

# Analisis Performansi Mobil *Hibrid* Bed-18 Penggerak Motor Listrik BLDC 2000 Watt dan Udara Bertekanan

Bambang Setyono<sup>1</sup>, Mohammad Fajar<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Jurusan Teknik Mesin – FTI- Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Email: [bambang@itats.ac.id](mailto:bambang@itats.ac.id)

## ABSTRACT

*Hybrid car is vehicle that uses two or more types of drivers. In this study, the researcher employed compressed air and electric motor as the drivers. The research methods applied in this research involved dyno-test, acceleration test, and theoretical calculation. As a result, the dyno-test obtained the power 2.3 HP on the rotary 169 rpm and maximum torsion 113.97 Nm on the rotary 119 rpm. Hence, this hybrid car could reach velocity by 21 km/hour. The power needed for asphalt road and dry concrete with incline angle 10° and driver mass 90 kg was 1261.05 watts. Meanwhile, the wet asphalt road with the similar incline angle and driver mass required power by 1255.73 watts. In the context of wet concrete road within the same incline angle and driver mass, the power took 1259.72 watts.*

**Keywords:** *hybrid car, compressed air, electric motor, performance*

## ABSTRAK

Mobil hibrid merupakan mobil yang menggunakan dua atau lebih sebagai sumber geraknya. Sumber gerak yang digunakan pada mobil ini adalah udara bertekanan dan motor listrik. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui performansi mobil hibrid untuk penggerak motor listrik yang meliputi: torsi, daya, akselerasi, serta konsumsi daya untuk menempuh jalan tanjakan. Metode yang diterapkan ialah pengujian menggunakan *dynotest*, pengujian akselerasi langsung dijalan, dan perhitungan teoritis. Berdasarkan hasil performansi dari hasil uji *dynotest* didapat daya 2,3 HP terjadi pada putaran 169 rpm, torsi Maksimal 113,97 Nm terjadi pada putaran 119 rpm. Mobil hibrid tersebut mampu mencapai kecepatan 21 km/jam. Daya yang dibutuhkan pada jalan aspal dan beton kering dengan sudut tanjakan 10° untuk massa pengendara berat 90 kg membutuhkan daya sebesar 1261,05 watt, jalan aspal basah sudut tanjakan 10° untuk massa pengendara berat 90 kg membutuhkan daya sebesar 1255,73 watt, jalan beton basah sudut tanjakan 10° untuk massa pengendara berat 90 kg membutuhkan daya sebesar 1259,72 watt.

**Kata Kunci :** mobil hibrid, udara bertekanan, motor udara, performansi

## PENDAHULUAN

Cadangan bahan bakar minyak yang semakin menipis menyebabkan peneliti dan industri berlomba-lomba mengembangkan mobil dengan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan. Menurut sebuah kajian lembaga konsultan Norwegia Rystad Energy, dengan asumsi laju eksploitasi seperti saat ini maka cadangan minyak mentah dunia hanya cukup untuk 70 tahun ke depan. Selain itu, kendaraan berbahan bakar minyak menghasilkan karbon monoksida (CO) yang dianggap sebagai gas rumah kaca utama yang berkontribusi terhadap pemanasan global dan perubahan iklim [1]. Listrik merupakan salah satu sumber energi alternatif yang ideal untuk sumber energi gerak kendaraan karena tidak menghasilkan polusi udara maupun suara sehingga ramah lingkungan. Mekanisme penggerak motor listrik juga memiliki kelebihan lainnya yaitu lebih sederhana dibandingkan dengan penggerak motor bensin maupun diesel, namun memiliki kelemahan yaitu waktu pengisian atau *charging* relatif masih lama. Angin memiliki kelebihan pada kecepatan waktu saat pengisian ulang dibandingkan listrik, namun penggerak angin juga memiliki kelemahan yaitu pada penyimpanannya dibutuhkan ruang dan tekanan yang cukup [2]. Daya jelajah penggerak motor angin sangat terbatas dibandingkan dengan motor listrik apalagi motor bensin ataupun diesel.

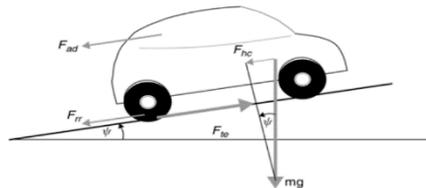
Berdasarkan analisis kelebihan dan kekurangan dari masing-masing sumber energi alternatif tersebut di atas maka pada penelitian ini diciptakan mobil hibrid dengan penggerak gabungan antara energi listrik dan angin atau udara bertekanan. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan analisis performansi dari salah satu sumber gerak mobil hibrid BED 18 yaitu penggerak motor listrik. Analisis performansi meliputi: putaran, torsi, daya, konsumsi daya listrik pada berbagai kondisi jalan tanjakan. Hasil analisis ini penting untuk data pengembangan mobil hibrid kedepan.

**TINJAUAN PUSTAKA**

Henri Pieper pada tahun 1899 mengembangkan mobil hybrid petro-electric pertama di dunia. Pada 1901 Ferdinand Porsche mengembangkan Hybrid Mixer Lohner-Porsche, mobil hibrida bensin-listrik pertama di dunia yang menggunakan dua motor-in-wheel [3][4]. Teknologi hibrida otomotif mulai meluas mulai akhir 1990an. Kendaraan hibrida produksi massal pertama adalah Toyota Prius, diluncurkan di Jepang pada tahun 1997, dan disusul oleh Honda Insight, diluncurkan pada tahun 1999 di Amerika Serikat dan Jepang. Prius diluncurkan di Eropa, Amerika Utara dan seluruh dunia pada tahun 2000 [5]. Motor listrik brushless direct current (BLDC) banyak digunakan dalam dunia industri. Motor ini menggunakan arus searah (DC) sebagai sumber tegangan [5][6]. Motor BLDC tidak menggunakan sikat dan komutator sebagai proses komutasi, tetapi digantikan gulungan yang terhubung dengan kontrol elektronik. Jadi pada motor BLDC proses komutasinya menggunakan elektronik [7][8]. Dalam analisa performansi kendaraan *hibrid* ini akan diamati sejumlah parameter yang sangat mempengaruhi kinerja serta jangkaun mobil *hibrid* tersebut.

a. Gaya Tarik

Untuk mengetahui kinerja sebuah kendaraan dibutuhkan sebuah persamaan gaya yang diperuntukan kendaraan tersebut dengan memperhitungkan gaya gesek anantara dua roda dengan permukaan jalan atau tanah.<sup>[1]</sup> Dengan kendaraan sama dengan massa (m), melaju dengan kecepatan (v), mendaki bukit dengan kemiringan sudut (Ψ)



Gambar 1. Diagram gaya pada kendaraan yang melaju di sepanjang bidang miring.

b. Gaya Hambat ( *Rolling Resistance Force, F<sub>rr</sub>* )

Gaya hambat ini terutama disebabkan oleh gesekan ban kendaraan terhadap jalan, gesekan di bantalan dan sistem gear (*gearing system*). Gaya hambat ini nilainya hampir konstan, dan hampir tidak tergantung pada kecepatan kendaraan. Nilai ini sebanding dengan berat kendaraan.<sup>[1]</sup>

$$F_{rr} = \mu_{rr} \cdot m \cdot g \dots\dots\dots (1)$$

dimana  $\mu_{rr}$  adalah koefisien *rolling resistance*.

c. Gaya Gesek Angin ( *Aerodynamic Drag* )

Rumus untuk komponen ini adalah:  $F_{ad} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot C_d \cdot v^2 \dots\dots\dots (2)$

$\rho$  adalah kerapatan (densitas) udara,  $A$  adalah luas bidang frontal, dan  $v$  adalah kecepatan angin.  $C_d$  adalah konstanta yang disebut koefisien gesekan (*drag coefficient*).

d. Gaya Daki Bukit

Gaya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kendaraan menaiki lereng atau. Dengan resolusi sederhana berdasarkan gambar di atas, diperoleh persamaan [2]

$$F_{hc} = m \cdot g \cdot \sin(\psi) \dots \dots \dots (3)$$

e. Gaya Percepatan

Untuk mengubah kecepatan kendaraan, diperlukan gaya yang mampu mengatasi gaya hambat dan memberi percepatan linear kendaraan. Gaya ini dinyatakan dalam persamaan:

$$F_{la} = m \cdot a \dots \dots \dots (4)$$

f. Total Tractive Effort

Total *tractive effort* adalah jumlah dari semua gaya-gaya di atas.

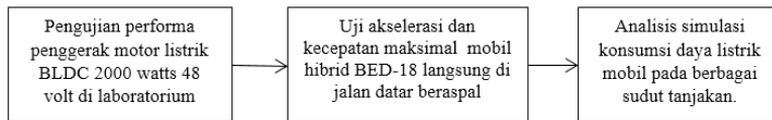
$$F_{te} = F_{rr} + F_{ad} + F_{hc} + F_{la} + F_{wa} \dots \dots \dots (5)$$

Perlu diingat, bahwa  $F_{la}$  dan  $F_{wa}$  akan negatif jika kendaraan melambat, dan  $F_{hc}$  yang akan negatif jika kendaraan tersebut akan menurun.

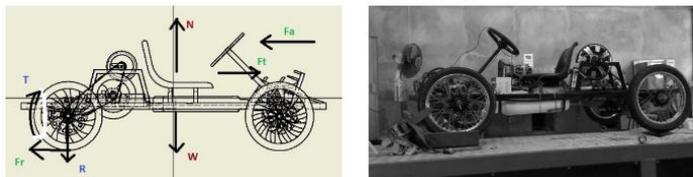
Laju alir energi dibutuhkan adalah :  $P_{te} = F_{te} \cdot v \dots \dots \dots (6)$

**METODE**

Metode penelitian ini dapat dijabarkan dengan *flowchart* sebagai berikut:



Gambar 2. *Flowchart* metode penelitian



Gambar 3. Pengujian torsi dan daya mobil hibrid BED-18 menggunakan dynotest

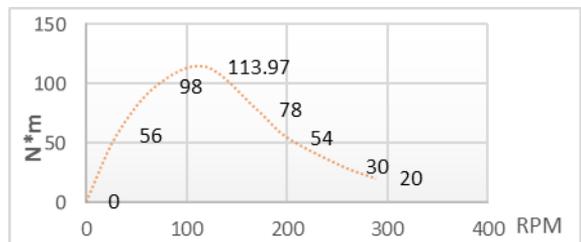
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Pengujian torsi dan daya**

Hasil pengujian torsi dan daya menggunakan *dynotest* adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Data hasil uji torsi dan daya

DATA FOR TEST: MOBIL LISTRIK COBA 1002			
RPM	HP (HP)	TQ (N*M)	
119	1.8	113.97	2.02
169	2.3	99.73	2.30
WHEEL	2.3 HP	114.0 N*M	
LOSSES	0.0 HP	0.0 N*M	
TOTAL ENGINE:	2.3 HP	113.97 N*M	



Gambar 4. Grafik Uji Performansi Motor Listrik

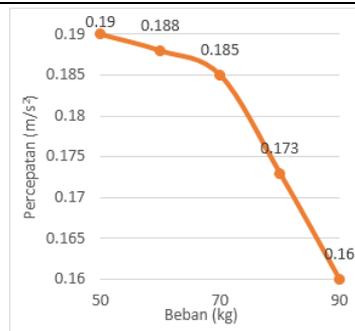
Spesifikasi dari motor listrik BLDC ialah 2000 watt 48 volt menggunakan baterai lipo 48 volt 40 ampere. Pada spesifikasi daya motor listrik 2000 watt = 2,68 HP sedangkan pada pengujian *Dynotest* daya 2,3 HP maka dapat kita analisa penyebab turunnya daya disebabkan berbagai hal seperti : penurunan daya pada motor listrik disebabkan karena adanya penambahan transmisi pada penggerak karena itu dapat mengurangi performansi dari motor tersebut, dengan perbandingan gear 2 : 1 dan adanya kerugian gaya gesek pada roda motor listrik dengan roll di *Dynotest*.

**Pengujian kecepatan dan akselerasi**

Pengujian kecepatan dan akselerasi (percepatan) dilakukan langsung di jalan dengan jarak 200 m dengan berbagai variasi beban.

Tabel 2. Data hasil uji kecepatan dan percepatan

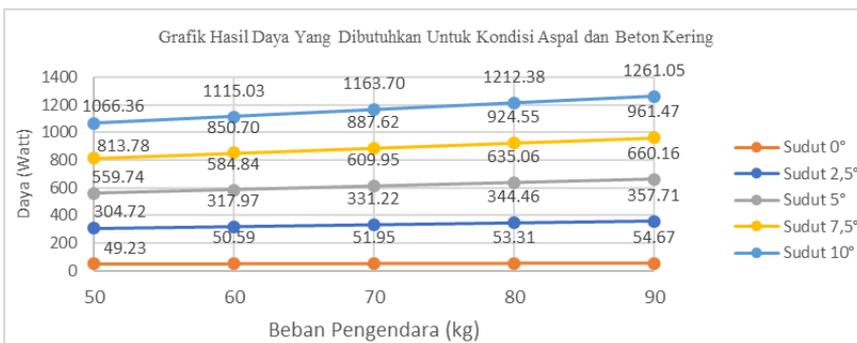
No	Beban (kg)	Waktu(s)	Jarak (m)	Kecepatan		Percepatan m/s <sup>2</sup>
				km/jam	m/s	
1	90	33,2	200	20	5,56	0,16
2	80	32,2	200	20	5,56	0,173
3	70	31,4	200	21	5,83	0,185
4	60	30,9	200	21	5,83	0,188
5	50	30,5	200	21	5,83	0,19



Gambar 5. Grafik percepatan terhadap variasi beban pengendara

Pada kurva akselerasi beban yang semakin berat akan menurun dikarenakan pada rumus percepatan  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  dimana bila berat bertambah maka waktu yang dibutuhkan akan semakin lama sehingga kecepatan berbanding terbalik dengan beban.

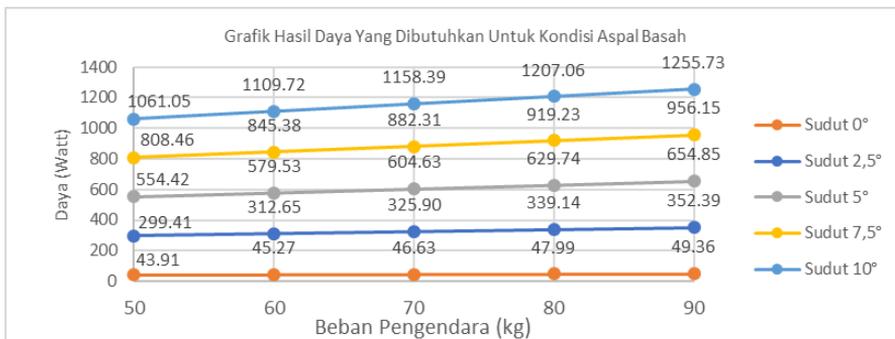
**Hasil perhitungan teoritis daya yang dibutuhkan untuk jalan tanjakan**



Gambar 6. Daya listrik yang dibutuhkan untuk melintasi jalan tanjakan aspal dan beton kering

Sebagaimana pada persamaan  $F_{hc} = m \times g \times \sin(\theta)$  sebagaimana  $\sin(\theta)$  sangat berpengaruh terhadap hasil serta m (massa mobil + massa pengendara) sehingga berbanding lurus dengan daya yang di butuh nantinya oleh mobil listrik. Dengan kondisi jalan aspal dan beton kering sebagaimana pada persamaan  $F_{ad} = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times C_d \times v^2$  dengan  $C_d$  = Koefisien Gesek,

maka mobil mampu menanjak dengan sudut paling besar  $10^\circ$  dengan kecepatan 10 km/jam = 2.78 m/s.



Gambar 7. Daya listrik yang dibutuhkan untuk melintasi jalan tanjakan aspal basah

Sebagai mana pada persamaan  $F_{hc} = m \times g \times \sin(\theta)$  sebagaimana  $\sin(\theta)$  sangat berpengaruh terhadap hasil serta m (massa mobil + massa pengendara) sehingga berbanding lurus dengan daya yang di butuh nantinya oleh mobil listrik. Dengan kondisi jalan aspal basah sebagaimana pada persamaan  $F_{ad} = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times C_d \times v^2$  dengan  $C_d$  = Koefisien Gesek, maka mobil mampu menanjak dengan sudut paling besar  $10^\circ$  dengan kecepatan 10 km/jam = 2.78 m/s.



Gambar 8. Daya listrik yang dibutuhkan untuk melintasi jalan tanjakan beton basah

Sebagai mana pada persamaan  $F_{hc} = m \times g \times \sin(\theta)$  sebagaimana  $\sin(\theta)$  sangat berpengaruh terhadap hasil serta m (massa mobil + massa pengendara) sehingga berbanding lurus dengan daya yang di butuh nantinya oleh mobil listrik. Dengan kondisi jalan Beton basah sebagaimana pada persamaan  $F_{ad} = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times C_d \times v^2$  dengan  $C_d$  = Koefisien Gesek, Maka mobil listrik hibrid mampu menanjak dengan sudut paling besar  $10^\circ$  dengan kecepatan 10 km/jam = 2.78 m/s.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima-kasih kepada bapak Rektor ITATS, Ketua Jurusan Teknik Mesin dan Kepala Laboratorium Motor Bakar ITATS atas fasilitas yang diberikan untuk uji torsi dan daya menggunakan *dynotest*. Ucapan terima-kasih juga penulis sampaikan kepada Pengelola Ken Park Surabaya yang telah memberi ijin kepada penulis beserta tim untuk menguji mobil hibrid BED 18 di sirkuit Ken Park Kenjeran Surabaya.

## KESIMPULAN

Dari pembahasan analisis dan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Performansi yang dihasilkan mobil listrik *hibrid* BED-18 menggunakan pengujian *dynotest* menghasilkan performa sebagai berikut :
  - a. Daya 2,3 HP terjadi pada putaran 169 rpm.
  - b. Torsi Maksimal 113,97 Nm terjadi pada putaran 119 rpm.
2. Pada pengujian pertama dengan jarak 200 m dengan berat pengemudi 50 kg mampu menempuh dengan waktu 30.5 detik dengan kecepatan mobil 21 km/jam. Berat pengemudi 90kg mampu menempuh dengan waktu 33.2 detik dengan kecepatan 20 km/jam. Untuk pengujian kedua bahwa beban pengemudi 50 kg dapat mencapai kecepatan tertinggi dari motor listrik dengan kecepatan 21 km/jam sedangkan untuk beban pengemudi yang lebih berat 90 kg mampu mencapai 20 km/jam.
3. Mobil hibrid BED-18 memiliki spesifikasi 2000 watt 48 volt dengan baterai lipo 48 volt 40 ampere. Pada analisis ini daya yang dibutuhkan untuk menanjak sebagai berikut:
  - a. Pada jalan aspal dan beton kering sudut tanjakan  $10^\circ$  untuk massa pengendara yang paling berat 90 kg membutuhkan daya sebesar 1261,05 watt.
  - b. Pada jalan aspal basah sudut tanjakan  $10^\circ$  untuk massa pengendara yang paling berat 90 kg membutuhkan daya sebesar 1255,73 watt.
  - c. Pada jalan beton basah sudut tanjakan  $10^\circ$  untuk massa pengendara yang paling berat 90 kg membutuhkan daya sebesar 1259,72 watt.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] B Setyono, D A Patriawan, A W Putra, H Irawan, and E A Zuliari, 2019, *Design Steering System with Independet Front Wheel Drive of The Hybrid Vehicle - Air Pressure and Electrical*, The 1st International Conference on Advanced Engineering and Technology, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 462 (2019) 012013, IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/462/1/012013.
- [2] Anirudh Adalla, Srinivasu Ghangada (2013), *Fabrication and Testing of Compressed Air Car* Viswanda Institute of Technology and Management, Global Journal of Researches in Engineering of Mechanical and Mechanics Engineering, Volume 13 Issue 01 Version 1.0 , Year 2013, ISSN 2249-4596, Print ISSN : 0975-5861.
- [3] Pavan (2-14), *A Review On Hybrid Vehicles* , International Journal of Research in Engineering & Technology (IMPACT: IJRET) ISSN(E): 2321-8843; ISSN(P): 2347-4599 Vol. 2, Issue 5, May 2014, 59-64.
- [4] Sutantra, N., Sampurno, B. 2010. *Teknologi Otomotif Edisi Kedua*. Surabaya: Guna Widya.
- [5] Bitar, Zein, Abbas Sandouk, Samih Al Jabi, 2015. *Teasting The Performance Of DC Series Motor Used In Electric Car*. Faculty Of Mechanical & Electrical Engineering Damascus University.
- [6] Nugroho, Nalaprana, Sri Agustina, 2015. "Analisa Motor DC ( *Direct Current* ) Sebagai Penggerak Mobil Listrik" dalam Mikrotiga Volume 2 Nomer 1. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- [7] Syarifudin, 2016, "Perbandingan Akselerasi Mobil Listrik Tuxuci Menggunakan Sistem Penggerak Model *Gear Rasio* Dengan Model *In Wheel*" dalam Jurnal Nozzle Volume 5. DIII Teknik Mesin Politeknik Harapan Bersama.
- [8] Yedamale, Padmaraja, 2003, *Brushless DC motor Fundamental*, Microchip Technology Inc. Amerika Serikat.