

Perancangan Prototipe Bldc Pada Perangkat Konversi Skuter Hybrid

M.H. TULLAH, F. ZAINURI, D.A. SUMARSONO, I. NURISKASARI, R. NOVAL
WIDIYATMOKO, S. PRASETYA, I. SUSANTO, B. APRIANTO

ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan rancang bangun BLDC yang sebagai komponen utama dalam konversi sepeda motor skuter hybrid. Motor BLDC 1KW dirancang sebagai plug-in powertrain yang disematkan di roda belakang skuter yang bertujuan untuk mengkonversi powertrain dari Internal Combustion Chamber (ICE) menjadi Hybrid ICE-Elektrik. Motor BLDC dirancang berdasarkan hasil observasi lapangan untuk disematkan pada motor skuter kapasitas 110-150cc, dengan spesifikasi motor BLDC yang sesuai adalah berdaya 1000W, tegangan kerja 48VDC dengan kecepatan putar maksimum 500Rpm. Tahap berikutnya dalam perancangan BLDC yaitu menentukan jumlah kutub magnet (pole) untuk rotor, perhitungan jumlah kumparan untuk stator serta spesifikasi kabel yang terkait dengan kuat arus listrik yang dibutuhkan. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah rancangan BLDC untuk konversi skuter hybrid dengan spesifikasi 1000W 48VDC 520Rpm, 11 pole-pairs rotor dengan fluks magnet 0,00024 weber, 18 kumparan stator dengan 589 lilitan kawat tembaga 1mm, dan kuat arus 14,49A. Berdasarkan perhitungan teoritis, motor BLDC akan mampu menghasilkan torsi sebesar 13,52 Nm.

Keywords: skuter hybrid, kendaraan listrik, BLDC

1. PENDAHULUAN

Penggunaan kendaraan bermotor (terutama dengan mesin bakar) sebagai alat transportasi utama memiliki efek yang kurang baik terhadap lingkungan. Emisi gas buang kendaraan bermotor menjadi salah satu penyebab utama polusi udara atau emisi gas rumah kaca, Gomez et al menyebutkan bahwa Emisi gas rumah kaca dari mesin kendaraan di enam negara dengan populasi kendaraan terbesar diproyeksikan dapat mencapai 2,6 giga ton pada tahun 2030 (terjadi peningkatan 13-32% dari tahun 2020 ke 2030) apabila tidak dilakukan mitigasi emisi pada populasi kendaraan dengan mesin bakar.(Gómez Vilchez & Jochem, 2020). Salah satu solusi terbaik untuk mengurangi emisi udara adalah dengan konversi mesin kendaraan pembakaran dalam (Internal Combustion Chamber / ICE) ke mesin listrik (electric vehicle / EV) baik itu listrik murni atau pun hybrid (Ehsani et al., 2005).

Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV) adalah teknologi yang menggabungkan kemampuan mesin ICE dan EV yaitu dengan cara menggunakan kedua mesin tersebut sebagai sumber penggerak dalam satu kendaraan (Ehsani et al., 2005), dengan demikian PHEV memiliki beberapa keunggulan dari penggunaan kedua mesin tersebut yaitu performa dan kemampuan jelajah yang lebih baik dari EV, penggunaan bahan bakar dan emisi gas buang yang lebih rendah dari mesin ICE, ditambah dengan pengembangan kemampuan regeneratif braking (mengisi ulang saat pengereman) baterai secara mandiri yang dihasilkan dari pengereman.

Penyematan motor listrik pada kendaraan roda dua hanya memiliki dua pilihan, yaitu pemasangan pada roda depan sehingga sepeda motor menjadi penggerak 2x2, dan penggerak pada roda belakang. Umumnya pemasangan pada roda depan diterapkan dengan

pertimbangan bahwa pemasangan tidak memerlukan ubahan yang signifikan terhadap sistem penggerak yang telah ada di sepeda motor, namun di sisi lain penulis berpendapat bahwa dengan penggunaan penggerak roda depan pada sepeda motor akan mengurangi tingkat kestabilan dan handling khususnya pada saat berbelok dengan kecepatan cukup tinggi atau di jalan berpasir. Disisi lain untuk pemasangan pada roda belakang membutuhkan banyak ubahan pada sistem penggerak khususnya apabila menggunakan sepeda motor jenis scooter.

Pada penulisan ini, penelitian fokus pada perancangan motor penggerak elektrik dengan tipe Brushless Direct Current (BLDC) yang akan disematkan pada roda belakang sepeda motor skuter konvensional dengan kapasitas mesin 110-150CC untuk dikonversi menjadi skuter hybrid. Perancangan ini bertujuan agar perangkat konversi dapat diterapkan pada skuter konvensional tanpa perlu melakukan modifikasi pada rangka atau struktur utama sepeda motor.

2. METODE PENELITIAN

Observasi

Observasi awal dilakukan dengan cara mengumpulkan data secara langsung terhadap struktur dan spesifikasi sepeda motor skuter konvensional yang akan dilakukan konversi. Hal ini bertujuan agar perancangan secara 3D dapat dilakukan dengan penyesuaian dimensi dan spesifikasi komponen-komponen perangkat hybrid yang akan disematkan di skuter uji.

Studi Kasus dan Studi Lapangan

Studi literatur dan studi lapangan dilakukan dengan mempelajari jurnal-jurnal penelitian terdahulu, contoh kasus dan kondisi nyata terkait konversi motor hybrid yang pernah dilakukan oleh peneliti lain di lapangan.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data diawali dengan mengukur dimensi dan menelusuri spesifikasi sepeda motor uji, kebutuhan performa perangkat hybrid hingga pengumpulan data dan spesifikasi terkait motor BLDC yang sudah ada di pasaran agar pengembangan perangkat hybrid dapat lebih efisien dengan benchmark terhadap produk yang telah tersedia.

Perancangan

Tahap pertama dalam perancangan yaitu dengan melakukan perhitungan beban kerja, menentukan spesifikasi komponen dan motor BLDC berdasarkan kebutuhan beban kerja, yang selanjutnya dituangkan dalam desain 3D motor BLDC. Perancangan juga meliputi pemilihan material berdasarkan perhitungan yang telah didapatkan.

Pelaporan

Pembuatan laporan dilakukan untuk dokumentasi dan acuan pada pengembangan penelitian di tahap realisasi selanjutnya.

3. PEMBAHASAN

Perhitungan Rotor

Untuk dapat menghitung pole diperlukan beberapa parameter yaitu frekuensi yang mengacu pada spesifikasi motor BLDC di pasaran dan kecepatan putar yang diinginkan, maka dengan persamaan rotor diperoleh jumlah pole magnet sebagai berikut:

$$p = (120 \times f)/n$$

$$p = (120 \times 50)/550$$

$$p = 11 \text{ pole-pairs magnet}$$

Perhitungan Stator

Untuk dapat menghitung jumlah kumparan per phase dibutuhkan nilai pole dan jumlah phase. Bldc merupakan motor listrik dengan 3 phase maka didapatkan nilai Nph sebesar 3, maka dengan persamaan stator diperoleh jumlah kumparan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} NS &= p \times Nph/2 \\ NS &= 11 \times 3/2 \\ NS &= 17 \text{ kumparan} \end{aligned}$$

Besar Kuat Arus

Untuk mendapatkan nilai kuat arus diperlukan nilai tegangan, daya motor, dan jumlah fasa, dalam hal ini berdasarkan hasil observasi penelitian terdahulu, peneliti memutuskan untuk menggunakan motor dengan daya 1000 Watt, maka dapat diperoleh besar kuat arus per phase sebagai berikut:

$$P = (V)/(\sqrt{3}) \times I \times \cos[\phi]$$

Dengan:

$$P = P/Nph$$

$$P = 1000/3 = 333,33 \text{ Watt}$$

$$V = V/(\sqrt{3})$$

$$V = 48/(\sqrt{3}) = 27,71 \text{ Volt}$$

Maka, nilai besar kuat arus didapatkan sebesar:

$$I = p/(v \times \cos[\phi])$$

$$I = 333,33/(27,71 \times 0,83) = 14,49 \text{ A}$$

Fluks Magnet

Dalam menentukan pemilihan magnet untuk bldc 1000 watt tersebut mengacu pada produk-produk yang telah dikembangkan dipasaran, dalam perancangan awal ini peneliti memilih jenis magnet Neodymium N35 dengan kerapatan fluks (B) = 1,2 T dan dimensi magnet yang digunakan adalah (10 x 20 x 2) mm. Luas penampang (A) = 10 mm x 20 mm = 200 [mm]² = 0,0002 m² dan untuk nilai $\cos \theta = \cos 0^\circ = 1$, sehingga persamaan fluks magnet yaitu:

$$\Phi = B \times A \times \cos \theta$$

$$\Phi = 1,2 \times 0,0002 \times 1$$

$$\Phi = 0,00024 \text{ weber}$$

Diameter Kawat Stator dan Jumlah Lilitan

Diameter kawat mengacu pada tabel Kemampuan Hantar Arus (KHA), dengan nilai ampere sebesar 14,49 A maka diameter yang didapatkan 1. Diketahui nilai dari E = 28V, $\phi = 0,00048$ Weber, Ns = 17, Nph = 3, maka dengan persamaan jumlah lilitan pada stator didapatkan sebagai berikut:

$$D = 2 \times \sqrt{(I/3,14)}$$

$$= 2 \times \sqrt{(1/3,14)} = 0,69 \text{ mm}$$

Jumlah lilitan:

$$N = E/(2 \times 3,14 \times f \times \phi \times NS/Nph)$$

$$N = 28/(2 \times 3,14 \times 50 \times 0,00024 \times 18/3)$$

$$N = 58 \text{ lilitan}$$

Perhitungan Performa BLDC

Torsi

Untuk dapat menghitung besar torsi diperlukan adanya nilai daya dan kecepatan. Untuk nilai daya diperlukan konversi dari satuan Watt menjadi HP, maka untuk memperoleh besar torsi sebagai berikut:

$$P = 1000 \text{ Watt} = 1,34 \text{ HP} ; \text{ dengan: } 1 \text{ HP} = 745,7 \text{ Watt}$$

$$N = 5250 \text{ konstan dalam satuan (HP) dan } 975 \text{ dalam satuan (Watt)}$$

$$n = 520 \text{ rpm}$$

$$T = (N \times P)/n$$

$$T = (5250 \times 1,34)/520$$

$$T = 13,52 \text{ Nm}$$

Faktor Efisiensi

Pada perhitungan kita dapat mencari ukuran daya untuk membuat mesin dapat bekerja dengan baik dan optimal, maka berdasarkan persamaan:

$$P = V \times I$$

$$P = 48 \text{ (V)} \times 14,49 \text{ (A)}$$

$$P = 695,52 \text{ Watt}$$

Dengan nilai efisiensi:

$$\eta = (P_{\text{out}})/(P_{\text{in}}) \times 100\% = \eta = 695,52/1000 \times 100\% = 69\%$$

Konsep Desain Motor BLDC

Motor BLDC yang akan disematkan langsung pada roda belakang sepeda motor skuter matic dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Konsep Desain Motor BLDC

4. KESIMPULAN

Dalam penulisan ini didapatkan rancangan dan spesifikasi motor BLDC yang dibutuhkan untuk pengembangan perangkat hybrid sepeda motor skuter yaitu 1000W 48VDC 520Rpm, 11 pole-pairs rotor dengan fluks magnet 0,00024 weber, 18 kumparan stator dengan 589 lilitan kawat tembaga 1mm, dan kuat arus 14,49A. Berdasarkan perhitungan teoritis, motor BLDC akan mampu menghasilkan torsi sebesar 13,52 Nm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada institusi Politeknik Negeri Jakarta sebagai lembaga yang menaungi dan mewadahi penulis dalam berkarya untuk kemajuan ilmu pengetahuan.

DAFTAR PUSTAKA

Insani I, Nugroho G., PERANCANGAN MOTOR LISTRIK BLDC TIPEHUB 1000W UNTUK PENGGERAK SEPEDAMOTOR. Universitas Gadjah Mada. (2020)

Firmansyah G, Indrihastuti., SISTEM HYBRID KENDALI SEPEDA BERENERGI LISTRIK. Teknik Elektronika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer. (2020)

Asaei, B., & Habibidoost, M. (2013). Design, simulation, and prototype production of a through the road parallel hybrid electric motorcycle. *Energy Conversion and Management*, 71, 12–20.

<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2013.03.016>

Chung, C. T., & Hung, Y. H. (2014). Energy improvement and performance evaluation of a novel full hybrid electric motorcycle with power split e-CVT. *Energy Conversion and Management*, 86, 216–225. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.04.043>

Ehsani, M., Gao, Y., Gay, S. E., & Emadi, A. (2005). *Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles: Fundamentals, Theory, and Design*.

Gómez Vilchez, J. J., & Jochem, P. (2020). Powertrain technologies and their impact on greenhouse gas emissions in key car markets. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 80. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.102214>

Hung, Y. H., Tung, Y. M., & Chang, C. H. (2016). Optimal control of integrated energy management/mode switch timing in a three-power-source hybrid powertrain. *Applied Energy*, 173, 184–196. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.04.025>

Kapustin, N. O., & Grushevenko, D. A. (2020). Long-term electric vehicles outlook and their potential impact on electric grid. *Energy Policy*, 137. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111103>

Peng, H., Qin, D., Hu, J., & Fu, C. (2020). Synthesis and analysis method for powertrain configuration of single motor hybrid electric vehicle. *Mechanism and Machine Theory*, 146. <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2019.103731>

Polanía-Restrepo, S., Jaramillo-González, S., & Osorio-Gómez, G. (2020). Electric hybridization kit for modification of a manual transmission motorcycle. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*. <https://doi.org/10.1007/s12008-020-00649-w>

Zagól, B., & Grzegozk, W. (2018). Initial bench tests of a parallel hybrid system of a scooter. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 421(2). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/421/2/022043>

Zhuang, W., Li (Eben), S., Zhang, X., Kum, D., Song, Z., Yin, G., & Ju, F. (2020). A survey of powertrain configuration studies on hybrid electric vehicles. In *Applied Energy* (Vol. 262). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114553>

I. Susanto
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri
Jakarta 16425, Indonesia
Center of Automotive (CoA) Politeknik
Negeri Jakarta 16425, Indonesia

B. Aprianto
Center of Automotive (CoA) Politeknik
Negeri Jakarta 16425, Indonesia

PENULIS:

M. H. Tullah
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri
Jakarta 16425, Indonesia
Center of Automotive (CoA) Politeknik Negeri
Jakarta 16425, Indonesia
Email:
muhammad.hidayattullah@mesin.pnj.ac.id

F. Zainuri
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri
Jakarta 16425, Indonesia
Center of Automotive (CoA) Politeknik Negeri
Jakarta 16425, Indonesia

D.A. Sumarsono
Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Indonesia 16424, Indonesia

I. Nuriskasari
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri
Jakarta 16425, Indonesia

R. Noval
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri
Jakarta 16425, Indonesia
Center of Automotive (CoA) Politeknik
Negeri Jakarta 16425, Indonesia

Widiyatmoko
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri
Jakarta 16425, Indonesia

S. Prasetya
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri
Jakarta 16425, Indonesia
Center of Automotive (CoA) Politeknik
Negeri Jakarta 16425, Indonesia