

RANCANG BANGUN SISTEM PENGEMUDIAN ELEKTRIK PADA MOBIL LISTRIK AGNIJAYA WEIMANA

I Kd Mustika Wiyasa¹, Nyoman Satya Kumara², I Gusti Agung Putu Raka Agung³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

²Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Program Studi Teknik Elektro, Jalan Kampus Unud, Bukit Jimbaran, Badung, Bali 80361

mustikawiyasa12012001@gmail.com¹

ABSTRAK

Energi listrik dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar minyak. Salah satu upaya untuk mengatasi polusi udara adalah melalui kontes mobil hemat energi (KMHE) yang mengedepankan efisiensi kendaraan. Dalam penelitian ini, sistem pengemudian elektrik pada mobil listrik WEIMANA yang terfokus pada pemilihan motor listrik, melakukan pengujian motor BLDC untuk mengetahui daya yang perlukan oleh motor BLDC. Pada pemilihan motor listrik dilakukan perhitungan tahanan gelinding, tahanan aerodinamika mobil, daya, dan torsi yang dibutuhkan. Berdasarkan hasil pembahasan, motor yang dipilih adalah *merk* qs-motor kapasitas 800 W, 500 RPM, torsi 80 Nm, tegangan operasi 48 – 70 V_{DC}. Besar tahanan gelinding, tahanan aerodinamika mobil, daya, dan torsi yaitu 16,67 N, 7,83 N, 864,7 W dan 59,22 Nm. Motor yang dipilih telah dapat menggerakkan mobil WEIMANA dengan pembebanan berat *driver* 45 kg, 55 kg dan 65 kg pada kecepatan 20 km/h dan 30 km/h. Efisiensi daya rata – rata controller tertinggi pada berat badan *driver* 55 kg sebesar 90,31%. Efisiensi daya rata – rata controller tertinggi sebesar 88,03% pada kecepatan 20 km/h.

Kata kunci: Energi Listrik, Pengemudian Elektrik, Motor BLDC.

ABSTRACT

Electric energy can be used as a substitute for oil fuel. One of the efforts to address air pollution is through the Energy-Efficient Car Contest (KMHE), which emphasizes vehicle efficiency. In this study, the electric propulsion system in the electric car WEIMANA, which focuses on the selection of an electric motor, conducted tests on a BLDC motor to determine the required power of the BLDC motor. In the selection of the electric motor, calculations were made for rolling resistance, aerodynamic resistance of the car, power, and required torque. Based on the discussion's results, the chosen motor is the qs-motor brand with a capacity of 800 W, 500 RPM, torque of 80 Nm, and operating voltage of 48 – 70 VDC. The magnitudes of rolling resistance, aerodynamic resistance of the car, power, and torque are 16.67 N, 7.83 N, 864.7 W, and 59.22 Nm, respectively. The selected motor has been able to propel the WEIMANA car with driver weights of 45 kg, 55 kg, and 65 kg at speeds of 20 km/h and 30 km/h. The highest average power efficiency of the controller is 90.31% with a driver weight of 55 kg. The highest average power efficiency of 88.03% is achieved at a speed of 20 km/h.

Key Words: Electric Energy, Electric Driving, BLDC Motor.

1. PENDAHULUAN

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) melaporkan bahwa konsumsi BBM jenis RON 90 di Indonesia naik 27% pada 2022 dibanding tahun sebelumnya. Ini menyebabkan kekurangan pasokan BBM dan meningkatnya isu

lingkungan terkait polusi udara. Energi alternatif yang menonjol adalah energi listrik sebagai pengganti BBM untuk masa depan.

Tim WEIMANA dari Universitas Udayana aktif mengembangkan teknologi kendaraan khususnya kendaraan listrik. Fokus tim WEIMANA adalah

pengembangan kendaraan ramah lingkungan, efisien, dan tingkat keselamatan tinggi. Sejak 2018, mereka terlibat dalam Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) yang diselenggarakan Puspresnas dan berkolaborasi dengan Perguruan Tinggi untuk mempersiapkan kompetisi dengan memperhatikan stabilitas, bobot, pengemudian elektrik, manajemen motor, dan desain aerodinamis mobil. Tim WEIMANA berhasil merancang kendaraan listrik bertenaga baterai bernama Agnijaya

Sebuah sistem pengemudian elektrik terdiri dari motor elektrik, kontroller daya, dan perangkat pengatur. Perangkat ini bisa berupa pengontrol industri atau platform perangkat keras yang menggunakan kombinasi prosesor sinyal analog dan digital [1].

Dalam penelitian ini dilakukan perancangan pengemudian elektrik yang terfokus pada pemilihan motor listrik. Perhitungan dalam pemilihan motor listrik yang tepat dapat mengurangi kesalahan dalam pemilihan motor listrik dengan menghitung tahanan gelinding mobil, tahanan aerodinamika mobil, rasio gigi mobil, diameter ban yang digunakan, serta torsi sehingga mampu menggerakkan mobil listrik Agnijaya WEIMANA. Dalam penelitian ini, motor *Brushless DC* dipilih sebagai fokus utama karena popularitasnya bagus di pasaran, dengan sekitar 87% kendaraan listrik di Indonesia menggunakan tipe motor BLDC [2].

Setelah berhasil melakukan perhitungan, dilakukan proses pemilihan dan pengujian. Pengujian dilakukan untuk mengetahui motor *Brushless Direct Current* (BLDC) dapat menggerakkan mobil listrik WEIMANA. Efisiensi kontroller daya BLDC dengan membagi daya kontroller (*output*) terhadap daya kontroller (*input*) berdasarkan pengujian berat badan *driver* 45 kg, 55 kg dan 65 kg pada kecepatan 30 km/h. Berdasarkan kecepatan 20 km/h dan 30 km/h dengan berat *driver* 45 kg

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, *team* penulis ingin melakukan kajian mengenai rancang bangun sistem

pengemudian elektrik pada mobil listrik Agnijaya WEIMANA. Hasil ini diharapkan dapat diimplementasikan pada pembuatan mobil listrik WEIMANA yang baru.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mobil Listrik Agnijaya WEIMANA

Mobil listrik Agnijaya WEIMANA adalah salah satu mobil listrik yang dibuat oleh mahasiswa Universitas Udayana dengan berat 100 kg, lebar 1,3 m, panjang 2 m, dan tinggi 1,3 m yang bertujuan untuk mengikuti lomba kontes mobil hemat energi (KMHE) yang diadakan oleh pusat prestasi nasional (puspresnas). Mobil listrik Agnijaya WEIMANA dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Mobil listrik Agnijaya WEIMANA

2.2 Pengemudian Elektrik

Sistem pengemudian elektrik merupakan sistem yang terdiri dari motor listrik, baterai sebagai penyimpanan tenaga listrik, pengontrol daya, serta perangkat pengatur dalam bentuk perangkat keras yang menggunakan prosesor sinyal analog dan digital.

2.3 Motor BLDC

Motor BLDC dapat disebut juga dengan permanen magnet DC *Synchronous Motors*, yang memiliki karakteristik dan performa sangat baik, BLDC motor dapat disebut juga dengan BLAC motor yang merupakan motor listrik *Synchronous AC* tiga *phase*. Motor BLDC lebih efisien dari motor *Brushed DC* karena tidak menggunakan komutator sehingga tidak ada rugi yang ditimbulkan dari gesekan komutator dengan sikat. Selain itu motor *Brushless Direct Current* lebih baik digunakan daripada motor induksi karena motor *Brushless Direct Current* BLDC kecepatannya mudah dikontrol dan

arus *start* lebih kecil dibandingkan motor induksi [3]

2.4 Konverter

Konverter adalah suatu sistem transformasi energi, pada penelitian ini konverter digunakan sebagai transformasi energi listrik DC menjadi listrik AC tiga *phase* untuk memenuhi kebutuhan dari motor *Brushless* DC [4].

2.5 Kontroller

Kontroller merupakan suatu perangkat yang digunakan untuk mengontrol motor *Brushless* DC tiga *phase* baik yang menggunakan sensor posisi maupun tanpa sensor. Kontroller BLDC menggunakan sistem *inverter* tiga *phase*, yang mana *inverter* ini dapat mengubah tegangan DC dari baterai menjadi tegangan AC tiga *phase* yang terkontrol [5].

2.6 Pemilihan Motor BLDC

Dalam pemilihan motor BLDC pada penelitian ini ada beberapa hal yang harus diperhatikan seperti tahanan gelinding yang dialami oleh mobil, tahanan aerodinamika, rasio gigi yang digunakan dan berat mobil.

a) Tahanan Gelinding

Tahanan gelinding adalah tahanan yang dialami oleh mobil listrik WEIMANA yang disebabkan adanya gesekan ban terhadap permukaan jalan. Besar tahanan gelinding dinyatakan dalam persamaan (1) dan (2) [6].

$$W = m \times g \quad (1)$$

$$Fr = Cr \times W \quad (2)$$

Dengan:

m = Massa mobil listrik Agnijaya WEIMANA = 165 kg

Cr = Koefisien tahanan gelinding = 0,01

g = Percepatan gravitasi = 9,81 m/s²

W = Berat total mobil (N)

Fr = Tahanan gelinding (N)

b) Tahanan Aerodinamika

Tahanan aerodinamika adalah tahanan yang terjadi akibat adanya gesekan udara dengan mobil listrik dan pengendara. Besar tahanan aerodinamik dinyatakan dalam persamaan (3) [7].

$$Fa = 0,5 \times Cd \times A \times V^2 \times \rho \quad (3)$$

Dengan:

0,5 = Konstanta gaya hambat udara

Fa = tahanan aerodinamika yang dialami mobil WEIMANA

Cd = 0,24 (Koefisien drag mobil WEIMANA)

A = Luas penampang mobil WEIMANA = 0,79 m²

V = Dirancang kecepatan maksimal mobil WEIMANA = 8,3 m/s

ρ = Densitas udara = 1,2 kg/m³

c) Gaya Traksi

Mobil Listrik WEIMANA bergerak dengan kecepatan tertentu memiliki tahanan total yang disebut gaya traksi, gaya traksi terjadi pada mobil listrik WEIMANA adalah gabungan keseluruhan tahanan aerodinamika dan gelinding. Besar gaya traksi dinyatakan dalam persamaan (4) [8].

$$\text{Gaya traksi} = Fa + Fr \quad (4)$$

d) Daya

Daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan mobil sebesar gaya traksi sehingga daya yang dibutuhkan untuk dapat bergerak dengan kecepatan maksimum. Besar daya dinyatakan dalam persamaan (5) [9].

$$P = \frac{\text{gaya traksi} \times V_{\text{maks}}}{\eta} \quad (5)$$

Dengan:

P = Daya yang dibutuhkan (W)

Gaya Traksi = tahanan glinding + aerodinamika (N)

V_{maks} = Kecepatan maksimal (30 km/h)

η = Efisiensi motor BLDC = 0,85

e) Rasio Transmisi

Rasio gear adalah perbandingan antara jumlah gigi roda penggerak (roda penggerak) dan jumlah gigi roda yang digerakkan (roda yang digerakkan) dalam sebuah sistem roda gigi. Rasio ini menentukan seberapa banyak putaran roda penggerak akan menghasilkan putaran pada roda yang digerakkan. Besar rasio gear dinyatakan dalam persamaan (6) [10].

$$GR = \frac{B}{A} \quad (6)$$

Dengan:

GR = *Gear Ratio*.

A = Gigi *input* (Jumlah gigi pada motor BLDC).

B = Gigi *output* (Jumlah gigi pada roda yang digerakkan).

f) Torsi

Dalam menghitung besar gaya yang diperlukan untuk menggerakkan beban tersebut. Besar gaya dinyatakan dalam persamaan (7) [11]

$$F_m = m \times g \quad (7)$$

Dengan:

F_m = Gaya pada mobil (N)

m = Massa beban mobil (kg)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2), dengan nilai sekitar $9,8 m/s^2$ di permukaan bumi

Dalam menghitung torsi yang dibutuhkan untuk menghasilkan gaya tersebut melalui transmisi gigi. Adapun besar torsi dinyatakan dalam persamaan (8).

$$T = (F_{traksi} + F_m) \times r \quad (8).$$

Dengan:

T = torsi yang dibutuhkan (Nm)

r = jari – jari *output* transmisi gigi (m)

2.7 Efisiensi Daya Kontroller

Efisiensi daya kontroller merupakan kemampuan sebuah perangkat kontrol dalam mengatur atau mengelola daya dengan efisien. Daya kontroller umumnya dinyatakan dalam bentuk persentase dinyatakan dalam persamaan (9) [12]

$$\text{Efisiensi} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (9)$$

Dengan:

Efisiensi = Efisiensi daya kontroller motor BLDC (%)

P_{out} = Daya output kontroller motor BLDC (W)

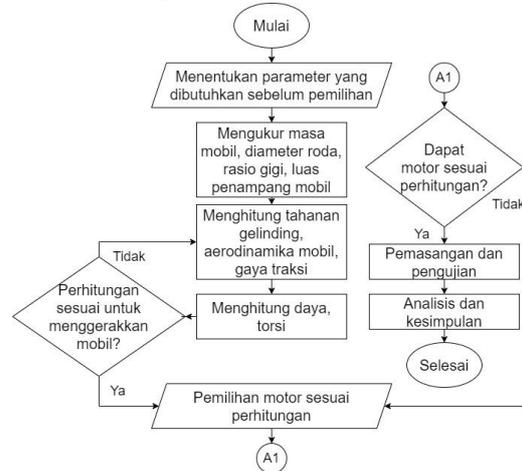
P_{in} = Daya input kontroller motor BLDC (W)

3. METODE PENELITIAN

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data primer adalah data yang didapatkan dari hasil pengujian perangkat. Data sekunder adalah data yang didapat dari *datasheet*, artikel ilmiah,

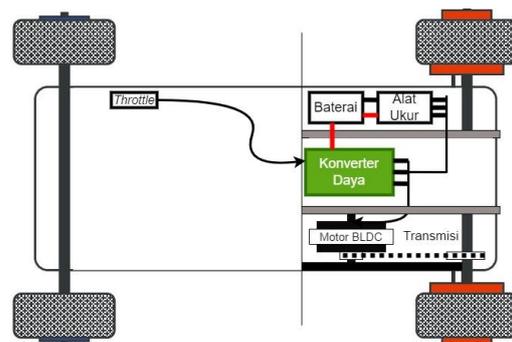
internet serta buku yang berhubungan dengan pengemudian elektrik. Metode pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan beberapa metode seperti Metode Kepustakaan dan Metode Eksperimen.

Pada penelitian ini dibutuhkan *flowchart* sebagai acuan dalam proses perancangan. Tahapan perancangan dapat dilihat pada gambar 2.



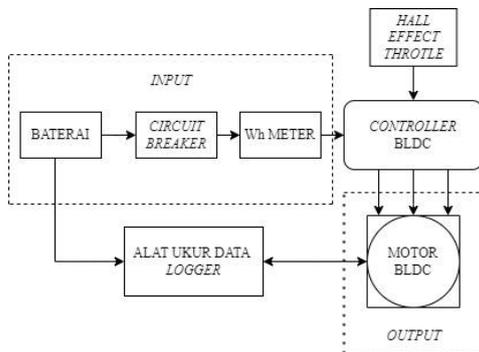
Gambar 2. Tahapan perancangan pengemudian elektrik

Gambaran umum sistem pengemudian elektrik pada penelitian ini memerlukan beberapa komponen seperti baterai sebagai sumber energi, motor BLDC sebagai penggerak utama, dan kontroller BLDC (konverter daya) sebagai penghasil daya untuk memutar motor BLDC tiga *phase*. Kontroller juga dapat sebagai pengatur kecepatan dari motor BLDC. Skematik perancangan pengemudian elektrik dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. skematik perancangan pengemudian elektrik

Pengukuran tegangan *output* kroller tiga *phase* dilakukan dengan cara menghubungkan kabel tiga *phase* pada motor BLDC secara paralel terhadap rangkaian *star dummy* trafo dan pengukuran arus *output* dilakukan dengan cara menghubungkan kabel tiga *phase* pada motor BLDC secara seri sehingga nilai tegangan dan arus yang mengalir pada motor BLDC dapat diketahui. Pengujian *motors* BLDC diuji dengan kroller BLDC dihubungkan kemotor BLDC berbeban (digunakan langsung untuk menggerakkan Kendaraan Listrik Urban Agrijaya WEIMANA). Diagram blok pengemudian elektrik mobil listrik WEIMANA dapat dilihat pada gambar gambar 4



Gambar 4. Diagram blok pengemudian elektrik mobil listrik WEIMANA

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perhitungan Pemilihan Motor BLDC

Dalam pemilihan motor BLDC sebagai penggerak mobil listrik WEIMANA menggunakan hasil perhitungan tahanan gelinding, tahanan aerodinamika, daya dan torsi. Adapun parameter yang dibutuhkan dalam melakukan perhitungan dirangkum pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter yang dibutuhkan dalam melakukan perhitungan

No	Parameter	Pengukuran
1	Berat mobil	165 Kg
2	Rasio transmisi	1,5:1
3	Diameter roda	0,58 m
4	Luas penampang mobil	0,79 m ²
5	Kecepatan Mobil	30 km/h

a) Hasil Perhitungan Gaya Gelinding

Adapaun Besar gaya gelinding yang dialami oleh mobil dihitung dengan persamaan 1 dan persamaan 2

$$F_r = 0,01 \times 1618,65 = 16,18 \text{ N}$$

b) Hasil Perhitungan Gaya Aerodinamika

Adapaun Besar gaya gelinding yang dialami oleh mobil dihitung dengan persamaan 3

$$F_a = 0,5 \times 0,24 \times 0,79 \times (8,3)^2 \times 1,2 = 7,83 \text{ N}$$

c) Hasil Perhitungan Gaya Traksi

Adapaun Besar gaya traksi yang dialami oleh mobil dihitung dengan persamaan 4

$$\text{Gaya traksi} = 7,83 + 16,18 = 24,01 \text{ N}$$

d) Hasil Perhitungan Daya Motor BLDC

Adapaun besar daya motor BLDC yang dibutuhkan oleh mobil dengan kecepatan 30 km/h dihitung dengan persamaan 5

$$P = \frac{24,01 \times 30}{0,85} = 846,41 \text{ watt}$$

e) Hasil Perhitungan Rasio Transmisi

Adapaun Besar rasio transmisi yang digunakan oleh mobil listrik WEIMANA dihitung dengan persamaan 6

$$GR = \frac{24}{16} = 1,5$$

f) Hasil Perhitungan Torsi

Adapaun Besar torsi yang dibutuhkan oleh mobil untuk bergerak dihitung dengan persamaan 7 dan persamaan 8

$$T = (24,01 + 1618,65) \times 0,035 = 57,49 \text{ Nm}$$

g) Hasil Motor BLDC yang Dipilih Berdasarkan Hasil Perhitungan

Adapun rincian hasil perhitungan ditunjukkan pada tabel 2 dan spesifikasi motor BLDC yang dipilih ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 2. Hasil perhitungan dalam pemilihan motor BLDC.

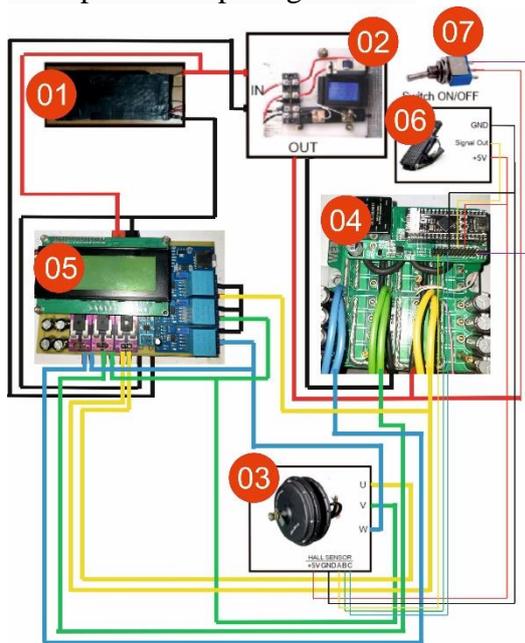
No	Parameter	Perhitungan
1	Torsi	57,49 Nm
2	Daya	847,41 Watt
3	Tahanan gelinding	16,18 N
4	Tahanan aerodinamika	7,83 N
5	Gaya traksi	24,01 N
6	Efisiensi	0,85
7	Kecepatan	30 km/h

Tabel 3. Spesifikasi motor BLDC yang dipilih.

No	Spesifikasi		Jenis Motor	Motor BLDC
1	Torsi	80 Nm	Motor BLDC QS Motor	
2	Daya	800Watt		
3	Putaran BLDC	500 RPM		
4	Efisiensi	85 %		
5	Tegangan	48 – 70 Volt		
6	Kecepatan	45 km/h		

4.2 Sistem Kelistrikan Pada Mobil WEIMANA

Sistem kelistrikan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. sistem kelistrikan pada mobil

1. Baterai sebagai *supply* energi listrik dari *Controller Brushless* DC terhubung dengan *circuit breaker* dan multimeter PZEM-051,
2. *Circuit breaker* sebagai pengaman jika terjadi hubung singkat dan multimeter PZEM-051(Wh Meter) sebagai *monitoring* arus, tegangan dan besar daya yang masuk ke *Controller Brushless* DC.
3. Motor BLDC yang berfungsi sebagai penggerak utama dari Kendaraan Listrik Agnijaya WEIMANA dan dengan kabel yang terhubung dengan *Controller Brushless* DC yaitu *phase U, V, W* kemudian kabel +5 V, *Hall* sensor (*channel A, B, C*) dan GND.

4. *Controller Brushless* DC yang terhubung dengan kabel *phase U, V, W* motor BLDC dan terhubung dengan multimeter PZEM-051 dan konektor antarmuka yang terhubung dengan kabel *Hall* sensor Motor BLDC, *Throttle* dan *toggle switch* ON/OFF.
5. Alat ukur pada *phase U, V, W* yang terhubung dengan *controller* untuk mengukur tegangan dihubungkan paralel setiap *phase U, V, W* dimana sensor ZMPT101B adalah transformator yang digunakan untuk mengukur tegangan dengan menggunakan hubungan *star dummy transformer* yang berfungsi untuk menyamakan impedansi dari jalur data tegangan yang diukur pada *phase U, V, W* dan memastikan bahwa sinyal yang dikirimkan melalui jalur tersebut tetap stabil kemudian untuk mengukur arus menggunakan sensor ACS758 yang dihubungkan seri pada setiap *phase U, V, W* serta sensor ACS712 untuk mengukur arus baterai.
6. *Throttle* pedal yang berfungsi sebagai pengatur *speed/torsi output Controller Brushless* DC terhubung dengan konektor antarmuka.
7. *Toggle Switch* yang berfungsi saklar ON/OFF perangkat *Controller Brushless* DC yang terhubung dengan konektor antarmuka.

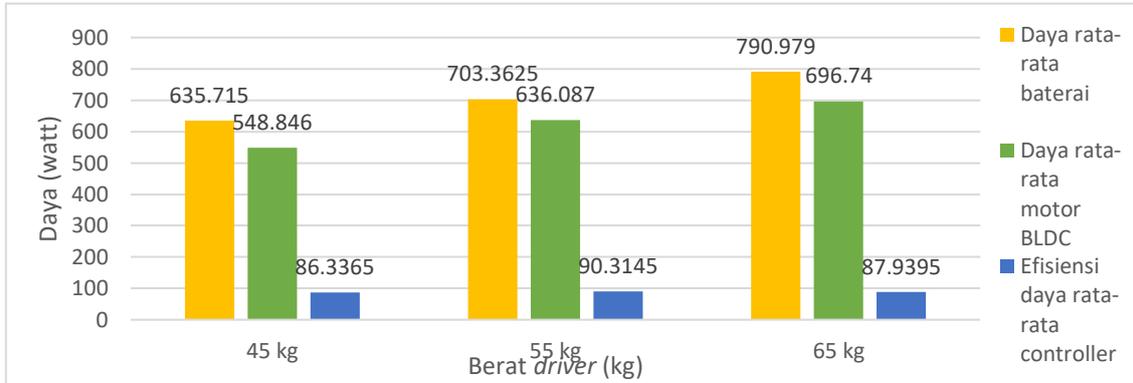
4.3 Pengujian Motor BLDC Mobil Listrik Agnijaya WEIMANA

Pengujian motor BLDC pada mobil listrik Agnijaya WEIMANA dengan alat ukur data *logger SD card* ini bertujuan untuk memonitor unjuk kerja mobil listrik WEIMANA mengambil beberapa parameter yaitu nilai daya baterai (*input*), daya motor BLDC (*output*), dan efisiensi daya kontroller yang akan disimpan di alat ukur data *logger SD card*. Pengujian dilakukan pada jalan datar dengan variasi beban berat badan *driver* dan kecepatan. Berat badan *driver* 45 kg, 55 kg, dan 65 kg dengan jarak tempuh 1 km dan kecepatan mobil 20 km/h dan 30 km/h. Pengambilan data keseluruhan berdasarkan berat badan *driver* dan

kecepatan dilaksanakan di lingkungan Kampus Universitas Udayana, Denpasar.

4.4 Analisis motor BLDC mobil listrik Agnijaya WEIMANA berdasarkan berat badan driver

Hasil pengujian motor BLDC mobil listrik Agnijaya WEIMANA berdasarkan berat badan driver dimuat dalam grafik gambar 6 yang menunjukkan nilai daya rata-rata baterai (*input*), daya rata-rata motor BLDC (*output*) dan efisiensi daya rata-rata controller.

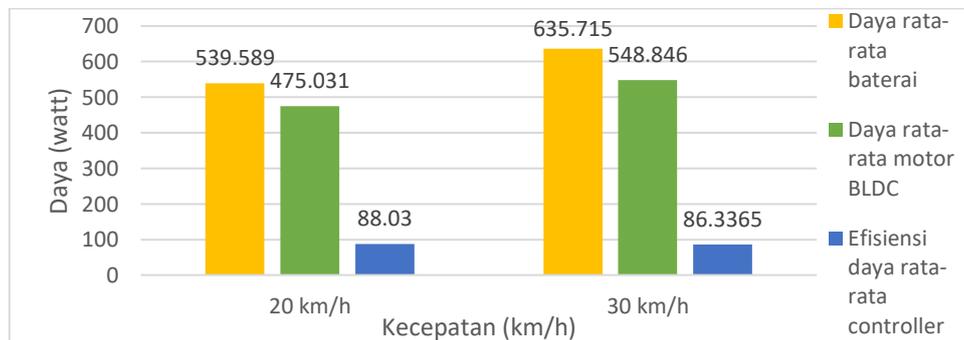


Gambar 6. Grafik nilai daya rata-rata baterai, daya rata-rata motor BLDC, dan efisiensi daya rata-rata controller berat driver 45 kg, 55 kg, 65 kg.

Gambar 6 menunjukkan data daya rata-rata baterai (*input*), daya rata-rata motor BLDC (*output*) dan efisiensi daya rata-rata controller berdasarkan berat driver 45 kg, 55 kg, dan 65 kg mengalami perbedaan. Efisiensi daya rata-rata controller tertinggi pada berat driver 55 kg sebesar 90,31%.

4.5 Analisis Pengujian motor BLDC Mobil Listrik Agnijaya WEIMANA Berdasarkan Kecepatan

Pengujian motor BLDC mobil listrik Agnijaya WEIMANA berdasarkan kecepatan dimuat dalam grafik gambar 7 yang menunjukkan nilai daya rata-rata baterai (*input*), daya rata-rata motor BLDC (*output*) dan efisiensi daya rata-rata controller.



Gambar 7. Grafik nilai daya rata-rata baterai (*input*), daya rata-rata motor BLDC (*output*), dan efisiensi daya rata-rata controller pada kecepatan 20 km/h dan 30 km/h berat driver 45 kg

Gambar 7 menunjukkan nilai daya rata-rata baterai (*input*), daya rata-rata motor BLDC (*output*) dan efisiensi daya rata-rata controller berdasarkan kecepatan 20 km/h dan 30 km/h mengalami perbedaan. Efisiensi daya rata-rata controller tertinggi pada kecepatan 20 km/h sebesar 88,03%.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan bahwa motor yang dipilih adalah qs-motor dengan spesifikasi daya sebesar 800 watt, torsi sebesar 80 nm, efisiensi 85%, kecepatan 45 km/h. Motor

BLDC yang dipilih telah dapat menggerakkan mobil listrik Agnijaya WEIMANA dengan berat total 165 kg serta memiliki maksimal kecepatan 30 km/h pada kondisi jalan datar dengan transmisi gigi 1,5:1. Efisiensi daya rata – rata controller tertinggi pada berat *driver* 55 kg dengan nilai sebesar 90,31% dan efisiensi daya rata-rata controller tertinggi berdasarkan kecepatan 20 km/h dan 30 km/h yaitu pada kecepatan 20 km/h sebesar 88,03%.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adi, Surya., Kumara, Satya., Agung, Raka., 2021. Status Perkembangan Mobil Listrik dan Motor Listrik Di Indonesia. *Jurnal SPEKTRUM*. 8(4).
- [2] Akbar, Ilham., Ismail, Nanang., Rachmilda, Tri D., 2020. Rancang Bangun Pendeteksi Posisi Sudut dan Kecepatan Sesaat dengan Menggunakan Rotary Encoder KY-040, *SENTER*. 287-293
- [3] Irasari, Pudji., Alam, Hilman Syaeful., Kasim, Muhammad., 2013. Perancangan Dan Analisis Generator Magnet Permanen 3 Kw, 200 Rpm Untuk Aplikasi Pembangkit Listrik Energy Terbarukan. *Jurnal Ketenagalistrikan Dan Energi Terbarukan*, 12(1): 1978-2365.
- [4] Saptono, Hery., Pramono, Eka, Gatot., Khindi, Al, Hablinur. 2018. Analisa Daya dan Kontrol Kecepatan Motor Pada Alat Bantu Las Rotary Positioner Table. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*. 4:23-33.
- [5] Sutedjo, A.Q. Ony., Suhariningsih., Y. S. Diah. 2017. “Desain Dan Implementasi Six-Step Comutation Pada Sistem Kontrol Motor BLDC 1,5 kW”. *Prosiding Sentrinov*. 3: 56-68. Surabaya: Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- [6] Sulistyanto, Dwi., 2008. “Rancang Bangun Sepeda Listrik Menggunakan Sistem Portable” (Skripsi). Jakarta: Universitas Mercu Buana.
- [7] Jhon, Josua Sam., Utomo, Suryo. 2017 “Analisis Aerodinamika Body Mobil Hemat Energi Antawirya Residual-Sat Dengan Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics”. 5: 50-58. *JURNAL TEKNIK MESIN*.
- [8] Wibowo, N. E., Sutantra, I. N., 2016 “Peningkatan Karakteristik Traksi pada Mobil Formula Sapuangin Speed 3”. 4: 114-118. *Journal: eArticle*, Sepuluh Nopember Institute of Technology
- [9] Primartadi, P. Aji, A., Suyitno, S., 2021 “Menentukan Kapasitas Motor Brushless Direct Current sebagai Penggerak Mobil Listrik,”. 16: 7-13. *Auto Tech J. Pendidik. Tek. Otomotif Univ. Muhammadiyah Purworejo*
- [10] Suriadi, IGAK., Atmika, IKA. 2016. “Perancangan Rasio Sistem Transmisi Kendaraan Penggerak Roda Belakang Untuk Meningkatkan Kinerja Traksi. 9: 44-48. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*.
- [11] Junaidi, AR., Purwanto, Rifdarmon, W., Maksum, H. 2023 “Analisis Penggunaan Variasi Driven Face Spring Terhadap Torsi, Daya Dan Top Speed Pada Sepeda Motor Honda Vario All New 125 cc,”. 1: 75-84. *JTPVI J. Teknol. Dan Pendidik. Vokasi Indones*.
- [12] Wahid, B.W., Adiwidodo, Satworo. 2021. Analisa Pengaruh Berat dan Kecepatan Terhadap Konsumsi Daya BLDC 350 W. 1: 79-83. *Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Manufaktur*.