

EFISIENSI PENGGUNAAN MOTOR BLDC TERHADAP BEBAN DAN KECEPATAN SEPEDA MOTOR LISTRIK

Devco Castono Putro ¹, Eka Samsul Ma'arif ^{1*}

^{1,*}Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Jakarta, Jakarta Pusat,
Jl. Cempaka Putih Tengah 27 No 47

*Corresponding Author : eka.samsul@umj.ac.id

Abstrak

Penelitian ini mengkaji tentang efisiensi daya Listrik pada motor BLDC sebagai penggerak sepeda motor listrik dengan berbagai percobaan beban dan kecepatan. Sepeda motor Listrik menjadi salah satu kendaraan yang diminati oleh masyarakat. Motor BLDC adalah penggerak utama pada sepeda motor listrik dimana perencanaan kapasitas motor meliputi daya dan torsi motor sangat berpengaruh terhadap kemampuan akselerasi dan kecepatan gerak sepeda motor. Perencanaan kapasitas motor tersebut diperoleh dengan memperhitungkan berat total, letak titik berat motor, percepatan yang diinginkan, gaya hambatan rolling ban terhadap aspal, gaya hambat udara dan sudut inklinasi jalan. Perhitungan dan analisa yang telah dilakukan mendapatkan daya motor yang diperlukan adalah 3 kW. Pengujian terhadap kemampuan motor dalam membawa beban dilakukan dengan memberi variasi beban penumpang dan barang sebesar 76 kg, 100 kg dan 115 kg, dan digerakkan dengan target kecepatan 10 km/jam, 20 km/jam dan 30 km/jam. Motor BLDC yang terpasang telah mampu menggerakkan sepeda motor listrik dengan variasi beban tersebut tanpa kendala dengan konsumsi arus maksimal 38,56% dari arus nominal. Efisiensi terendah sebesar 14,06% didapatkan pada pengujian beban 76 kg dengan kecepatan 10 km/jam. Efisiensi tertinggi senilai 84,24 % didapatkan pada beban 155 kg dengan kecepatan uji 30 km/jam.

Kata kunci: sepeda motor listrik, BLDC, daya motor, beban, kecepatan

Abstract

This research examines the effectiveness of BLDC motors as electric motorbike drivers using various load and speed experiments. Electric motorbikes are one of the vehicles that is popular with the public. BLDC motors are the main movers on electric motorbikes where motor capacity planning, including motor power and torque, greatly influences the acceleration ability and movement speed of the motorbike. The motorbike capacity planning is obtained by taking into calculate the total weight, the motorbike's center of gravity, the desired acceleration, the resistance force of the tire rolling against the asphalt, the air resistance force and the road inclination angle. The calculations and analysis that have been carried out show that the required motor power is 3 kW. Testing of the motorbike's ability to carry loads was carried out by varying the load of passengers and goods by 76 kg, 100 kg and 115 kg, and driven at target speeds of 10 km/hour, 20 km/hour and 30 km/hour. The installed BLDC motor is capable of moving electric motorbikes with load variations without problems with a maximum current consumption of 38.56% of the nominal current. The lowest efficiency of 14.06% was obtained when testing a load of 76 kg at a speed of 10 km/hour. The highest efficiency of 84.24% was obtained at a load of 155 kg with a test speed of 30 km/hour.

Keywords : electric motorbike, BLDC, motor power, load, speed

PENDAHULUAN

Kendaraan listrik telah muncul sebagai subjek perubahan besar dalam industri otomotif modern. Mereka menawarkan sejumlah keunggulan yang signifikan dibandingkan dengan kendaraan konvensional berbahan bakar fosil, terutama dalam hal efisiensi energi dan dampak lingkungan. Salah satu keuntungan utama kendaraan listrik adalah tingkat efisiensi energi yang lebih tinggi. Dengan penggunaan motor listrik yang lebih efisien dan kemampuan untuk mengonversi energi listrik secara langsung menjadi gerakan, kendaraan listrik dapat mencapai tingkat efisiensi yang jauh lebih tinggi daripada kendaraan bermesin pembakaran internal.

Pengembangan kendaraan listrik yang tinggi beriringan dengan kebutuhan penggunaan motor listrik tipe Brushless DC (BLDC) yang dikenal dengan efisiensi tinggi. Motor ini memerlukan driver khusus untuk mengendalikan nilai torsi, arah putaran, kecepatan putaran serta akselerasi dan deselerasi. Kesalahan dalam pengaturan pada driver motor BLDC dapat berakibat pada menurunnya performa motor dengan gejala overheat, kurang bertenaga atau tenaga berlebih sehingga boros dalam konsumsi energi Listrik. Sehingga perlu perencanaan motor Listrik yang sesuai dengan beban yang akan digerakkan (Eka et al, 2022).

Penelitian terkait perancangan motor BLDC dilakukan oleh Wahyudi Budi Pramono pada tahun 2016 untuk mendapatkan motor BLDC 10 kW dengan kecepatan putaran 1500 rpm. Penelitian menghasilkan jumlah kumparan di stator sebanyak 6 kumparan, 24,192 lilitan per fasa dan jumlah fasa 3 fasa. Dimensi fisik stator berupa susunan plat setebal 84 mm, tersusun dari plat setebal 2 mm per plat. Lilitan stator memiliki tebal 94 mm dan dimensi akhir motor memiliki lebar 144 mm dan diameter luar 230 mm (Wahyudi, 2016).

Efisiensi motor listrik BLDC menjadi elemen inti dalam perancangan kendaraan listrik, dan hal ini memiliki dampak yang signifikan terhadap kinerja keseluruhan kendaraan tersebut. Karakteristik utama yang memengaruhi performa kendaraan listrik adalah efisiensi energi motor listrik BLDC. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian terkait faktor beban sebagai pengaruh efisiensi motor listrik BLDC. Pada tahun 2022, Ikhsan melakukan analisis kapasitas baterai yang digunakan untuk menggerakkan sepeda motor

listrik dengan variasi berat pengemudi dan menunjukkan bahwa berat beban dan kecepatan pada sepeda motor, memberikan pengaruh pada penggunaan baterai (Ikhsan et al, 2022) Kemudian pada tahun 2023, Zain melakukan rancang bangun kendaraan listrik roda dua dan menganalisa pengaruh pemberian berat beban yang berbeda terhadap efisiensi Lithium-Battery pada kendaraan listrik roda dua dengan mempertimbangkan kemiringan jalan dan menunjukkan bahwa trek dengan kemiringan yang curam juga akan mengalami penurunan tegangan yang besar (Zain et al, 2023).

Perencanaan motor listrik dengan melibatkan komponen mekanik, beban dan kecepatan dilakukan oleh Hendarto Putra pada tahun 2019. Penelitian ini berfokus pada kecepatan maksimal yang dihasilkan oleh sepeda Listrik dengan beban-beban yang bervariasi (Hendarto, 2019)

Penelitian ini menyajikan perhitungan dan analisa kebutuhan daya motor listrik untuk mencapai akselerasi dan kecepatan tertentu, dengan mempertimbangkan faktor beban, kondisi gesekan ban dengan jalan, hambatan angin dan sudut kemiringan jalan. Spesifikasi motor yang dihasilkan dan terpasang diuji dengan menggerakkan sepeda motor listrik dengan beban dan kecepatan yang bervariasi. Pengukuran konsumsi daya listrik dilakukan untuk mengetahui seberapa besar efektifitas energi listrik yang digunakan oleh motor listrik yang diubah menjadi energi kinetik.

METODE

Penelitian dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

1. Pengumpulan data spesifikasi mekanis sepeda motor listrik.
2. Pengukuran beban total motor
3. Pengumpulan data karakteristik jalan, angin pada lingkungan sekitar dan penentuan jalan mendatar sebagai tempat uji coba.
4. Perhitungan gaya traksi yang diperlukan oleh sepeda motor listrik
5. Perhitungan daya motor listrik
6. Pengujian kinerja motor listrik dengan beberapa kondisi beban dan beberapa kecepatan.
7. Perhitungan efisiensi energi listrik yang diubah menjadi energi kinetik.

Sepeda motor listrik konversi merupakan sepeda motor dari hasil konversi dari yang semula berbahan bakar bensin diubah menjadi berbasis listrik. Kendaraan bersumber dari listrik ini menggunakan baterai Lithium Ion dengan tegangan 48 V 20 Ah, Controller 48 V 3000 Watt, sistem kelistrikan 12 V dan dilengkapi dengan motor berjenis Motor Brushless DC (BLDC).



Gambar 1. Desain Motor Listrik Konversi

Dalam mengkonsep sebuah kendaraan listrik , diperlukan perhitungan gaya dorong atau gaya traksi untuk mengetahui nilai torsi dan rpm motor yang menjadi sebuah pertimbangan motor apa yang dipilih sebagai penggerak roda (Arman et al, 2020). Berikut adalah data motor listrik konversi yang menjadi perhitungan dalam pemilihan motor:

$m = \text{massa} = 100 \text{ kg} + 76 \text{ kg}$ (massa pengendara)

$v = \text{Kecepatan maksimum} = 40 \text{ km/jam}$ atau $11,11 \text{ m/s}$

$t = \text{waktu akselerasi} = 10 \text{ detik}$

$a = \text{Percepatan} = v/t = 1,11 \text{ m/s}^2$

$C_d = \text{motorcycle with rider} = 0,5$

$C = \text{bicycle tire on asphalt road} = 0,004$

$A = 1.5 \text{ m} \times 0.6 \text{ m}$

$D = \text{diameter roda} = 14 \text{ inch} = 0.3556 \text{ m}$

$r = \text{jari-jari roda} = \frac{0.3556}{2} = 0,1778 \text{ m}$

Pada motor konversi nilai derajat kemiringan dianggap 0 (nol) karena kendaraan di jalankan pada jalan atau trak yang datar. Sesuai keterangan di atas dapat kita hitung nilai gaya traksinya, (Laksita et al, 2020)yaitu :

$$F_{te} = F_{ad} + F_{rr} + F_{hc} + F_{la} \quad (1)$$

Gaya Aerodynamic:

$$F_{ad} = \frac{1}{2} \rho A_f C_d v^2 \quad (2)$$

Gaya rolling resistance :

$$F_{rr} = \mu_{rr} \times m \times g \quad (3)$$

Gaya Hill climb :

$$F_{hc} = W \sin \theta \quad (4)$$

Gaya Percepatan :

$$F_{la} = m \times a \quad (5)$$

Untuk memastikan kapasitas motor penggerak yang diperlukan untuk memenuhi spesifikasi sistem, maka penentuan daya motor dapat dihitung dengan persamaan :

$$P = F_{te} \times v \quad (6)$$

Metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan eksperimen. Instrumen penelitian yang dipergunakan dalam penelitian ini berupa pengumpulan data yang bersifat pengukuran dalam pengujian alat yang sudah di rancang. Hasilnya dianalisa untuk mengetahui dan mengetahui pengaruh beban terhadap arus yang dikeluarkan dan kecepatan motor BLDC pada sepeda motor konversi. Beberapa variable yang akan dilakukan percobaan dalam penelitian antara lain variasi nilai beban yaitu 76 Kg, 100 Kg, dan 155 Kg. Kecepatan laju kendaraan listrik yang variasi yaitu 10 km/jam, 20 km/jam, dan 30 km/jam, serta arus yang mengalir. Uji coba dilakukan dengan kendaraan listrik sesuai perencanaan dengan trak yang telah di tentukan, trak yang di tentukan pada penelitian ini ialah sepanjang Jalan Benjamin Suaeb, Jakarta Pusat

Data yang diperoleh akan dibandingkan dengan energi kinetik yang dihasilkan dari pergerakan sepeda motor listrik mengikuti persamaan berikut (Bayu et al, 2022):

$$\eta = \frac{\text{Energi Kinetik}}{\text{Energi Listrik}} \quad (7)$$

$$\eta = \frac{\frac{1}{2} m \cdot v^2}{P \cdot t} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data mekanis yang dimiliki dimasukkan dalam formulasi persamaan 2 sampai 5 untuk mendapatkan nilai gaya traksi pada persamaan 1. Gaya Aerodynamic:

$$F_{ad} = \frac{1}{2} \rho A_f C_d v^2$$

$$F_{ad} = \frac{1}{2} (1,25)(1,5 \times 0,6)(0,5)(11,11)^2$$

$$F_{ad} = 34,71 \text{ N}$$

Gaya rolling resistance :

$$F_{rr} = \mu_{rr} \times m \times g$$

$$F_{rr} = (0,004) (176) (9,81)$$

$$F_{rr} = 6,9 \text{ N}$$

Gaya Hill climb dengan asumsi jalan datar:

$$F_{hc} = W \sin \theta$$

$$F_{hc} = (66,2) (9,81) (0^\circ)$$

$$F_{hc} = 0$$

Gaya Percepatan :

$$F_{la} = m \times a$$

$$F_{la} = (176)(1,11)$$

$$F_{la} = 195,36 \text{ N}$$

Maka nilai gaya traksi adalah :

$$F_{te} = F_{ad} + F_{rr} + F_{hc} + F_{la}$$

$$F_{te} = 34,71 + 6,9 + 0 + 195,36$$

$$F_{te} = 236,97 \text{ N}$$

Dengan gaya traksi tersebut, maka Daya motor BLDC yang diperlukan adalah sebagai berikut :

$$P = F_{te} \times v$$

$$= 236,97 \times 11,11$$

$$= 2.632,73 \text{ W}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut diatas dapat ditentukan sebagai kapasitas motor yang digunakan. Motor penggerak yang digunakan berkapasitas daya 3000W yang memiliki tahanan berkisar pada tegang 48 VDC – 72 VDC. Arus puncak yang akan di tahan kontroller sangat penting, yang berfungsi untuk masa umur kontroler yang dimana arus yang melalui kontroler dapat tertahan dan tidak menimbulkan kerusakan pada komponen. Sehingga untuk meminimalisir kegagalan ini, yaitu menentukan arus puncak yang dapat ditahan oleh kontroler adalah

$$I = \frac{P}{V}$$

$$= \frac{3000}{48}$$

$$= 62,5 \text{ A}$$

Berikutnya adalah pengujian kinerja sepeda motor Listrik pada lintasan lurus dan datar dengan berbagai beban dan kecepatan. Tabel 1 hingga Tabel 3 adalah hasil pengujian yang telah dilakukan.

Tabel 1. Pengujian dengan Kecepatan Maksimal 10 km/jam

| Pengendaraan (kg) | Tegangan (V) | Arus (A) | P. Input (W) | Waktu (s) |
|-------------------|--------------|----------|--------------|-----------|
| 76 | 50,90 | 8,34 | 424 | 1,6 |
| 100 | 50,32 | 9,21 | 463,7 | 1,7 |
| 155 | 50,11 | 15,68 | 785,8 | 2 |

Tabel 2. Pengujian dengan Kecepatan Maksimal 20 km/jam

| Pengendaraan (kg) | Tegangan (V) | Arus (A) | P. Input (W) | Waktu (s) |
|-------------------|--------------|----------|--------------|-----------|
| 76 | 50,32 | 9,58 | 482,1 | 2 |
| 100 | 50,04 | 10,56 | 528,4 | 2,2 |
| 155 | 49,62 | 18,47 | 916,7 | 2,7 |

Tabel 3. Pengujian dengan Kecepatan Maksimal 30 km/jam

| Pengendaraan (kg) | Tegangan (V) | Arus (A) | P. Input (W) | Waktu (s) |
|-------------------|--------------|----------|--------------|-----------|
| 76 | 50,04 | 12,65 | 633,1 | 2,5 |
| 100 | 49,74 | 13,97 | 695 | 2,8 |
| 155 | 48,65 | 24,10 | 1174,6 | 3,5 |

Tabel 1 hingga Tabel 3 menunjukkan pengujian sepeda motor dengan berbagai beban dan kecepatan maksimal saat akselerasi awal sepeda motor listrik. Pada akselerasi awal ini motor BLDC akan memerlukan arus *starting* paling besar untuk penggerak mula sepeda motor listrik. Nilai arus yang terbaca digunakan untuk mengukur seberapa kuat motor BLDC menggerakkan sepeda motor beserta dengan beban. Semakin dekat nilai arus yang terukur saat awal pergerakan sepeda motor listrik dengan nilai arus nominalnya, maka hal tersebut menandakan motor bekerja keras dalam memulai pergerakan.

Nilai konsumsi arus terendah adalah 8,34 A yang terjadi pada pengujian dengan beban 76 kg dan kecepatan maksimal 10 km/jam.

Sedangkan nilai arus terbesar adalah 24,10 A yang terjadi pada pengujian dengan beban 155 kg dan kecepatan maksimal 30 km/jam. Nilai arus tertinggi masih jauh di bawah nilai arus nominal motor BLDC, yaitu 62,5 A. Nilai arus tertinggi adalah 38,56% terhadap arus nominal motor BLDC. Hal ini menandakan bahwa motor BLDC 3000 Watt tidak mengalami kesulitan untuk menggerakkan sepeda motor listrik. Pada kecepatan maksimal yang sama, semakin berat beban yang diberikan membuat motor mengonsumsi arus yang semakin besar. Begitu juga dengan nilai beban yang sama, kenaikan pada kecepatan sepeda motor berakibat pada kenaikan konsumsi arus motor listrik.

Dengan menggunakan persamaan 7, maka setiap pengujian dapat dihitung nilai efisiensi penggunaan energi listrik terhadap energi kinetik yang dihasilkan. Massa yang dihitung adalah massa motor ditambah dengan massa pengendara. Tabel 4 adalah hasil perhitungan efisiensi untuk semua pengujian.

Tabel 4. Efisiensi Penggunaan Energi Listrik Menjadi Energi Gerak

| Kecepatan maksimal (km/jam) | Massa Total (kg) | Efisiensi (%) |
|-----------------------------|------------------|---------------|
| 10 | 76 | 14,06 % |
| 10 | 100 | 15 % |
| 10 | 155 | 16,30 % |
| 20 | 76 | 45,17 % |
| 20 | 100 | 46,66 % |
| 20 | 155 | 48,48% |
| 30 | 76 | 81,38 % |
| 30 | 100 | 82,25 % |
| 30 | 155 | 84,24% |

Tabel 4 menunjukkan efisiensi energi listrik yang diubah menjadi energi kinetik mengalami kenaikan jika beban ditambah dan kecepatan awal dinaikkan. Pada beban rendah dan kecepatan rendah, efisiensi sangat rendah yang disebabkan oleh energi listrik yang digunakan motor BLDC terlampau berlebihan dibandingkan dengan energi kinetik yang dihasilkan dalam pergerakan sepeda motor listrik. Pada beban dan kecepatan yang tinggi, maka energi yang digunakan motor BLDC lebih relevan dalam menggerakkan sepeda motor listrik.

SIMPULAN DAN SARAN

Pengujian pada sepeda motor listrik dengan variasi beban dan kecepatan awal menunjukkan bahwa arus yang diperlukan untuk menggerakkan sepeda motor listrik di fase akselerasi hanya 38,56% dari nilai arus nominal, sehingga dapat disimpulkan bahwa pemilihan motor BLDC 3000 Watt lewat perhitungan telat berhasil. Sedangkan Efisiensi penggunaan energi listrik untuk menggerakkan sepeda motor terendah adalah 14,6% dan tertinggi adalah 84,24%.

DAFTAR PUSTAKA

- Arman, Muhammad J.D, Abdul K.M. (2020) *“Perancangan Sepeda Listrik Menggunakan Motor BLDC dengan Penggerak Depan untuk Area Perumahan”*. Prosiding 4th Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat 2020.
- Bayu A.G, Nur A.S.L, Dian P (2022). *“Perancangan Sepeda Listrik Semoli Untuk Beban 80 Kg”*. Accurate: Journal of Mechanical Engineering and Science Vol.3, No.2, October 2022, pp.1-7 e-ISSN 2722-5089 and p-ISSN: 2722-4279. DOI: 10.35970/accurate.v3i2.1556
- Eka S.M, Budiyanto, Erwin D, Prian G.C. (2022). *“Studi Perencanaan Pengaturan Kecepatan Motor BLDC pada Gerobak Listrik dengan Driver Votol EM-30S”*. RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer) Vol. 5 No. 2 e-ISSN : 2621-9700, p-ISSN : 2654-2684.
- Hendarto Putra (2019). *“Perancangan Sepeda Listrik Dengan Menggunakan Motor DC Seri”*. Jurnal Fokus Elektroda : Energi Listrik, Telekomunikasi, Komputer, Elektronika dan Kendali) Volume 04 No 02, Tahun 2019 e-ISSN: 2502-5562. Open Access at: <http://ojs.uho.ac.id/index.php/jfe/>
- Ihsan, A. N., Joko, J., Suprianto, B., & Wrahatnolo, T. (2022). *“Analisis dan Efisiensi Kebutuhan Kapasitas Baterai 110 Volt DC Gas Insulated Switchgear (GIS) 150 KV Wonokromo Surabaya.”* JURNAL TEKNIK ELEKTRO, 11(3), 481-488.
- Laksita A., I Nyoman S. (2020). *Perancangan dan “Analisis Sistem Power dan Drivetrain pada Sepeda Motor Bertenaga Hybrid dengan Kapasitas 110 cc”*. JURNAL TEKNIK ITS

Vol. 9, No. 2, (2020) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print)

Wahyudi B.P, Habib P.P, Warindi. (2016) Perancangan Motor Listrik BLDC 10 kW untuk Sepeda Motor Listrik Prosiding SNATIF Ke-3 Tahun 2016

Zain, A. T., Suranto, D. D., Irawan, A., & Karimah, C. N. (2023). "*Pengujian konsumsi daya baterai litium-ion pada sepeda motor listrik dengan variasi kemiringan lintasan*". *Dinamika Teknik Mesin*, 13(1), 46–56.