

RANCANG BANGUN SEPEDA LISTRIK MENGGUNAKAN PANEL SURYA SEBAGAI PENGISI BATERAI

Benhur Nainggolan¹⁾, Fadhilla Inaswara, Gilang Pratiwi dan Hirzan Ramadhan

Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Jakarta

Email: benhur.nainggolan@mesin.pnj.ac.id¹⁾

ABSTRACT

The possible way to decrease fossil energy is alternative or renewable energy utilization. Sun source is a green energy, sustainable, and unlimited renewable energy. The availability of sunlight source can reduce energy consumption in the future. Solar cell is one of electrical source which is using sun as a source. The large amount of sunlight makes solar cell a reliable and advanced alternative energy. The utilize of solar energy as battery charger to move electricbicycle is the topic of this research. Electricbicycle is useful for traffic area like Jakarta. This research is started by obtain energy needs therefore effective specification of electric motor and the power of solar cell can be determined. The study include the characteristic of the bicycle which known by battery charging time trial; velocity trial; and performance trial on elevation 15° track, go down track to charge the battery, and straight track. The result of this design is to move electricbicycle's velocity in 5,556 m/sec in assumption driver mass is 70 kg with the power of prime mover is 160,278 Watt. 40 WP solar panel is the battery charger for 468 AH, therefore the bicycle can move until 11,23 km.

Key word: Electric Motor, Solar Cell, ElectricBicycle

ABSTRAK

Salah satu cara untuk menghemat energi fosil adalah dengan cara memanfaatkan energi alternatif atau terbarukan yang ramah lingkungan. Energi matahari merupakan sumber energi yang sangat menjanjikan mengingat sifatnya yang berkelanjutan serta jumlahnya yang sangat banyak. Matahari merupakan sumber energi yang diharapkan dapat mengatasi permasalahan kebutuhan energi masa depan. Panel surya adalah sumber listrik yang menggunakan sinar matahari sebagai sumbernya. Jumlah energi yang begitu besar yang dihasilkan dari sinar matahari membuat solar sel menjadi alternatif sumber energi masa depan yang sangat menjanjikan. Penggunaan energi surya untuk menggerakkan sepeda adalah menjadi topik pada penelitian. Sepeda listrik dapat bermanfaat untuk transportasi di daerah macet seperti Jakarta. Rancang bangun ini dimulai dengan menentukan kebutuhan energi sehingga dapat ditentukan spek motor listrik dan daya panel surya yang efektif. Untuk mengetahui karakteristik sepeda surya dilakukan pengujian lama waktu pengisian baterai; pengujian kecepatan; serta pengujian performa dalam kondisi jalan elevasi 15°, jalan menurun untuk mengisi daya baterai, dan jalan mendatar. Hasil perancangan menunjukkan untuk menggerakkan sepeda listrik dengan kecepatan 5,556 m/detik dengan asumsi massa pengendara 70 kg diperlukan daya motor sebesar 160,278 Watt dan jika menggunakan panel surya 40 WP dan kapasitas baterai sebesar 468 AH, maka sepeda dapat menempuh jarak 11,23 km.

Kata kunci: Motor Listrik, Sel Surya, Sepeda Listrik

PENDAHULUAN

Latar belakang

Energi merupakan komponen penting yang tidak dapat dilepaskan dalam kelangsungan hidup manusia. Saat ini, hampir semua aktivitas kehidupan manusia sangat tergantung pada ketersediaan energi terutama sumber energi fosil yang dapat memenuhi kebutuhan energi manusia. Namun, beberapa tahun mendatang penggunaan energi yang berlebihan akan menyebabkan terjadinya masalah kekurangan sumber energi atau krisis energi. Hal yang sebaiknya dilakukan pada situasi demikian adalah dengan cara melakukan penghematan energi.

Salah satu cara untuk menghemat energi adalah dengan cara memanfaatkan energi alternatif atau terbarukan yang ramah lingkungan. Energi terbarukan merupakan energi yang dihasilkan dari sumber daya energi yang secara alamiah tidak akan habis atau cepat dipulihkan dan prosesnya berkelanjutan jika dikelola dengan baik. Selain itu, penggunaan energi terbarukan juga diyakini lebih ramah lingkungan, aman dan terjangkau oleh masyarakat karena dapat mengurangi kerusakan lingkungan dibandingkan energi non terbarukan. Energi matahari sesungguhnya merupakan sumber energi yang sangat menjanjikan mengingat sifatnya yang berkelanjutan serta jumlahnya yang sangat besar [1]. Sel surya merupakan suatu sumber energi listrik yang memanfaatkan cahaya matahari sebagai sumber energi. Jumlah energi yang begitu besar yang dihasilkan dari sinar matahari membuat sel surya menjadi alternatif sumber energi masa depan yang sangat menjanjikan.

Proses perancangan sepeda listrik dengan tenaga surya dimulai dengan mencari daya motor listrik dan daya solar sel yang efisien. Dan juga merangkai controller motor listrik dan controller surya. Serta merangkai baterai yang paling efisien guna mempercepat daya pengisian dari panel surya. Data yang diambil berupa

waktu pengisian baterai menggunakan panel surya, kecepatan, jarak tempuh selama satu jam, daya pada jalan menanjak, lurus menurun, dan lurus mendatar, serta daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan sepeda.

Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam rancang bangun ini adalah:

1. Merancang dan membuat sepeda listrik dengan kecepatan 30 km/jam serta mampu menempuh jalan menanjak 15°.
2. Membuat kendaraan yang hemat energi dan ramah lingkungan dengan pemanfaatan motor listrik *brushless* DC dan panel surya.

Permasalahan

Perumusan masalah dari rancang bangun ini adalah:

1. Bagaimana merancang dan membangun sepeda surya yang ergonomis?
2. Bagaimana mencari daya dan torsi *starting* motor listrik?
3. Bagaimana cara merangkai panel surya secara efisien guna mempercepat pengisian baterai?
4. Apa parameter yang diamati dalam rancang bangun sepeda listrik tenaga surya?

Tinjauan Pustaka

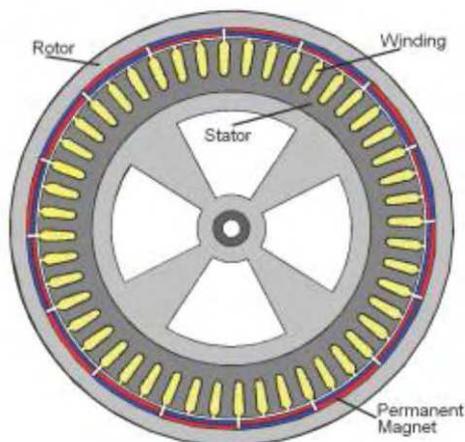
Ergonomi

Ergonomi adalah bidang ilmu tentang segala pertimbangan faktor manusia dalam usaha mendesain benda-benda, fasilitas maupun lingkungan buatan yang digunakan dalam segala aspek kehidupan manusia. Ergonomi suatu cabang ilmu untuk mendesain kenyamanan manusia dalam beraktivitas baik yang menggunakan alat ataupun tidak. Dalam konteks kendaraan bermotor, maka ergonomi digunakan untuk mendesain kenyamanan mungkin saat kita berkendara. Desain tersebut yaitu titik segitiga seat

kendaraan; pijakan kaki, posisi duduk, dan jarak handle stang dengan tangan. Konsepnya adalah ilmu yang membahas tentang kelebihan dan keterbatasan manusia dan secara sistematis memanfaatkan informasi-informasi tersebut untuk rancang bangun, sehingga menghasilkan produk, sistem atau lingkungan kerja yang lebih baik. Ergonomi merupakan ilmu yang mempelajari sifat, kemampuan, dan keterbatasan manusia untuk merancang suatu sistem kerja sehingga orang dapat hidup dan bekerja pada sistem itu dengan baik, yaitu mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan itu, dengan efektif, aman dan nyaman.

Motor listrik BLDC

Brushless DC (BLDC) motor adalah pilihan ideal untuk aplikasi yang memerlukan keandalan yang tinggi, efisiensi tinggi, dan tinggi power-to-volume rasio [9]. Secara umum, motor BLDC dianggap motor performa tinggi yang mampu memberikan torsi pada rentang kecepatan yang luas. Secara performa BLDC motor dapat menghasilkan torsi maksimal pada RPM yang rendah dan secara bertahap akan menurun seiring meningkatnya RPM motor [3,6].



Gambar.1 Struktur Motor BLDC [7]

Perancangan motor listrik pada penelitian ini dimulai dari menghitung massa sistem dan menentukan torsi minimal untuk

menggerakkan sepeda dengan menggunakan pendekatan *aerodynamic drag* dan *rolling resistance* [2,4] yang diperlihatkan pada Persamaan.2 dan Persamaan.3.

a. Massa sistem

$$M_{\text{sepeda}} = M_1 + M_2 + M_3 + M_4$$

[Persamaan.1]

dengan,

M_1 = massa motor

M_2 = massa panel

M_3 = massa baterai

M_4 = massa pengendara

b. Aerodynamic drag

$$F_a = \frac{1}{2} \rho A C_d (V_1 + V_2)^2$$

[Persamaan.2]

dengan,

F_a = aerodynamic drag [N]

ρ = air density [kg/m^3] = 1.202 kg/m^3

A = surface [m^2] = 1.2 : 3.2 m^2

C_d = coefficient drag = 1,1

v_1 = bike velocity [m/s]

v_2 = wind velocity [m/s]

c. Rolling resistance

$$F_r = \mu N = \mu (m \cdot g)$$

[Persamaan.3]

dengan,

F_r = rolling resistance [N]

f_r = coefficient of rolling resistance \approx 0.015 : 0.02 (hard surface) 0.2 : 0.3 (sand)

N = berat sepeda [N]

m = massa sepeda [kg]

g = acceleration due to gravity

d. Gaya Total

$$F_{\text{total}} = F_a + F_r$$

[Persamaan.4]

e. Torsi minimal untuk menggerakkan sepeda

$$\tau = F_{\text{Total}} \times R_{\text{roda}}$$

[Persamaan.5]

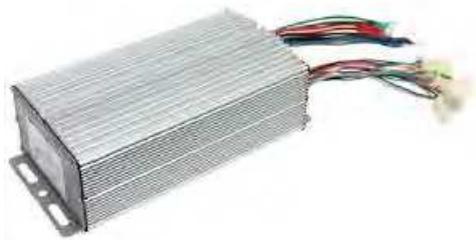
dengan,

τ = torsi minimal [Nm]

R_{roda} = jari-jari rodasepeda [m]

Controller motor BLDC

Controller pada motor DC brushless berperan sangat penting dapat dikatakan sebagai penunjang utama operasi motor DC brushless karena motor DC brushless membutuhkan suatu trigger pulsa yang masuk ke bagian elektromagnetik (stator) motor DC brushless untuk memberikan pengaturan besarnya arus yang mengalir sehingga putaran motor dapat diatur secara akurat [6].



Gambar.2 Controller Motor BLDC [2]

Hubungan antara putaran motor yang diatur oleh controller dan kecepatan sepeda [2] diperlihatkan pada Persamaan.7.

a. Kecepatan maksimum sepeda yang dapat tercapai

$$P_{\text{motor}} = \tau \times \omega$$

[Persamaan.6]

$$V_{\text{maks}} = \omega \times R_{\text{roda}}$$

[Persamaan.7]

dengan,

P_{motor} = daya motor [watt]

ω = kecepatan angular [rad/s]

V_{maks} = kecepatan translasi maksimum [m/s]

b. Jarak tempuh

$$s = V \times t$$

[Persamaan.8]

dengan,

s = jarak tempuh sepeda [m]

V = kecepatan sepeda [m/s]

t = waktu tempuh sepeda [sec]

Sel surya

Panel sel surya merupakan modul yang terdiri beberapa sel surya yang digabung dalam hubungan seri dan paralel

tergantung ukuran dan kapasitas yang diperlukan. Modul sel surya itu menghasilkan energi listrik yang proporsional dengan luas permukaan panel yang terkena sinar matahari [8]. Pada rancang bangun ini digunakan sel surya jenis Polycrystalline sebagai sumber pengisi baterai.



Gambar.3 Panel Surya [5]

Panel surya yang digunakan pada penelitian ini memiliki kapasitas 40 Wp. Lama waktu pengisian baterai oleh panel surya [5] diperlihatkan pada Persamaan.9.

$$t_{\text{panel}} = \frac{P_{\text{baterai}}}{P_{\text{panel}}}$$

[Persamaan.9]

Controller surya

Solar charge controller fungsinya adalah mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari overcharging dan overvoltage; mengatur arus yang dibebaskan/diambil dari baterai agar baterai tidak full discharge; dan overloading, monitoring temperatur baterai [8]. Solar charge controller menerapkan teknologi Pulse Width Modulation (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban. Gambar fisik controller surya ditunjukkan seperti pada Gambar.4.



Gambar.4 Controller Surya [1]

Baterai

Baterai menyimpan energi listrik yang diterimanya dari panel surya dan menyalurkannya ke beban. Baterai juga berfungsi menyediakan daya kepada beban ketika tidak ada cahaya matahari dan harus pula meratakan perubahan-perubahan yang terjadi pada beban [3].



Gambar.5 Baterai [6]

Penentuan daya baterai merupakan perkalian tegangan dan arus [5] yang dihasilkannya diperlihatkan pada Persamaan.10.

$$P_{\text{baterai}} = V \cdot I$$

[Persamaan.10]

METODE PENELITIAN

Penentuan spesifikasi komponen

Pelaksanaan ini ditujukan untuk menentukan spesifikasi motor listrik, panel surya, controller motor, controller surya, dan baterai yang akan digunakan, sehingga sesuai dengan kinerja yang diharapkan dan didapatkannya hasil akhir yang maksimal.

Perakitan komponen

Perakitan komponen ini meliputi;

- Perakitan motor listrik.
- Perakitan panel surya.
- Perakitan controller dan baterai.

Komponen-komponen yang telah di buat, di rangkai menjadi satu kesatuan sepeda listrik tenaga surya.

Pengujian lama waktu pengisian baterai oleh panel surya

Setelah sepeda listrik tenaga surya telah selesai di rangkai, dilakukan pengujian baterai untuk mengambil data berupa arus

dan tegangan terhadap waktu. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui lama waktu pengisian baterai.

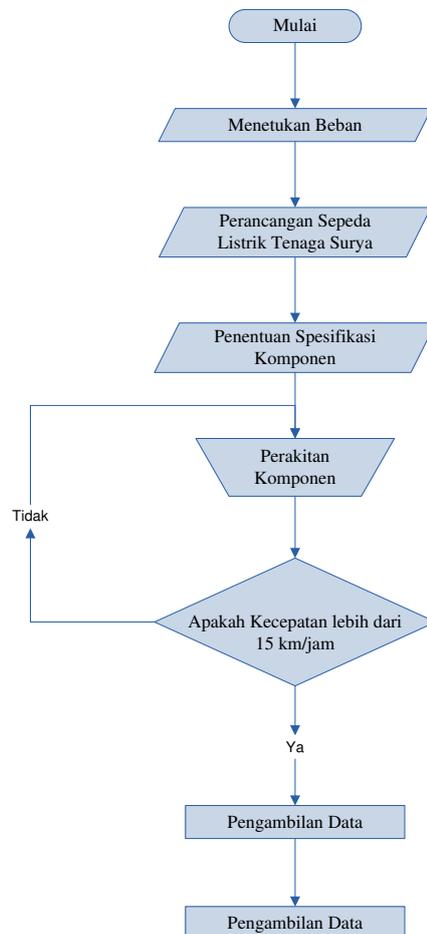
Pengujian kecepatan tempuh

Tujuan pengujian ini adalah mengetahui kecepatan maksimum yang dapat dicapai oleh sepeda dengan asumsi massa beban (orang) sebesar 70 kg. Objek yang diteliti adalah waktu tempuh dan jarak tempuh.

Pengujian di berbagai kondisi jalan yang berbeda

Setelah didapatkan data dari pengujian kecepatan tempuh, objek yang diuji berikutnya adalah performa sepeda listrik dalam kondisi jalan elevasi, jalan menurun dan jalan mendatar. Data yang diambil berupa arus, tegangan, dan daya motor.

Diagram alir penelitian



Gambar.6 Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan perancangan motor listrik

a. Massa sistem

$$M_{\text{sepeda}} = 94 \text{ kg}$$

b. Aerodynamic drag

$$F_a = 10,406 \text{ N}$$

c. Rolling resistance

$$F_r = 18,443 \text{ N}$$

d. Gaya Total

$$F_{\text{total}} = 28,849 \text{ N}$$

e. Torsi minimal untuk menggerakkan sepeda

$$\tau = 9,52 \text{ Nm}$$

Perhitungan perancangan panel surya

Lama waktu pengisian baterai menggunakan panel surya (kondisi baterai habis total):

$$t_{\text{panel}} = 2 \text{ jam } 25 \text{ menit}$$

Penentuan daya baterai

$$P_{\text{baterai}} = 468 \text{ Wh}$$

Kecepatan maksimum, waktu tempuh, dan jarak tempuh

a. Kecepatan maksimum sepeda yang dapat tercapai

$$\omega = 26,26 \text{ rad/s}$$

$$V_{\text{maks}} = 8,666 \text{ m/s} = 31,197 \text{ km/jam}$$

b. Waktu tempuh

Diasumsikan bahwa waktu efektif adalah $5,556 \text{ m/s} = 20 \text{ km/jam}$

$$\text{Nilai } \omega = 16,836 \text{ rad/s}$$

Maka daya yang di pakai untuk menggerakkan sepeda dengan kecepatan $5,556 \text{ m/s}$:

$$P_{\text{motor}} = 160,278 \text{ Watt}$$

Sepeda bergerak dengan kecepatan $5,556 \text{ m/s}$, membutuhkan daya $160,278 \text{ watt}$.

Maka waktu tempuh sepeda:

$$t = 2021,478 \text{ detik}$$

c. Jarak tempuh

Dan Jarak tempuh sepeda (dengan rata-rata kecepatan $5,556 \text{ m/s}$):

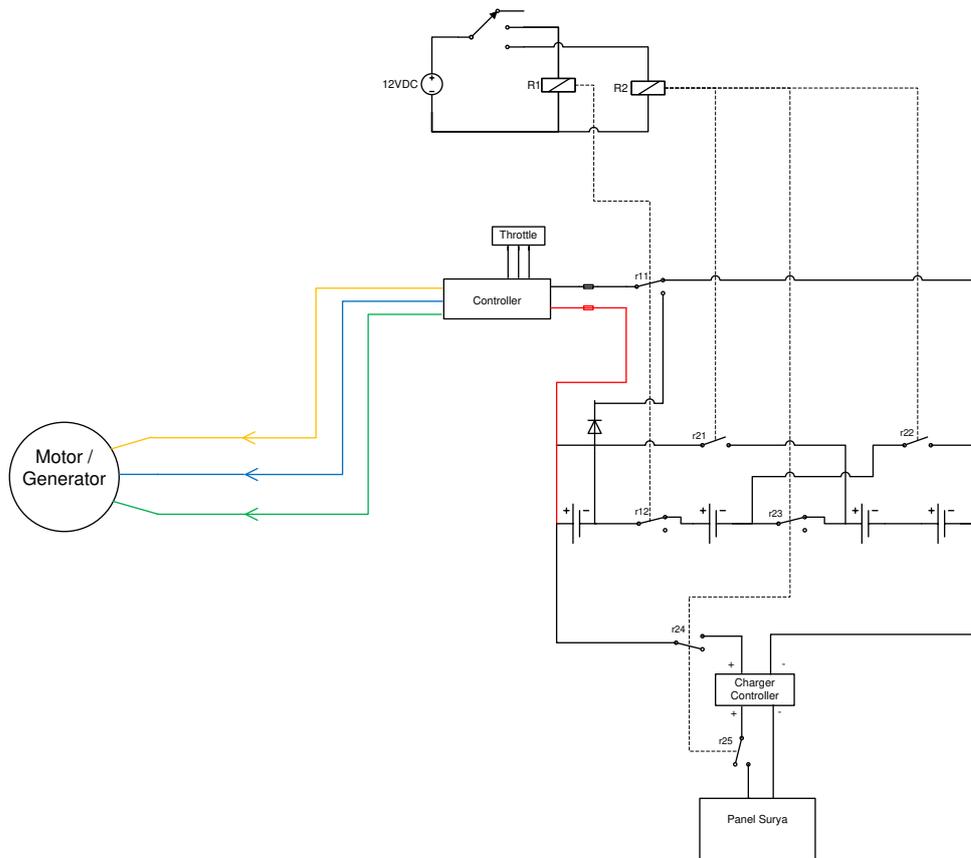
$$s = 11231,335 \text{ m} = 11,231 \text{ km}$$

d. Konsumsi Energi

$$\text{Energy cons.} = \frac{11,231 \text{ km}}{0,09 \text{ kWh}} = 125 \text{ km/kWh}$$

Rangkaian sistem dan model rancang bangun

a. Rangkaian sistem



Gambar.7 Blok Diagram Sistem Penggerak

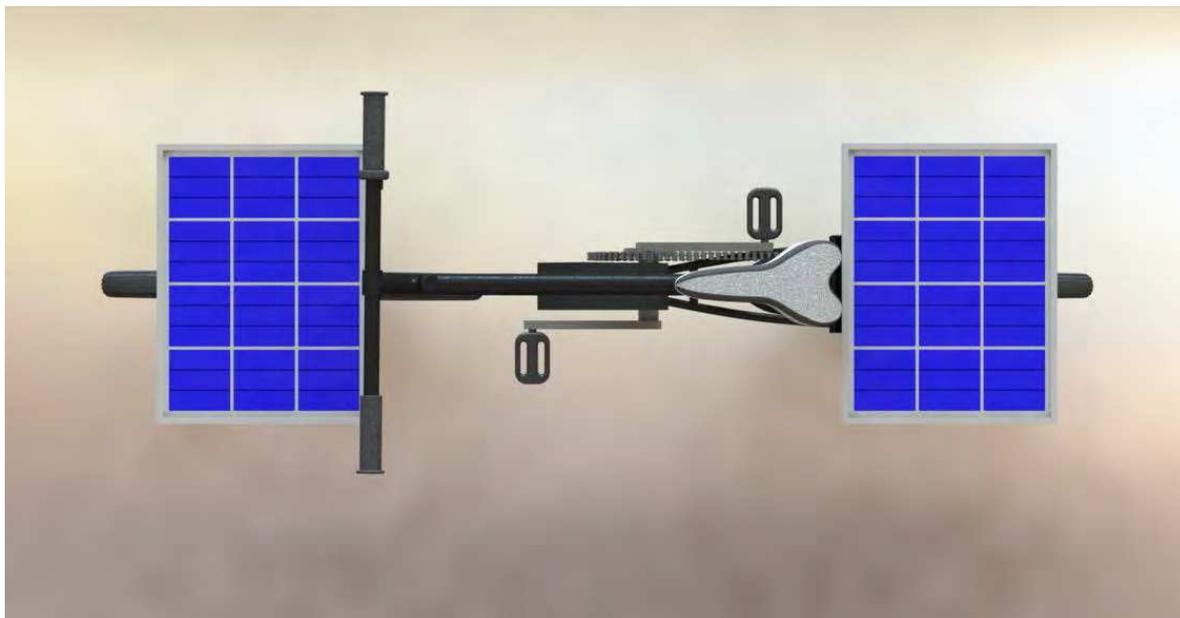
Pada Gambar.7 diperlihatkan blok diagram dari sistem penggerak motor secara keseluruhan. Blok diagram terdiri dari sebuah motor, *controller*, tiga buah baterai, *rectifier*, dan *throttle*. Tiga buah baterai disusun secara seri guna mendapatkan tegangan sebesar 48V. Sistem *rectifier* berfungsi untuk mengubah arus AC dari mode generator menjadi arus DC untuk mengisi daya

baterai. *Throttle* digunakan untuk mengatur tegangan yang masuk ke *controller* sehingga dapat mengatur kecepatan motor.

b. Model rancang bangun
Model rancang bangun sepeda listrik menggunakan panel surya ditunjukkan seperti pada Gambar.8-10.



Gambar.8 Model Rancang Bangun Sepeda Surya



Gambar.9 Model Rancang Bangun Sepeda Surya Tampak Atas



Gambar.10 Model Rancang Bangun Sepeda Surya Tampak Samping

KESIMPULAN

Data yang dipaparkan ini adalah data rancangan. Berdasarkan hasil perancangan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Daya motor listrik yang digunakan dalam penelitian adalah 250 Watt dengan tegangan sumber sebesar 36 Volt DC.
2. Daya puncak panel surya yang digunakan dalam penelitian adalah 40 Watt-peak dengan tegangan keluaran sebesar 17,2 Volt DC dan arus keluaran sebesar 2 Ampere.
3. Daya baterai yang digunakan sebagai sumber tegangan DC dalam penelitian adalah 324 Watt-hour, daya motor listrik adalah 118,138 Watt. Jika sepeda bergerak dengan kecepatan 5,556 m/detik, maka jarak tempuh yang dapat ditempuh adalah 54,855 km.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] As Sadad Tsaqif Rif'an, Iswanto, *Solar Cell Technology Role in Increasing The Competitiveness of Small and Medium Enterprises*, Jurnal Ilmiah Semesta Teknika, Yogyakarta, 2011.
- [2] Bitar Zeina, Sandouk Abbas, Al Jabi Samih, *Testing the Performances of DC Series Motor Used in Electric Car*, Faculty of Mechanical & Electrical Engineering, Damascus University, Syria, 2015.
- [3] Djoko Achyanto Ir. M. Sc. EE, "Mesin-Mesin Listrik Edisi Keempat", Erlangga, 1992.
- [4] Juhala M, *Improving Vehicle Rolling Resistance and Aerodynamics*, Aalto University, Woodhead Publishing Limited, Finland, 2014.
- [5] Nufus Tatun Hayatun, "Energi Terbarukan", PNJ Press, 2014.
- [6] Purwadi Agus, Dozeno Jimmy, Heryana Nana, *Testing Performance of 10 kW BLDC Motor and LiFePO4 Battery on ITB-1 Electric*

- Car Prototype*, Electrical Power Engineering, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2013.
- [7] Roman Nadolski, Krzysztof Ludwinek, Jan Staszak, Marek Jaśkiewicz, *Utilization Of BLDC Motor In Electrical Vehicles*, Przegląd Elektrotechniczny (Electrical Review), ISSN 0033-2097, R. 88 NR 4a/2012.
- [8] Sunaryo, Setiono Joko, *Analisis Daya Listrik yang Dihasilkan Panel Surya Ukuran 216 cm x 121 cm berdasarkan Intensitas Cahaya*, Simposium Nasional Teknologi Terapan, Pekanbaru, 2014.
- [9] Vinod Kr Singh Patel, A.K.Pandey, *Modeling and Simulation of Brushless DC Motor Using PWM Control Technique*, International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA), Vol. 3, Issue 3, May-Jun 2013, pp.612-620.