
KONSUMSI DAYA BATERAI *ELECTRIC SCOOTER* BERBASIS *SOLAR CELL*

Moh. Alfian¹, Nurhadi^{2,*}

^{1,2} Program Studi Teknik Otomotif Elektronik, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang
Jl. Soekarno Hatta 9 Malang

*Email Korespondensi: nurhadi@polinema.ac.id

Submitted : 11 Juli 2022; *Revision* : 21 September 2022; *Accepted* : 3 Oktober 2022

ABSTRAK

Pengembangan kendaraan listrik saat ini masih tetap dilakukan sebagai langkah antisipasi menipisnya cadangan bahan bakar fosil dunia. Namun dalam pengembangannya masih terdapat kekurangan dalam segi performa yaitu menggunakan motor DC yang memiliki kelemahan pada torsi dan kecepatan yang rendah. Selain itu desain instrument pendukungnya masih kurang praktis. Oleh karena itu dalam penelitian ini dikembangkan skuter listrik berbasis *solar cell* menggunakan motor BLDC dengan keunggulan menghasilkan kecepatan dan torsi yang lebih baik. Selain itu dalam penelitian ini juga dibuat alat monitoring *real-time* yang praktis dan dipasang langsung pada skuter listrik. Dengan adanya pengembangan skuter listrik tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan dan waktu tempuh terhadap konsumsi daya skuter listrik. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen kuantitatif. Penelitian dilakukan dengan cara mengemudikan skuter listrik yang telah dirakit beserta sistem monitoringnya pada jalanan datar. Skuter listrik dikemudikan dengan rentang kecepatan 10, 15 & 20 km/h pada masing-masing waktu tempuh 10,20,30,40,50 & 60 menit. Saat pengemudian berlangsung, alat monitoring merekam data kecepatan, *set point* waktu serta konsumsi daya listrik. Setelah itu rekaman data disimpan dalam *memory* penyimpanan alat monitoring untuk diolah lebih lanjut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada pengaruh kecepatan dan waktu tempuh terhadap konsumsi daya baterai *electric scooter*. Berdasarkan hasil analisis grafik dan *two-way ANOVA* yang dilakukan, konsumsi daya baterai *electric scooter* berbasis *solar cell* tertinggi yaitu pada kecepatan 20 Km/h dengan waktu tempuh 60 menit dengan konsumsi daya sebesar 125.17 Watt, dan konsumsi daya baterai *electric scooter* berbasis *solar cell* terendah yaitu pada kecepatan 10 Km/h dengan waktu tempuh 10 menit dengan konsumsi daya sebesar 58.76 Watt.

Kata kunci : *Electric Scooter*, Kecepatan, Waktu Tempuh, Daya listrik

ABSTRACT

The development of electric vehicles is still being carried out in anticipation of the depletion world's fossil fuel reserves. However, in its development, there are still shortcomings in terms of performance, namely, using a DC motor with low torque and speed weaknesses. In addition, the design of the supporting instruments is still not practical. Therefore, this study developed a solar cell-based electric scooter using a BLDC motor to produce better speed and torque. In addition, in this study, a practical real-time monitoring tool was also made that is installed directly on an electric scooter. With the development of the electric scooter, this study aims to determine the effect of speed and travel time on the power consumption of electric scooters. The research method used is quantitative experimentation. The research was conducted by driving an assembled electric scooter and its monitoring system on flat roads. Electric scooters are driven with a speed range of 10.15 & 20 km/h at each travel time of 10.20,30,40.50 & 60 minutes. The monitoring device records speed data, time set points, and electrical power consumption when driving. After that, the data recording is stored in the memory storage of the monitoring tool for further processing. The results showed an influence of speed and travel time on the power consumption of electric scooter batteries. Based on the graph analysis and two-way ANOVA results, the highest solar cell-based electric scooter battery power consumption is at a speed of 20 Km/h with a travel time of 60 minutes with a power consumption of 125.17 Watts. The lowest solar cell-based electric

scooter battery power consumption is at a speed of 10 Km/h with a travel time of 10 minutes and power consumption of 58.76 Watts.

Keywords : *Electric Scooter, Speed, Time Travel, Electric Power.*

PENDAHULUAN

Pengembangan kendaraan listrik saat ini masih tetap dilakukan sebagai langkah antisipasi menipisnya cadangan bahan bakar fosil dunia. (Nurhadi, 2018) menyebut dalam pengembangan kendaraan listrik tersebut terdapat beberapa kelemahan yaitu pengembangan teknologinya tidak berkelanjutan, masing-masing berdiri sendiri baik desain maupun konstruksinya, membutuhkan banyak baterai, suplai sistem pengisian belum optimal serta kecepatan masih rendah.

Dari permasalahan tersebut, sebelumnya sudah ada beberapa penelitian yang dilakukan. (Nurhadi, 2018) mengembangkan sepeda motor berpenggerak motor listrik DC untuk menguji pengaruh kecepatan dan beban pengemudi terhadap konsumsi arus motor listrik DC. Hasilnya dengan beban pengemudi 37,3 kg dan kecepatan 20 Km/h, konsumsi arus motor listrik melonjak sangat tajam hingga 31.14 A. Tetapi penggunaan motor listrik DC tidak mampu menghasilkan torsi yang besar untuk menggerakkan roda sehingga menyerap arus yang lebih besar (Syamsi, 2017).

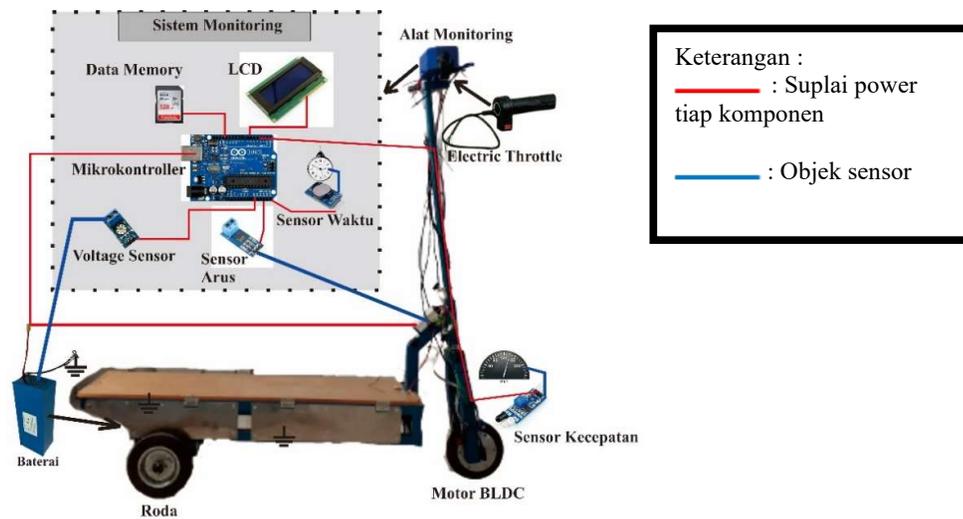
(Sugianto, 2021) telah merancang sistem monitoring kecepatan dan kapasitas tegangan baterai berbasis Android yang digunakan untuk menganalisa pengaruh kapasitas baterai yaitu pengurangan tegangan listrik terhadap jarak tempuh skuter listrik. Tetapi kendala penggunaan Android sebagai media monitoring yaitu membutuhkan koneksi *Bluetooth* serta perangkat *Handphone* sehingga tidak praktis dan kurang efektif penggunaannya jika dipasang langsung pada skuter listrik.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka pada penelitian ini akan dilakukan pengembangan skuter listrik *berbasis solar cell* menggunakan motor listrik *Brushless Direct Current* (BLDC) yang memiliki keunggulan karakteristik kecepatan dan torsi yang lebih baik dari Motor DC. Selain itu dalam penelitian ini membuat dan menggunakan alat monitoring *real-time* yang praktis, dapat memperkirakan durasi waktu tempuh serta dapat dipasang langsung pada skuter listrik. Selain itu penelitian ini juga menganalisa "Pengaruh Kecepatan dan Waktu Tempuh terhadap Konsumsi Daya Baterai *Electric Scooter* Berbasis *Solar Cell*".

METODE

Penelitian ini menerapkan metode penelitian eksperimen yang mana dalam pelaksanaannya merancang dan membuat *electric scooter* berbasis *solar cell* dan selanjutnya dilakukan uji jalan dengan berbagai variasi kecepatan dan waktu tempuh guna mengetahui konsumsi daya pada baterainya. Dalam penelitian ini juga digunakan alat monitoring berbasis *data logger* hasil rancangan peneliti untuk mempermudah pengambilan data secara *real time*. Data yang direkam oleh alat monitoring berupa data kecepatan, waktu tempuh serta daya pada baterai saat uji jalan. Selanjutnya data yang diperoleh kemudian diolah dan dianalisis melalui tampilan grafik dan tabel serta data juga diolah secara statistik menggunakan teknik analisa *Two-way ANOVA* untuk membuktikan ada tidaknya pengaruh kecepatan dan waktu tempuh terhadap konsumsi daya baterai *electric scooter*. Pada penelitian ini juga digunakan variabel bebas yaitu kecepatan dengan rentang 10 Km/h, 15 Km/h & 20 Km/h serta waktu tempuh dengan rentang 10, 20, 30, 40,

50, 60 menit. Sedangkan variabel terikatnya adalah konsumsi daya baterai *electric scooter* dengan satuan Watt.



Gambar 1. Experimental Set-Up

Gambar 1 menunjukkan *Experimental Set-Up* yang diawali baterai mensuplai daya listrik terlebih dahulu menuju mikrokontroler untuk mengaktifkan sensor-sensor & actuator. Selanjutnya mengatur waktu tempuh kendaraan melalui *RTC* dengan pemrograman melalui mikrokontroler. Kemudian mengendarai skuter dengan membuka *electric throttle* sehingga motor BLDC dapat berputar dan tenaga putar diteruskan ke roda melalui poros. Besarnya kecepatan diperoleh dari pengukuran sensor kecepatan yaitu sensor IR saat roda berputar dengan satuan km/h. Selanjutnya besaran konsumsi daya listrik didapatkan dari perkalian hasil ukur sensor arus listrik yang terhubung ke motor BLDC dan sensor tegangan yang terhubung ke baterai. Selanjutnya hasil perekaman data tersimpan pada *data memory*.

Pembuatan Jadwal

Jadwal penelitian dibuat dalam kurun waktu 6 bulan yang dilaksanakan dengan beberapa tahap yaitu: Identifikasi & perumusan masalah, studi literatur, pembuatan desain *electric scooter* dan alat monitoring, persiapan alat dan bahan, pembuatan *electric scooter* berbasis *solar cell* dan alat monitoring, serta pengujian konsumsi daya pada rentang kecepatan dan waktu tempuh yang sudah diatur.

Pembuatan desain dan penentuan material

Setelah jadwal diatur, tahap selanjutnya adalah pembuatan desain *frame electric scooter* menggunakan *software* CATIA V5 dan desain sirkuit kelistrikan alat monitoring menggunakan *software* Fritzing. Material *frame electric scooter* yang dipilih adalah besi *hollow* 4x4 dengan tebal 2 mm, sedangkan untuk material alat monitoring adalah PLA dengan tebal 1.5 mm untuk *case*, sensor-sensor (IR sensor, *voltage sensor*, ACS 712, RTC DS3231), mikrokontroler Arduino UNO R3, dan aktuator (LCD dan MMC *Data Logger*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

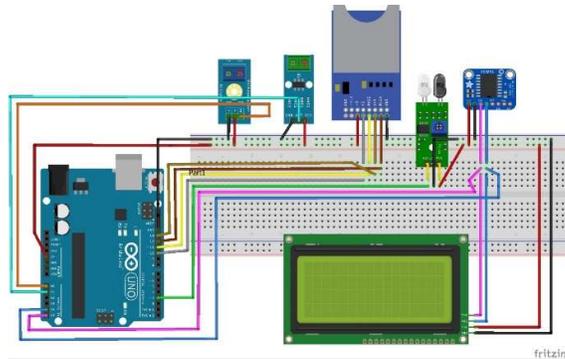
Pembuatan Alat

1. *Electric Scooter* berbasis *Solar Cell*

Electric Scooter terdiri dari rangka , sistem penggerak *electric scooter* dan sistem pengisian. Rangka *electric scooter* memiliki dimensi panjang 1060 mm, lebar 380mm dan tinggi 1500 mm serta *ground clearance* 70mm. Sistem penggerak *electric scooter* menggunakan komponen-komponen kelistrikan dan mekanik diantaranya baterai lithium ion 29.4V 12 AH 7S, driver motor BLDC 24-36V 250W, roda BLDC 24V 250W, *throttle potentiometer* serta pengkabelan sistem elektrik. Sistem pengisiannya sendiri menggunakan metode *hybrid* yaitu *charge on-plug* listrik jala pembangkit serta menggunakan *solar cell* 80WP untuk pengisian saat *on-road*.



Gambar 2. Desain Tiga Dimensi Electric Scooter Berbasis Solar Cell



Gambar 3. Rancangan Sirkuit Kelistrikan Alat Monitoring



Gambar 4 *Electric Scooter* Berbasis Solar Cell

2. Alat Monitoring



Gambar 5. Alat monitoring

Alat monitoring terdiri dari modul sensor tegangan yang berfungsi untuk mendeteksi tegangan baterai secara *real time*, sensor ACS712 30A untuk mendeteksi besaran arus yang mengalir secara *real time* ke *driver* BLDC, DS3231 sebagai penghitung waktu tempuh *electric scooter*, mikrokontroler Arduino UNO R3 sebagai pemroses data-data sensor, lalu aktuator MMC Shield sebagai *datalogger* dan LCD 20x4 I2C sebagai penampil data monitoring.

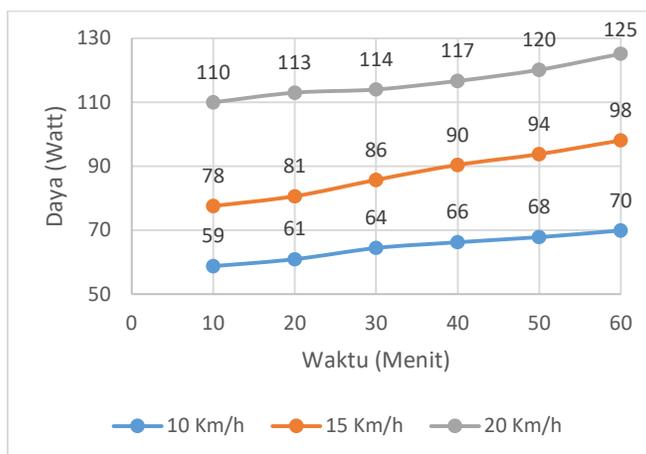
Data Penelitian

Data penelitian didapatkan dari uji jalan *electric scooter* berbasis *solar cell* pada jalanan datar dengan variabel bebas kecepatan 10, 15, 20 Km/h dan waktu tempuh 10, 20, 30, 40, 50, 60 menit serta variabel terikat konsumsi daya baterai yang disajikan pada tabel 4.2. berikut.

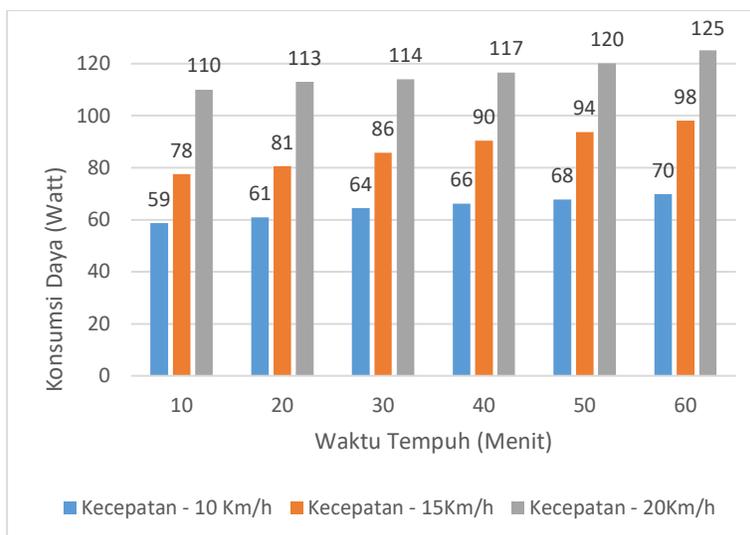
Tabel 1. Hasil Pengambilan Data

No.	Kecepatan (Km/h)	Waktu (menit)	Konsumsi Daya Baterai (watt)
1.	10 Km/h	10	58.76
		20	60.93
		30	64.47
		40	66.23
		50	67.85
		60	69.87
2.	15 Km/h	10	77.58
		20	80.61
		30	85.78
		40	90.43
		50	93.76
		60	98.12
3.	20 Km/h	10	110.01
		20	113.04
		30	114.03
		40	116.69
		50	120.14
		60	125.17

Analisis Data



Gambar 6. Grafik Pengaruh Kecepatan & Waktu Tempuh terhadap Konsumsi Daya Baterai *Electric Scooter*



Gambar 7. Diagram Batang Pengaruh Kecepatan & Waktu Tempuh terhadap Konsumsi Daya Baterai *Electric Scooter*

Berdasarkan grafik dan diagram batang dapat dilihat bahwa pada kecepatan 10 – 20 Km/h dengan waktu tempuh 10 – 60 menit, konsumsi daya cenderung meningkat dengan arah yang relatif linear. Hal ini menunjukkan semakin tinggi kecepatan dan semakin lama waktu tempuh, maka konsumsi daya baterai *electric scooter* juga mengalami peningkatan, sehingga ada pengaruh antara variabel bebas kecepatan dan waktu tempuh terhadap variabel terikat konsumsi daya baterai *electric scooter* berbasis *solar cell*.

Untuk menentukan kebenaran kesimpulan sebelumnya bahwa terdapat pengaruh antara variabel bebas kecepatan dan waktu tempuh terhadap variabel terikat konsumsi daya baterai *electric scooter* berbasis *solar cell*, maka perlu dilakukan analisa data menggunakan metode statistik *two-way ANOVA*. Selanjutnya dilakukan uji validitas dengan syarat F hitung $>$ F tabel dan uji signifikansi dengan taraf $\alpha = 0.05$ terpenuhi, dimana syarat

hipotesis H_0 ditolak apabila $F_{hitung} > F_{tabel}$ dan taraf signifikansi nilai $\alpha > 0.05$. Berikut adalah tahapan *two-way ANOVA* dengan uji validitas dan uji signifikansi yang akan dibahas pada poin-poin berikut.

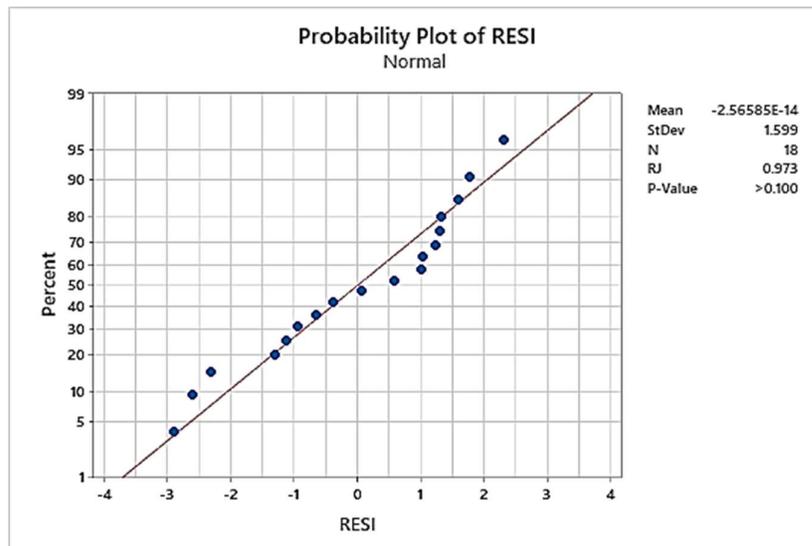
a. Menentukan Hipotesis

H_0 : Kecepatan dan waktu tempuh tidak berpengaruh terhadap konsumsi daya baterai *electric scooter* berbasis *solar cell*

H_1 : Kecepatan dan waktu tempuh berpengaruh terhadap konsumsi daya baterai *electric scooter* berbasis *solar cell*

b. Uji Normalitas

Pada uji normalitas data konsumsi daya yang dilakukan, terdapat hipotesis residu distribusi data dimana H_0 menyatakan data penelitian terdistribusi dengan normal atau $P\text{-value} \geq 0.1$ dan H_1 menyatakan data penelitian terdistribusi tidak normal atau $P\text{-value} \leq 0.1$.



Gambar 8. Grafik Uji Normalitas Data Konsumsi Daya

Berdasarkan hasil uji normalitas data konsumsi daya diatas menghasilkan $P\text{-value} \geq 0.1$ dan memenuhi H_0 yang artinya data pengaruh kecepatan dan waktu tempuh terhadap konsumsi daya baterai *electric scooter* berbasis *solar cell* terdistribusi dengan normal.

c. *Two-Way ANOVA*

Pada *two-way ANOVA* ini, kecepatan dan waktu tempuh berperan sebagai variabel bebas atau sebagai 'factors' pada *two-way ANOVA Ms.Excel*. Sedangkan konsumsi daya berperan sebagai variabel terikat atau sebagai 'responses' pada *two-way ANOVA Ms.Excel*.

Tabel 2. *Two-Way ANOVA* Kecepatan & Waktu Tempuh vs Konsumsi Daya

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F hitung	P-value	F tabel
Kecepatan	23265.97	2	11632.99	1181.184	0.000	3.259446
Waktu	3101.751	5	620.3502	62.98877	0.000	2.477169
Kecepatan*Waktu	326.3236	10	32.63236	3.313406	0.004	2.106054
Within	354.549	36	9.848584			
Total	27048.59	53				

Pembahasan

Berdasarkan hasil *Two-Way ANOVA* yang dapat dilihat pada tabel 2 diatas, ANOVA konsumsi daya dengan faktor kecepatan diperoleh P-value 0.000 yang artinya P-value \leq 0.005 serta F hitung sebesar 1181.184 dan F tabel sebesar 3.259446 yang artinya F hitung $>$ F tabel, sehingga H0 ditolak dan H1 diterima atau variabel kecepatan berpengaruh terhadap konsumsi daya baterai electric scooter berbasis solar cell. Kecepatan berpengaruh terhadap konsumsi daya baterai *electric scooter* berbasis *solar cell* dikarenakan kecepatan *electric scooter* didapatkan dari perubahan besar kecilnya tahanan *throttle potentiometer* sehingga mempengaruhi arus listrik yang mengalir dan konsumsi daya baterai, dimana semakin tinggi kecepatan, maka tahanan *throttle potentiometer* semakin kecil yang menyebabkan arus mengalir lebih besar dan konsumsi daya baterai juga meningkat. Selanjutnya, ANOVA konsumsi daya dengan faktor waktu tempuh diperoleh P-value 0.000 yang artinya P-value \leq 0.005 serta F hitung sebesar 62.98877 dan F tabel sebesar 2.477169 yang artinya F hitung $>$ F tabel, sehingga H0 ditolak dan H1 diterima atau variabel waktu tempuh berpengaruh terhadap konsumsi daya baterai electric scooter berbasis solar cell. Waktu berpengaruh terhadap konsumsi daya baterai *electric scooter* berbasis *solar cell* dikarenakan saat *electric scooter* digunakan pada waktu yang relatif lebih lama, maka energi atau konsumsi daya baterai juga ikut terserap setiap waktunya. Kemudian, ANOVA konsumsi daya dengan faktor kecepatan dan waktu tempuh diperoleh P-value 0.004 yang artinya P-value \leq 0.005 serta F hitung sebesar 3.313406 dan F tabel sebesar 2.106054 yang artinya F hitung $>$ F tabel, sehingga H0 ditolak dan H1 diterima, artinya pada penelitian ini variabel bebas kecepatan dan waktu tempuh berpengaruh terhadap variabel terikat konsumsi daya baterai electric scooter berbasis solar cell. Kecepatan dan waktu tempuh berpengaruh terhadap konsumsi daya baterai *electric scooter* berbasis *solar cell* disebabkan berdasarkan hasil penelitian ini saat laju kecepatan meningkat dan semakin lama waktu tempuh *electric scooter* maka konsumsi daya baterai juga meningkat karena dibutuhkan untuk mencapai tingkat kecepatan yang diinginkan dan untuk tetap menghidupi sistem *electric scooter*. Hal ini didukung dengan teori yaitu semakin besar dan lama energy yang diserap oleh suatu beban kelistrikan, maka daya listrik (P) yang dibutuhkan juga semakin besar (Nurhadi, 2018).

DAMPAK DAN MANFAAT

Dampak adanya penelitian *electric scooter* berbasis *solar cell* ini dapat mengetahui tingkat optimum konsumsi daya baterai pada berbagai kecepatan dan waktu tempuh sehingga bisa diketahui efektifitas performanya. Selain itu *electric scooter* berbasis *solar cell* ini dapat dimanfaatkan sebagai kendaraan untuk mobilitas di perkantoran atau tempat wisata karena kendaraan ini memanfaatkan sistem pengisian *hybrid* yaitu saat *on-road* menggunakan *solar cell* sebagai sistem pengisian sehingga dapat meminimalisir biaya penggunaan untuk pengisian baterai *electric scooter*. Selain itu alat monitoring yang dirancang dalam penelitian ini kedepannya dapat dimanfaatkan sebagai instrumen uji performa kendaraan listrik

KESIMPULAN

Kecepatan dan waktu tempuh berpengaruh terhadap konsumsi daya baterai *electric scooter*. Pada saat kecepatan tinggi yaitu 20 Km/h dan waktu tempuh 60 menit, konsumsi daya baterainya tinggi yaitu 125.17 Watt, sebaliknya saat kecepatan rendah yaitu 10 Km/h dan waktu tempuh 10 menit, konsumsi daya baterainya rendah yaitu 58.76 Watt. Diharapkan dalam penggunaannya nanti, *electric scooter* bisa dikemudikan pada rentang kecepatan rendah sampai sedang yaitu 10 – 15 Km/h sehingga dapat memperpanjang waktu tempuh dan menghemat konsumsi daya baterainya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Politeknik Negeri Malang telah memberi kesempatan dalam pelaksanaan penelitian ini sehingga dapat memberi pengalaman tambahan bagi penulis.

REFERENSI

- Arinando, L., & Rohman, F. (2020). 'Desain dan Analisis Pengaruh Variasi Nilai Beban Dan Kecepatan Laju Kendaraan Terhadap Suhu Kontroler Motor BLDC Pada Purwarupa Kendaraan Listrik'. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 9(2).
- Hardiyanto, R. (2019). 'Monitoring dan Identifikasi Kerusakan Secara Realtime pada Motor BLDC dan Baterai Untuk Aplikasi Kendaraan Skuter Listrik'. *Skripsi*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Hibban, H., Dwiono, W., Harpawi, N (2014). 'Sistem Pengukur Kecepatan dan Monitoring Kecepatan Gerak Kendaraan Bermotor'. *Jurnal Aksara Elementer* 3(1) .
- Khotimah, N. D., Subiyantoro, S., & Rifa'i, M. (2021). 'Desain Sistem Kontrol Kecepatan Motor menggunakan Kendali PID pada Solar E-Bike'. *Jurnal Elektronika Otomasi Industri*, 8(2), 11-21.
- Kiswanto, F. (2020). 'Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan pada Panel Surya Menggunakan Mikrokontroler Arduino Berbasis Web'. *Skripsi*, Universitas Muhammadiyah Gresik.
- Nainggolan, B., et al. (2016). 'Rancang Bangun Sepeda Listrik Menggunakan Panel Surya Sebagai Pengisi Baterai.' *Jurnal Poli-Teknologi* 15(3), 12-23.
- Nugraha, X., et al. (2021). 'Analisis Skuter Listrik Sebagai Kendaraan di Indonesia: Sebuah Tinjauan Hukum Normatif.' *Simbur Cahaya*. 27(2). 118-141.
- Nurhadi, N. (2018). 'Pengembangan Sepeda Motor Listrik Sebagai Sarana Transportasi Ramah Lingkungan.' *Prosiding SENIATI*. 249-255.
- Nurhadi. (2018). *Teknik Listrik Otomotif*. Malang: Politeknik Negeri Malang.
- Ratnasari, T., & Senen, A. (2017). 'Perancangan Prototipe Alat Ukur Arus Listrik AC dan DC Berbasis Mikrokontroler Arduino Dengan Sensor Arus ACS-712 30 Ampere'. *Jurnal Ilmiah Sutet*, 8(1), 28-33.
- Sugianto, M. F. (2021). 'Monitoring Kapasitas Baterai dan Kecepatan Laju Skuter Listrik Berbasis Android'. *ALINIER: Journal of Artificial Intelligence & Applications*, 2(1), 1-13.
- Wahid, M. B., & Adiwidodo, S. (2021). 'Analisa Pengaruh Berat Dan Kecepatan Terhadap Konsumsi Daya BLDC 350 W'. *Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Manufaktur*.
- Winata, P. P. T., Wijaya, I. W. A., & Suartika, I. M. (2016). 'Rancang Bangun Sistem Monitoring Output Dan Pencatatan Data Pada Panel Surya Berbasis Mikrokontroler Arduino'. *E-Journal Spektrum*, 3(1), 19-24.
- Udianto, P. (2012). *Fisika Teknik*. Malang: Politeknik Negeri Malang.