

---

# PENGEMBANGAN DRIVING SIMULATOR KENDARAAN RODA EMPAT GUNA PENELITIAN SERTA PENINGKATAN KESADARAN ATAS PENGEMUDIAN YANG AMAN, NYAMAN DAN EFISIEN

**D. Michael Hendra, Joga Dharma Setiawan**  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UNDIP  
Jl.Prof.Soedarto, SH, Tembalang, Semarang  
E-mail: [dmichael\\_hendra@yahoo.co.id](mailto:dmichael_hendra@yahoo.co.id) )

## Abstrak

*Perkembangan teknologi simulasi memungkinkan dilakukannya pengujian pada model simulasi sehingga pengujian aktual yang membutuhkan biaya dan memiliki resiko dapat dikurangi. Menggunakan software MATLAB/Simulink dikembangkan driving simulator yang menggabungkan model konsumsi bahan bakar dengan dinamika engine, driveline, planar serta ride dari kendaraan roda empat yang divisualisasikan menggunakan fasilitas virtual reality. Driving simulator tersebut dapat digunakan untuk penelitian lebih lanjut tentang pengemudian yang hemat bahan bakar, efek manuver kendaraan terhadap sistem suspensi serta perilaku pitch dan roll-nya maupun disain sistem kontrol aktif pada suspensi. Driving simulator juga dapat digunakan untuk tahap awal dalam belajar mengemudi serta mengedukasi pengemudi tentang pengemudian yang aman, nyaman dan efisien.*

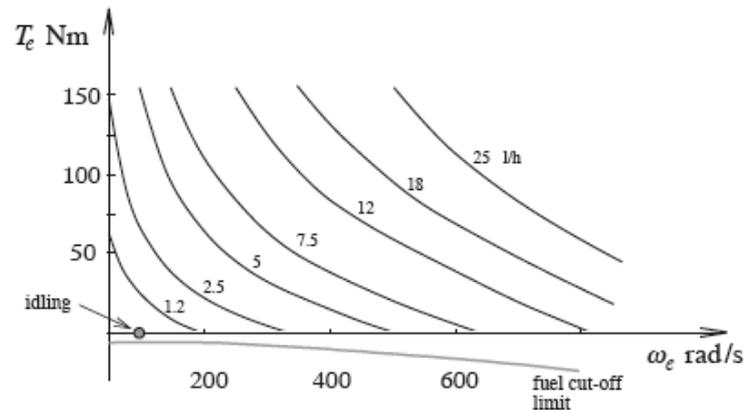
**Kata kunci:** *driving simulator, fuel consumption, vehicle dynamics*

## Pendahuluan

Pada pengemudi kendaraan bermotor seringkali terbentuk pola mengemudi yang tidak aman dan efisien baik karena pengemudi kurang mendapat informasi dan sarana edukasi mengenai efisiensi pemakaian bakar dan respon dinamik kendaraan terhadap manuver kecepatan tinggi sehingga menimbulkan kurangnya kesadaran dan pemahaman atas berkendara yang baik. Simulasi dan Virtual Reality merupakan sarana yang efektif dalam menjawab kebutuhan tersebut dimana pengemudi dapat mempelajari bagaimana kendaraan merespon berbagai kasus karakteristik mengemudi baik dari aspek keamanan, kenyamanan maupun konsumsi bahan bakar sehingga pengemudi dapat memperbaiki pola mengemudi mereka menjadi lebih aman, nyaman dan efisien.

Ada 2 pendekatan yang umum digunakan dalam membuat model simulasi yaitu pendekatan dinamik dan quasistatik. Pendekatan dinamik didasarkan pada deskripsi matematis dari sistem, biasanya model diformulasikan menggunakan rangkaian persamaan diferensial dalam bentuk state-space ataupun dalam bentuk lain seperti persamaan diferensial parsial juga kombinasi persamaan diferensial dengan aljabar. Pendekatan dinamik memiliki kekurangan berupa beban komputasi yang tinggi dan masalah fleksibilitas dimana ketika topologi sistem berubah diperlukan perubahan pada persamaan matematis. Model quasistatik didasarkan pada asumsi dalam jangka waktu yang pendek kendaraan bekerja pada suatu kondisi tertentu dan dalam pendekatan quasistatik pada jangka waktu tersebut kendaraan akan bekerja dengan karakteristik yang sudah ditentukan sebelumnya. Pada gambar. 1 dapat dilihat model algoritma pendekatan quasistatik untuk konsumsi bahan bakar dimana pada rentang variasi torsi mesin  $T_e$  dan kecepatan putar  $\omega_e$  tertentu kendaraan akan memiliki suatu laju konsumsi bahan bakar. Pendekatan quasistatik populer digunakan dalam simulasi karena beban komputasi yang minimal dengan konsekuensi akurasi simulasi.

Dalam pengembangan driving simulator ini digunakan kombinasi pendekatan dinamik dan quasistatik. Pada pemodelan dinamika engine dan driveline digunakan pendekatan quasistatik untuk menghindari persamaan matematik rumit yang membebani proses komputasi sehingga simulasi dapat berjalan dengan lancar. Pada pemodelan dinamika planar dan ride dari kendaraan yang merupakan efek dari sistem pegas dan massa yang dimiliki kendaraan digunakan pendekatan dinamik sehingga model dan hasil respon kendaraan diperoleh dapat digunakan lebih lanjut untuk studi aspek keamanan dan kenyamanan kendaraan juga perancangan sistem suspensi aktif.

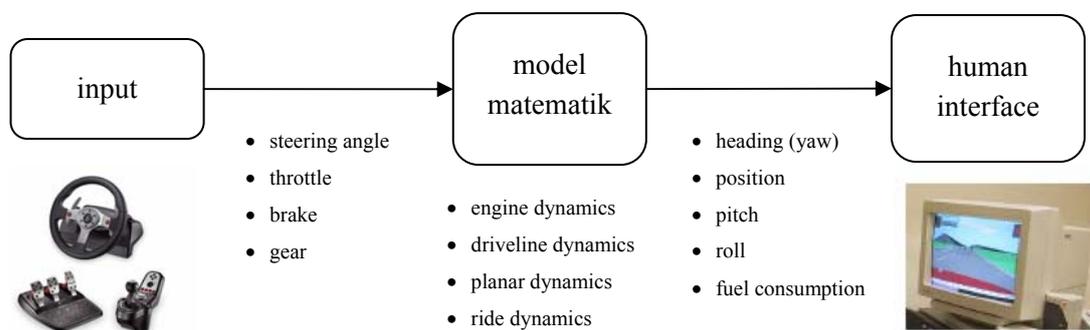


**Gambar. 1.** Model quasistatik konsumsi bahan bakar dalam liter per jam sebagai fungsi dari torsi mesin dan kecepatan.

Artikel ini mendiskusikan proses pengembangan driving simulator, opsi-opsi dalam proses pengembangan model, kapabilitas dan reliabilitas model serta masalah maupun keterbatasan dari berbagai pilihan model. Lebih lanjut juga dibahas kemungkinan pengembangan dan penyempurnaan lebih lanjut dari model yang sudah dibuat.

### Metodologi

Dari gambar. 2 dapat dilihat 3 komponen utama dari sebuah driving simulator yaitu komponen input, model matematik dan human interface.



**Gambar. 2.** Skema komponen utama dari driving simulator.

Komponen input pada driving simulator berupa perintah yang diberikan pengemudi pada saat mengemudikan kendaraan berupa posisi sudut steer, pedal gas dan rem serta posisi transmisi. Dalam proyek ini digunakan 2 tipe input. Input pengemudian dengan menggunakan steering wheel Logitech G25 yang dilengkapi dengan pedal gas, rem, kopling serta transmisi manual 6 percepatan. Input pengemudian juga dapat disimulasikan dalam bentuk persamaan matematis fungsi sudut steer, pedal gas, rem dan posisi transmisi terhadap waktu.

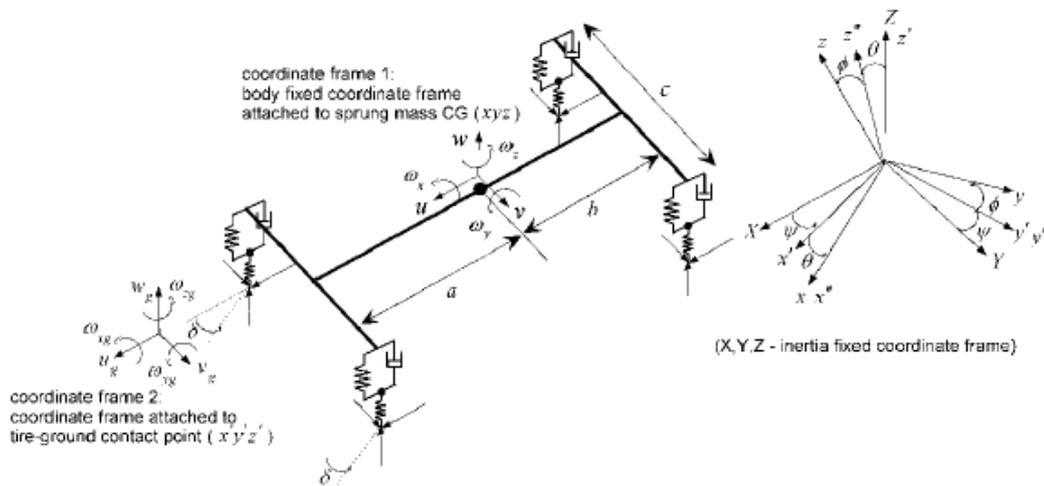
Software MATLAB/Simulink digunakan untuk membuat dan memproses model matematik dari kendaraan. Masukan yang diberikan pengemudi diolah lewat serangkaian persamaan matematik sehingga diperoleh output posisi, orientasi, pitch, roll dan jumlah bahan bakar yang digunakan. Lebih lanjut model matematik dari dinamika akan ditelaah dibagian pembahasan.

Human interface berfungsi untuk memberikan informasi pada pengguna simulator tentang kondisi aktual kendaraan. Pada driving simulator ini komponen pertama dari human interface adalah visualisasi kendaraan dan alamnya (lintasan jalan) yang dibuat dengan menggunakan fasilitas Virtual Reality toolbox dari simulink. Input berupa posisi, orientasi, pitch, dan roll dari

yang diperoleh dari proses komputasi model matematik digunakan untuk memposisikan objek kendaraan pada alamnya yang ditampilkan dalam format vrml. Komponen kedua dari human interface yang digunakan berupa gauge indikator yang menampilkan kecepatan longitudinal kendaraan, kecepatan putaran mesin, konsumsi bahan bakar dan posisi transmisi dengan menggunakan gauges blockset dari simulink. Informasi lebih detail seperti gaya lateral dan longitudinal, kecepatan lateral, kecepatan yaw, pitch dan roll ditampilkan dengan fasilitas scope simulink maupun fasilitas plot dari MATLAB.

### Hasil Dan Pembahasan (Pengembangan Model Kendaraan)

Pada gambar. 3. tampak skema model kendaraan 14 derajat kebebasan dimana  $u$  dan  $v$  mewakili kelajuan longitudinal dan lateral kendaraan,  $w$  mewakili kelajuan gerak naik turun body terhadap jalan.  $\omega_z$  menyatakan yaw rate kendaraan sedangkan roll rate dan pitch rate sebagai efek defleksi suspensi dan roda dinyatakan dalam  $\omega_x$  dan  $\omega_y$ . Suspensi dan roda masing-masing dianggap sebagai sistem pegas berdimensi 1 dengan kebebasan gerak arah vertikal.



**Gambar. 3.** Skema model kendaraan 14 derajat kebebasan dengan suspensi dimensi satu dan koordinat rangka.

Gambar. 4 menunjukkan bagaimana berbagai model dinamika (engine, driveline, planar, dan ride) berinteraksi satu sama lain.

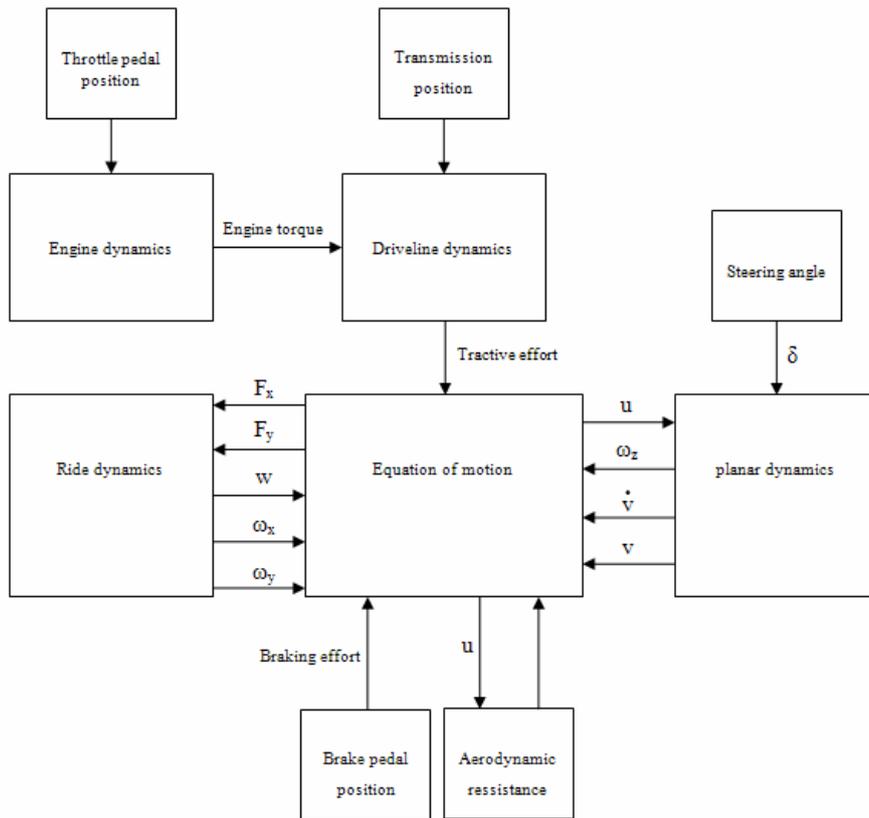
Equation of motion merupakan persamaan kesetimbangan gaya dan gerak kendaraan pada suatu bidang yang dinyatakan dengan :

$$m(\dot{u} + \omega_y w - \omega_z v) = \quad (1)$$

dan

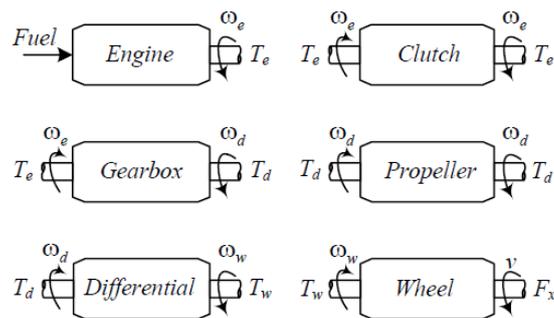
$$m(\dot{v} + \omega_z u - \omega_x w) = \quad (2)$$

dimana merupakan total gaya arah longitudinal kendaraan (gaya traksi dari mesin, gaya rem, tahanan aerodinamis dan gaya berat yang ditransfer ke arah longitudinal sebagai akibat kemiringan jalan). merupakan gaya arah lateral yang timbul akibat manufer kendaraan ditambah dengan gaya berat kendaraan yang ditransfer ke arah lateral akibat kemiringan jalan.



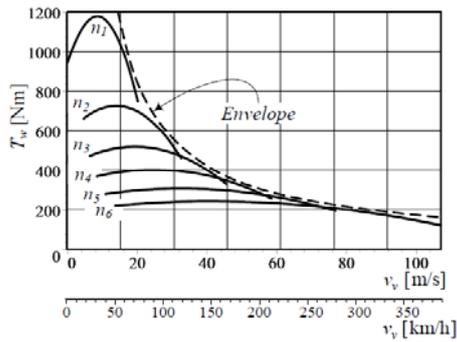
**Gambar. 4.** Skema interaksi berbagai model dinamik kendaraan bermotor.

Dinamika engine dan driveline terangkai seperti pada gambar. 5. Fuel rate dapat dimodelkan sebagai fungsi dari pedal gas. Dari gambar. 5 dapat dilihat enam tahapan proses yang untuk mendapatkan gaya traksi  $F_x$  yang melibatkan persamaan matematik yang cukup kompleks sehingga pendekatan secara dinamik menjadi tidak menarik.

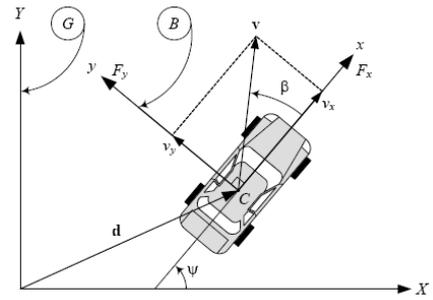


**Gambar. 5.** Torsi input dan output dan kecepatan putar tiap komponen driveline

Untuk menyederhanakan model dan meringankan beban komputasi dinamika engine dan driveline dapat digunakan pendekatan quasistatik. Gambar. 6 menunjukkan plot torsi roda maksimal sebagai fungsi kecepatan pada berbagai posisi gear. Dengan mengasumsikan hubungan linear antara fuel rate dengan torsi mesin dan efisiensi engine konstan terhadap variasi fuel rate maka plot torsi sebagai fungsi kecepatan tersebut dapat digunakan untuk menentukan gaya traksi yang dialami kendaraan.



**Gambar. 6.** Plot torsi roda  $T_w$  sebagai fungsi kecepatan pada berbagai posisi transmisi.

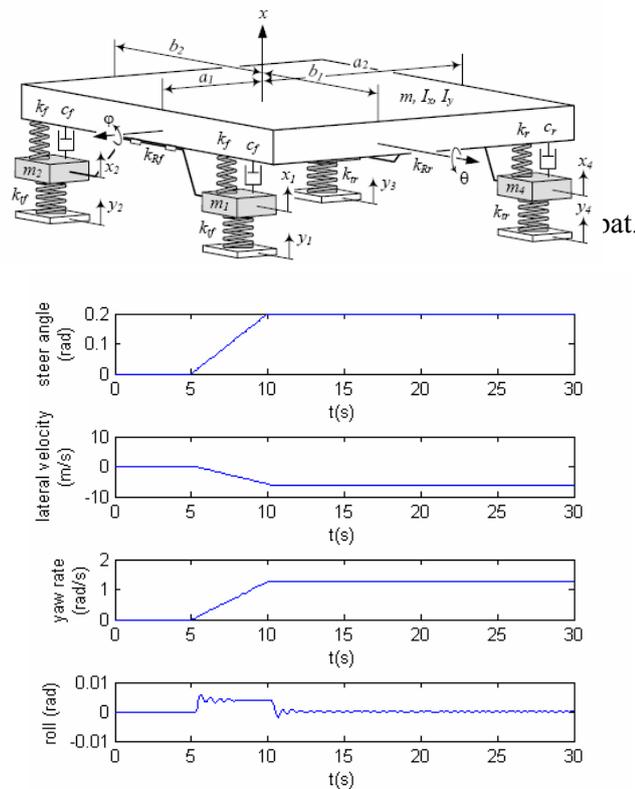


**Gambar. 7.** Kendaraan rigid pada bidang planar.

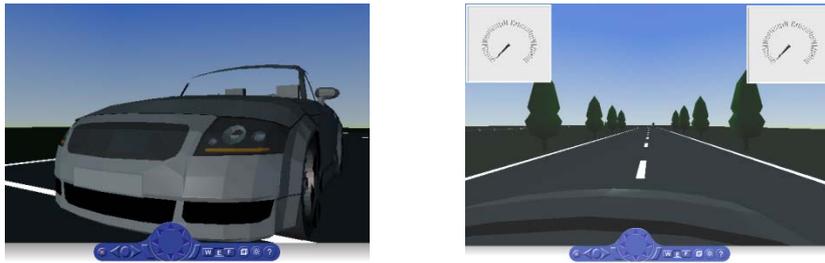
Dinamika planar dari kendaraan merumuskan respon kendaraan terhadap kecepatan longitudinal  $u$  dan steering anglenya. Output dari persamaan dinamika planar dari kendaraan berupa kecepatan dan percepatan arah lateral dan  $\dot{\psi}$ , serta kecepatan dan percepatan belok (yaw) dan  $\dot{\psi}$ .

Gambar. 7 menampilkan kendaraan yang beroperasi pada kecepatan dan sudut steer tertentu akan bergerak pada arah  $\beta$  terhadap koordinat bodynya. Hal ini terjadi karena sifat lentur roda yang merespon gaya lateral yang ditimbulkan manuver belok kendaraan.

Gambar. 5 menampilkan model vibrasi dari kendaraan dengan output defleksi suspensi dan roda, gerak naik turun body, serta gerak pitch dan roll body kendaraan. Gerakan tersebut timbul sebagai respon sistem pegas kendaraan terhadap gaya longitudinal  $F_x$ , gaya lateral  $F_y$  serta eksitasi dari kekasaran permukaan jalan.



**Gambar. 9.** Plot skenario manuver dengan kecepatan konstan 30m/s.



**Gambar. 10.** Tampilan virtual reality dari driving simulator yang dikembangkan.

### Kesimpulan

Model 14 derajat kebebasan dapat dengan baik menampilkan fenomena kendaraan yang dioperasikan pada suatu bidang namun memiliki keterbatasan untuk menampilkan fenomena yang dialami kendaraan saat terjadi perubahan kemiringan bidang jalan. Pendekatan quasistatik yang diaplikasikan pada pemodelan dinamika engine dan driveline cukup memadai untuk menampilkan fenomena performa kendaraan dan memberikan estimasi pemakaian bahan bakar. Kekurangan pada model quasistatik adalah model membutuhkan data menyeluruh terlebih dahulu sehingga kurang dapat digunakan untuk proses eksperimental ataupun perancangan sistem kontrol.

### Daftar notasi

$a$  distance of c.g. from front axle (m)

$b$  distance of c.g. from rear axle (m)

$c$  track width (m)

$m$  vehicle sprung mass (kg)

$u/v/w$  longitudinal/lateral/vertical velocities of c.g. in body-fixed coordinate (m/s)

$\theta$  pitch angle (rad)

$\varphi$  roll angle (rad)

$\psi$  yaw angle (rad)

$\omega_x/\omega_y/\omega_z$  roll rate/pitch rate/yaw rate of c.g. in body-fixed coordinate (rad/s)

$\alpha$  tire lateral slip (rad)

$\beta$  sideslip angle (rad)

$\delta$  road wheel steer angle (rad)

### Daftar Pustaka

- [1] Taehyun Shim and Chinar Ghike, "Understanding the limitations of different vehicle models for roll dynamics studies," *International Journal of Vehicle Mechanics and Mobility*, 2006.
- [2] M. Montazeri-Gh and M. Naghizadeh, "Development of Car Drive Cycle for Simulation of Emissions and Fuel Economy", Department of Mechanical Engineering Iran University of Science and Technology, 2003.
- [3] Reza N. Jazar, "Vehicle Dynamics: Theory and Application", Springer Science+Business Media, LLC, 2008.
- [4] J.Y. Wong, "Theory of Ground Vehicle", John Willey & Sons, Inc, 2001.
- [5] Lino Guzzella, Antonio Sciarretta, "Vehicle Propulsion Systems", Springer, 2007.