



SIMULASI PEMODELAN MOBIL LISTRIK WAROK V.1 DAN ANALISIS METODE BERKENDARA GUNA MEMREDIKSI KONSUMSI ENERGI MENGGUNAKAN *MATLAB/SIMULINK*

Banyu Sevo Erlangga¹⁾, Kuntang Winangun²⁾, Yoyok Winardi³⁾

^{1,2,3)} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Ponorogo, Jl. Budi Utomo No. 10, Ronowijayan, Kecamatan Ponorogo, Kabupaten Ponorogo, Jawa Timur Kode Pos 63471

e-mail: kuntang@umpo.ac.id

ABSTRAK

Dalam merancang dan membuat mobil listrik perlu menganalisis tingkat konsumsi energi. Pemodelan dinamika dan simulasi kendaraan mobil listrik Warok V.1 menggunakan MATLAB/Simulink dan menganalisis metode mengemudi diharapkan bisa memperoleh hasil penggunaan energi yang minimal. Pemodelan dinamika dan simulasi telah di validasi dengan pengujian secara langsung dimana memiliki error kurang dari 5%. Pada analisis metode berkendara/dilakukan dengan dua metode yaitu konstan dan stop and go dengan tiga variasi kecepatan yakni 32 km/jam, 21 km/jam, dan 18 km/jam. Konsumsi energi minimal di dapat dengan metode stop and go variasi ketiga dengan capaian 66,6 km/kwh. Pada metode stop and go kecepatan puncak dan kecepatan minimal perlu diperhatikan agar waktu tempuh tidak melebihi batas yang telah ditentukan dan mengakibatkan DNF (Do Not Finish).

Kata Kunci : MATLAB/Simulink, Pemodelan dan Simulasi, Metode Berkendara.

ABSTRACT

In designing and manufacturing electric cars, it is necessary to analyse the level of energy consumption. Modelling the dynamics and simulation of the Warok V.1 electric car vehicle using MATLAB/Simulink and analysing the driving method is expected to obtain minimal energy usage results. Dynamics modelling and simulation have been validated by direct testing which has an error of less than 5%. The driving method analysis was carried out with two methods, namely constant and stop and go with three speed variations, namely 32 km/h, 21 km/h, and 18 km/h. The minimum energy consumption was obtained with the stop and go method. Minimal energy consumption is obtained with the third variation of the stop and go method with the achievement of 66.6 km/kwh. In the stop and go method, the peak speed and minimum speed need to be considered so that the travel time does not exceed the predetermined limit and result in DNF (Do Not Finish).

Keywords: MATLAB/Simulink, Modelling and Simulation, Driving Method.

1. Pendahuluan

Pertumbuhan penjualan kendaraan bermotor di Indonesia dari tahun ketahun terus mengalami peningkatan. Namun kondisi di Indonesia tidak didukung dengan ketersediaan bahan bakar minyak. Terbukti dari tahun ke tahun bahan bakar minyak mengalami peningkatan harga mengikuti pasar global. Selain itu, di prediksi cadangan minyak bumi dari tahun ke tahun semakin menipis.

Akhir-akhir ini produsen otomotif telah merancang dan mengeluarkan inovasi kendaraan yang tanpa menggunakan bahan bakar minyak. Hal ini dilakukan untuk menanggulangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak, selain itu

kendaraan listrik memiliki banyak keunggulan yang tidak dimiliki oleh kendaraan konvensional lain.

Dalam pengembangan kendaraan listrik berbasis lomba, Tim Samandiman UMPO telah berupaya untuk melakukan beberapa riset untuk mendapatkan produk sesuai regulasi diantaranya adalah Yayan yang telah meneliti sasis untuk mendapatkan nilai dari berat, safety factor dengan material yang digunakan, dan distribusi tegangan serta regangan khususnya *rollbar* pada rancangan sasis yang dibuat dengan metode *finite element analysis*[1]. Penelitian mobil Warok V.1 juga dilakukan Bagas dengan metode *computational fluid dynamics* (CFD) untuk mengetahui aliran udara yang berhubungan dengan aerodinamika mobil[2]. Aerodinamika

Diterima : 29-02-2024 Direvisi : 06-04-2024 Disetujui : 05-05-2024 Dipublikasi : 11-05-2024

berbanding lurus dengan desain bentuk bodi dari kendaraan dan segala hal yang dapat menghambat laju kendaraan dapat di minimalisir.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat model kendaraan. Dalam studi ini mobil listrik Warok V.1 menggunakan *software MATLAB/Simulink* yang akan mempresentasikan dinamika kendaraan agar dapat menganalisis jarak yang ditempuh dengan penggunaan energi yang terpakai pada setiap variasi mode mengemudi, sehingga di dapat nilai penggunaan energi yang nantinya akan di evaluasi dan di optimasi. Pada kompetisi selanjutnya di harapkan akan memperoleh hasil yang maksimal dalam kompetisi Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) dan *Shell Eco Marathon Asia (SEM-Asia)*.

2. Metode

Alat yang digunakan berupa perangkat keras atau *hardware* dan perangkat lunak atau *software*. Adapun perangkat yang digunakan dalam melakukan simulasi pemodelan dinamika kendaraan mobil listrik Warok V.1 sebagai berikut :

A. Perangkat Keras

Adapun spesifikasi komputer yang digunakan untuk pemodelan dan simulasi sebagai berikut : Lenovo Think Center P1000, Prosesor Intel(R) Xeon(R) E-218G CPU @ 3.80GHz 3.79GHz , Sistem Operasi Windows 11 Pro For Workstation 64-bit operating system, x64-based processor RAM 16 GB, Penyimpanan 1 TB HDD, 1 TB SSD.

B. Perangkat Lunak

MATLAB/Simulink R2022b adalah program yang dapat membuat model dan melakukan proses simulasi. Dalam pemodelan dapat di mulai dengan membuat subsistem blok, memasukkan parameter yang telah dihitung, dan kemudian menjalankan proses simulasi. *Simulink*, seperti yang dinyatakan sebelumnya, adalah produk add-on MATLAB dengan antarmuka yang ramah pengguna dan menarik secara grafis yang digunakan untuk pemrograman dan pemodelan simulasi. Alat ini

memungkinkan setiap pengguna dengan cepat dan mudah membuat prototipe virtual untuk mengeksplorasi konsep desain yang beragam.

Dalam penelitian ini terdapat beberapa tahapan yang dilakukan, adapun penjelasan dari tahapan sebagai berikut :

- A. Studi literatur dengan mencari jurnal, buku, dan artikel terkait dengan pemodelan Matlab/simulink dan mencari tutorial melakukan pemodelan di sosial media dan internet..simulink.
- B. Identifikasi parameter dan variabel berfungsi untuk Identifikasi data dari spesifikasi kendaraan mobil listrik Warok V.1 yang telah dihitung dan nantinya digunakan input nilai parameter sesuai dengan tujuan pemodelan.

Tabel 1. Spesifikasi Mobil Listrik Warok V.1

Parameter	Nilai
Masa Kendaraan dengan <i>Driver</i>	225kg
Area frontal depan Mobil	0,9478604 m ²
Koefisien Rolling	32,47 N
Koefisien Drag	0,65501928 m ²
Perbandingan Gear	1 : 1,44
Densitas Udara	1,225 kg/m ³
Mesin yang digunakan	<i>Motor electric</i>
Transmisi	<i>Chain</i>
Sistem Pengereman	<i>HydraulicDiskBrake</i>
Radius Putar	0,508 m

- C. Tahapan Pemodelan melalui *software MATLAB/Simulink* digunakan untuk memodelkan mobil Warok V.1 berdasarkan parameter dan dinamika kendaraan. Untuk memastikan bahwa outputnya sesuai dengan harapan, parameter harus sesuai.

- D. Tahapan pengujian dengan mengecek kembali

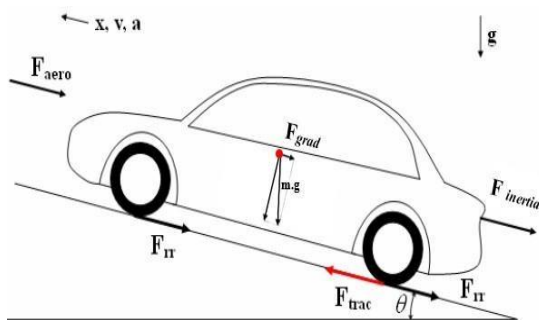
hubungan antar indikator apakah sudah sesuai dengan sistem secara nyata, melakukan verifikasi terhadap model yang dibuat apakah telah bebas dari error dan melakukan validasi pada pemodelan mobil listrik Warok V.1 yang telah dibuat dengan sistem yang sebenarnya.

- E. Tahapan analisis dan pembahasan dilakukan berdasarkan hasil simulasi pemodelan mobil listrik Warok V.1 yang telah dilakukan. Hasil dari simulasi meliputi kecepatan, jarak tempuh, waktu tempuh penggunaan energi yang digunakan, dan metode berkendara yang paling efisien dilakukan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Gaya Yang Terjadi pada Mobil Warok V.1

Terdapat gaya traksi (F_{trac}) dalam dinamika kendaraan yang digunakan untuk mendorong kendaraan. Gambar \1 menunjukkan berbagai jenis gaya yang bekerja pada kendaraan yang dihambat oleh gaya inersia kendaraan ($F_{inertia}$), gaya aerodinamis (F_{aero}), gaya ketahanan rolling (F_{rr}), dan gaya gravitasi (F_{grad}). Efek gabungan ini menghasilkan gaya traksi (F_{trac}).



Gambar 1. Gaya yang terjadi pada Mobil Warok V.1 (Jeongwoo Lee)[3]

Adapun penjelasan gaya yang mempengaruhi mobil ketika berjalan dan rumus perhitungan parameter yang telah dilakukan sebagai berikut :

- 1) Aerodinamika adalah salah satu cabang dinamika yang berkenaan dengan kajian pergerakan udara, khususnya ketika udara tersebut berinteraksi dengan benda padat. Analisa aerodinamika sangat diperlukan untuk mengetahui beberapa hal untuk mengetahui gaya yang ditimbulkan aliran angin ketika kendaraan berjalan. Disini menggunakan software *Ansys fluent* untuk menganalisa aerodinamika dari body mobil yang telah didesain.

Perhitungan aerodynamic force bisa dihitung menggunakan persamaan (1) sebagai berikut:

$$F_{drag} = \frac{1}{2} \rho \cdot C_D \cdot A \cdot V^2$$

C_d = Coefficient of Drag = 0,65501928

ρ = densitas udara = 1,225 kg/m³

v = kecepatan kendaraan = 13,88 m/s

A = Frontal area, = 0,9478604 m²

$$F_{drag} = \frac{1}{2} \times 1,225 \frac{kg}{m^3} \times 0,65501928 \times 0,9478604 m^2 \times (13,88 \frac{m}{s})^2$$

$$F_{drag} = 73,26 N$$

- 2) Gaya yang kedua adalah gaya rolling resistance, bisa disebut juga tahanan guling/ tahanan gelincir / tahanan gelinding adalah gaya yang menahan laju berputar sebuah benda akibat dari gaya yang terserap pada permukaan jalan. Koefisien rolling (C_{rr}), massa kendaraan (m), gravitasi (g), dan sudut tanjakan lintasan (θ) didapat dari pengujian dilapangan. Gaya diatas sangat mempengaruhi besarnya gaya rolling resistance.

Perhitungan *Rolling Resistance Force* dapat dilakukan dengan persamaan (2) sebagai berikut :

$$F_{rr} = C_{rr} \cdot m \cdot g \cdot \cos \theta$$

Dimana:

C_{rr} = Koefisien tahanan gelinding (Jalan Aspal)

m = massa kendaraan dan driver = 225 kg

g = Gravitasi = 9,81 m/s²

(θ) = Sudut kemiringan bukit = 11,3°

Maka hasil/perhitungan *Rolling Resistance Force* pada mobil listrik Warok V.1 sebagai berikut :

$$F_{rr} = 0,015 \cdot 225 kg \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot \cos 11,3^\circ$$

$$F_{rr} = 32,47 N$$

- 3) Gaya yang ketiga adalah *Gravitational force* (F_{grad}) dipengaruhi oleh berat kendaraan dan sudut tanjakan (θ) kendaraan saat melakukan perjalanan menuruni bukit. Gaya gravitasi yang dihasilkan oleh kekuatan akselerasi dan percepatan pada bagian tubuh luar tertentu dikenal sebagai gaya gravitasi. Gaya adalah tekanan yang dihasilkan oleh gravitasi saat bodi bergerak.

Perhitungan *gravitational force* pada mobil Warok V.1 telah dihitung dengan persamaan (3) sebagai berikut:

$$F_{grad} = m \cdot g \cdot \sin \theta$$

Dimana:

m = massa kendaraan dan driver 225 Kg

g = gravitasi 9.81 m/s²

θ = Sudut kemiringan bukit = 11,3°

Maka, dari persamaan diatas didapat perhitungan *gravitational force* pada mobil listrik Warok V.1 sebagai berikut :

$$F_{grad} = 225 kg \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot \sin 11,3^\circ$$

$$F_{grad} = 43,52 N$$

- 4) Performa kendaraan sangat dipengaruhi oleh akselerasi. Gaya diperlukan untuk melawan gaya inersia kendaraan saat melaju. Gaya inersia yang dihasilkan dari percepatan dipengaruhi oleh besarnya percepatan (a) dan fungsi massa kendaraan (m).

Perhitungan *Inertia force* pada mobil listrik Warok V.1 telah dihitung menggunakan persamaan (4) sebagai berikut :

$$F_{inertia} = m \cdot a$$

Dimana :

m = massa kendaraan dan driver

a = Percepatan kendaraan

Percepatan dapat di rumuskan menggunakan persamaan (5) sebagai berikut :

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

$$\Delta V = V_t - V_0$$

$$a = \frac{V_t - V_0}{\Delta t}$$

$$V_t = V_0 + a \cdot t$$

Dengan :

- A = percepatan (m/s²)
- ΔV = perubahan kecepatan (m/s)
- Δt = perubahan Waktu (s)
- Vt = kecepatan akhir (m/s)
- V₀ = Kecepatan awal (m/s)

Diketahui :

- V₀ = 0
- Vt = 13,88 m/s
- t₀ = 0 s
- t₁ = 5 s

Jawab :

Mencari nilai percepatan rata-rata

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad m/s$$

$$a = \frac{13,88}{5 s}$$

$$a = \frac{13,88 \text{ m/s}}{5 s}$$

$$a = 2,78 \text{ m/s}^2$$

Sehingga

$$F_{inertia} = m \cdot a$$

$$F_{inertia} = 255 \text{ kg} \cdot 2,78 \text{ m/s}^2$$

$$F_{inertia} = 625,5 \text{ N}$$

- 5) Seperti yang sudah dijelaskan diatas bahwa ada banyak gaya yang mempengaruhi traction force atau gaya yang dibutuhkan untuk mendorong mobil. Pada akselerasi apa pun, gaya traksi harus seimbang dengan jumlah semua gaya resistensi. Selain itu, daya yang dibutuhkan ketika kendaraan bergerak pada kecepatan tertentu adalah daya traksi, daya traksi adalah traksi gaya (*F_{trac}*) yang dikalikan dengan kecepatan kendaraan (*v*) dan kecepatan kendaraan harus dimutakhirkan secara terus menerus.

Untuk perhitungan *traction force* dari mobil Warok V.1 telah dilakukan dengan menggunakan persamaan (6) sebagai berikut:

$$F_{trac} = F_{drag} + F_{rr} + F_{grad} + F_{inertia}$$

$$F_{trac} = 73,26 \text{ N} + 32,47 \text{ N} + 43,52 \text{ N} + 625,5 \text{ N}$$

$$F_{trac} = 774,75 \text{ N}$$

Sedangkan untuk kecepatan kendaraan (*v*) dalam pemodelan ini di dapat hasil antara *V* dan *F_{drag}* dengan perbedaan waktu antara 0 detik sampai 5 detik sehingga didapatkan penghitungan dengan menggunakan persamaan (8) berikut :

$$V_t = V_0 + a \cdot t$$

$$V_t = 0 + 2,78 \text{ m/s}^2 \cdot 5 \text{ s}$$

$$V_t = 13,88 \text{ m/s}$$

Dalam pemodelan kendaraan ini di dapat hasil antara *V* dan *F_{drag}* dengan perbedaan waktu antara 0 detik sampai 5 detik.

Setelah didapatkan perhitungan *F_{trac}* dan perhitungan dari kecepatan kendaraan (*v*) maka untuk nilai dari daya traksi atau traction power dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (7) sebagai berikut :

$$P_{trac} = F_{trac} \cdot V$$

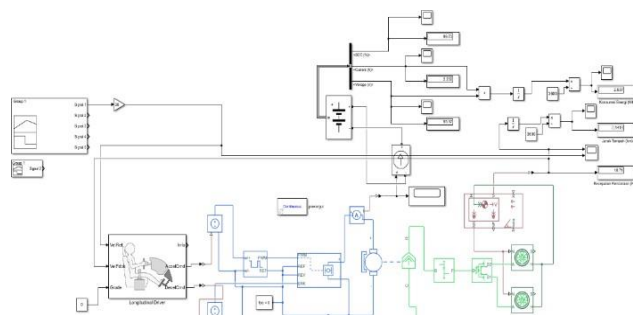
$$P_{trac} = 774,75 \text{ N} \cdot 13,88 \text{ m/s}$$

$$P_{trac} = 774,75 \text{ N} \cdot 13,88 \text{ m/s}$$

$$P_{trac} = 10753,53 \text{ N m/s}$$

3.2 Pemodelan Menggunakan Software Matlab/Simulink

Validasi pemodelan adalah bentuk dari hasil eksperimen pemodelan dan simulasi mobil listrik Warok V.1 untuk mengetahui konsumsi energi yang digunakan. Pemodelan mobil listrik Warok V.1 telah di lakukan dengan bantuan software MATLAB/Simulink sesuai dengan Gambar 2 berikut:

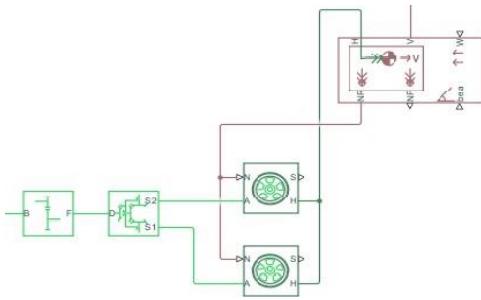


Gambar 2. Pemodelan Mobil Warok V.1 Menggunakan Simulink

Secara garis besar komponen utama kendaraan listrik adalah motor, bodi kendaraan, pengontrol, dan baterai. Pada pemodelan ini telah dilakukan pembagian seluruh sistem simulasi menjadi empat subsistem. Subsistem pertama berisi bodi kendaraan. Subsistem kedua berisi rangkaian motor dan pengontrol. Subsistem ketiga berisi input driver, dan subsistem keempat berisi baterai. Berikut penjelasan dari indikator model dan input parameter yang telah dihitung nilainya dan telah dimasukkan pada setiap indikator model simulink.

1) Subsistem Bodi Kendaraan

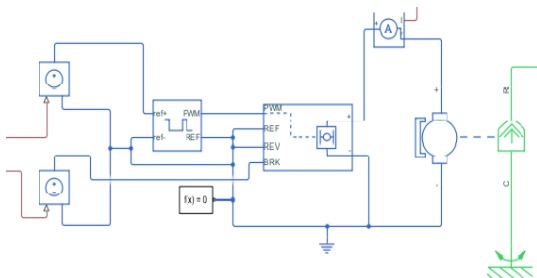
Pertama, subsistem bodi kendaraan. Pada subsistem ini terdapat ban, diferensial, gearbox, dan blok bodi kendaraan dari perpustakaan Simscape. Hubungkan ban, diferensial, girboks, dan blok bodi kendaraan satu sama lain untuk membuat subsistem pertama seperti yang ditunjukkan pada gambar 3 berikut :



Gambar 3. Subsystem Bodi Kendaraan

2) Subsystem Rangkaian Motor dan Pengontrol

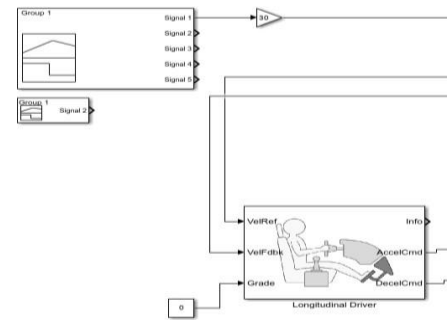
Untuk membuat subsystem, disini telah ditambahkan rangkaian motor dan blok pengontrol dari perpustakaan *Simscape*. Yang digunakan pada simulasi motor DC sederhana, dan untuk mengontrol motor DC menggunakan pengontrol *H-bridge*. Dengan bantuan pengontrol *H-bridge* dapat menerapkan waktu akselerasi, deselerasi, dan pengereman. Untuk mengontrol gelombang PWM telah ditambahkan blok tegangan PWM yang dikontrol serta dapat mengubah parameter blok sesuai kebutuhan. Gambar 4 di bawah ini akan menunjukkan hubungan antar setiap blok untuk membuat sub sistem.



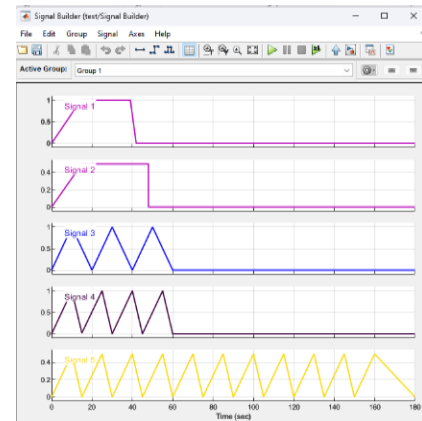
Gambar 4. Subsystem Rangkaian Motor dan Pengontrol

3) Subsystem Input dari Pengemudi

Pada subsystem ketiga ini merupakan input signal dari pengemudi yang bisa di variasi sesuai kebutuhan. Menghasilkan perintah akselerasi dan pengereman yang dinormalisasi berdasarkan kecepatan referensi dan umpan balik. Kecepatan referensi akan diberikan oleh siklus penggerak bawaan atau kita dapat menghasilkan sinyal sendiri dengan menggunakan blok signal builder seperti gambar 6. Kecepatan umpan balik akan diambil dari kecepatan kendaraan sebenarnya. Berdasarkan perbedaan antara sinyal referensi dan kecepatan sebenarnya, kesalahan akan dihasilkan. Kesalahan yang dihasilkan akan mengakibatkan percepatan atau perlambatan sehingga kecepatan sebenarnya kendaraan akan berusaha sesuai dengan kecepatan referensi. Gambar 5 di bawah menunjukkan hubungan antar blok.

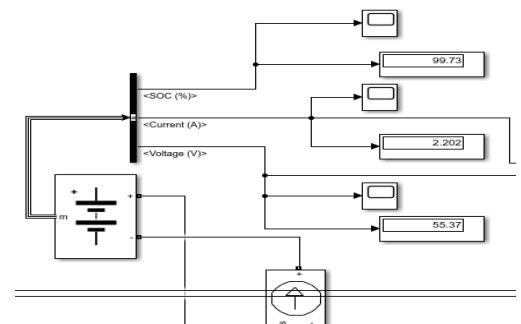


Gambar 5. Subsystem Input dari Pengemudi



Gambar 6. Variasi Input Signal dari Signal Builder

- 4) Subsystem Baterai dan pemodelan *State of Charge*
 Baterai akan memberikan tenaga ke motor. Perhitungan *State of Charge* (SOC) akan memberi kita informasi tentang seberapa banyak kita dapat berkendara sebelum mengisi ulang dan berapa lama kita dapat menggunakan baterai yang ada. Disini menggunakan baterai lithium-ion untuk memeriksa persentase SOC secara langsung. Pengisian dan pengosongan baterai dapat kita periksa dengan bantuan SOC. Gambar 7 di bawah ini akan menunjukkan hubungan antar setiap blok untuk membuat subsystem.



Gambar 7. Subsystem Baterai dan Pemodelan *State of Charge*

3.3 Verifikasi dan Validasi Pemodelan

Memasukkan dan mengecek parameter yang telah dihitung untuk setiap komponen indikator model simulink, memastikan bahwa jalur-jalur yang terhubung sudah sesuai dengan fungsi masing-masing indikator, dan membandingkan hasil simulasi dengan hasil pengujian langsung di lapangan adalah semua metode yang digunakan untuk verifikasi dan validasi.

Tabel 2. Hasil Pengujian Langsung di Lapangan

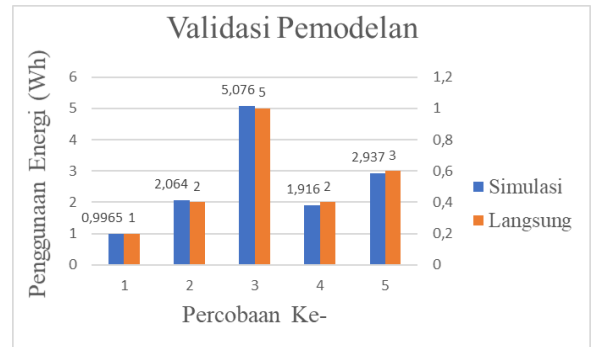
No	Kec Maks (km/h)	t_a (s)	t_{total} (s)	Jarak (km)	Penggunaan Energi (wh)
1	/1/115	15,10	20,00	0,04	2
2	/1/118	19,50	25,00	0,09	3
3	/1/1 18	57,70	104,00	0,45	6
4	/1/116	10,70	19,00	0,05	3
5	/1/1 19	06,20	30,00	0,14	4

Dari hasil pengujian lapangan tabel 2 diatas telah didapatkan data kecepatan, waktu akselerasi, waktu tempuh total, dan jarak tempuh kendaraan. Yang nantinya akan menjadi acuan dalam pembuatan variasi input signal pada simulasi. Setelah didapatkan data pengujian secara langsung di lapangan dan hasil dari simulasi. Selanjutnya, dilakukan validasi dengan membandingkan hasil penggunaan energi dari keduanya dengan nilai kurang dari 5% . Tabel 3, dan Gambar 8 merupakan data hasil perbandingan yang telah dihitung persentasenya.

Tetapi, ada yang perlu digaris bawahi pada pengujian secara langsung di lapangan bahwa mobil Warok V.1 ketika posisi idle MCB On penggunaan energi terpakai sebesar 1 Wh. Hal ini dikarenakan penggunaan extra fan, alat pendukung programmable, dan alat elektronik pendukung lainnya. Untuk itu, validasi pemodelan dilakukan dengan mengurangi nilai penggunaan energi saat posisi idle sebanyak 1 Wh pada pengujian secara langsung. Hal ini dilakukan untuk membuat sistem pemodelan yang dibuat lebih mirip dengan sistem nyata, sehingga dapat digunakan untuk melakukan analisis metode berkendara jika ada perubahan yang dilakukan pada kendaraan.

Tabel 3. Perbandingan Hasil Pengujian Lapangan dengan Simulasi

No	Simulasi (wh)	Pengujian (wh)	Error (%)
1	0,9965	1	0,03
2	2.064	2	3,15
3	5.076	5	1,50
4	1,916	2	0,04
5	2.937	3	2,12



Gambar 8. Grafik Validasi Pemodelan

3.4 Analisis Metode Berkendara

Dari pengujian yang telah dilakukan sebanyak enam kali. Analisis metode berkendara dilakukan pada lintasan lurus sedikit bergelombang, tidak full aspal dengan panjang lintasan 200 meter atau 0,2 km. Dua pengujian dilakukan dengan metode konstan dan *stop and go*. Dalam metode mengemudi konstan, dilakukan dengan menginjak pedal gas hingga kecepatan tertinggi dan kemudian melaju terus hingga menempuh jarak yang diinginkan. Di sisi lain, dalam metode *stop and go* dengan menginjak pedal gas hingga kecepatan tertinggi kemudian melepas gas pada titik tertentu, sehingga mobil bergerak meluncur dengan memanfaatkan inersia mobil.

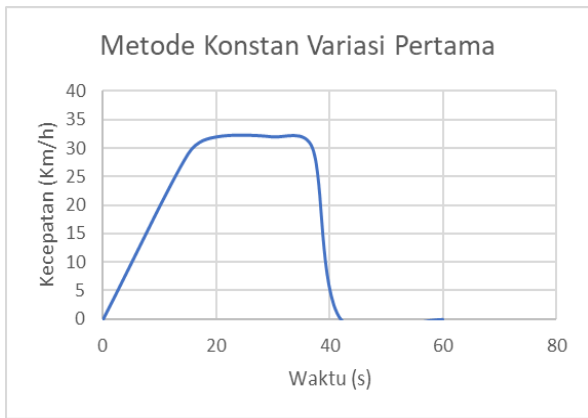
Pada pengujian lapangan ini target waktu tempuh dibuat sama yaitu maksimal 120 detik hal ini di lakukan agar menggambarkan situasi asli ketika perlombaan yang dimana batas waktu maksimal sudah ditentukan dan apabila melebihi waktu tempuh hasil capaian tidak valid atau *DNF (Do Not Finish)*. Untuk menghitung nilai konsumsi energi dalam penelitian ini, menggunakan persamaan (11) berikut:

$$\text{Konsumsi Energi} = \frac{\text{Jarak Tempuh (Km)}}{\text{Penggunaan Energi (Kwh)}}$$

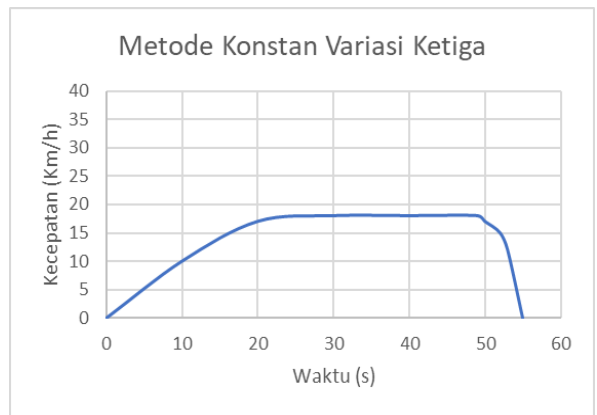
A. Metode Berkendara Konstan

1) Variasi Pertama

Metode konstan pertama, dengan kecepatan rata-rata 32 km/jam dan jarak tempuh 0,2 km, memungkinkan kendaraan untuk mencapai kecepatan maksimumnya membutuhkan waktu akselerasi 15,2 detik, kendaraan dalam kecepatan konstan selama 37 detik, dan waktu tempuh total 42 detik, yang menghasilkan penggunaan energi 8 wh pada *wattmeter*. Gambar 9 menunjukkan grafik selama pengujian di lapangan. Perhitungan konsumsi energi menggunakan persamaan (11) diatas menghasilkan capaian jarak 25 km/kwh.



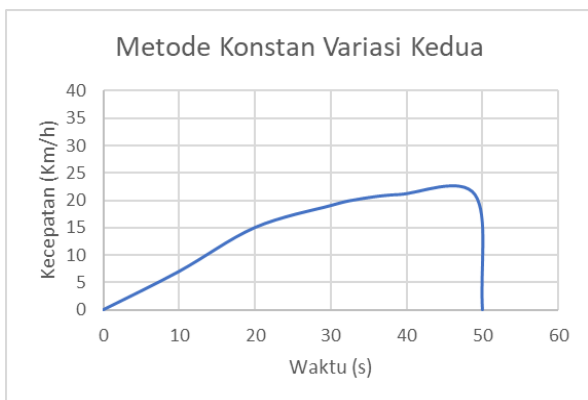
Gambar 9. Grafik Pengujian Langsung Metode Konstan Variasi Pertama



Gambar 11. Grafik Pengujian Langsung Metode Konstan Variasi Ketiga

2) Variasi Kedua

Metode konstan kedua menggunakan kecepatan rata-rata 21 km/jam dan jarak tempuh 0,2 km, memungkinkan kendaraan untuk mencapai kecepatan maksimumnya membutuhkan waktu akselerasi selama 39,8 detik, kendaraan dalam kecepatan konstan selama 9,2 detik dan waktu tempuh total selama 49 detik menghasilkan penggunaan energi 04 wh pada *wattmeter*. Gambar 10 menunjukkan grafik ketika pengujian lapangan. Perhitungan konsumsi energi menggunakan persamaan (11) diatas menghasilkan capaian jarak 50 km/kwh.



Gambar 10. Grafik Pengujian Langsung Metode Konstan Variasi Kedua

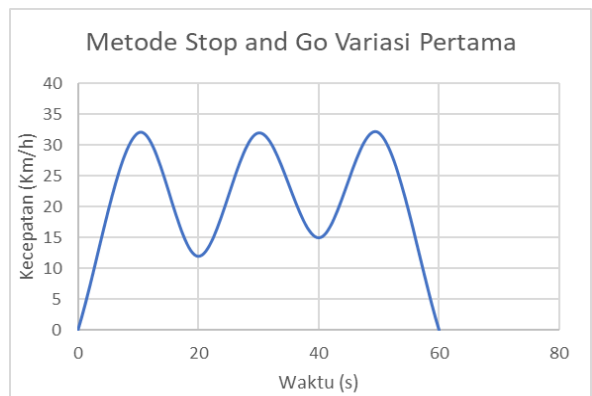
3) Variasi Ketiga

Variasi ketiga metode konstan menggunakan kecepatan rata-rata 18 km/jam dan jarak tempuh 0,2 km kendaraan dapat mencapai kecepatan maksimum yang diinginkan membutuhkan waktu akselerasi selama 20,8 detik, kendaraan dalam kecepatan konstan selama 28 detik dan waktu tempuh total selama 55,5 detik menghasilkan penggunaan energi 04 wh pada *wattmeter*. Gambar 11 menunjukkan grafik ketika pengujian lapangan. Perhitungan konsumsi energi menggunakan persamaan (11) diatas menghasilkan capaian jarak 50 km/kwh.

B. Metode Berkendara *Stop and Go*

1) Variasi Pertama

Metode *stop and go* variasi pertama yang dilakukan berdasarkan waktu yang telah ditentukan. Pada variasi ini kecepatan maksimum rata-rata 32 km/jam dan jarak tempuh 0,2 km, untuk mencapai kecepatan maksimum yang diinginkan membutuhkan waktu akselerasi selama 10 detik setelah itu melepas gas memanfaatkan *glide* selama 10 detik, fase *stop and go* ini berulang hingga 60 detik sampai kendaraan mencapai jarak yang ditentukan menghasilkan penggunaan energi sebesar 06 wh pada *wattmeter*. Gambar 12 menunjukkan grafik pengujian lapangan yang dilakukan. Perhitungan konsumsi energi menggunakan persamaan (11) diatas menghasilkan capaian jarak 33,3 km/kwh.

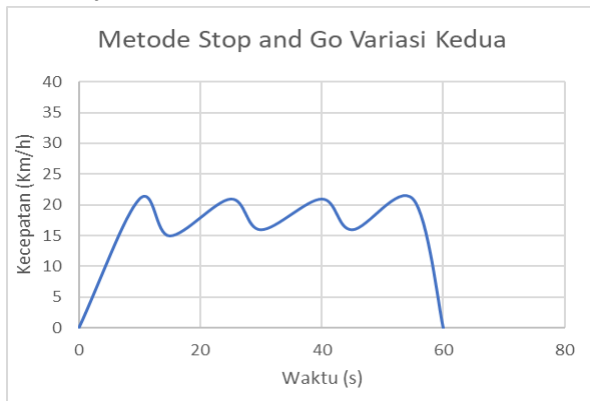


Gambar 12. Grafik Pengujian Langsung Metode *Stop and Go* Variasi Pertama

2) Variasi Kedua

Metode *stop and go* variasi kedua ini dilakukan dengan kecepatan maksimal rata-rata 21 km/jam selama 10 detik setelah itu melepas gas memanfaatkan *glide* selama 5 detik pada pengujian variasi ini jarak yang ditempuh sama yaitu 200 meter atau 0,2 kilometer dan ditempuh selama 60 detik menghasilkan penggunaan energi sebesar 04 wh pada *wattmeter*. Gambar 13 menunjukkan grafik

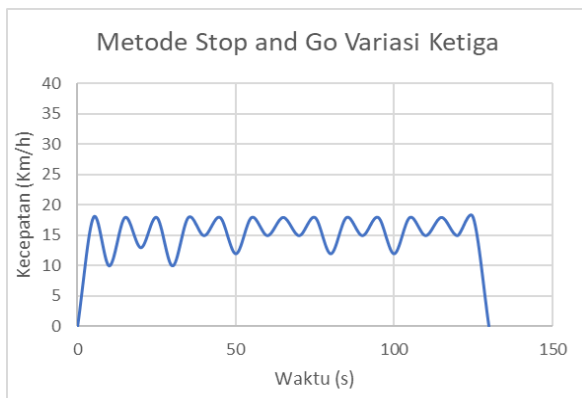
pengujian secara langsung. Perhitungan konsumsi energi menggunakan persamaan (11) diatas menghasilkan capaian jarak 50 km/kwh.



Gambar 13. Grafik Pengujian Langsung Metode *Stop and Go* Variasi Kedua

3) Variasi Ketiga

Metode *stop and go* variasi ketiga ini dilakukan dengan kecepatan maksimal rata-rata 18 km/jam selama 5 detik setelah itu melepas gas memanfaatkan *glide* selama 5 detik pada pengujian variasi ini jarak yang ditempuh sama yaitu 200 meter atau 0,2 kilometer dan ditempuh selama 130 detik menghasilkan penggunaan energi sebesar 03 wh pada *wattmeter*. Gambar 14 menunjukkan grafik pengujian secara langsung. Perhitungan konsumsi energi menggunakan persamaan (11) diatas menghasilkan capaian jarak 66,6 km/kwh.



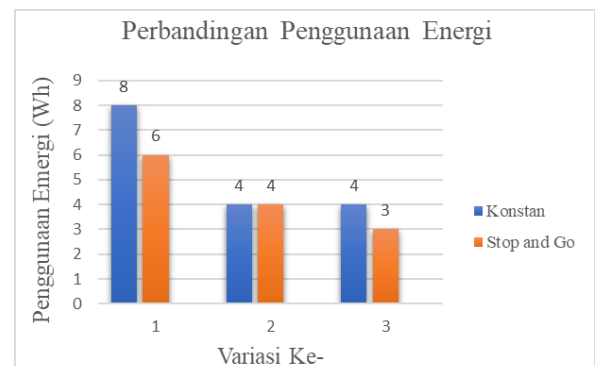
Gambar 14. Grafik Pengujian Langsung Metode *Stop and Go* Variasi Ketiga

3.5 Pembahasan

Pada pengujian simulasi yang dilakukan *input* parameter sudah dipastikan sesuai dengan hasil penghitungan yang telah dilakukan, serta indikator model dan jalur yang terhubung juga sesuai dengan fungsi dan kegunaannya. Berdasarkan validasi pengujian langsung di lapangan dengan hasil pengujian simulasi model yang telah dibuat, menghasilkan beberapa hasil capaian yang kurang lebih sama dengan kesalahan kurang dari 5%. Angka ini ditinjau dari penelitian sebelumnya oleh Witantyo, dkk. yang mengembangkan model untuk mengevaluasi spesifikasi

kendaraan, mode mengemudi, dan trek spesifik[4]. Selain itu, studi yang dilakukan oleh Yudha et al. tentang pemodelan dinamika kendaraan mobil listrik Kapuas 2 menggunakan *MATLAB/Simulink* telah dievaluasi dan divalidasi hasil simulasi menunjukkan tingkat kesalahan kurang dari 5% [5].

Metode *stop and go* mejadi hasil yang terendah dalam pengujian analisis metode berkendara secara langsung. Ini ditunjukkan dengan membandingkan metode *stop and go* dan metode konstan dengan jarak tempuh yang sama, yaitu 0,2 kilometer. Gambar 15 menunjukkan data hasil perbandingan metode berkendara variasi ketiga menghasilkan 3 wh dengan kecepatan rata-rata 18 km/jam, variasi kedua menghasilkan 4 wh dengan kecepatan rata-rata 21 km/jam, dan variasi pertama menghasilkan 6 wh dengan kecepatan rata-rata 32 km/jam. Studi Jeongwoo Lee tentang metode pengendalian *Pulse dan Glide* memperkuat hal ini[3].



Gambar 15. Hasil Perbandingan Metode Konstan dan *Stop and Go* Pengujian Langsung

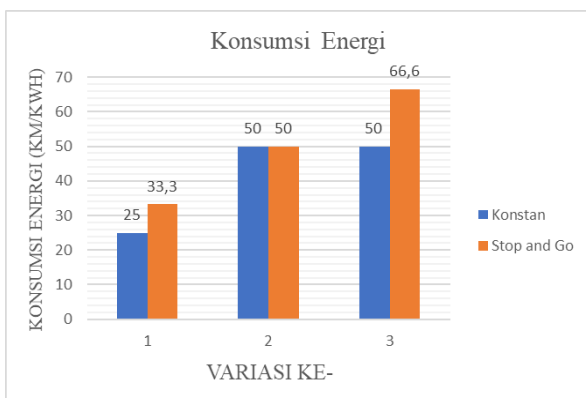
Metode dalam berkendara dan buka tutup gas sangat berpengaruh dalam penggunaan energi. Seperti pada contoh pada pengujian variasi kedua metode konstan dengan variasi ketiga, pada variasi kedua mengemudi konstan kecepatan maksimal rata-rata 21km/jam secara logika kecepatannya lebih kencang dari metode konstan variasi ketiga yang hanya 18 km/jam. Tetapi, jika dilihat dari grafik pengujian variasi kedua cenderung landai tidak langsung naik mencapai kecepatan puncak. Grafik landai seperti ini sangat berpengaruh karena pada kendaraan listrik penggunaan ampere besar menggunakan penggunaan energi yang besar juga. Menurut penelitian di lapangan, metode *stop and go* menggunakan energi lebih sedikit daripada metode konstan karena kendaraan melaju tanpa menginjak gas dan menggunakan inersia kendaraan. Akibatnya, penggunaan ampere tidak meningkat secara signifikan.

Menurut penelitian di lapangan, metode *stop and go* menggunakan energi lebih sedikit daripada metode konstan karena kendaraan melaju tanpa menginjak gas dan menggunakan inersia kendaraan. Akibatnya, penggunaan ampere tidak meningkat secara signifikan.

Dengan membandingkan batas kecepatan rata-rata dengan jarak tempuh yang sama, variasi ketiga menghasilkan penggunaan energi terendah, yaitu 3 wh pada metode *stop*

and go dan 4 wh pada metode konstan, dengan catatan bahwa menginjak gas harus perlahan sampai kecepatan yang ditetapkan. Namun, jika variasi ketiga dari pengujian metode stop and go melebihi batas waktu yang ditentukan, itu dapat dianggap DNF atau tidak valid dalam perlombaan.

Menurut Hasil pengujian lapangan menunjukkan bahwa dua faktor utama yang mempengaruhi penggunaan energi adalah waktu akselerasi dan kecepatan rata-rata. Lebih tinggi kecepatan rata-rata yang digunakan, lebih banyak energi yang digunakan. Gambar 16 menunjukkan bahwa metode stop and go variasi ketiga memiliki tingkat konsumsi energi terendah. Dengan menggunakan 1 kwh energi, metode ini dapat menempuh jarak 66,6 km secara teoritis.



Gambar 16. Perbandingan Hasil Konsumsi Energi Metode Konstan dan *Stop and Go*

4. Kesimpulan

Menggunakan *MATLAB/Simulink*, dinamika kendaraan mobil listrik Warok V.1 telah dimodelkan dan disimulasikan. Dengan membandingkan hasil pengujian langsung dengan hasil simulasi, dinamika ini telah diverifikasi dan divalidasi. Meskipun jarak yang ditempuh sama menghasilkan tingkat konsumsi energi yang berbeda, perbedaan metode berkendara, kecepatan, dan waktu akselerasi untuk mencapai kecepatan puncak adalah komponen terpenting yang mempengaruhi penggunaan energi.

Kecepatan puncak, waktu akselerasi, dan kecepatan minimal dalam metode *stop and go* perlu menjadi perhatian. Meskipun kecepatan yang rendah bisa mengurangi konsumsi energi, namun mobil Warok V.1 tidak dapat mencapai garis finish dengan waktu yang ditentukan apabila diatur terlalu rendah. Metode *stop and go* variasi ketiga memiliki nilai konsumsi energi yang paling minimal dengan jarak tempuh yang paling jauh yaitu 66,6 km/kwh dengan kecepatan rata-rata yang sama metode ini cenderung lebih irit karena memanfaatkan inersia dari mobil itu sendiri. Tetapi, melebihi batas waktu yang ditentukan selama 120 detik.

Ucapan Terimakasih

Pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa karena selalu diberi kemudahan dan kelancaran dalam penulisan
2. Kedua Orangtua yang selalu full support dari segi apapun
3. Seluruh Dosen dan Laboran Prodi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Ponorogo
4. Seluruh teman anggota Tim Samandiman Universitas Muhammadiyah Ponorogo
5. Seluruh Teman Angkatan 2019

Daftar Pustaka

- [1] Y. Dewa Saputra, "Rancang Bangun Chassis Tubular Prototype Car Ethanol Berbahan Aluminium 6061.," Skripsi (S1) thesis, p. 1, 2021.
- [2] B. Deva Syahputra, "Analisis Mobil Tipe Urban Concept Terhadap Koefisien Drag Menggunakan Ansys Fluent Student Version.," Skripsi (S1) thesis, pp. 1-65, 2021.
- [3] Lee, Jeongwoo., (2009), "Vehicle Inertia Impact on Fuel Consumption of Conventional and Hybrid Electric Vehicles Using Acceleration and Coast Driving Strategy", Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, USA.
- [4] S. S. D. A. Witantyo, "Optimasi Metoda Pengemudian Untuk Meminimalkan Konsumsi BBM Dengan Gabungan Pemodelan Karakteristik Kendaraan Dengan Karakterisrik Lintasan," FT UMS, p. 1, 2013.
- [5] A. H. R. A. W. Nugroho Karya Yudha, "Pemodelan dan Simulasi Mobil Listrik Kapuas 2 Guna Memperoleh," Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin (JTRAIN), pp. 14-23, 2023.