

Analisis Performa dan Konsumsi Daya Motor BLDC 350 W pada Prototipe Mobil Listrik Ababil

Jatmiko, Abdul Basith, Agus Ulinuha, Muhammad Afan Muhlasin, Ibnu Shokhibul Khak

Teknik Elektro
UMS
Surakarta, Indonesia
jat244@ums.ac.id

Abstraksi— Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis performa motor listrik dengan jenis BLDC (*Brushless DC Motor*) atau motor DC tanpa sikat yang di aplikasikan pada prototipe mobil listrik untuk mendapatkan tingkat efisiensi yang tinggi dengan konsumsi daya yang rendah. Mobil listrik tipe prototipe digunakan untuk kompetisi yang mengedepankan desain, transmisi serta konsumsi bahan bakar yang hemat. Pada penelitian ini digunakan motor BLDC 350 watt sebagai penggerak utama. Motor akan dikendalikan melalui rangkaian inverter dengan sumber daya baterai berjenis lithium ion dengan kapasitas 48 volt 10 Ampere hour (Ah). Rangkaian inverter berguna untuk mengubah DC menjadi tegangan AC dengan pengaturan sudut penyulutan berupa hall sensor pada motor BLDC. Throttle berupa variabel resistor berbentuk pedal digunakan untuk mengatur kecepatan motor. Instalasi komponen mobil listrik tipe prototipe terdiri dari pemasangan penggerak utama, aksesoris serta sistem keamanan. Pengujian dilakukan dengan mengukur daya yang diserap oleh motor serta kecepatan dan waktu tempuh pada saat mobil listrik prototipe bergerak. Pada penelitian ini diharapkan hasil pengujian dapat dianalisa untuk mendapatkan kinerja mobil listrik dengan efisiensi tinggi yang hemat energi. Pada penelitian ini dihasilkan performa Motor BLDC akan maksimal dengan penggunaan transmisi roda yang paling kecil pada saat motor keadaan starting dan keadaan running menggunakan gigi transmisi paling tinggi. Pola kemudi dengan melepaskan thottel gas dalam keadaan maksimum akan menghasilkan tingkat keiritan daya yang tinggi dengan konsumsi daya paling rendah yaitu 6.64 Wh/Km di gigi transmisi 5. Hasil kecepatan rata-rata motor BLDC 350 W pada prototype mobil listrik yaitu 21 sampai 52 Km/h. Hasil dari penelitian digunakan untuk perbaikan serta meningkatkan performa dalam pembuatan mobil listrik untuk kompetisi maupun komersial.

Katakunci—BlDc; Efisiensi; Mobil Listrik

I. PENDAHULUAN

Berbagai kalangan baik akademisi maupun profesional mulai berusaha memikirkan untuk menghemat bahan bakar minyak bumi serta dampak lingkungan yang di akibatkan oleh kendaraan dengan mesin pembakaran dalam. Mobil listrik menjadi solusi atas permasalahan tersebut karena menggunakan energi ramah lingkungan serta tidak

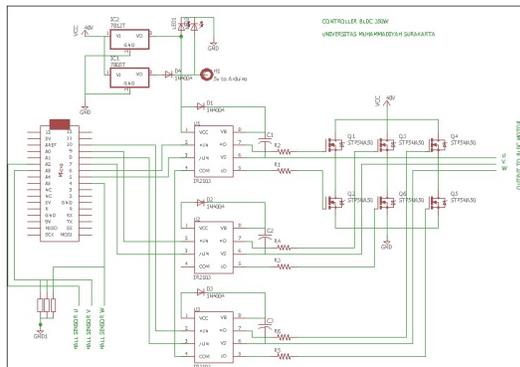
menimbulkan polusi [1]. Mobil listrik tipe prototipe merupakan wahana yang di gunakan pada kompetisi mobil hemat energi (KMHE) yang bertujuan membuat kendaraan yang irit bahan bakar[2]. Dampak yang timbul dari mobil listrik hemat energi adalah lebih hemat biaya. jarak tempuh semakin jauh dan mengurangi waktu pengisian baterai [3].

A. Motor BLDC (*Brushless DC Motor*)

Motor BLDC (*Brushless DC motor*) merupakan Motor DC tanpa sikat merupakan motor yang memiliki efisiensi baik, lebih handal, umur lebih panjang dan cukup mahal. Motor ini memiliki bagian rotor berupa magnet permanen dan bagian stator berupa belitan untuk menghasilkan medan magnet. Pengubahan polaritas motor BLDC dilakukan secara elektronik menggunakan sensor *hall-effect* dan *rotary encoder* [4]. Sistem motor DC tanpa sikat mengacu pada konsep rangkaian elektromekanik sistem penggerak yang tanggap dan hemat energi. Sistem tersebut dibangun melalui perpaduan elektromekanik, rangkaian elektronika, sistem sensor dan rangkaian logika atau algoritma kendali mikro [5].

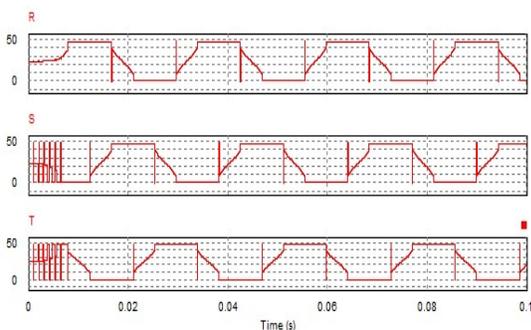
B. Sistem pengendali (*inverter*)

Inverter adalah perangkat elektronika yang dipergunakan untuk mengubah tegangan DC (*Direct Current*) menjadi tegangan AC (*Alternating Current*). Tegangan keluaran suatu inverter dapat berupa tegangan AC dengan bentuk gelombang sinus (*sinewave*), gelombang kotak (*square wave*) dan sinus modifikasi (*sine wave modified*) [6]. Sumber tegangan input inverter dapat menggunakan battery, tenagasurya, atau sumber tegangan DC yang lain. Inverter dalam proses konversi tegangan DC menjadi tegangan AC membutuhkan suatu penaik tegangan berupa *step up transformer*. Rangkaian inverter pada pengendali motor BLDC berupa mosfet dengan penyulutan secara bergantian dan terstruktur [7].



Gambar 1. Skematik pengendali BLDC.

Keluaran inverter berupa tegangan yang dapat diatur dan tegangan yang tetap, Tegangan output yang biasa dihasilkan adalah 5 volt, 36 volt dan 48 volt sesuai dengan kebutuhan tegangan pada nemplate motor. Pengendali Motor BLDC memiliki fungsi utama sebagai sistem pemutar motor BLDC serta mengatur putarannya. Komponen pokok pada *controller* adalah bagian *microprosesor* [8]. Pada mikro ini sudah terdapat program bagaimana mengendalikan mosfet sesuai urutannya, memberikan eksekusi PWM sesuai masukan berupa pedal gas (*Throttle*).



Gambar 2. Gelombang keluaran rangkaian pengendali.

C. Baterai

Baterai adalah komponen utama dalam sepeda listrik yang menjadi penyuplai energi listrik. Bisa dikatakan baterai adalah bahan bakar untuk kendaraan listrik. Mobil dengan baterai *Li-ion* hanya memiliki tingkat polusi yang rendah[2]. Dampak lingkungan total yang disebabkan oleh baterai (diukur dalam indikator ramah lingkungan sebesar 99 poin) adalah 15%. Dampak yang ditimbulkan dengan ekstraksi *Lithium* untuk komponen *Li-ion* baterai kurang dari 2,3% (indikator ramah lingkungan sebesar 9 poin). Kontributor utama beban lingkungan yang disebabkan oleh baterai adalah pasokan tembaga dan aluminium untuk produksi anode dan katode, ditambah kabel atau dibutuhkan sistem manajemen baterai. Keunggulan baterai *Li-ion* yaitu berat yang ringan, pengisian lebih cepat namun harga yang relatif lebih mahal di bandingkan aki. Seperti yang dilakukan oleh tim DEV (*Duke*

Electric Vehicles) yang menggunakan baterai *Li-ion* dengan alasan efisien, ringan, dan tahan lama dalam usia sehingga mereka meraih gelar juara di *Shell Eco Marathon America*. Kebutuhan akan baterai disesuaikan dengan voltase pada motor. Kapasitas baterai akan mempengaruhi lama pengisian dan jarak tempuh yang dapat dijangkau oleh mobil listrik.

D. Sistem keamanan kelistrikan

Sistem pengaman sangat diperlukan untuk menunjang keselamatan pengemudi. *fuse* atau biasa disebut sekering dalam konteks otomotif digunakan untuk melindungi kabel dan peralatan listrik pada kendaraan. Pada prototipe mobil listrik sistem pengaman menggunakan *fuse* dan *emergency button* pada sekering otomotif penggunaannya tergantung pada aplikasi tegangan, spesifik, dan nilai arus sirkuit listrik. Sekering otomotif dapat dipasang diblok sekering. Standar untuk sekering otomotif diterbitkan oleh SAE International (sebelumnya dikenal sebagai *Society of Automotive Engineers*). Sekering otomotif dapat diklasifikasikan menjadi empat kategori berbeda, yaitu antara lain Sekering pisau, Tabung gelas atau jenis *Bosch Fuse limiter*[8]. Sistem pengaman kedua pada prototipe mobil listrik berupa *emergency button*. *Emergency Stop* fungsinya untuk menghentikan sistem secara cepat saat keadaan darurat.

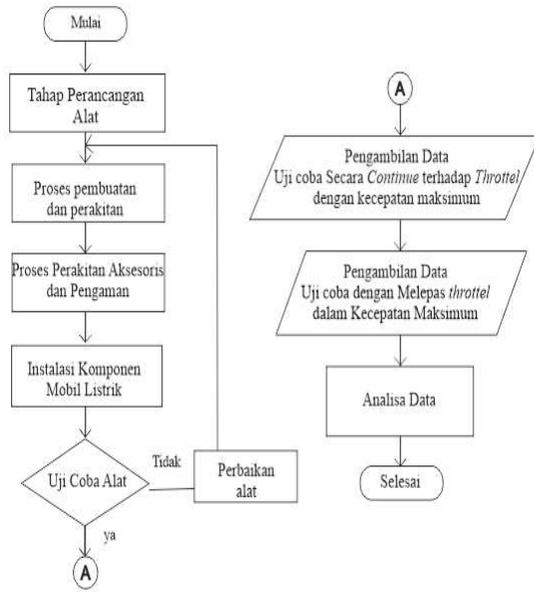
II. METODE

Tahap penelitian diawali dengan perancangan kebutuhan *hardware* berupa baterai, motor, sistem pengendali, aksesoris serta kelistrikan pada mobil listrik. Motor listrik menggunakan tipe BLDC (*Brushless DC electric motor*) dengan daya 350 Watt. Baterai menggunakan 48V dengan jenis *li-ion* dan sistem pengendali berupa *inverter*.

Pada langkah kedua yaitu perakitan sistem pengendali pada prototipe mobil listrik. Perakitan dilakukan dengan menghubungkan motor ke sistem pengendali (*controller*). *Controller* BLDC dihubungkan dengan baterai 48V sebagai sumber daya utama. Motor dihubungkan dengan 3 terminal *output* sebagai daya utama agar motor dapat bekerja. Pada pengendali BLDC terdapat 3 Sensor *Hall Effect* untuk mendeteksi sudut penyulutan atau sebagai *feedback* dan *throttle gas* untuk mengatur kecepatan motor.

Langkah ketiga yaitu pemasangan aksesoris dan sistem pengaman. Aksesoris dibutuhkan mobil listrik sebagai fitur tambahan penunjang agar mobil siap untuk jalan. Pada mobil listrik prototipe aksesoris terdiri dari klakson dan lampu rem. Pemasangan Sistem pengaman juga harus dilakukan dengan menggunakan *fuse* 30A dan *Emergency Button*.

Tahap terakhir yaitu instalasi kelistrikan serta pengujian alat untuk mencari seberapa besar konsumsi energi yang diserap oleh motor dengan melakukan instrumentasi mobil listrik itu sendiri. Pengujian dilakukan menggunakan watt meter dan yang di pasang *parrarel* pada sumber daya baterai ke *controller*. Untuk pengukuran kecepatan mobil listrik dilakukan dengan menggunakan GPS (*Global Position System*) model *Car*.



Gambar 3. Alur Penelitian.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan penelitian dengan langkah yang ditunjukkan pada Gambar 3, percobaan dilakukan dengan mengemudikan mobil secara *continue* tanpa melepas *throttle* dan uji coba ke dua melepas *throttle* dalam keadaan kecepatan maksimum. Hasil Penelitian berupa data kecepatan, waktu tempuh dan konsumsi daya yang ditunjukkan pada tabel 1.

TABEL 1. KONSUMSI DAYA, KECEPATAN DAN WAKTU TEMPUH MOBIL LISTRIK PROTOTYPE

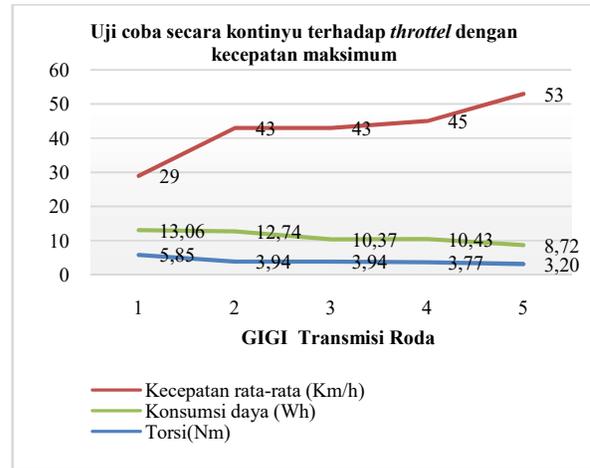
Pola kemudi	gigi	(Km/h)	waktu(s)	(Wh)	(km)
Continue	1	21.0	623	20.5	3.6
	2	27.0	450	21.2	3.4
	3	41.0	260	12.3	3.0
	4	43.0	201	24.8	2.4
	5	51.0	255	24.0	3.6
melepas throttle kecepatan maksimum	1	29.0	204	21.5	1.6
	2	43.0	205	31.2	2.4
	3	43.0	200	24.8	2.4
	4	45.0	280	36.5	3.5
	5	53.0	187	24.0	2.8

Penggunaan gigi transmisi roda lebih kecil akan memakan daya lebih besar serta kecepatan yang rendah. Penggunaan gigi roda transmisi terbesar menghasilkan kecepatan yang tinggi dengan kosumsi energi yang rendah. Percobaan ke dua dengan melepaskan *throttle* dalam keadaan kecepatan maksimum menghasilkan kosumsi energi yang lebih irit dari pada percobaan secara *continue* pada *throttle* dengan

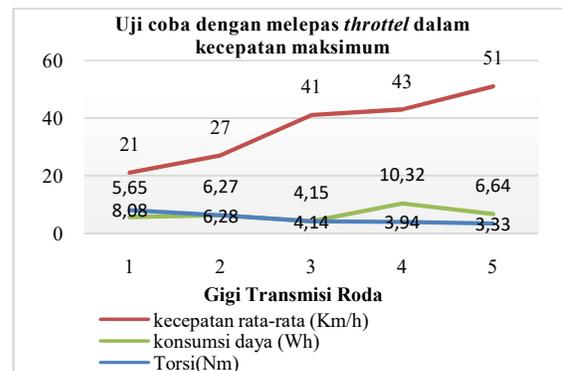
kecepatan maksimum. Untuk mencari konsumsi daya per jarak tempuh dapat rumuskan sebagai berikut:

$$\text{Konsumsi daya per km} = \frac{\text{Kosumsi daya (Wh)}}{\text{Jarak tempuh(Km)}} \quad (1)$$

Gambar 4 dan 5 menunjukkan grafik perbandingan pola kemudi yang menghasilkan nilai kecepatan rata-rata dengan daya yang di konsumsi oleh motor yang di peroleh dari rumus di atas dan hasil kecepatan rata-rata dan konsumsi daya dengan pola pengemudi yang berbeda.

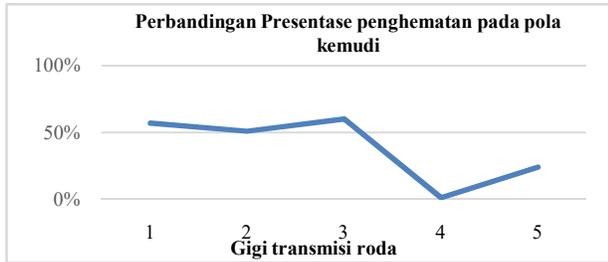


Gambar 4. Grafik percobaan pola kemudi secara kontinyu Pada *throttle* dengan kecepatan maksimum.

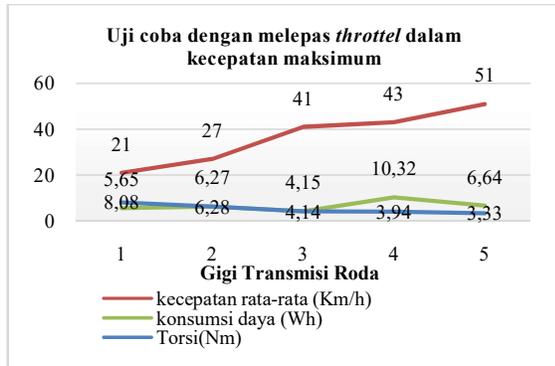


Gambar 5. Grafik percobaan dengan melepas throttle dalam kecepatan maksimum.

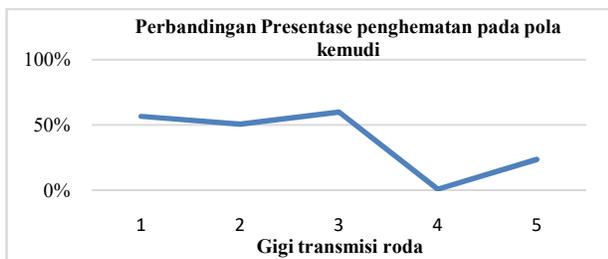
Untuk menganalisis hasil perbandingan konsumsi daya per kilometer pada pola kemudi dengan melepas *throttle* dalam kecepatan maksimum terhadap pola kemudi secara *continue* di sajikan dalam bentuk grafik seperti terlihat pada Gmabr 6 dan 7.



Gambar 6. Persentase perbandingan penghematan pada pola kemudi



Gambar 7. Grafik percobaan dengan melepas throttle dalam kecepatan maksimum



Gambar 8. Persentase perbandingan penghematan pada pola kemudi

Untuk menganalisis Hasil perbandingan konsumsi daya per kilometer pada pola kemudi dengan melepas *throttle* dalam kecepatan maksimum terhadap pola kemudi secara

continue di sajikan dalam bentuk grafik seperti terlihat pada Gambar 8.

IV. KESIMPULAN

Untuk mendapatkan performa dari motor *BLDC* dalam prototipe mobil listrik di simpulkan bahwa penggunaan gigi transmisi roda terkecil efektif pada saat motor dalam keadaan *starting* untuk menghasilkan torsi yang tinggi namun kecepatan rendah dan gigi transmisi roda terbesar digunakan pada saat motor keadaan *running* untuk mendapatkan kecepatan yang tinggi. Penghematan konsumsi daya motor pada mobil listrik dapat di lakukan dengan mengatur pola kemudi yaitu melepaskan *throttle* dalam keadaan kecepatan maksimum agar daya tidak dikonsumsi oleh motor secara terus menerus.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Beeton, David. Electric Vehicle Business Models Global Perspectives. Switzerland : Springer, 2014. Google Books, 2014. berkas PDF. 27 Juni 2018) 1.1 Motor DC tanpa sikat (BLDC)
- [2] ristekdikti.2017. Panduan Teknis Kompetisi Mobil Hemat Energi. <http://kmhc2017.its.ac.id/DIKTI>. Surabaya
- [3] William, anton. *Keunggulan Mobil Listrik*. <https://tekno.tempo.co/read/417918/ini-keunggulan-mobil-listrik>. 19 Juli 2012
- [4] Azizi, N and Moghaddam, R.K. 2013. Permanent magnet brushless DC motor optimal design and determination of optimum PID controller parameters for the purpose of speed control by using the TLBO optimization algorithm. American Journal of Research Communication, vol. 1, no. 1, pp. 294 -313.
- [5] Hidayat. 2014. Pengembangan Hybrid PID-ANFIS (Proportional Integral Derivative Adaptive Neuro Fuzzy Inference Systems) sebagai Pengendali Kecepatan Mesin Arus Searah Tanpa Sikat (MASTS). Desertasi: Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- [6] Anonim. *Inverter*. https://id.wikipedia.org/wiki/Power_inverter. 29 juni 2018
- [7] Daharmawan, Abe. 2009. Pengendalian Motor Brushless DC dengan Metode PWM Sinusoidal Menggunakan ATMEGA16. Skripsi. Universitas Indonesia.
- [8] Brilian. *Membaca Skema Cara Kerja Kontroller Bldc Motor Listrik*. <https://www.electricisart-bogipower.com/2014/12/membaca-skema-cara-kerja-kontroller.html>. 18 maret 2016
- [9] Anonim. *Fuse*. [https://en.wikipedia.org/wiki/Fuse_\(electrical\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Fuse_(electrical)). 29 juni 2018