

RANCANG BANGUN ULANG MOTOR LISTRIK BERBASIS ANDROID DENGAN SISTEM MOTOR BRUSHLESS DIRECT CURRENT (BLDC) 3 PHASE KAPASITAS 1000 WATT

Yudha Mahendra Prasetyo^{1,a}, Sigit Budiarto^{2,b},
Mahendra Putra Perdana^{3,c}, dan Siswadi Siswadi^{4,d}

Program Studi Teknik Mesin Universitas Wijaya Putra^{1,2,3,4}

Jl. Raya Benowo No. 1-3 Surabaya, Jawa Timur, Indonesia^{1,2,3,4}

[dsiswadi@uwp.ac.id](mailto:siswadi@uwp.ac.id)

Abstrak.

Motor listrik dapat mengurangi konsumsi BBM dan polusi udara yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor, maka kendaraan listrik merupakan salah satu solusi moda transportasi yang dapat digunakan. Kendaraan listrik menggunakan motor listrik sebagai penggerak dimana ia berfungsi sebagai pengubah energi listrik yang tersimpan dalam baterai menjadi energi mekanik untuk memutar roda kendaraan. Pada penelitian ini dilakukan perancangan motor BrushLess Direct Current (BLDC) sebagai penggerak sepeda motor, Motor BLDC memiliki komponen utama yaitu stator dan rotor. Motor listrik yang dirancang ini menggunakan BLDC type E-BIKE dengan spesifikasi yaitu untuk daya 1000 Watt dan frekuensi tegangan input 60Hz dan kecepatan putar 500Rpm dengan baterai BMS 3,75V-25Ah dirangkai seri 16 menjadi 60V-25Ah. Model motor listrik BLDC type E-BIKE ini dapat disesuaikan dengan bentuk tromol sepeda motor dengan diameter roda 17 inch.

Kata kunci: motor listrik, brushless direct current 3 phase, android.

Abstract.

Electric vehicles use an electric motor as a driving force where it functions as a converter of electrical energy stored in the battery into mechanical energy to turn the wheels of the vehicle. Electric motors can reduce fuel consumption and air pollution produced by motorized vehicles, so electric vehicles are one of the transportation modes they can use. In this research, the design of a BrushLess Direct Current (BLDC) motor as a motorcycle propulsion was carried out. The BLDC motor has the main components, namely the stator and rotor. This electric motor designed uses a BLDC type E-BIKE with specifications for 1000 Watt power and an input voltage frequency of 60Hz, and a rotating speed of 500Rpm with a 3.75V-25Ah BMS battery in 16 series to 60V-25Ah. This E-BIKE type BLDC electric motorcycle model can be adapted to the shape of a motorcycle drum with a wheel diameter of 17 inches.

Keywords: electric motor, brushless direct current 3 phase, android.

Pendahuluan.

Motor listrik merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya, memutar impeller pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan dan lain sebagainya. Motor listrik digunakan juga di rumah (mixer, bor listrik, fan atau kipas angin) dan di industri. Motor listrik dalam dunia industri seringkali disebut dengan istilah “kuda kerja” nya industri sebab diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan sekitar 70% beban listrik total di industri. Pada dasarnya motor listrik terbagi menjadi 2 jenis yaitu motor listrik DC dan motor listrik AC. Kemudian dari jenis tersebut digolongkan menjadi beberapa klasifikasi lagi sesuai dengan karakteristiknya [1].

Meningkatnya suatu kebutuhan energi yang mempunyai keterkaitan erat dengan berkembang nya kegiatan ekonomi dan semakin bertambahnya jumlah penduduk. peningkatan ini akan terus berlangsung selama aktivitas ekonomi yang dilakukan masyarakat akan kebutuhan energi tidak dapat dihindari. Salah satunya dari segi konsumsi bahan bakar minyak mengalami kenaikan. Pada periode 2019 akhir konsumsi bahan bakar mengalami kenaikan 10-15%. Pada periode tersebut telah diketahui konsumsi BBM. Dikarenakan pada sektor transportasi merupakan sektor pengguna BBM paling besar. Tidak hanya dari konsumsi bahan bakarnya, harga BBM pun akan mengalami kenaikan dengan meningkatnya konsumsi bahan bakar dan menipisnya cadangan minyak bumi [2].

Kendaraan bermotor merupakan alat transportasi yang digunakan untuk memudahkan penggunaanya saat ingin melakukan perjalanan dengan jarak yang dekat maupun jarak yang jauh. Motor bakar adalah kendaraan tertua yang menggunakan BBM sebagai bahan untuk melakukan pembakaran dalam mesin untuk menggerakkan motor tersebut dan jumlah polusi yang dihasilkan akan terus mengalami peningkatan. Meskipun kendaraan listrik masih tahap embrio dalam hal pasar, tetapi kendaraan listrik layak terhadap lingkungan karena tidak adanya emisi. Kendaraan listrik menggunakan motor listrik sebagai tenaga penggerak dimana ia berfungsi untuk mengubah energi listrik yang disimpan dalam baterai kemudian dikonversikan menjadi energi mekanik atau gerak untuk memutar roda kendaraan [3].

Metodologi Penelitian

Motor Brushless Direct Current (BLDC) Kapasitas 1000Watt

Salah satu jenis motor listrik yang paling banyak digunakan akhir-akhir ini adalah *Brushless DC* (BLDC) Motor dimana motor DC ini tidak menggunakan Brush (sikat) untuk proses komutasi. BLDC motor banyak digunakan pada teknologi otomasi mutakhir, seperti: otomasi industri manufaktur maupun otomasi non-manufaktur (Robot, UAV, ROV, aeromodeling, hingga RC cars). Konstruksi yang sangat simpel menjadi pertimbangan pemakaian BLDC motor pada pengembangan bidang otomasi tersebut. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat seperti pada Gambar 1 dibawah ini [4].



Gambar 1. Motor BLDC Type E-BIKE

Kecepatan putaran yang dihasilkan suatu motor listrik juga dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu : Frekuensi dan Jumlah Kutub. Kecepatan putaran (RPM) biasa ditulis dengan huruf N, dan besar RPM ini biasa diukur dengan seberapa besar Frekwensi listrik yang digunakan dikali dengan sudut fasa (120^0) dibagi dengan jumlah kutub gulungan (Pole) [5].

$$N = \frac{(f \times 120)}{P} \quad (1)$$

$$P = \frac{(T \times N)}{5252} \quad (2)$$

$$T = \frac{(5252 \times P)}{N} \quad (3)$$

$$N = \frac{(5252 \times P)}{T} \quad (4)$$

Rotor (*Permanent Magnet*) BLDC

Rotor adalah bagian motor yang berputar karena adanya gaya elektromagnetik dari stator. Rotor pada motor BLDC berbeda dengan rotor pada motor DC konvensional yang hanya tersusun dari satu buah elektromagnet yang berada di antara brushes (sikat). Rotor terdiri dari beberapa magnet permanen yang saling direkatkan dengan epoxy, serta jumlahnya dapat di-variasikan sesuai dengan desain. Jumlah kutub magnet berbanding lurus dengan torsi motor, namun berbanding terbalik dengan RPM. Semakin banyak jumlah kutub magnet pada rotor, semakin tinggi pula torsi yang akan dihasilkan, namun konsekuensinya RPM motor akan turun. Resistansi kumparan yang semakin rendah dalam rumus hukum ohm $I=V/R$, maka semakin rendah nilai R maka akan menjadikan I (amper) semakin besar. Semakin besar amper tentunya akan menyebabkan watt meningkat pula [6]. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat seperti pada Gambar 2. dibawah ini.



Gambar 2. Rotor (*Permanent Magnet*) BLDC Motor

Stator (Kumparan) BLDC

Stator adalah bagian motor yang diam/statis dimana fungsinya sebagai medan putar motor untuk memberikan gaya elektromagnetik pada rotor sehingga motor dapat berputar. Stator pada BLDC motor hampir sama dengan stator motor listrik konvensional, hanya berbeda pada lilitannya. Stator terbuat dari tumpukan baja yang dilaminasi dan berfungsi sebagai tempat lilitan kawat. Lilitan kawat pada BLDC motor biasanya dihubungkan dengan konfigurasi bintang atau Y. Pada motor DC brushless statornya terdiri dari 12 belitan (elektromagnet) yang bekerja secara elektromagnetik dimana stator pada motor DC brushless terhubung dengan tiga buah kabel untuk disambungkan pada rangkaian kontrol, sedangkan pada motor DC konvensional stator-nya terdiri dari dua buah kutub magnet permanen [7]. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat seperti pada Gambar 3 dibawah ini:.

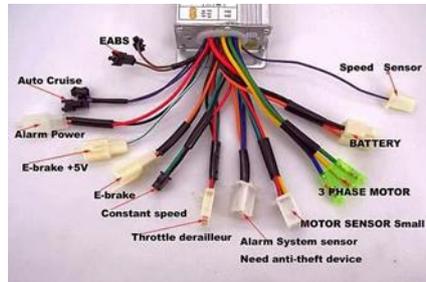


Gambar 3. Stator (Kumparan) BLDC Motor

Controller BLDC Kapasitas 1000 watt

Controller merupakan suatu perangkat inverter 3 fasa yang merubah arus DDC menjadi AC 3 fasa. Controller pada motor listrik juga sering disebut juga sebagai otak dari rancangan motor listrik

karena perannya sangat penting dalam berhasil atau tidaknya motor listrik saat bergerak sesuai perintah throttle atau bukaan gas yang diberikan [8]. Pada gambar 4 salah satu yang menjadi pusat perhatian dalam membahas kendaraan listrik adalah controller nya. Alat satu ini memang menjadi otak dibalik berjalannya kendaraan tersebut, sehingga motor BLDC dapat bergerak sesuai perintah throttle atau bukaan gas yang diberikan. Saat ini, masih sangat sedikit industri manufaktur yang memproduksi controller, dikarenakan tingkat kesulitan dan masih belum menjadi trend kendaraan listrik.



Gambar 6 *Controller Universal*

$$V_{out} = Duty\ Cycle \times V_{mb} \quad (5)$$

$$Duty\ Cycle = \frac{t_{ON}}{(t_{ON} + t_{OFF})} \quad (6)$$

$$T_{OFF} = T_{Total} - T_{ON} \quad (7)$$

$$V_{out} = Duty\ Cycle \times V_{in} \quad (8)$$

Hasil Dan Pembahasan.

Didalam simulasi menggunakan fitur permanent brushless motor DC yang didapat dari Simulink library, karena data yang diperoleh dari motor yang digunakan terbatas, maka diperlukan perhitungan manual untuk mencari nilai input yang akan digunakan pada simulasi percobaan kali ini. Adapun nilai yang diperoleh berdasarkan spesifikasi dari motor adalah sebagai berikut. Karena nilai input yang diambil dari data spesifikasi belum cukup untuk digunakan untuk simulasi, maka selanjutnya dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus empiris untuk mencari nilai input yang diperlukan dan disesuaikan dengan data berdasarkan spesifikasi dari motor.

Nilai torsi pada motor DC yang kita miliki ditentukan melalui perhitungan secara numeric. Seperti kita ketahui motor yang kita miliki memiliki daya sebesar 800 watt dan putaran sebesar 500 RPM, sehingga kita harus mengubah putaran menjadi kecepatan sudut. Torsi yang dihasilkan adalah 19,098 Nm. Setelah memperoleh nilai dari torsi, kemudian mencari nilai dari pole pairs. Pole pairs merupakan pasangan pole (kutub) yang terdapat pada motor DC. Sebenarnya parameter pole pairs terdapat pada bagian awal namun penentuannya harus berdasarkan nilai RPM sehingga penentuannya dilakukan pada bagian akhir. Dari hasil perhitungan diatas didapatkan nilai pole sebesar 14.7. atau di bulatkan menjadi 14, karena pole terdiri dari dua kutub yaitu kutub positif dan kutub negative, sehingga nilai pole yang akan dimasukkan kedalam parameter input untuk pole pairs adalah sebesar 7 pasang.

Untuk mencari nilai hambatan diperlukan data panjang kawat (l), hambatan jenis (Qcu) , dan luas penampang kawat. Jika panjang diasumsikan sepanjang 5 m, dan hambatan jenis dari kawat tembaga didapatkan nilai hambatan jenis dari kawat tembaga adalah sebesar 1.68×10^{-8} ohm.m, maka nilai hambatan pada kawat tembaga dapat dicari melalui perhitungan sebesar 0,103 ohm.

Untuk model motor yang digunakan adalah permanent magnet synchronous motors yang terdapat pada Simulink library, dengan BEMF waveform yang digunakan adalah trapezoidal. Setelah memasukan data sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan, kemudian langkah selanjutnya adalah menjalankan simulasi dengan menggunakan powergui discrete Ts=1e-006, dengan waktu simulasi 0.5 detik.

Pengujian Sepeda Motor Listrik di lakukan 3 kali dengan kondisi jalan bebas hambatan (stadion mini USU), berat pengendara yaitu 68 kg dan perhitungannya sesuai dengan harga listrik per ditahun 2020 yaitu Rp1.352/KWh

Tabel 1. Pemakaian Energi Sepeda Motor Listrik BLDC 1 KW Berbeban

| Pengujian | Jarak | Waktu Tempuh | KWh | Harga Dalam Rupiah |
|-----------|--------|--------------|----------|--------------------|
| 1 | 3 KM | 8 Menit | 0,6 KWh | Rp 81,12 - |
| 2 | 6 KM | 16 Menit | 0,13 KWh | Rp 175,76 - |
| 3 | 8,2 KM | 21 Menit | 0,21 KWh | Rp 283,9 - |

Pada pengujian ini dilakukan juga dengan variable kondisi jalan dan berat pengendara. Sepeda motor listrik dijalankan dengan kondisi baterai penuh dan dijalankan sampai baterai kosong dan didapat hasil yang ditunjukkan pada tabel 2

Tabel 2. Pengujian dengan Variabel Kondisi Jalan dan Berat Pengendara

| Kondisi Jalan | Berat Pengendara | Jarak Tempuh | Waktu Tempuh | KWh (Pengisian Baterai Penuh) |
|---------------|------------------|--------------|--------------|-------------------------------|
| Bebas | 65 kg | 15,2 km | 45 menit | 0,21 KWh |
| Hambatan | 85 kg | 12,8 km | 33 menit | |
| Ada Hambatan | 65 kg | 13,5 km | 58 menit | |
| | 85 kg | 10,8 km | 50 menit | |

Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan pembahasan data yang diperoleh maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada pengujian sepeda motor listrik 3 KW berbeban didapat hasil pemakaian energi dengan jarak 3 km yaitu 0,06 kWh seharga Rp 81,12 -. Jarak 6 km memakai energi sebesar 0,13 kWh seharga Rp 175,76 -. Jarak 8,2 km memakai energi sebesar 0,20 kWh seharga Rp 270,4 –
2. Pada pengujian sepeda motor listrik BLDC 3 KW tanpa beban yaitu pada kecepatan konstan 30 km/jam, 40 km/jam, 50 km/jam diperoleh penggunaan daya yang semakin besar dan waktu untuk baterai dapat bertahan semakin berkurang.
3. Pada jarak tempuh 3 km sepeda motor listrik BLDC 3 KW menghemat biaya ± 14 kali dibanding dengan sepeda motor CB 100. Pada jarak tempuh 6 km sepeda motor listrik BLDC 3 KW menghemat biaya ± 13 kali dibanding dengan sepeda motor CB 100. pada jarak tempuh 8,2 km sepeda motor listrik BLDC 3 KW menghemat biaya ± 11 kali dibanding dengan sepeda motor sejenis.

Daftar Pustaka.

- [1] J. P. Teknik *et al.*, “Pengembangan Media Pembelajaran Trainer Pengendali Elektromagnetik Berbasis Smart Relay Pada Instalasi Motor Listrik,” *J. Pendidik. Tek. Elektro Undiksha*, vol. 9, no. 3, pp. 203–212, Dec. 2020, doi: 10.23887/JJPTTE.V9I3.23653.
- [2] G. N. Immawan Insani, “Perancangan Motor Listrik BLDC Tipe Hub 1000W Untuk Penggerak Sepeda Motor,” *Semin. Nas. Inform.*, vol. 1, no. 1, 2020.
- [3] K. Tentang *et al.*, “Kajian Tentang Uji Jalan Kendaraan Listrik Dengan Studi Kasus Perjalanan Bandung Jakarta,” *J. Teknol. Elektro*, vol. 11, no. 2, pp. 64–71, Jun. 2020, doi: 10.22441/JTE.2020.V11I2.001.
- [4] I. Susanti, “Analisa Penentuan Kapasitas Baterai Dan Pengisiannya Pada Mobil Listrik,” *J. Elektra*, vol. 4, no. 2, pp. 29–37, 2019.
- [5] I. Viantama and B. M. Suyitno, “Analisis Perbandingan Sistem Kinerja Motor Penggerak Pada Mobil Listrik Kapasitas 75 kWh,” *J. Asimetrik J. Ilm. Rekayasa Inov.*, pp. 157–164, Jul. 2021, doi: 10.35814/ASIIMETRIK.V3I2.2083.
- [6] Y. Park, H. Kim, H. Jang, S. H. Ham, J. Lee, and D. H. Jung, “Efficiency Improvement of

- Permanent Magnet BLDC with Halbach Magnet Array for Drone,” *IEEE Trans. Appl. Supercond.*, vol. 30, no. 4, Jun. 2020, doi: 10.1109/TASC.2020.2971672.
- [7] G. D. K. M Fariz Azizi, Widyono Hadi, “Rancang Bangun Motor BLDC Axial Flux Menggunakan Dua Kawat Email Pada Lilitan Kumparan Stator,” *J. Arus Elektro Indones.*, vol. 6, no. 2, pp. 33–37, 2020.
- [8] S. Wahyubramanto, S. Tobing, and Y. A. Antonio, “Simulasi Kinerja Motor BLDC untuk Merancang Sistem Kelistrikan Mobil Hemat Energi Menggunakan Simulink,” *J. Ilmu Komput. dan Agri-Informatika*, vol. 8, no. 1, pp. 31–41, May 2021, doi: 10.29244/jika.8.1.31-41.