

## Simulasi Performa Konsumsi Energi pada Kendaraan Umum

Mohammad Adhitya

Universitas Indonesia, Indonesia

madhitya@eng.ui.ac.id

### Abstrak

Pemahaman akan konsumsi energi suatu kendaraan dapat membantu untuk meningkatkan strategi penggunaan energi dan/atau motor penggerak alternatif. Untuk hal tersebut, performa kendaraan yang beroperasi pada jalur khusus (yaitu kendaraan umum yang beroperasi pada rute trayek tertentu) diteliti dengan menggunakan metode simulasi. Performa utama yang diteliti adalah konsumsi energi di sepanjang rute trayek kendaraan. Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat *platform* simulasi guna mengetahui performa kendaraan yang beroperasi pada suatu rute operasi khusus dengan menggunakan *software* MATLAB. Untuk mendapatkan performa kendaraan yang dimaksud, sistem *platform* simulasi ini memerlukan beberapa parameter input seperti karakteristik daya, torsi serta konsumsi energi dari motor penggerak, dimensi dan spesifikasi umum dari kendaraan, profil kecepatan kendaraan, profil tanjakan/turunan jalan, profil pengangkutan penumpang selama kendaraan beroperasi serta angin di sepanjang rute operasi kendaraan. Sistem penggerak kendaraan yang meliputi *gearbox*, *propeller shaft*, *differential* dan roda kendaraan dimodelkan menggunakan SimScape-MATLAB sedangkan hambatan gerak kendaraan, motor penggerak dan parameter penting lainnya dimodelkan menggunakan Simulink-MATLAB. Dengan *platform* simulasi ini dapat diketahui kecenderungan konsumsi energi kendaraan di sepanjang jalur operasi yang dipengaruhi oleh faktor diluar kendaraan yaitu gaya mengemudi, profil jalan, kecepatan gerak, pengangkutan penumpang serta angin selain tentunya dipengaruhi pula oleh faktor teknis yang melekat pada kendaraan seperti motor penggerak dan dimensi kendaraan.

Kata kunci : Performa Kendaraan, Konsumsi Energi Kendaraan, Transportasi Umum, Simulasi, MATLAB.

### Pendahuluan

Pemahaman akan konsumsi energi suatu kendaraan dapat membantu untuk meningkatkan strategi penggunaan energi dan/atau motor penggerak alternatif. Untuk hal tersebut, performa kendaraan yang beroperasi pada jalur khusus (yaitu kendaraan umum yang beroperasi pada rute trayek tertentu) diteliti dengan menggunakan metode simulasi. Performa utama yang diteliti adalah konsumsi energi di sepanjang rute trayek kendaraan.

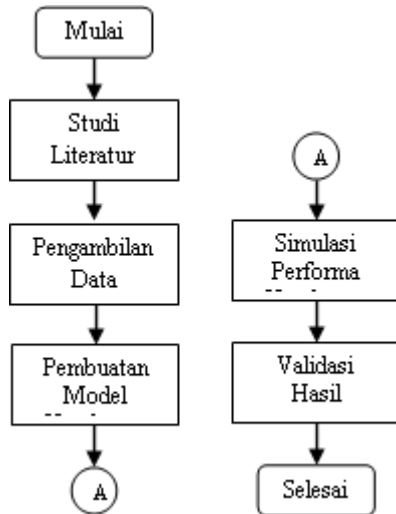
Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat *platform* simulasi guna mengetahui performa kendaraan yang beroperasi pada suatu rute operasi khusus dengan menggunakan *software* MATLAB. Untuk mendapatkan

performa kendaraan yang dimaksud, sistem *platform* simulasi ini memerlukan beberapa parameter input seperti karakteristik daya, torsi serta konsumsi energi dari motor penggerak, dimensi dan spesifikasi umum dari kendaraan, profil kecepatan kendaraan, profil tanjakan/turunan jalan, profil pengangkutan penumpang selama kendaraan beroperasi serta angin di sepanjang rute operasi kendaraan. Sistem penggerak kendaraan yang meliputi *gearbox*, *propeller shaft*, *differential* dan roda kendaraan dimodelkan menggunakan SimScape-MATLAB sedangkan hambatan gerak kendaraan, motor penggerak dan parameter

penting lainnya dimodelkan menggunakan Simulink-MATLAB.

### Tahapan Kerja

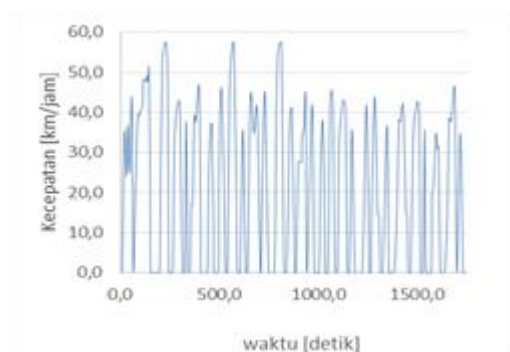
Flowchart berikut menggambarkan alur kegiatan dari simulasi performa kendaraan yang beroperasi pada jalur khusus yang seluruhnya terdiri atas lima langkah sebagai berikut:



Gambar 1: Flowchart tahapan kerja

### Pengambilan Data

Pengambilan data yang diperlukan untuk melakukan simulasi performa kendaraan adalah profil kecepatan kendaraan yang bergerak pada rute khusus yang tetap (trayek kendaraan umum) serta profil jalan berupa tanjakan dan turunan yang akan mempengaruhi beban kendaraan selama beroperasi dari titik keberangkatan hingga titik tujuan.



Gambar 2: Profil kecepatan kendaraan

Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan alat bantu berupa GPS (*Global Positioning System*) yang dapat merekam secara langsung posisi kendaraan setiap saat sekaligus elevasi jalan yang dilalui. Profil kecepatan gerak kendaraan dapat diperoleh sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.

Adapun profil tanjakan/turunan jalan yang dilalui oleh kendaraan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3: Rute kendaraan disertai data tanjakan dan turunan jalan

Dua data primer ini selanjutnya akan digunakan sebagai nilai acuan yang akan diikuti oleh model dinamika longitudinal kendaraan dalam hal kecepatan gerak kendaraan serta sekaligus pemberian nilai hambatan gerak pada kendaraan akibat tanjakan/turunan jalan.

### Dasar Teori Dinamika Gerak Kendaraan

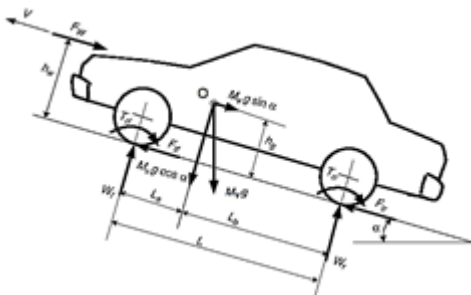
Pada dasarnya model dinamika gerak longitudinal kendaraan disusun atas prinsip perlawanan motor penggerak terhadap beban gerak kendaraan. Beban disini didefinisikan sebagai total gaya yang harus dilawan oleh motor penggerak untuk membuat kendaraan

dapat bergerak dengan kecepatan yang diinginkan.

Adapun gaya-gaya hambat yang bekerja pada suatu kendaraan ditunjukkan seperti pada Gambar 4. Gaya-gaya beban tersebut secara umum dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$F_{tf} + F_{tr} = F_w + F_{rf} + F_{ae} + F_{gr} \quad (1)$$

Yaitu gaya traksi roda depan ( $F_{tf}$ ) dan belakang ( $F_{tr}$ ) (apabila diasumsikan keempat roda kendaraan sebagai penggerak) sebanding dengan gaya hambat yang timbul akibat percepatan ( $F_w$ ) ditambah dengan gaya hambat yang timbul akibat gesekan dengan jalan ( $F_{rf}$ ) ditambah gaya hambat yang timbul akibat hambatan udara ( $F_{ae}$ ) serta gaya hambatan yang timbul saat kendaraan bergerak pada jalan yang menanjak ( $F_{gr}$ ). Selanjutnya masing-masing gaya hambat tersebut akan dijelaskan lebih lanjut.



Gambar 4: Gaya-gaya yang bekerja pada suatu kendaraan [1]

#### Hambatan Percepatan

Hambatan akibat percepatan timbul saat kendaraan akan akan berakselerasi baik saat mulai bergerak kondisi diam maupun sudah bergerak sebelumnya. Secara umum hambatan gerak saat kendaraan berakselerasi dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$F_w = M_v \frac{dv}{dt} \quad (2)$$

#### Hambatan Gesek Jalan

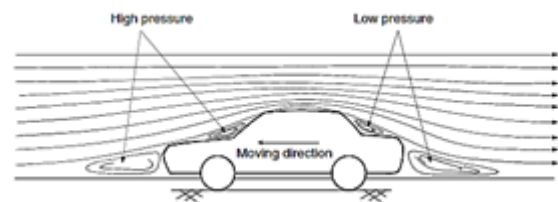
Adapun hambatan yang timbul akibat gesekan jalan didefinisikan sebagai gaya yang timbul akibat kontak ban kendaraan dengan jalan. Besar gaya hambat ini dipengaruhi oleh material dari ban penggerak dan juga dari

kemiringan jalan. Berikut ini merupakan penjelasan matematis terkait besar hambatan gesek jalan:

$$F_{rf} = f_r M_v g \cos(\alpha) \quad (3)$$

#### Hambatan Aerodinamik

Hambatan aerodinamik timbul saat kendaraan bergerak pada media udara yang besarnya dipengaruhi oleh faktor bentuk kendaraan serta kekasaran dari permukaan bodi kendaraan.



Gambar 5: Fenomena hambatan aerodinamik pada kendaraan [1]

Seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 5, hambatan aerodinamik merupakan hasil dari perbedaan tekanan disisi depan dan belakang kendaraan. Besar gaya hambat aerodinamik secara umum dinyatakan sebagai berikut:

$$F_{ae} = \frac{1}{2} \rho A C_d v^2 \quad (4)$$

Sebagaimana ditunjukkan pada persamaan 4 diatas, gaya ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain bentuk dari kendaraan, kecepatan relatif udara terhadap kendaraan, luas bidang frontal kendaraan serta massa jenis udara.

Konstanta hambatan bentuk ( $C_d$ ) merupakan nilai yang digunakan untuk menjelaskan berapa besar pengaruh dari bentuk suatu kendaraan pada adanya gaya hambatan aerodinamik. Semakin besar nilai dari konstanta ini, maka semakin besar pula gaya hambat aerodinamik yang timbul akibat bentuk kendaraan.

#### Hambatan Tanjakan

Hambatan tanjakan adalah gaya yang menghambat gerak kendaraan saat posisi

kendaraan menjadi miring akibat adanya sudut tanjakan jalan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4. Semakin tinggi sudut tanjakan jalan, maka akan semakin signifikan pula gaya hambat ini yang secara matematis dijelaskan dengan persamaan berikut:

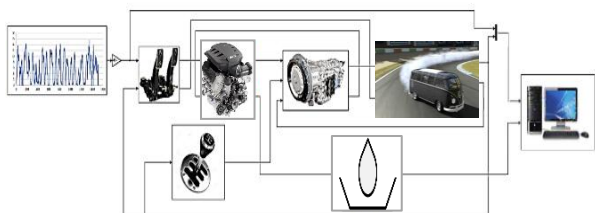
$$F_{gr} = M_v g \sin(\alpha) \quad (5)$$

### Driving Cycle

*Driving cycle* menunjukkan variasi perubahan kecepatan kendaraan pada rentang waktu tertentu yang biasanya digunakan sebagai standar untuk melakukan pengujian performa kendaraan. Pada umumnya *driving cycle* diinginkan untuk dibuat semirip mungkin dengan kondisi nyata sehingga hasilnya dapat merepresentasikan keadaan sebenarnya. Beberapa negara maju produsen kendaraan memiliki *driving cycle* yang polanya menyesuaikan dengan kondisi jalan dan lingkungan di negara tersebut. Beberapa *driving cycle* misalnya adalah NEDC (*New European Driving Cycle*) dan *driving cycle* di Los Angeles, Amerika Serikat yang dikenal dengan istilah LA-4, yang kemudian dikembangkan menjadi FUDS (*Federal Urban Driving Schedule*).

### Simulasi Performa Kendaraan

*Software* Simulink-MATLAB digunakan dalam analisa performa kendaraan sebagai media pembuatan model serta simulasi perhitungan. Model kendaraan dibuat berdasarkan persamaan-persamaan yang mengatur gerak komponen-komponen kendaraan, transmisi daya serta beban yang bekerja pada kendaraan. Secara umum, berikut ini merupakan gambaran dari model yang digunakan untuk simulasi performa kendaraan:



Gambar 6: Skema model simulasi performa kendaraan umum

Simulasi ini dijalankan dengan menggunakan plot profil kecepatan sebagai data primer dari kendaraan umum yang telah didapatkan dari tahapan pengambilan data. Selanjutnya kontrol PID pada "Blok Pengemudi" digunakan sebagai model pengendara dalam menginjak pedal gas dan pedal rem untuk mengikuti plot profil kecepatan sebagai kecepatan acuan.

Besar injakan pedal gas selanjutnya menjadi nilai masukan bagi "Blok Motor" menentukan berapa besar torsi keluaran dari motor. Selanjutnya nilai torsi keluaran dari motor ini menjadi nilai masukan bagi "Blok Transmisi" yang dapat merubah besar torsi motor sesuai dengan rasio gigi yang digunakan. Pada simulasi ini, digunakan sebuah logika perpindahan gigi yang direpresentasikan dengan "Blok Logika Perpindahan Gigi" pada bagan diatas.

Selanjutnya torsi keluaran dari "Blok Transmisi" inilah yang melawan berbagai gaya beban yang telah direpresentasikan sebelumnya pada "Blok Beban Kendaraan". Akhirnya beberapa nilai luaran didapatkan sebagai hasil simulasi antara lain kecepatan kendaraan dan besar torsi motor serta konsumsi energi pada tiap saat.

### Hasil dan Pembahasan

Dari hasil simulasi selanjutnya dilakukan validasi dengan membandingkan konsumsi energi hasil simulasi dengan konsumsi energi yang diukur langsung pada kendaraan uji. Hasilnya didapatkan selisih selisih total sekitar 3% yang menunjukkan bahwa masih diperlukan perbaikan pada beberapa bagian dari model kendaraan ini. Beberapa hal tersebut antara lain adalah:

- Data konsumsi energi spesifik dari motor penggerak.
- Data pemilihan rasio gigi saat kendaraan beroperasi
- Data kondisi lingkungan saat pengujian yang berpotensi mempengaruhi nilai gaya hambat gerak semisal angin dan penumpang.

### **Kesimpulan**

Penelitian performa kendaraan umum yang dilakukan dengan metoda simulasi dimaksudkan untuk memudahkan optimasi sistem secara *off line* yang akan mengurangi biaya pengujian kendaraan. Namun demikian hasil dari simulasi ini masih memerlukan beberapa perbaikan yang terkait dengan data primer dari komponen kendaraan semisal motor penggerak kendaraan untuk dapat mempertinggi kualitas simulasi.

### **Referensi**

[1] J. Happian-Smith, An Introduction to Modern Vehicle Design, Oxford: Butterworth-Heinemann

[2] T. J. Barlow, S. Latham, I. S. McCrae and P. G. Boulter, "A reference book of driving cycles for use in the measurement of road vehicle emissions," TRL Limited, 2009.

[3] S. M. D. P. A. G. S. & K. C. Kurode, "Gear Shift Schedule Optimization Ana Drive Line Modeling for Automatic Transmission," in iNaCOMM 2013.

[4] R. N. Jazar, Vehicle Dynamics: Theory and Applications, Riverdale: Springer Science & Business Media, 2008.