

# PERFORMANCE ANALYSIS OF ELECTRIC VEHICLE CONVERSION AT CENTER OF GRAVITY MEASUREMENT

F. Zainuri <sup>1,2,\*</sup>, D. A. Sumarsono <sup>1</sup>, Mohammad Adhitya <sup>1</sup>, I. Wahyudi <sup>1</sup>, I. Choiri <sup>1</sup>, A. Azis<sup>1</sup>, G. Fauzan <sup>1</sup>, M. Triananda <sup>1</sup>, F. Arrafi <sup>1</sup>, F. A. Falah <sup>1</sup>

1) Department of Mechanical engineering Universitas Indonesia 16424,Indonesia;

2) Department of Mechanical engineering State Polytechnic of Jakarta 16425, Indonesia

\*Corresponding author: [fzainuri@yahoo.co.id](mailto:fzainuri@yahoo.co.id)

---

## Abstract

In this study, the conversion is done by changing conventional gasoline-powered vehicles with electricity. Replacement is done by removing the drive engine and replacing it with a drive motor that is automatically added to the battery as an energy source. Laying the existing components affects the center of gravity where all car weights are centered in one meeting point. The car that we usually see on the road has a lot of heavy components, such as engine blocks, pistons, batteries, gearboxes, axles, transfer cases and heavy components scattered throughout the car, so naturally there is a "meeting point" where all the heavy components it rests when installed. "Intersection" is the center of weight of the car. From the results of measurements and calculations, the value obtained from the change in weight of conventional vehicles to electric vehicles is quite significant around 300 kg, this is dominated by the addition of motor components in front and a total battery of 300 kg. Significant changes related to changes in center of gravity that result in a center of gravity that has been measured and calculated in good condition because the value has changed from 38.94% (front to back) to 54.50% and is in the middle of the car because the lower, the middle, the more nice. Likewise, a change of 50.34% to 50.95% (from left to right) so that the lower the center of gravity of the car, the effect will be felt when the car is bent at a bend or maneuver. Cars with low center of gravity will be more stable and have less symptoms of dizziness, so it feels more easily controlled. Heavy displacement when turning and braking is also increasingly minimal and easy to read, so the car is very easily controlled by the rider. This study and trial aims to determine the pattern of power consumption on the Kendaraan konversi and the reliability of the system. Thus the data obtained for further study related to the way of recharging the battery and improvement kendaraan konversi work system.

*Keywords: conversion vehicle; Multi motor; charging system, battery.*

---

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Latar Belakang

Dalam beberapa masa ke depan kendaraan listrik telah mulai diusulkan untuk menggantikan transportasi di masa depan tetapi mereka belum mendapatkan penerimaan secara menyeluruh. Alasan yang utama adalah bahwa teknologi masih terlalu mahal dibandingkan dengan kendaraan konvensional dan selalu ada pilihan lain seperti diversifikasi pilihan seperti bahan bakar, penggunaan hidrogen pada umumnya, bahan bakar nabati, hibrida, dan lainnya. Terhadap solusi EV ini harus membenarkan teknologi baterai yang mahal dan berumur pendek, dan pengisian daya sistem yang merupakan teknologi baru yang mahal. Memang dibandingkan dengan kendaraan konvensional, EV dua kali lebih mahal dan hibrida tiga kali lipat biaya [2].



**Gambar 1.** Pengurangan emisi hingga 2030 Dunia [*Error! Reference source not found.*]

Mengemudi merupakan aktivitas sehari-hari yang memerlukan keterampilan dan proses belajar. Beberapa studi terkait perilaku mengemudi menyebutkan bahwa aktivitas mengemudi memiliki risiko yang besar terkait keamanan pengemudi dan lingkungan jalan raya. Di Indonesia sendiri terdapat dua jenis transmisi yang paling banyak digunakan yaitu Manual dan Otomatis. Transmisi manual merupakan sebuah sistem perpindahan percepatan yang menggunakan bantuan tuas transmisi. Terdiri

dari gigi paling rendah 1 sampai yang paling tinggi 5-6, serta gigi mundur untuk membuat mobil berjalan mundur, untuk melakukan perpindahan kecepatan pada transmisi manual dibutuhkan bantuan kopling. Transmisi otomatis adalah transmisi yang melakukan perpindahan gigi percepatan secara otomatis berdasarkan beban mesin (besarnya penekanan pedal gas) dan kecepatan kendaraan, tanpa menggunakan bantuan kopling, hasilnya transmisi otomatis menghasilkan akselerasi yang lebih rendah dibanding transmisi manual [7].

Selanjutnya, kinerja traksi yang dihasilkan akan dapat berubah-ubah tergantung pada jumlah muatan yang diterima oleh kendaraan. Kemudian pemilihan motor dan transmission gear ratio yang tepat juga menjadi kunci utama agar kendaraan dapat melakukan kinerja traksi dengan baik. Gaya-gaya hambatan yang terjadi pada kendaraan telah diketahui, maka akan dapat dilakukan analisa performa sistem power train yang mana penelitian ini penting untuk dilakukan, agar kendaraan listrik yang sedang dikembangkan dapat memenuhi standar kriteria mobil perkotaan yang baik. Secara umum tujuan dari penelitian ini adalah merancang suatu sistem mekanikal perpindahan gigi pada transmisi 2 speed mobil listrik, menghitung rasio gigi yang lebih efisien untuk kendaraan listrik tersebut.

### 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan tujuan di atas, rumusan perancangan dan pengujian mobil perkotaan hasil konversi dari mobil perkotaan konvensional (dengan motor bakar) menjadi mobil perkotaan listrik yang dapat menunjukkan performa yang baik.

### 1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa hasil Konversi jenis kendaraan kelas sedang dari bahan bakar bensin dan segala perangkat komponen yang mendukung menjadi kendaraan listrik. Analisa dilakukan dengan mengukur dan menghitung performance masing2 komponen kendaraan listrik konversi kemudian dibandingkan dengan kendaraan aslinya untuk didapatkan nilai optimalnya. Rancangan purwarupa (*prototype*) mobil perkotaan listrik dan menguji performanya agar sesuai dengan kebutuhan beban, rute, dan karakter pengendalian mobil perkotaan. Dengan demikian system penggerak, tipe baterai dan cara pengisian ulang yang paling tepat dapat ditentukan.

### 1.4. Batasan Masalah

Perancangan dan penelitian ini dibatasi dengan beberapa ketentuan sebagai berikut:

1. Alat uji menggunakan mobil perkotaan listrik UI (Molina EV) dengan berat kendaraan 1010 kg
2. Tekanan ban yang digunakan 40 psi , koefisien gesek 0,02
3. Kecepatan kerja  $V_{limit} = 0$  km/jam dan  $V_{ultimate} = 80$  km/jam

4. Mobil perkotaan dijalankan dengan rute yang telah ditentukan
5. Mobil perkotaan dioperasikan pada kondisi normal pengoperasian gigi 1- 4

## 2. Landasan Teori

### 2.1. Perhitungan Traksi dan Hambatan Kendaraan

Adapun metode penelitian yang akan dilakukan adalah dengan review literatur tentang transmisi, analisa dinamika gerak kendaraan, analisa geometri rasio gigi, dan terakhir desain 3D CAD transmisi tersebut. Langkah awal dalam perhitungan adalah dengan meninjau kendaraan mobil perkotaan sebagai acuan dalam geometri kendaraan secara umum (Gambar 1).

*Tabel 1. Data Spesifikasi kendaraan*

No	Item	Nilai	Satuan
<b>A</b>	<b>Dimensi utama dan berat kendaraan</b>		
1	Wheel base	2450	mm
2	Overall lenght	3600	mm
3	Overall width	1620	mm
4	Overall height	1520	mm
5	Wheel track front	1420	mm
6	Wheel track rear	1415	mm

*Tabel 2. Tabel performa kendaraan*

B	Performa Kendaraan		
1	$V_{max}$	65	km/h
2	Kapasitas angkut penumpang (termasuk driver)4 x @80 kg	320	kg
3	Kapasitas angkut barang	50	kg
4	Curb Weight	780	kg
5	GVWR	1150	kg

Titik berat kendaraan merupakan tempat bekerjanya gaya tarik bumi (gravitasi) terhadap keseluruhan massa kendaraan. Letak titik berat ini tergantung pada geometri kendaraan dan distribusi berat kendaraan [2]. Dalam penelitian ini pemilihan perbandingan rasio gear transmisi adalah untuk mengetahui seberapa besar performa gaya traksi yang dihasilkan pada saat kendaraan melaju pada bidang datar  $0^\circ$  dan sudut tanjakan  $> 0^\circ$ .

### 2.1 Perhitungan Gaya Hambatan Kendaraan

#### a. Hambatan Guling (*Rolling Resistance*)

Kendaraan akan bergerak bila traksi roda lebih besar dari hambatan-hambatan yang diterima. Hambatan yang dialami kendaraan antara lain: Besar hambatan guling yang sangat bervariasi tergantung dari jenis

dan kondisi permukaan ban dan jalan yang dilalui. Jalan yang akan dilalui kendaraan ini adalah jalan perkotaan yang berupa aspal yang dengan kondisi bagus sehingga besarnya dapat dihitung dengan Pers. 1 [3].

$$P_r = f \cdot G \quad (1)$$

di mana :

$P_r$  = hambatan guling (N)

$f$  = koefisien hambatan guling

$G$  = berat total kendaraan (N)

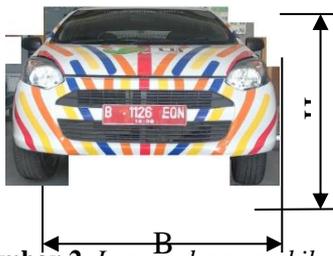
Nilai koefisien hambatan guling ditentukan berdasarkan Tabel 2 [3].

**Tabel 3** Koefisien Rolling Resistance

Type of Road	f at v = 14 m/s	f (mean value)
<b>Asphalt-concrete and cement concrete road</b>		
<i>In excellent state</i>	0.017	0.014-0.018
<i>In satisfactory state</i>	0.018	0.018-0.020
<i>Cobblestone pavement</i>	0.025	0.023-0.030

a. Hambatan Udara (*Air Resistance*)

Saat kendaraan bergerak partikel udara akan menumbuk permukaan kendaraan sehingga menimbulkan hambatan pada laju kendaraan. Hambatan udara hanya diperhitungkan apabila kecepatan kendaraan  $\geq 60$  km/jam. Kendaraan ini direncanakan memiliki kecepatan rata-rata 65 km/jam. Proyeksi luasan depan kendaraan untuk mobil dapat dihitung dengan Pers. 2. Besarnya daya yang diperlukan untuk mengatasi hambatan udara dihitung dengan Pers. 3 [3]. Pada Gambar 2 terlihat luasan depan mobil yang ditinjau.



**Gambar 2.** Luasan depan mobil

$$A_f = 0,78 \cdot B_a \cdot H_a \quad (2)$$

$$P_{ud} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_D \cdot A_f \cdot v^2 \quad (3)$$

Dimana :

$P_{ud}$  = hambatan udara (N)

$C_p$  = koefisien hambatan udara ( $N \cdot s^2/m^2$ )

$B_a$  = lebar maksimum kendaraan (m)

$A_f$  = proyeksi luasan depan kendaraan ( $m^2$ )

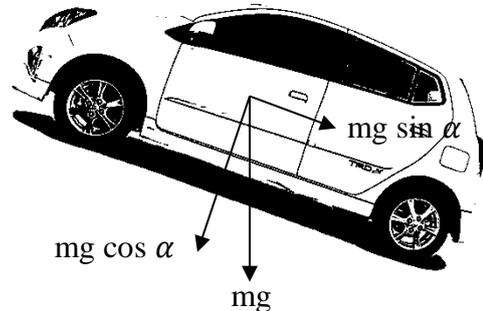
$\rho$  = density udara ( $1,2 \text{ kg/m}^3$ )

$H_a$  = tinggi maksimum kendaraan (m)

$v$  = kecepatan kendaraan (m/s)

b. Hambatan Tanjakan (*Grade Resistance*)

Suatu kendaraan bergerak pada jalan yang mendaki maka sebagai hambatan geraknya adalah komponen gaya pada arah sejajar dengan permukaan jalan terlihat pada Gambar 3. Besarnya hambatan pendakian menggunakan Pers. 4 [3].



**Gambar 3.** Gaya-gaya yang bekerja pada hambatan pendakian

$$P_g = G \cdot \sin \alpha \quad (3)$$

di mana :

$P_g$  = hambatan tanjakan (N)

$G$  = berat total kendaraan (N)

$\alpha$  = sudut kemiringan jalan

Gaya traksi tidak boleh melampaui besarnya gaya gesek antara roda dengan permukaan jalan agar tidak terjadi slip, untuk menghitung besarnya gaya gesek yang dialami oleh kendaraan dapat menggunakan Pers. 4 [3].

$$P_t \leq \phi \cdot W_p \quad (4)$$

## 2.2 Penentuan Rasio Transmisi Final Drive

Kendaraan yang akan dirancang ini akan menggunakan diferensial gear untuk memudahkan ketika berbelok. Final reduction gear berfungsi untuk mereduksi putaran dan mengubah arah putaran. Apabila kendaraan direncanakan memiliki kecepatan maksimum 65 km/jam dan diketahui diameter roda belakang ( $D_w$ ) 0,58 m maka putaran pada poros final drive dapat dihitung dengan menggunakan Pers.5.

$$n = \frac{60 \cdot (v)}{\pi \cdot D_w} \quad (5)$$

di mana :

$n$  = putaran motor (rpm)

$v$  = kecepatan kendaraan (km/jam)

$D_w$  = diameter roda belakang

Maka putaran pada poros final drive sebesar 595,38 rpm. Motor diketahui memiliki rasio reduksi awal sebesar 3,33 dan rasio gigi 2 = 1,25 diasumsikan efisiensi transmisi ( $\eta_{tr}$ ) 80 %. Angka transmisi pada final reduction gear adalah perbandingan putaran motor pada daya maksimum setelah direduksi oleh reduksi awal dan gigi ke-2 dibanding dengan putaran pada final gear. Besarnya rasio *final drive* dapat dihitung menggunakan Pers. 6.

$$i_{final} = \frac{n_{max}}{n_{final} \cdot i_{awal} \cdot i_2} \quad (6)$$

Dimana :

$n_{max}$  = putaran maks motor (rpm)

$n_{final}$  = putaran *final drive gear* (rpm)

$i_{awal}$  = rasio reduksi awal (rpm)

$i_2$  = rasio gigi ke-2

Berdasarkan hasil perhitungan, angka transmisi *final drive gear* yang didapat adalah sebesar 2,01.

### 2.3 Perhitungan Traksi kendaraan

Karakteristik dari suatu motor adalah grafik yang menggambarkan hubungan antara daya, torsi dan lain lain terhadap putaran motor dengan pembukaan throttle dalam posisi konstan. Sehingga dapat digambarkan hubungan antara gaya traksi ( $F_t$ ) dengan kecepatan kendaraan untuk beberapa tingkat kecepatan. Besarnya torsi untuk putaran tertentu dapat menggunakan Pers. 7 [3].

$$T = 9549 \frac{N}{n_m} \quad (7)$$

Dimana :

T = adalah Torsi motor (N m)

N = adalah Daya motor (kW)

$n_m$  = adalah putaran motor (rpm)

Besarnya gaya traksi ( $F_t$ ) untuk tiap putaran motor dan besarnya kecepatan  $v$  pada kondisi transmisi tertentu dapat dihitung dengan menggunakan Pers. 8, 9 [3].

$$F_t = \frac{i_n \cdot i_{dif} \cdot \eta \cdot T_m}{R_w} \quad (8)$$

$$v = \frac{60 \cdot \pi \cdot D_w \cdot n_m}{i_{total} \cdot 1000} \quad (9)$$

Di mana :

$F_t$  adalah gaya traksi (N)

$R_w$  adalah jari jari roda (m)

$i_n$  adalah angka transmisi ke-  
 $n = i$  reduksi awal x  $i$  pada gigi ke- $n$

$D_w$  adalah diameter ban

$T_m$  adalah Torsi motor (Nm)

$n_m$  adalah putaran motor

$i_{dif}$  adalah perbandingan differensial

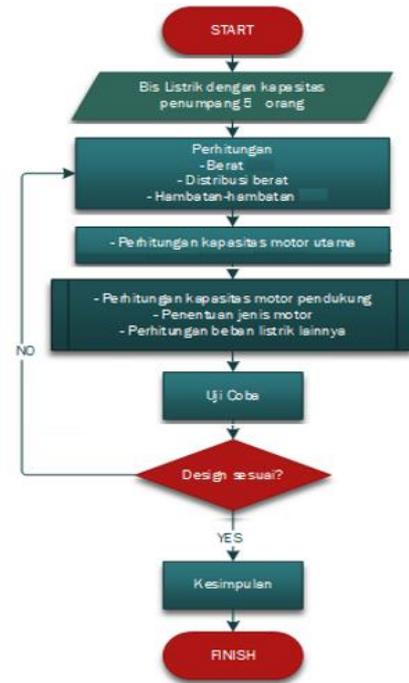
$i_{total}$  adalah  $i_n \times i_{dif}$

$\eta$  adalah efisiensi transmisi 80 %

## 3. Metode Penelitian

Setelah dilakukan pre-studi bahwa kendaraan listrik berbentuk mobil perkotaan adalah yang strategis untuk dikembangkan maka dilanjutkan dengan studi teknis untuk perancangannya. Studi literatur dilakukan dengan mengacu kepada : hasil riset terkait yang didapat dari disertasi, skripsi, dan jurnal, buku-buku referensi (*Text Book*) yang berkaitan dengan teknis kendaraan dan penggerak listrik serta sistem kendali, manual book, data sheet, internet, dan lain-lain. Selanjutnya, dilakukan perhitungan teoritis berat kendaraan, di setiap bagian mobil perkotaani beban, dan hambatan. Mobil perkotaan konvensional dengan kapasitas penumpang maksimal 4 orang menjadi referensi utama. Setelah didapatkan data beban teoritis, dilanjutkan dengan perhitungan dan penentuan kapasitas motor listrik. Baik untuk motor utama maupun motor pendukung.

### 3.1. Diagram Alur Perancangan dan Penelitian



Gambar 4. Diagram Alur Penelitian

Setelah dipastikan seluruh perangkat berfungsi dengan baik maka dilakukan uji coba mobil perkotaan dengan melalui rute yang telah ditentukan. Fase integrase, improvement, dan pengujian menjadi fase terpanjang. Bahkan fase ini tanpa batas waktu demi berkembangnya mobil perkotaan listrik Indonesia. Hasil yang didapat saat ini adalah sebagai modal untuk penelitian dan pengembangan selanjutnya.

### 3.2. Batasan Pengujian

Agar pengujian kendaraan berjalan dengan fokus dan data yang dihasilkan dapat dimanfaatkan maka direncanakan batasan pengujian. Kecepatan kendaraan saat pengujian ditetapkan maksimal 40 km/jam. Kecepatan ini dapat dijadikan profil untuk mobil perkotaan listrik dengan frekuensi pemberhentian sering dan jarak antar shelter pendek. Luas penampang frontal (appx.) 4,16 m<sup>2</sup>, hambatan aerodinamik ( $C_d$ ) 0,5328, dan hambatan rolling 0,002. Di samping itu ada asumsi massa jenis fluida,

dan sudut elevasi.

Mobil perkotaan diuji dengan kondisi tanpa beban penumpang dan tanpa mengaktifkan. Dengan demikian perangkat yang wajib difungsikan adalah motor utama, motor udara bertekanan, dan motor *power steering*. Ini adalah kondisi minimal untuk menjalankan mobil perkotaan.

#### 4. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini dilakukan penggantian mesin (engine ) dengan motor listrik AC 3 fasa 7.5 KW ,51 V(AC) dengan berat 43 kg .dan dengan penambahan baterai sebanyak 6 buah (VRLA Merk Mpower seri JXH )dengan spesifikasi masing-masing 150 Ah 12 Volt dengan berat masing-masing 45 kg (total 270 kg )



**Gambar 5.** Gambar Motor AC 3 phasa [Error! Reference source not found.] dan Rangkaian motor dengan gear boxnya

Dalam merangkai motor ke gear boxnya diperlukan pembuatan konektor sebagai penghubung dan dudukan antara motor ke gear box.

Pengukuran Centre of Gravity (CG)



**Gambar 7.** Mobil perkotaan Listrik UI Saat Pengukuran CG

Dalam pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan pengukuran berat kendaraan pada setiap roda sebagai titik tumpu dengan membandingkan berbagai kondisi variable yang berbeda baik variable kendaraan maupun variable penambahan penumpang sebagai mana bias dilihat pada tabel berikut.

	Stock	MEV 02 (empty)	MEV 02 (1 Pass.)	MEV 02 (2 Pass.)	MEV 02 (3 Pass.)	MEV 02 (4 Pass.)
<b>Weight Distribution</b>						
Total Weight (kg)	802.5	1011	1089	1163	1232	1286.5
Right Front Weight (kg)	243	246.5	269.5	283.5	294	296
Left Front Weight (kg)	247	213.5	231.5	258	258	269.5
Right Rear Weight (kg)	161	268.5	304.5	309.5	353.5	365.5
Left Rear Weight (kg)	151.5	282.5	283.5	312	326.5	355.5

**Tabel 4.** Data Hasil pengukuran berat pada masing2 roda

Data hasil pengukuran berat pada masing2 roda maka diperoleh data seperti tabel di atas Dimana berat kendaraan konvensional 802.5 kg menjadi 1011kg pada kendaraan konversi listrik (setelah penambahan baterai dan motor) berarti ada penambahan berat sebesar 208.5 kg dengan rincian sebagai penambahan total berat masing-masing roda.Selanjutnya pada kendaraan konversi listrik disimulasikan dengan penambahan penumpang dari penumpang pertama (78 kg) ,kedua (74kg),ketiga (69 kg) dan penumpang keempat (54.5) yang masing-masing terdistribusi ke setiap bagian roda.

**Tabel 5.** Berat kendaraan dari setiap sisi

Calculation	Stock	MEV 02 (empty)	MEV 02 (1 Pass.)	MEV 02 (2 Pass.)	MEV 02 (3 Pass.)	MEV 02 (4 Pass.)
Front Total weight (kg)	490	460	501	541.5	552	565.5
Front %	61.06%	45.50%	46.01%	46.56%	44.81%	43.96%
Rear Total Weight (kg)	312.5	551	588	621.5	680	721
Rear %	38.94%	54.5%	53.99%	53.44%	55.19%	56.04%
Right Total Weight (kg)	404.5	515	574	593	64750.00%	661.6
Right %	50.34%	50.94%	52.71%	50.99%	52.56%	51.42%
Left Total Weight (kg)	398.5	496	515	570	584.5	625
Left %	49.66%	49.06%	47.29%	49.01%	47.44%	48.58%

Hasil pengukuran berat yang ada pada masing-masing roda kemudian dilanjutkan dengan peninjauan berat berdasarkan sisi kedaraan baik

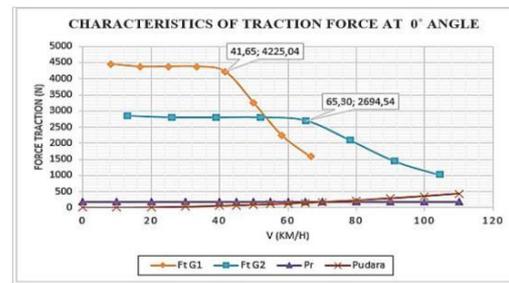
kedua roda depan ,kedua roda belakang dan kedua sisi roda baik kiri maupun kanan.Dari hasil perhitungan yang dilakukan bahwa perbandingan masing-masing posisi dapat dijelaskan bahwa prosentase berat antara kendaraan konvensional dibanding kendaraan konversi listrik adalah terjadi perubahan berat pada semua jumlah sisinya.

**Tabel 6. Hasil Perhitungan CG panjang dan lebar**

Center of Gravity (Horizontal)	Stock	MEV 02 (empty)	MEV 02 (1 Pass.)	MEV 02 (2 Pass.)	MEV 02 (3 Pass.)	MEV 02 (4 Pass.)
Front to Rear (cm)	95.6	133.8	132.6	131.2	135.5	137.6
Front to Rear %	38.94%	54.50%	53.99%	53.44%	55.19%	56.04%
Left to Right (cm)	70.5	71.3	73.8	71.4	73.6	72
Left to Right %	50.34%	50.94%	52.71%	50.99%	52.56%	51.42%

Penambahan berat tersebut mengakibatkan perubahan yang signifikan terkait dengan perubahan center of gravity yang berakibat pada Titik berat yang telah diukur dan dihitung dalam kondisi bagus karena nilainya mengalami perubahan dari 38.94 % (depan ke belakang) menjadi 54.50% dan berada di tengah mobil karena semakin rendah, semakin tengah, semakin bagus. Begitu juga perubahan 50,34% menjadi 50,95% (dari kiri ke kanan) sehingga semakin rendah titik berat mobil, efeknya akan sangat terasa kala mobil ditekuk di belokan atau bermanuver. Mobil dengan titik berat yang rendah akan lebih stabil dan minim gejala limbung, sehingga terasa lebih mudah dikendalikan. Perpindahan berat saat berbelok dan mengerem juga makin minim dan mudah dibaca, sehingga mobil sangat mudah dikendalikan oleh pengendaranya.

Gesekan yang dialami oleh kendaraan yang melaju pada kecepatan konstan di jalan datar (dengan sudut kemiringan 0 °) adalah gesekan udara dan gesekan baut saja. Di jalan datar nol gesekan dan gesekan inersia juga nol karena percepatan konstan. Gesekan yang dialami oleh kendaraan yang bergerak pada kecepatan konstan di jalan pendakian (dengan sudut kemiringan > 0 °) adalah gesekan udara, gesekan, gesekan dan gesekan pendakian. Grafik yang menunjukkan hubungan antara gaya traksi dengan gesekan pada kecepatan kendaraan pada sudut 0° dapat dilihat pada Gambar 8.



**Figure 8. Characteristics of Traction force at 0°**

Berdasarkan hasil analisis gesekan dengan gaya traksi yang ditunjukkan pada Gambar 7, dapat disimpulkan bahwa gesekan udara dan hambatan rolling tidak mempengaruhi gaya traksi yang dialami ketika kendaraan bergerak pada bidang datar. Sehingga kendaraan hanya mampu melaju pada 65,30 km / jam pada dua kecepatan dan kendaraan juga mampu melaju pada 49,98 km / jam pada gigi 1.

## 5. Kesimpulan dan Saran

Pada penelitian ini dipaparkan tentang konversi yang dilakukan dengan mengubah kendaraan konvensional berbahan bakar bensin dengan listrik. Penggantian dilakukan dengan melepas Engine penggerak dan menggantikannya dengan motor penggerak yang secara otomatis ditambahkan dengan Baterai sebagai sumber energi. Peletakkan komponen yang ada berpengaruh terhadap center of gravity dimana seluruh bobot mobil terpusat dalam satu titik temu. Mobil yang biasa kita lihat di jalanan punya banyak komponen berat, misalnya blok mesin, piston, aki, girboks, gardan, transfer case dan komponen berat-berat itu tersebar di seluruh bagian mobil, jadi tentu ada “titik temu” di mana semua komponen berat itu bertumpu saat dipasang. “Titik temu” itulah titik berat mobil. Dari hasil pengukuran dan perhitungan didapatkan nilai dimana dari perubahan berat kendaraan konvensional ke kendaraan listrik cukup signifikan berkisar 300 kg hal ini didominasi akibat penambahan komponen motor di depan dan baterai sebesar total 300 kg. Penambahan berat tersebut mengakibatkan perubahan yang signifikan terkait dengan perubahan center of gravity yang berakibat pada Titik berat yang telah diukur dan dihitung dalam kondisi bagus karena nilainya mengalami perubahan dari 38.94 % (depan ke belakang) menjadi 54.50% dan berada di tengah mobil karena semakin rendah, semakin tengah, semakin bagus. Begitu juga perubahan 50,34% menjadi 50,95% (dari kiri ke kanan ) sehingga semakin rendah titik berat mobil, efeknya akan sangat terasa kala mobil ditekuk di belokan atau bermanuver. Mobil dengan titik berat yang rendah akan lebih stabil dan minim gejala limbung, sehingga terasa lebih mudah dikendalikan. Perpindahan berat saat berbelok dan mengerem juga

makin minim dan mudah dibaca, sehingga mobil sangat mudah dikendalikan oleh pengendaranya

## Persembahan

Penelitian ini didanai oleh Ristekdikti Research Grants dan semua pihak di Universitas Indonesia dan Politeknik Negeri Jakarta yang menyediakan fasilitas dan peluang untuk penelitian ini. Terima kasih kepada semua pihak atas saran berharga yang telah diberikan demi perbaikan dan kelanjutan riset ini.

## Daftar Pustaka:

1. Jeongyong Kim; Inho Song; Woongchul Choi; **2015**, - An Mobil perkotaan With a Battery Exchange System - [www.mdpi.com/journal/energies](http://www.mdpi.com/journal/energies) - Energies 8, 6806-6819; doi:10.3390/en8076806
2. Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D, Dr. Ir. Bambang Sampurno, MT., 2010. *Teknologi Otomotif Edisi Kedua*, Penerbit Guna Widya – Surabaya,
3. Ari Satriadi Helmi, 2016, *Perancangan dan Uji Performa Sistem Powertrain Konversi Listrik Pada Mobil Listrik Nasional UI*, Skripsi, Fakultas Teknik Departemen Teknik Mesin, Program Studi Teknik Mesin Universitas Indonesia, Depok,
4. A. Kent Stiffler, 1992, *Design With Microprocessors For Mechanical Engineers*, Mc.Graw-Hill, Inc., Mechanical and Nuclear Engineering Department, Mississippi State University, USA.
5. Montazeri-Gh M and Mahmoodi-k M 2015 Development a new power management strategy for power split hybrid electric vehicles *Transp. Res. Part D Transp. Environ.* 37 79–96
6. Hannan M A, Azidin F A and Mohamed A 2014 Hybrid electric vehicles and their challenges: A review *Renew. Sustain. Energy Rev.* 29 135–50
7. El Fadil H, Giri F, Guerrero J M and Tahri A 2014 Modeling and nonlinear control of a fuel cell/supercapacitor hybrid energy storage system for electric vehicles *IEEE Trans. Veh. Technol.* 63 3011-8
8. Trovão J P, Pereirinha P G, Jorge H M and Antunes C H 2013 A multi-level energy management system for multi-source electric vehicles - An integrated rule-based meta-heuristic approach *Appl. Energy* 105 304–
9. Kim K J, Lee Y-C and Park J-H 2015 Fundamental research on power train systems for electric vehicles *Materwiss. Werksttech.* 46 414–9
10. Zhu X, Zhang H, Cao D and Fang Z 2015 Robust control of integrated motor-transmission powertrain system over controller area network for automotive applications *Mech. Syst. Signal Process.* 58 15–28
11. Mi C C, Buja G, Choi S Y and Rim C T 2016 Modern Advances in Wireless Power Transfer Systems for Roadway Powered Electric Vehicles *IEEE Trans. Ind. Electron.* 63 6533–45
12. Shin J, Shin S, Kim Y, Ahn S, Lee S, Jung G, Jeon S-J and Cho D H 2014 Design and Implementation of Shaped Magnetic Resonance Based Wireless Power Transfer System for Roadway-Powered Moving Electric Vehicles *IEEE Trans. Ind. Electron.* 61 1179–92
13. Hu X, Zou Y and Yang Y 2016 Greener plug-in hybrid electric vehicles incorporating renewable energy and rapid system optimization *Energy* 111 971–80
14. Wu G, Zhang X and Dong Z 2015 Powertrain architectures of electrified vehicles: Review, classification and comparison *J. Franklin Inst.* 352 425–48
15. Zainuri F, Sumarsono D A, Adhitya M and Siregar R 2017 Design of Synchromesh Mechanism to Optimization Manual Transmission's Electric Vehicle *AIP Conf. Proc.* 1823
16. Deuskiewicz P, Pankiewicz J, Dziurdz J and Zawisza M 2014 Modeling of Powertrain System Dynamic Behavior with Torsional Vibration Damper *Adv. Mater. Res.* 1036 586–91
17. F Zainuri, A Apriana, DD Haryadi, 2014 Optimalisasi Rancang Bangun Mobil Listrik Sebuah Studi Kendaraan Hemat Energi Sebagai Bagian Solusi Alternatif Krisis Energi Dunia", *Jurnal Poli-Teknologi* 14 (3)
18. R Siregar, F Zainuri, M Adhitya 2017 Design a New Generation of Synchromesh Mechanism to Optimization Manual Transmission's Electric Vehicle "Proceeding of the 15th International Conference on QIR (Quality in Research).
19. AS Danardono, F Zainuri, M Adhitya 2016 Pengembangan Sistem Synchromesh Untuk Peningkatan Efisiensi Motor Pada Kendaraan Listrik ,prosiding SENTRA (Seminar Teknologi dan Rekayasa).
20. Wang R G, Zhang L T, Yu C, Yang Z L and Shi G K 2013 A (2019). Test Bench for Power Train of Electric Hybrid Vehicle *Adv. Mater. Res.* 694–697 1591–4
21. Aerens, R., Vorkov, V., & Duflou, J. R. 2019, Springback prediction and elasticity modulus variation. *Procedia Manufacturing*, 29, 185-192. doi:https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.125
22. Jin Young Park – Director, Global Transport Academy, The Korea Transport Institute, Sept 2016 Mobil perkotaan KOREA – 17<sup>th</sup> IUAPPA World Clean Air Congress and 9<sup>th</sup> CAA Better Air Quality Conference

