yang dipertimbangkan ditampilkan dalam bentuk grafik. Dari hasil tersebut dapat terlihat bahwa truk membutuhkan sebuah alat untuk meredam getaran dari rolling. Hal ini mengakibatkan tinggi perpindahan maksimum dari tempat duduk adalah 11.2 cm yang dimana hampir sama dengan tinggi maksimum polisi tidur yang tentu akan mengurangi kenyamanan pengemudi.

Kata kunci: Truk tiga axle, getaran, simulasi.

ABSTRACT

This paper investigates the rolling, pitching, and vertical movements of a three-axle truck. This analysis was completed by first performing dynamic modeling on the truck, then after obtaining the dynamic model, a Simulink model was created in Matlab software. The analysis is carried out by making the assumption that the vehicle will pass a speed bump. The vehicle passes the bumps at a speed that is adjusted to the speed of the rotating wheels where the wheels are driven by a motor embedded in the wheel or called an in-wheel motor. The movement results of each considered part of the truck are displayed in graphical form. From these results, it can be seen that trucks need a tool to dampen vibrations from rolling. This results in a maximum displacement height of the seat being 11.2 cm which is almost the same as the maximum height bump which will certainly reduce driver comfort.

Keywords: Three-axle truck, vibration, simulation.

PENDAHULUAN

Analisa vibrasi berkontribusi secara besar untuk memberikan perbaikan berbagai bidang dan produk seperti dunia penerbangan, transportasi, dan lain sebagainya [1-3]. Secara umum, tujuan akhir yang ingin dicapai melalui analisa vibrasi ini adalah untuk menghilangkan vibrasi yang tidak diinginkan. Eksitasi searah vertikal terjadi karena adanya interaksi antara roda dan permukaan jalan. Ketinggian permukaan jalan yang tidak rata serta kecepatan kendaraan yang tidak sama akan menyebabkan tingkat getaran yang berbeda [4-5].

Penelitian terdahulu yang telah dilakukan adalah analisa vibrasi truk tiga axle pada kecepatan

rendah dengan interaksi roda dan jalan berupa gelombang sinusoidal. Penelitian menggunakan model truk Benz 2624 yang dimodelkan dalam 19 DOF. Didapati bahwa gerakan rolling menjadi semakin besar seiring dengan bertambahnya waktu [6]. Penelitian ini tidak memperhatikan kondisi jalan yang lain. Untuk itu, pada paper ini dilakukan analisa gerakan pada truk tiga axle pada saat melewati sebuah polisi tidur. Disamping itu, kondisi longitudinal kendaraan ditentukan oleh model motor IWM sebagai penggerak truk. Dinamika linear dari model truk dapat diturunkan sesuai dengan referensi [7], sedangkan dinamika rotasinya dapat diturunkan sesuai dengan referensi [8].

Gambar 1. Model dinamik truk 3 axle [9]

Truk dengan 3 *axle* dapat dimodelkan seperti pada gambar 1. Melalui gambar tersebut dapat terlihat input dari *track* berupa perpindahan vertikal yang berada pada masing-masing roda yaitu pada roda 1 adalah w_1 , perpindahan pada roda 2 adalah w_2 , perpindahan pada roda 3 adalah w_3 , perpindahan pada roda 4 adalah w_4 , perpindahan pada roda 5 adalah w_5 , perpindahan pada roda 6 adalah w_6 . Perpindahan pusat massa vertikal pada *axle* pertama (depan) dilambangkan dengan w_{101} , perpindahan pusat massa vertikal pada *axle* kedua (tengah) dilambangkan dengan w_{102} , dan perpindahan pusat massa vertikal pada *axle* ketiga (belakang) dilambangkan dengan w_{103} . Pusat massa *axle* juga mengalami rotasi searah sumbu x . Rotasi searah sumbu x pada *axle* pertama dilambangkan dengan θ_{101} , rotasi searah sumbu x pada *axle* kedua dilambangkan dengan θ_{102} , rotasi searah sumbu x pada *axle* ketiga dilambangkan dengan θ_{103} .

Ketiga *axle* terhubung dengan *body* truk melalui sistem pegas dan peredam. Pusat massa *body* truk mengalami perpindahan vertikal yaitu w_{100} . Pusat massa *body* truk juga mengalami rotasi searah sumbu x yaitu θ_{100} dan rotasi searah sumbu y yaitu ϕ_{100} . Kepala truk terhubung dengan *body* truk melalui 4 sistem pegas dan peredam pada ujung-ujungnya. Pusat massa kepala truk mengalami perpindahan vertikal yaitu w_{104} . Pusat massa kepala truk juga mengalami rotasi searah sumbu x yaitu θ_{104} dan rotasi searah sumbu y yaitu ϕ_{104} . Pada bagian dalam kepala truk terdapat kursi pengemudi yang dihubungkan ke kepala truk dengan pegas dan peredam. Kursi pengemudi mengalami perpindahan secara vertikal yaitu w_{106} . Model motor dan roda pada truk ini menggunakan model berdasarkan referensi [10].

Berdasarkan keterangan diatas maka dapat dibuat model *simulink* pada *software* Matlab. Model *Simulink* dari masing-masing *degree of freedom* dapat dilihat pada gambar 1 s.d 8.

Nilai konstanta-konstanta massa, momen inersia, konstanta pegas, konstanta redaman pada masing-masing bagian truk sesuai dengan referensi [9] dapat dilihat pada tabel 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi dilakukan dengan memberikan tegangan pada motor sebesar 110kV dan waktu simulasi 25 detik. Tegangan ini membuat truk bergerak maju dengan grafik kecepatan seperti gambar 9.

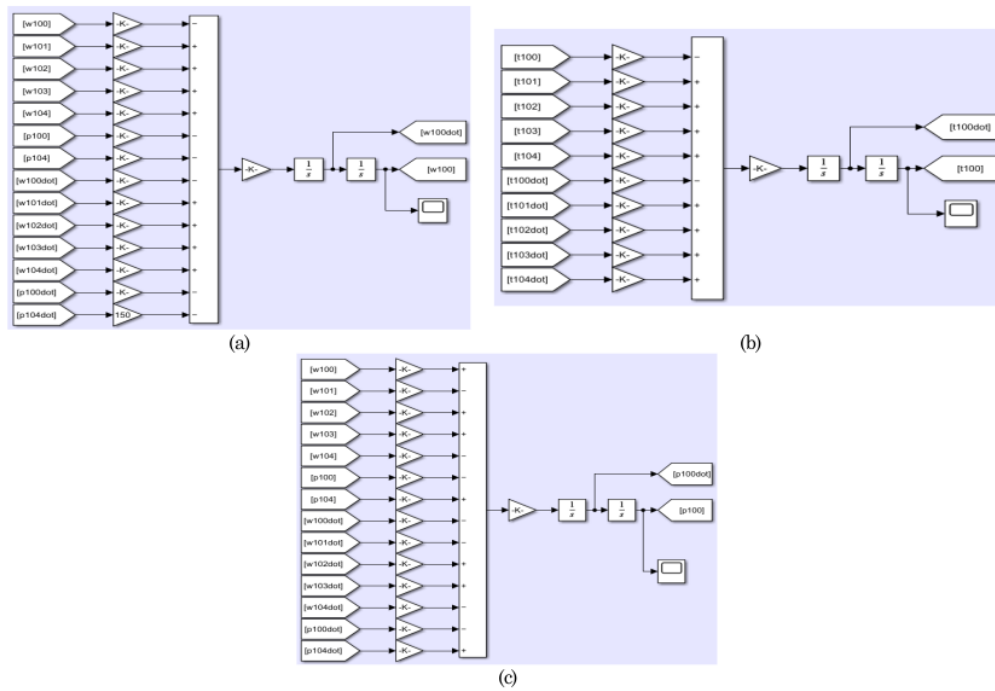
Melalui gambar 9 terlihat bahwa kendaraan mengalami percepatan konstan ditandai dengan kemiringan grafik kecepatan terhadap waktu yang stabil. Eksitasi dari masing-masing roda, gerakan pusat *axle* terhadap sumbu *z*, dan gerakan *rolling* dari masing-masing *axle* dapat dilihat seperti pada gambar 10.

Melalui grafik gambar 10 terlihat bahwa dengan kondisi eksitasi yang sama, pusat *axle* belakang mengalami perubahan pada arah sumbu *z* yang lebih kecil namun mengalami gerakan *rolling* yang lebih besar. Gerakan *rolling* dari masing-masing *axle* memiliki frekuensi yang mendekati sama dan gerakan *rolling* pada kedua *axle* belakang identik sehingga grafiknya bertumpukan. Gerakan searah pada sumbu *z*, *rolling*, dan *pitching* dari *body* truk dapat dilihat pada gambar 11.

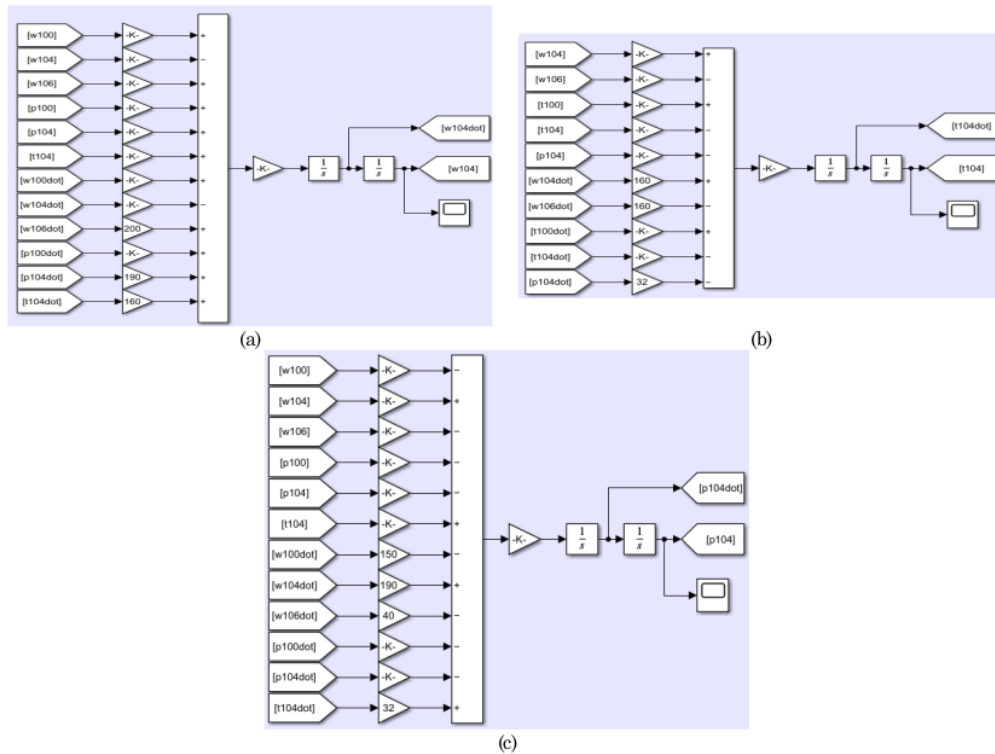
Melalui grafik gambar 11 terlihat bahwa gerakan searah pada sumbu z memiliki perpindahan maksimum mendekati setengah dari ketinggian maksimum polisi tidur. Terlihat bahwa pada gerakan *pitching* memiliki nilai beda sudut yang lebih besar dibandingkan dengan gerakan *rolling* namun dapat teredam dengan lebih cepat. Gerakan searah pada sumbu z, *rolling*, dan *pitching* dari kepala truk dapat dilihat pada gambar 12.

Melalui grafik gambar 12 terlihat bahwa gerakan searah sumbu z dan *rolling* membentuk *trend* yang sama dengan gerakan pada *body* truk namun gerakan *pitching* memiliki *trend* yang berkebalikan dengan gerakan pada *body* truk. Nilai maksimum pada masing-masing gerakan pada kepala truk memiliki nilai terbesar yang lebih besar dari gerakan pada *body* truk. Gerakan searah pada sumbu z kursi pengemudi truk dapat dilihat pada gambar 13.

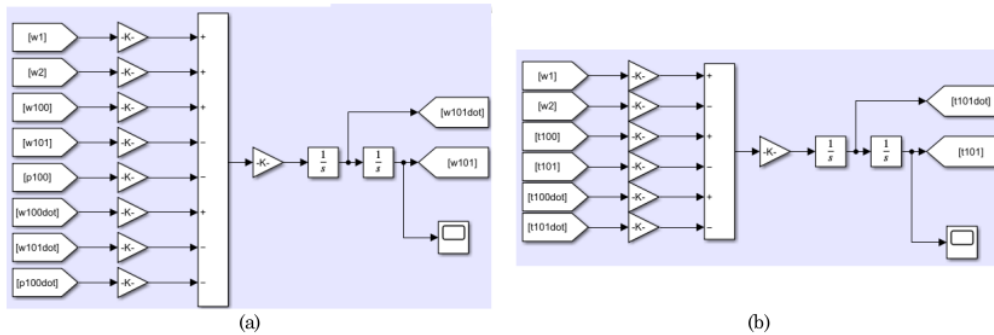
Melalui grafik gambar 13 terlihat bahwa perpindahan terbesar searah sumbu z mendekati nilai ketinggian maksimum polisi tidur. Disamping itu, gerakan searah pada sumbu z dari kursi pengemudi mengalami osilasi yang berkelanjutan dengan peredaman yang kurang baik sehingga kursi pengemudi masih bergerak searah sumbu z walaupun semua roda truk telah melewati polisi tidur. Ketinggian dari polisi tidur adalah 12 cm dengan lebar datar 15 cm dan kemiringan 15% sesuai dengan referensi [11].



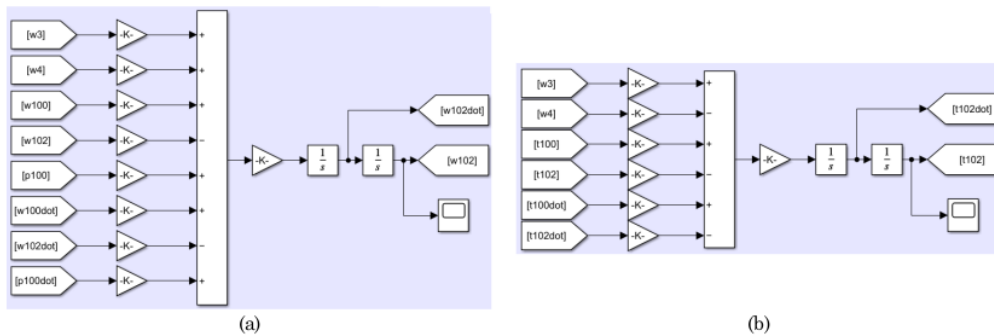
Gambar 2. Block Simulink body truk (a) gerakan vertikal, (b) gerakan rolling, (c) gerakan pitching



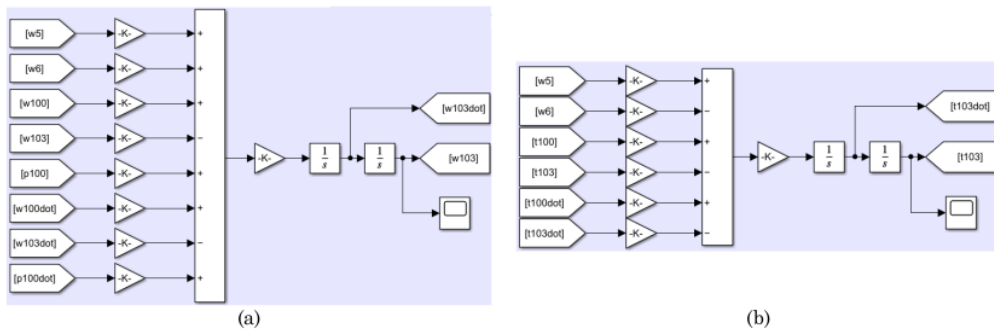
Gambar 3. Block Simulink kepala truk (a) gerakan vertikal, (b) gerakan rolling, (c) gerakan pitching



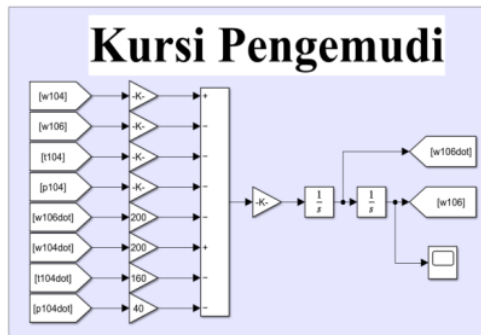
Gambar 4. Block Simulink axle pertama truk (a) gerakan vertical, (b) gerakan rolling



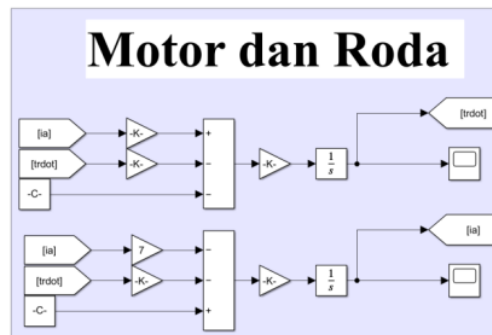
Gambar 5. Block Simulink axle kedua truk (a) gerakan vertical, (b) gerakan rolling



Gambar 6. Block Simulink axle ketiga truk (a) gerakan vertical, (b) gerakan rolling



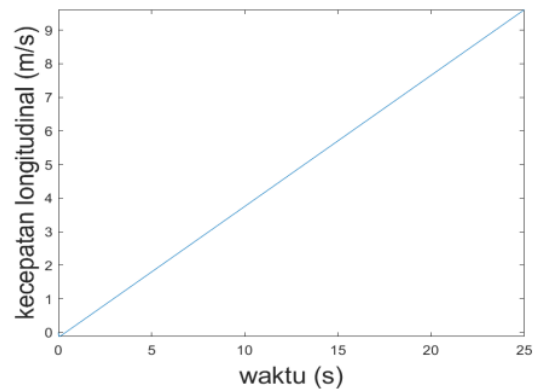
Gambar 7. Block Simulink tempat duduk truk



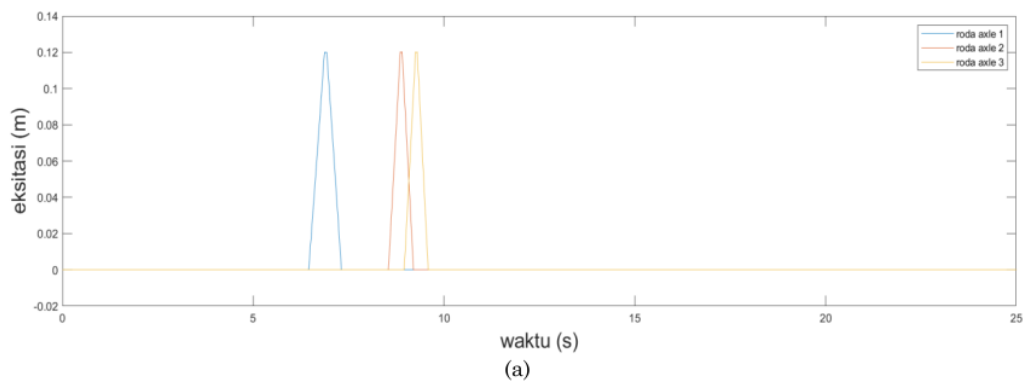
Gambar 8. Block Simulink motor dan roda truk

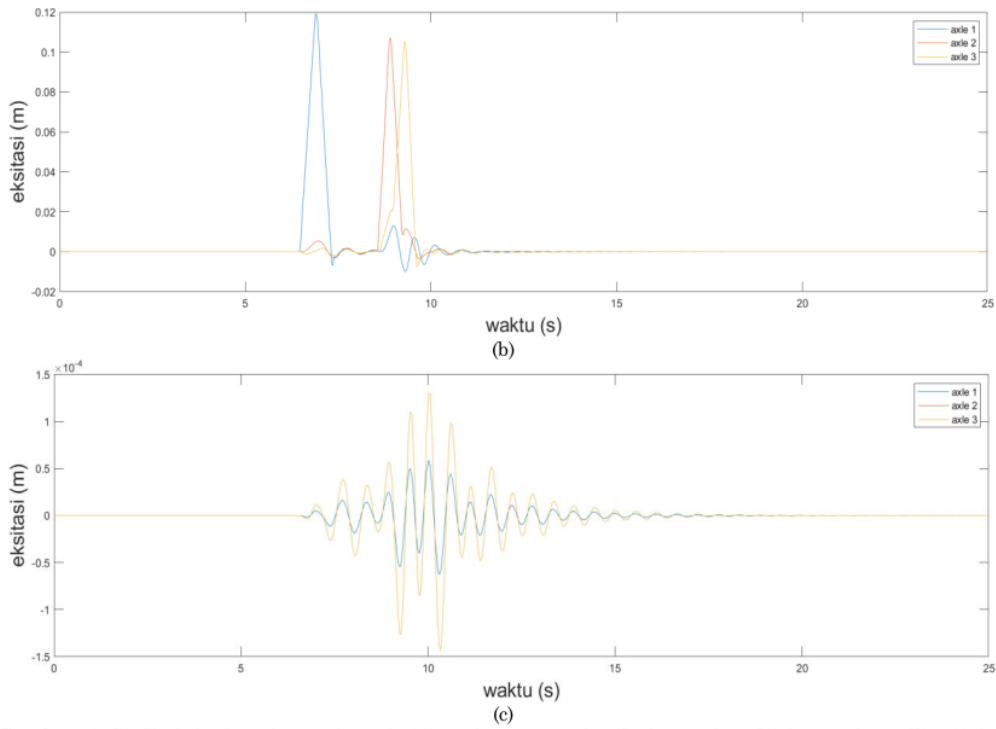
Tabel 1. Daftar nilai konstanta

Konstanta	Pengertian	Nilai
M_s	Massa tempat duduk dan pengemudi	$120kg$
M_c	Massa kepala truk	$500kg$
I_{cx}	Momen inersia kepala truk terhadap sumbu x	$150kg \cdot m^2$
I_{cy}	Momen inersia kepala truk terhadap sumbu y	$100kg \cdot m^2$
M_b	Massa <i>body</i> truk	$19000kg$
I_{bx}	Momen inersia <i>body</i> truk terhadap sumbu x	$7800kg \cdot m^2$
I_{by}	Momen inersia <i>body</i> truk terhadap sumbu y	$78000kg \cdot m^2$
M_1	Massa axle pertama	$450kg$
I_{1x}	Momen inersia axle pertama truk terhadap sumbu x	$280kg \cdot m^2$
M_2	Massa axle kedua	$1025kg$
I_{2x}	Momen inersia axle kedua truk terhadap sumbu x	$510kg \cdot m^2$
M_3	Massa axle ketiga	$1025kg$
I_{3x}	Momen inersia axle ketiga truk terhadap sumbu x	$510kg \cdot m^2$
k_s	Konstanta pegas tempat duduk	$20 \cdot 10^3 N/m$
$k_{c1}, k_{c2}, k_{c3}, k_{c4}$	Konstanta pegas kepala truk (k_c)	$100 \cdot 10^3 N/m$
k_1, k_2	Konstanta pegas axle pertama (k_f)	$10.2 \cdot 10^4 N/m$
k_3, k_4, k_5, k_6	Konstanta pegas axle kedua dan ketiga (k_r)	$20.9 \cdot 10^4 N/m$
k_{w1}, k_{w2}	Konstanta kekakuan roda depan (k_{wf})	$0.69 \cdot 10^6 N/m$
$k_{w3}, k_{w4}, k_{w5}, k_{w6}$	Konstanta kekakuan roda penggerak (k_{wr})	$1.38 \cdot 10^6 N/m$
c_s	Konstanta redaman tempat duduk	$0.2 \cdot 10^3 Ns/m$
$c_{c1}, c_{c2}, c_{c3}, c_{c4}$	Konstanta redaman kepala truk (c_c)	$0.75 \cdot 10^3 Ns/m$
c_1, c_2	Konstanta redaman axle pertama (c_f)	$7028.5 Ns/m$
c_3, c_4, c_5, c_6	Konstanta redaman axle kedua dan ketiga (c_r)	$14090.78 Ns/m$

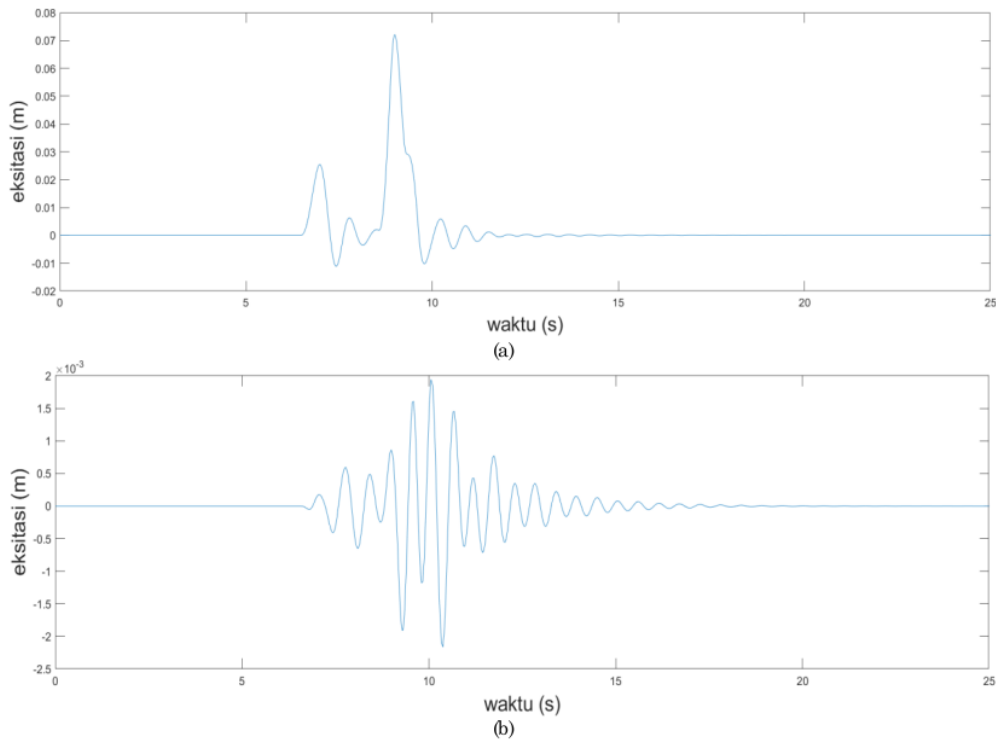


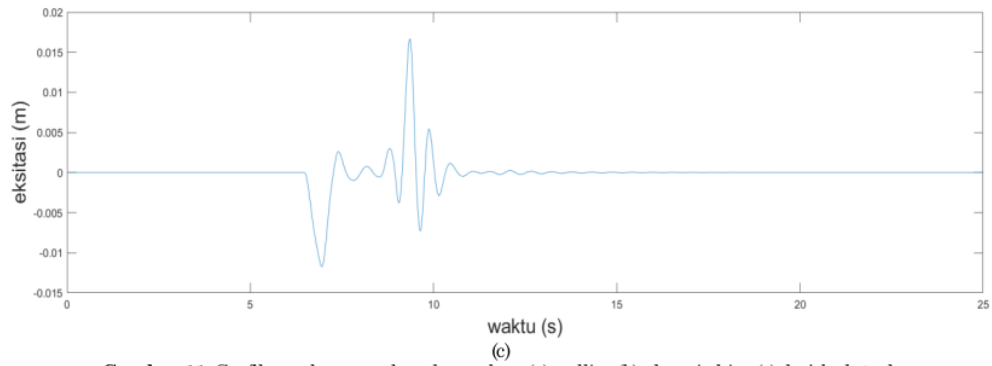
Gambar 9. Grafik kecepatan truk (m/s) terhadap waktu (s)



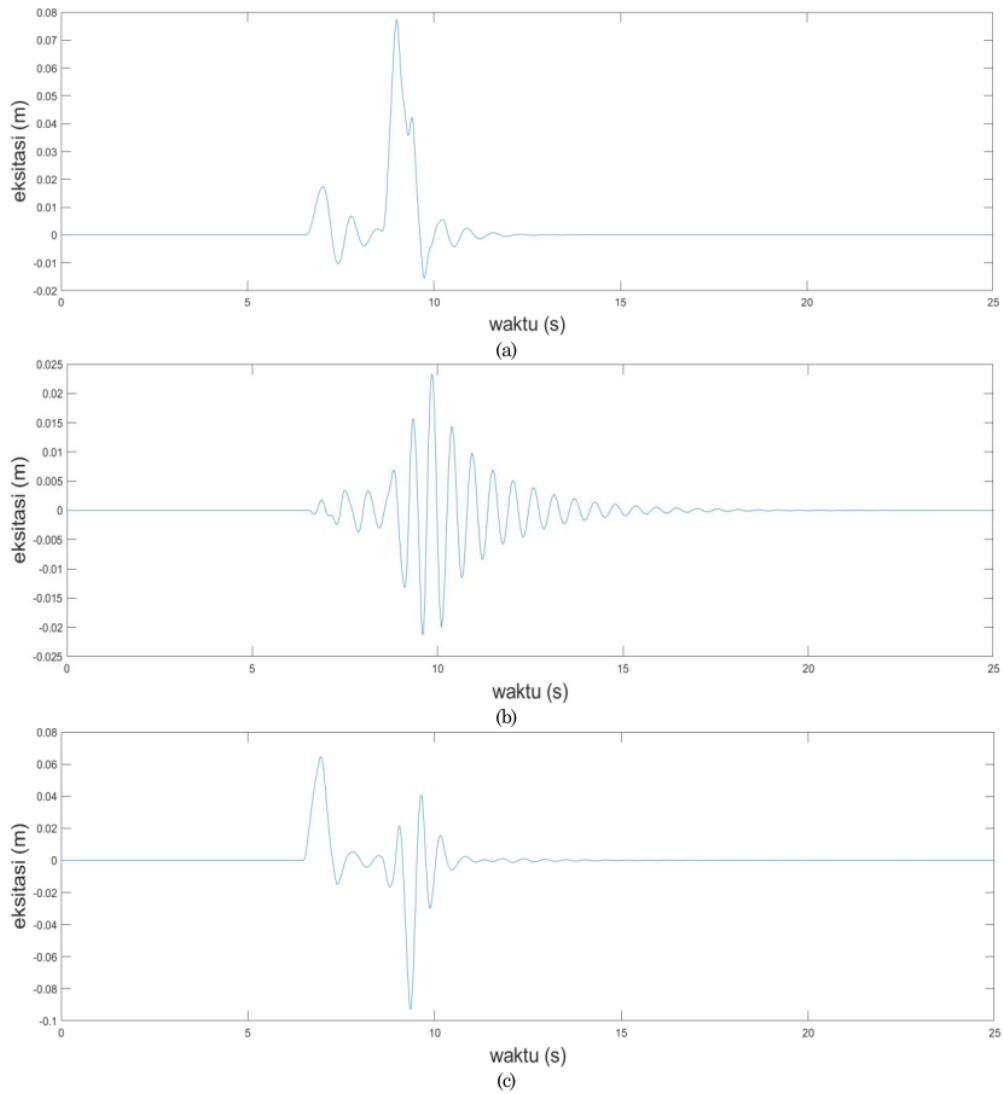


Gambar 10. Grafik eksitasi masing-masing roda (a), gerakan pusat *axle* terhadap sumbu z (b), dan gerakan *rolling* (c) dari masing-masing *axle*

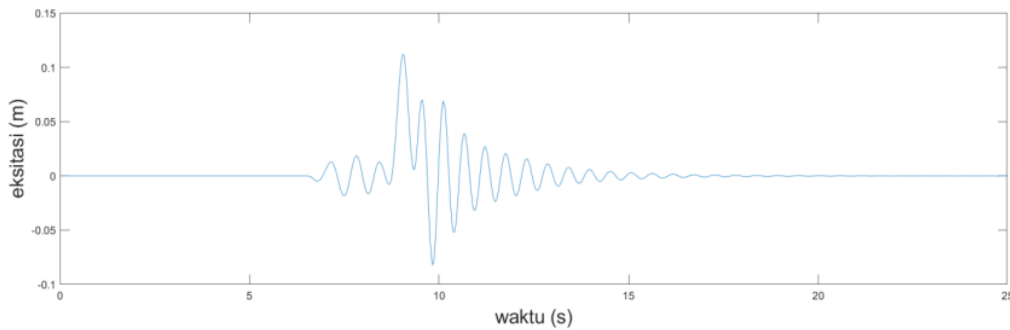




Gambar 11. Grafik gerakan searah pada sumbu z (a), *rolling* (b), dan *pitching* (c) dari *body* truk



Gambar 12. Grafik gerakan searah pada sumbu z (a), *rolling* (b), dan *pitching* (c) dari kepala truk



Gambar 13. Grafik gerakan searah pada sumbu z dari kursi pengemudi truk

4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi yang didapatkan maka dapat disimpulkan bahwa secara umum gerakan *rolling* pada truk merupakan gerakan yang paling kecil peredamannya jika dibandingkan dengan bagian truk lainnya. Hal ini ditandai dengan adanya osilasi yang berkelanjutan walaupun semua roda truk telah melewati polisi tidur. Selain itu, didapati bahwa pada kursi pengemudi, gerakan searah sumbu z mengalami perpindahan yang cukup besar. Hal ini dapat terjadi karena adanya kontribusi dari gerakan *rolling* komponen lain dan peredaman kursi pengemudi yang kurang baik. Untuk itu disarankan kendaraan truk dapat menambahkan komponen peredam gerakan *rolling* seperti *sway bar* dan peredam pada kursi penumpang. Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk mempertimbangkan gerakan *yawing*, gerakan searah sumbu y, dan sumbu x dari kendaraan untuk bisa memahami karakteristik truk yang lebih utuh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mardanpour, P., Izadpanahi, E., Rastkar, S., Fazelzadeh, S.A., & Hodges, D. H. (2017). Geometrically Exact, Fully Intrinsic Analysis of Pre-Twisted Beams Under Distributed Follower Forces. *AIAA Journal*, 1-13.
- [2] Mardanpour, P., Izadpanahi, E., Rastkar, S., & Hodges, D.H. (2017). Nonlinear Aeroelastic Gust Suppression and Engine Placement. *Journal of Aircraft*, 1-4.
- [3] Mardanpour, P., Izadpanahi, E., Rastkar, S., & Hodges, D.H. (2017). Effects of engine placement on nonlinear aero elastic gust response of high-aspect-ratio wings. In *AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference* (p. 0576)
- [4] Hunt HEM (1991) Modelling of road vehicles for calculation of traffic-induced ground vibrations as a random process. *J Sound Vib.* 144(1):41–51. doi:10.1016/0022-460X(91)90731-X
- [5] Cebon D (1993) Interaction between heavy vehicles and roads. Warrendale (USA): Society of Automotive Engineers, SP951: ISBN: 1-56091-336-3
- [6] Hoseiniakram, P., & Rahmani, A. (2018). Vibration Analysis on Three-Axle Truck in Low Speed Induced By Sinusoidal Road Pavement. In *IJESCI*, 16239-16247.
- [7] Y. I. Bobrovnikskii. (1999). Some Energy Relation for Mechanical Systems. *IUTAM Symposium on Statical Energy Analysis Solid Mechanics and Its Application*. vol. 67, 37-46.
- [8] Close, C. M., Frederick, D. K., & Newell, J. C. (2001). *Modeling and Analysis of Dynamic Systems*. 3rd edition.
- [9] Li, B. (2006). *3D dynamic modeling and simulation of a multi-degree of freedom 3-axle rigid truck with trailing arm bogie suspension*. University of Wollongong. (Thesis Report)
- [10] Kalaiselvi, K., Abinaya, K., & Babu, P. R. (2018). Mathematical Modeling and Dynamic Simulation of DC Motors using MATLAB/Simulink Environment. *International Journal of Modern Trends in Engineering and Research*, 9-19.
- [11] Azhari, J. R. (2019, February 11). Mengenal Jenis Polisi Tidur yang Sesuai Standar Pemerintah. Retrieved from Kompas.com: <https://megapolitan.kompas.com/read/2019/02/11/16534581/mengenal-jenis-polisi-tidur-yang-sesuai-standar-pemerintah>

Analisa Gerakan Rolling, Pitching, dan Vertikal Truk 3 Axle dengan Penggerak Motor Listrik IWM pada Saat Melewati Polisi Tidur

ORIGINALITY REPORT

6%

SIMILARITY INDEX

6%

INTERNET SOURCES

2%

PUBLICATIONS

%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

karya.brin.go.id

Internet Source

2%

2

jurnal.poliupg.ac.id

Internet Source

2%

3

ejournal.nusamandiri.ac.id

Internet Source

1%

4

azismiftah.blogspot.com

Internet Source

1%

5

www.grafiati.com

Internet Source

1%

6

www.scribd.com

Internet Source

1%

Exclude quotes

Off

Exclude matches

< 1%

Exclude bibliography

On