



Article

Analysis of the Use of Generators and Rectifier Regulators as Additional Charging Systems for BLDC-Based Electric Bicycles

Nurul Dwi Pratiwi¹, Rahmadis Muhammad², Aris Fiatno³

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai^(1,2,3)

E-mail: Nuruldwipratiwi11@gmail.com

ARTICLE INFORMATION

Volume 3 Issue 2

Received: 08 Oktober 2023

Accepted: 20 Oktober 2023

Publish Online: 26 September 2023

Online: at <https://JESTM.org/>

ABSTRACT

The development of technology and mobility has encouraged humans to innovate and create environmentally friendly means of transportation and can reduce dependence on fuel oil which will eventually run out. Currently, transportation equipment using electrical energy is starting to appear as an alternative energy source, including electric bicycles. In this research, electric bicycles were produced equipped with generators and rectifiers to produce additional electrical energy. The generators utilizes the rotation of the front wheels to produce electrical energy which is then channeled through the rectifier and stored in the battery. This research aims to determine the benefits of using generators and rectifiers as additional charging systems for BLDC-based electric bicycles by conducting direct road test of electric bicycles. The result show that the use of a generator and rectifier can increase the distance traveled by up to 2 km. An electric bicycle with a capacity of 24V x 14 Ah can over a distance of 13 km without a generator and 15 km with a generator.

Keywords

Electric Bicycle

Generator

Rectifier

1. BACKGROUND

1.1 Introduction

Kebutuhan alat transportasi terus meningkat tiap tahunnya dan semakin tinggi kebutuhan transportasi, maka kebutuhan manusia akan energi juga semakin meningkat (Asti, M., Supriyadi, I., & Yusgiantoro, 2020). *Outlook* energi Indonesia tahun 2019, menjelaskan bahwa konsumsi energi tertinggi berasal dari sektor transportasi yakni sebesar 40%. Kemudian diikuti oleh sektor industri 36%, rumah tangga 6% dan sektor lainnya 2% (Permatasari, C. S., Supriyadi, I., & Andreyani, 2021). Saat ini Energi fosil masih mendominasi pemenuhan kebutuhan energi untuk transportasi. (Asti, M., Supriyadi, I., & Yusgiantoro, 2020). Berdasarkan data yang diperoleh, penggunaan energi fosil pada tahun 2017 sebesar 56,9% dan tahun 2018 meningkat menjadi 58% (Sari et al., 2020). Kendaraan darat menjadi penyumbang emisi terbesar sekitar 88% dari total emisi akibat bahan bakar fosil pada sektor transportasi (Hipi & Sodri, 2022). Bahan bakar fosil menghasilkan gas rumah kaca yang dapat menyebabkan pemanasan global dan menipisnya cadangan minyak bumi yang diketahui. Akibat dampak yang ditimbulkan tersebut, maka dibutuhkan energi lain sebagai energi alternatif untuk mengurangi krisis energi. Kendaraan bertenaga listrik dapat menjadi solusi alternatif dari ketergantungan bahan bakar fosil (Cakrawati Sudjoko, 2021).

Di era yang serba terbaru ini, kendaraan listrik dapat dijadikan sebagai kendaraan masa depan yang lebih baik dengan baterai sebagai sumber energi. Saat ini, pengembangan kendaraan listrik mulai dilakukan dan salah satunya pada sepeda listrik. Kecanggihan teknologi berdampak pada teknologi yang digunakan pada sepeda yang awalnya dikayuh secara manual, kini mulai bertransformasi menggunakan listrik. Isu pemanasan global dan penghematan penggunaan Bahan Bakar Minyak (BBM) merupakan isu pendorong berkembangnya teknologi motor listrik khususnya pada sepeda listrik. Motor DC konvensional sudah dikenal efisien dan bebas polusi, namun masih memiliki kekurangan yang perlu diperbaiki. Maka diperlukan pengembangan motor listrik baru untuk mendapatkan performa motor listrik yang lebih baik. Dari berbagai motor listrik yang ada, motor yang paling cocok untuk kendaraan listrik adalah BLDC, karena motor ini memiliki keandalan tinggi, kepadatan tenaga tinggi, dan persyaratan perawatan rendah (Afif Rizqi, Hadi Widyono, 2019).

Pada penelitian ini, sepeda listrik menggunakan motor BLDC dan dilengkapi dengan generator dan *regulator rectifier* sebagai sumber pengisian tambahan agar energi tidak hanya bersumber dari sumber daya listrik eksternal. Generator tersebut

dihubungkan dengan roda depan sepeda. Dengan mengandalkan putaran roda, maka terciptalah gerak elektromagnetik yang didalamnya terdapat rotor dan stator sehingga timbul gaya gerak listrik (Dewadi, 2021). Energi listrik yang dihasilkan generator akan dialirkan melalui *rectifier* dan disimpan di dalam baterai.

1.2 Research Purposes

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui manfaat generator dan *regulator rectifier* yang dipasang pada sepeda listrik berbasis *Brushless Direct Current* (BLDC).

2. LITERATURE RIVIEW

2.1 Motor listrik Brushless Direct Current (BLDC)

Motor listrik adalah komponen yang bersifat elektromagnetik dan berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik (Maula & T, I Bagus, 2020). Motor listrik berperan sebagai penggerak pada sepeda listrik dan terdiri dari kumparan tembaga yang dililit di sekitar magnet. Motor BLDC mempunyai banyak keuntungan dibandingkan dengan DC dan Motor induksi biasa (Jatmiko, 2018). BLDC motor tidak mengalami slip seperti motor biasa (Firmansyah, 2019). Motor ini dapat menghasilkan torsi yang lebih tinggi dengan arus yang lebih rendah membuatnya cocok diaplikasikan untuk kendaraan listrik. Motor BLDC bekerja dengan gaya tarik dua magnet dengan kutub yang sama (Wibowo & Riyadi, 2018). Jenis motor ini memiliki bagian rotor berupa magnet permanen dan bagian stator berupa lilitan untuk menghasilkan medan magnet (Sariman, 2022).

2.2 Generator

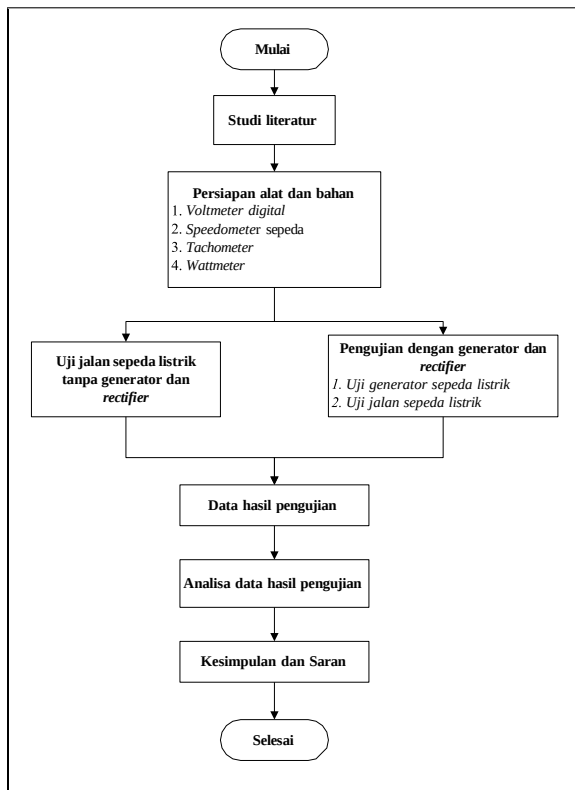
Energi hanya dapat diubah dari suatu bentuk ke bentuk energi yang lain. Seperti energi listrik yang merupakan hasil perubahan energi gerak menjadi energi listrik (Ismail, 2020). Generator merupakan suatu alat yang mengubah tenaga mekanik atau gerak menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator bisa berupa Listrik AC (listrik bolak-balik) maupun DC (listrik searah). Generator berhubungan erat dengan hukum Faraday, yang menyatakan bahwa apabila sepotong kawat penghantar listrik berada dalam medan magnet berubah-ubah, maka dalam kawat tersebut akan terbentuk Gaya Gerak Listrik (Irsan, 2020).

2.3 Rectifier

Rectifier berfungsi mengubah arus AC yang dikeluarkan generator, diubah menjadi arus DC. *regulator rectifier* bertugas untuk mengatur tegangan listrik agar tetap stabil pada tingkat yang diinginkan. Alat ini bekerja dengan mengukur tegangan masukan dan membandingkannya dengan nilai referensi. Jika tegangan masukan naik atau turun, *rectifier* akan mengatur perangkat elektronik yang sesuai untuk mempertahankan tegangan keluaran pada tingkat yang diinginkan (Aziz, 2021).

METHODOLOGY

Penelitian dilakukan dengan langkah-langkah yang tertera pada flowchart gambar 1



Gambar 1 Flowchart

Gambar 1 menunjukkan *flowchart* alur penelitian. Penelitian diawali dengan studi literatur untuk mengumpulkan informasi dan pengetahuan dari berbagai jurnal yang relevan dan berkaitan dengan penerapan generator dan *rectifier* pada sepeda listrik. Kemudian dilakukan persiapan alat yang dibutuhkan dalam penelitian, adapun alat yang dimaksud tersebut adalah:

1. *Voltmeter digital* merupakan alat yang digunakan untuk menghitung tegangan awal dan akhir pada sepeda listrik. Alat ini dipasang pada kemudi sepeda listrik, dan bekerja secara otomatis
2. *Speedometer* digunakan untuk mengukur kecepatan sepeda listrik, waktu dan jarak tempuh sepeda. Alat ini dipasang pada kemudi sepeda yang dihubungkan pada roda bagian depan.
3. *Tachometer* digunakan untuk mengukur RPM khususnya pada generator sepeda listrik
4. *Wattmeter* terdiri dari kumparan arus dan kumparan tegangan. *Wattmeter* ini digunakan untuk mengukur besar arus pada sepeda listrik.

Tahapan selanjutnya adalah melakukan pengujian sepeda listrik yang dimulai dengan uji sistem pengisian tambahan yang terpasang pada sepeda. Pengujian tersebut difokuskan pada generator sepeda listrik untuk mengetahui *Rotation Per Minute* (RPM) generator, serta besar tegangan dan arus yang masuk

saat generator berputar. Pengujian dilakukan tiap 30 detik sebanyak 12 kali. Selanjutnya, dilakukan uji jalan sepeda listrik tanpa generator dan *rectifier*. Pada uji jalan ini dilakukan dua bentuk pengujian. Pengujian pertama pada jalan datar sejauh 200 meter untuk memperoleh data meliputi kecepatan, tegangan dan arus yang dihasilkan. Kemudian uji jalan sepeda listrik ketika baterai dalam kondisi full sampai sepeda tidak mampu lagi untuk digerakkan. Tahapan selanjutnya, melakukan uji jalan sepeda listrik yang dilengkapi dengan sistem pengisian tambahan. Prosedur pengujian sama dengan uji sebelumnya. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, nantinya akan diperoleh perbandingan ketika sepeda listrik dilengkapi dengan generator dan ketika sepeda listrik tanpa generator. Hasil ini akan menentukan apakah generator dan *rectifier* tersebut berfungsi dengan baik dan berpengaruh terhadap kinerja sepeda listrik.

3. Results and Discussion

Pada sepeda listrik dengan generator dan *rectifier*, aliran pengisian (*Charging*) baterai terjadi melalui beberapa langkah utama. Berikut cara kerja umum aliran pengisian pada sepeda listrik dengan generator dan *rectifier* :

1. Generator pada sepeda listrik bertugas mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Ketika sepeda digunakan, gerakan roda akan menggerakkan generator, yang kemudian menghasilkan arus listrik.
2. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator dialirkan ke baterai melalui *rectifier*. Arus listrik yang dihasilkan oleh generator merupakan arus bolak-balik (AC). Namun baterai pada sepeda listrik membutuhkan pengisian dengan arus searah (DC). Oleh karena itu, *rectifier* digunakan untuk mengubah arus bolak-balik menjadi arus searah untuk dialirkan ke baterai.
3. Baterai akan menerima dan menyimpan energi listrik sebagai *supply* energi tambahan pada sepeda listrik.
4. Energi yang masuk dan tersimpan ke baterai, kemudian dialirkan ke motor untuk menggerakkan sepeda listrik.
5. Proses pengisian baterai melalui aliran pengisian ini, memungkinkan penggunaan kembali energi yang dihasilkan selama bersepeda dan membantu menjaga daya baterai agar tetap terisi.

3.1 Pengujian generator

3.2 Uji jalan

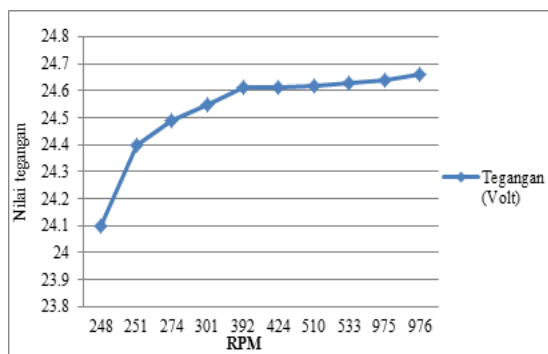
Tabel 1. Pengukuran generator

No	Pengujian ke-	Rpm (Generator)	Tegangan (Volt)	Arus (Amper e)
1	Tes 1	24.1	24.1	24.1
2	Tes 2	24.4	24.4	24.4
3	Tes 3	24.49	24.49	24.49
4	Tes 4	24.55	24.55	24.55
5	Tes 5	24.61	24.61	24.61
6	Tes 6	24.61	24.61	24.61
7	Tes 7	24.62	24.62	24.62

8	Tes 8	24.63	24.63	24.63
9	Tes 9	24.64	24.64	24.64
10	Tes 10	24.66	24.66	24.66
Rata-rata		488.4	24.531	24.531

Sumber: Pengujian langsung

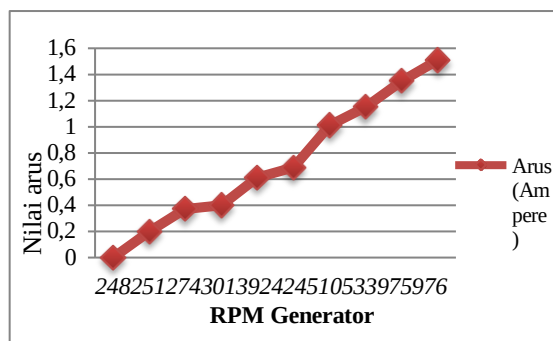
Simulasi percobaan yang telah dilakukan, tabel 1 menunjukkan bahwasannya peningkatan *output* tegangan dan arus, sejalan dengan peningkatan kecepatan putar generator. Grafik perubahan tegangan dan arus tersebut, dapat dilihat pada gambar 1 dan gambar 2.



Gambar 1 Grafik peningkatan tegangan terhadap RPM generator

(Sumber: Analisis hasil pengujian)

Grafik 1 menggambarkan hubungan kecepatan putar yang dihasilkan oleh generator dengan tegangan dan arus yang dihasilkan. Tegangan tertinggi terjadi pada kecepatan putar 976 RPM, generator menghasilkan tegangan terbesar sebesar 24,66 V. Sedangkan tegangan terendah berada pada nilai 24.1 V pada kecepatan putar 248 RPM.



Gambar 2 Grafik peningkatan arus terhadap RPM generator

(Sumber : Analisis hasil pengujian)

Berdasarkan grafik pada gambar 2, arus terbesar yang dihasilkan oleh generator tercatat sebesar 1,51 A saat kecepatan putar 976 RPM. Sedangkan arus terendah yaitu 0 A terjadi saat kecepatan putar generator sebesar 248 RPM. Generator mulai menghasilkan arus sebesar 0,2 A ketika kecepatan putar 251 RPM, dengan tegangan 24,4 V.

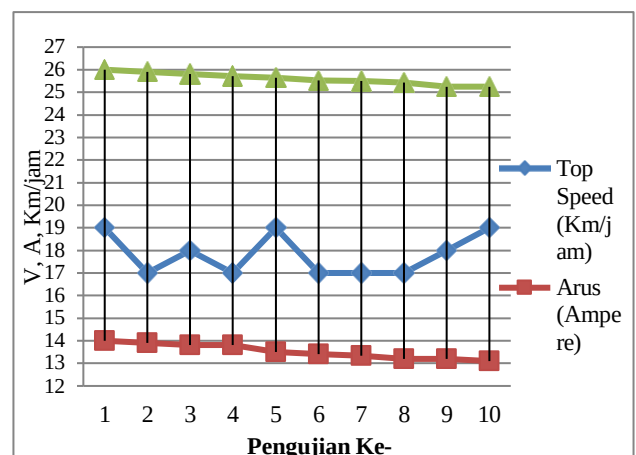
3.2 Uji jalan sepeda listrik tanpa generator dan *regulator rectifier*

Tabel 2 Pengujian sepeda listrik tanpa pengisian tambahan

No	Pengujian ke-	Top Speed (Km/jam)	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)
1.	Tes 1	19	14	26
2.	Tes 2	19	13.9	25.9
3.	Tes 3	18	13.8	25.8
4.	Tes 4	19.5	13.8	25.8
5.	Tes 5	19	13.8	25.8
6.	Tes 6	18	13.75	25.8
7.	Tes 7	20	13.7	25.7
8.	Tes 8	18	13.5	25.6
9.	Tes 9	19	13.4	25.6
10.	Tes 10	19	13.3	25.5
Rata-rata		18.85	13.699	25.75

Sumber: Pengujian langsung

Pada tabel 2 menunjukkan hasil pengujian sepeda listrik biasa tanpa pengisian tambahan. Uji coba dilakukan sebanyak 10 kali pada jarak 200 meter, dengan total jarak tempuh mencapai 2 Km dan kecepatan rata-rata 18,85 km/jam. Grafik perubahan kecepatan, tegangan dan arus ditampilkan pada gambar 3.



Gambar 3 Grafik uji jalan sepeda listrik tanpa generator dan *regulator rectifier*
(Sumber: Analisis hasil pengujian)

Dalam pengujian ini, rata-rata keluaran tegangan sebesar 25,75 V sedangkan rata-rata keluaran arus sebesar 13.69 A. Pengujian dilakukan ketika baterai terisi penuh dengan kapasitas 26 V dan 14 A (tercatat pada display). Setelah melakukan uji coba tersebut, kondisi baterai menurun menjadi 25,5 V dan 13,3 A. Hal ini menunjukkan bahwa baterai menghabiskan tegangan sebesar 0,5 V dan arus 0,7 A.

Tabel 3 Uji coba jarak dan waktu tempuh sepeda listrik tanpa generator

No.	Jarak tempuh (Km)	Waktu tempuh (Menit)
1.	13.1	48
2.	13.2	50

3.	13.2	45
4.	13.2	47
Rata-rata	13.17	47.5

Sumber: Pengujian langsung

Pada pengujian sepeda listrik tanpa sistem pengisian tambahan, dilakukan empat kali pengambilan data. Hasilnya menunjukkan bahwa jarak tempuh secara berurutan adalah 13.1 Km, 13,2 Km, 13.2 Km dan 13.2 Km, dengan jarak tempuh rata-rata sejauh 13,17 Km. Sedangkan waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan baterai sepeda listrik secara berurutan yaitu 48 menit, 50 menit, 45 menit, dan 47 menit dengan waktu rata-rata 47,5 menit.

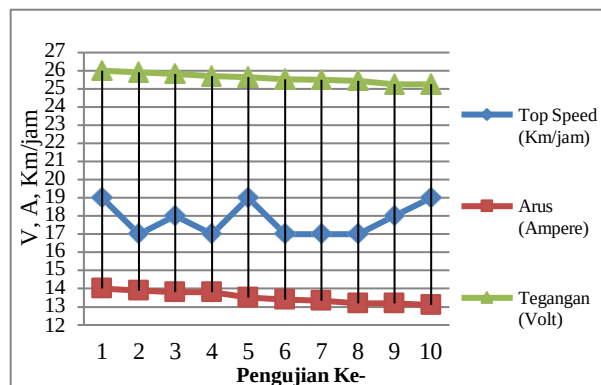
3.3 Uji jalan sepeda listrik dengan generator dan regulator rectifier

Tabel 4 Pengujian sepeda listrik dengan pengisian tambahan

No	Pengujian ke-	Top Speed (Km/jam)	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)
1	Tes 1	20	14	26
2	Tes 2	20	13.9	25.9
3	Tes 3	20	13.7	25.8
4	Tes 4	20	13.6	25.7
5	Tes 5	19	13.4	25.6
6	Tes 6	20	13.4	25.6
7	Tes 7	19	13.4	25.6
8	Tes 8	20	13.35	25.45
9	Tes 9	19	13.3	25.2
10	Tes 10	19	13.2	25.2
Rata-rata		19.65	13.699	25.75

Sumber: Pengujian langsung

Tabel 4 menunjukkan hasil uji alan sepeda listrik dengan generator dan regulator rectifier. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali pada jarak 200m. dan diperoleh hasil dengan kecepatan rata-rata 19,65 km/jam.



Gambar 4 Grafik pengujian sepeda listrik dengan pengisian tambahan
(Sumber: Analisis hasil pengujian)

Gambar 4 menunjukkan grafik perubahan kecepatan, tegangan dan arus selama pengujian berlangsung. Rata-rata keluaran tegangan sebesar 25,75 V. Sedangkan rata-rata keluaran arus sebesar 13,69 A. Setelah menjalani uji coba tersebut, kondisi baterai yang awalnya 26 V 14 A, mengalami penurunan menjadi 25,2 V dan 13,2 A. Hal ini berarti baterai menghabiskan tegangan sebesar 0,8 V dan arus 0,8 A.

Tabel 5 Uji coba jarak dan waktu tempuh sepeda listrik dengan generator

No.	Jarak tempuh (Km)	Waktu tempuh (Menit)
1.	15.1	55
2.	15.2	56
3.	15.1	56
4.	15.1	55
Rata-rata	15.12	55.5

Sumber: Pengujian langsung

Hasil pengujian jarak dan waktu tempuh sepeda listrik dengan sistem tambahan menunjukkan bahwa jarak tempuh secara berurutan adalah 15.1 Km, 15,2 Km, 15.1 Km dan 15.1 Km, dengan jarak tempuh rata-rata sejauh 15,12 Km. Sedangkan waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan baterai sepeda listrik secara berurutan yaitu 55 menit, 56 menit, 56 menit, dan 55 menit dengan waktu rata-rata 55,5 menit.

4 Analisis hail pengujian

Penggunaan generator sebagai sistem pengisian tambahan pada sepeda listrik terbukti dapat berfungsi dengan baik. Ketika sepeda bergerak dan generator berputar, generator tersebut dapat menghasilkan arus AC yang kemudian dikonversi menjadi DC oleh *rectifier*. Sepeda listrik dengan generator 500W, mampu menempuh jarak 2 Km lebih jauh dibanding tanpa generator. Saat dilakukan uji jalan, tegangan dan arus yang dikeluarkan oleh sepeda listrik dengan pengisian tambahan, lebih rendah dibanding sepeda listrik tanpa sistem pengisian, meski tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada jarak 200 m. Generator memiliki fungsi untuk mengubah energi kinetik menjadi energi listrik yang kemudian dialirkan ke baterai. Jumlah energi yang masuk ke baterai, tergantung pada putaran *handle* gas dan putaran generator. Semakin cepat putaran gas, maka semakin cepat roda depan sepeda berputar, dan semakin cepat pula putaran generator. Hal ini berdampak pada peningkatan tegangan dan arus yang dihasilkan.

Sepeda dengan kapasitas baterai 26 volt ini, mampu bergerak hingga kapasitas baterai menurun menjadi 20 volt. Tegangan dibawah 20 volt, tidak mampu menggerakkan sepeda. Untuk mencapai kondisi tersebut, dibutuhkan waktu rata-rata 47, 25 menit jika sepeda terus bergerak tanpa bantuan generator. Sedangkan dengan bantuan generator, dibutuhkan waktu rata-rata 55,5 menit. Waktu yang dibutuhkan ini lebih lama dibanding sepeda tanpa generator dan *rectifier*. Sepeda tanpa generator mampu melaju dengan kecepatan maksimal 20 Km/jam. Sedangkan dengan generator sepeda hanya mampu melaju dengan

kecepatan maksimal 19 Km/jam.

Kecepatan sepeda listrik dengan generator lebih lambat disebabkan karena beberapa faktor. Salah satu faktor utamanya adalah adanya beban tambahan yang dihasilkan oleh generator itu sendiri. Hal ini menyebabkan terjadinya hambatan. Selain itu, proses konversi energi listrik oleh generator tidak dapat mencapai 100% efisiensi. Sebagian energi akan hilang dalam bentuk panas akibat gesekan antara komponen internal generator, seperti poros roda, bantalan dan bagian mekanis lainnya. Gesekan ini menghasilkan panas sebagai efek samping dari konversi energi listrik.

Meskipun kecepatan sepeda listrik dengan generator lebih lambat dibanding tanpa generator, keberadaan generator sangat membantu dalam pengisian sepeda listrik. Menggunakan generator sebagai sumber daya tambahan, membuat jarak tempuh sepeda listrik semakin jauh. Generator dapat memperpanjang masa pakai baterai utama dengan mengisi ulang secara langsung ketika digunakan. Selain itu, dengan memanfaatkan generator pada sepeda listrik, pengguna dapat mengurangi ketergantungan sumber energi listrik eksternal atau pengisian baterai dari jaringan listrik. Hal ini dapat menghemat energi serta mengurangi dampak lingkungan. Sedangkan *rectifier* selain berfungsi untuk mengubah arus bolak-balik menjadi searah, dapat mengatur dan mengontrol arus listrik yang dihasilkan dari sumber eksternal agar sesuai dengan kebutuhan pengisian baterai. *Rectifier* juga berperan untuk memastikan pengisian pada sepeda listrik dilakukan dengan aman. *Rectifier* dapat mengatur tegangan dan arus yang masuk ke baterai sehingga sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.

4. CONCLUSION

Berdasarkan pengujian dan analisis data yang telah dijelaskan, diperoleh kesimpulan bahwasannya penggunaan generator dan *rectifier* pada sepeda listrik dapat menambah jarak tempuh sepeda, membantu memperpanjang masa pakai baterai utama, dan dapat mengurangi ketergantungan pada sumber daya listrik eksternal. Sepeda listrik dengan sistem pengisian tambahan, mampu menempuh jarak lebih jauh dibanding tanpa pengisian. Kecepatan sepeda listrik dengan sistem pengisian tambahan lebih lambat dibanding tanpa pengisian. Hal ini disebabkan karena adanya beban tambahan berupa generator itu sendiri, dan proses konversi energi yang tidak sepenuhnya efisien.

References

- Afif Rizqi, Hadi Widyono, W. C. (2019). *Analisis Frekuensi Terhadap Kecepatan Motor BLDC (Brushless Direct Current) Satu Fasa Kontruksi Axial Flux Celah Udara Tunggal*. Jurnal Arus Elektro Indonesia (JAEI), 1–4.
- Asti, M., Supriyadi, I., & Yusgiantoro, P. (2020). *Analisa Penggunaan Sepeda Motor Listrik Bagi Transportasi Online Terhadap Ketahanan Energi (Studi Pada Gojek)*. Jurnal Ketahanan Energi, 6(1), 19–38. <https://jurnalprodi.idu.ac.id/index.php/KE/article/view/494>
- Aziz, M. A. (2021). *Analisis Performa Pid pada Sistem Kontrol Kecepatan Motor BLDC*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Cakrawati Sudjoko. (2021). *Strategi Pemanfaatan Kendaraan Listrik Berkelanjutan Sebagai Solusi Untuk Mengurangi Emisi Karbon*. Jurnal Paradigma: Jurnal Multidisipliner Mahasiswa Pascasarjana Indonesia, 2(2), 54–68.
- Dewadi, F. M. (2021). *Efisiensi pada Sepeda Listrik Dengan Dinamo Sepeda Sebagai Generator*. Praxis : Jurnal Sains, Teknologi, Masyarakat Dan Jejaring, 4(1), 13. <https://doi.org/10.24167/praxis.v4i1.3215>
- Firmansyah, M. Y. (2019). *Menganalisa kerja BLDC pada Go Kart*.
- Hipi, M. A., & Sodri, A. (2022). *Life Cycle Costing Pada Stasiun Pengisian Kendaraan*. Jurnal SNTEM, 2(November), 386–392.
- Irsan, M. (2020). *Rancang Bangun Generator Listrik Bebas Bahan Bakar Dengan Menggunakan Konsep Momen Inersia*. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Ismail. (2020). *Perancangan Sepeda Manual Menjadi Sepeda Listrik Menggunakan Komponen Penggerak Motor Listrik, Baterai dan Kontroler*. In Universitas Islam Negeri Alauddin, Semarang (Vol. 53, Issue 9).
- Jatmiko, J., Basith, A., Ulinuha, A., Muhlasin, M. A., & Khak, I. S. (2018). *Analisis Performa dan Konsumsi Daya Motor BLDC 350 W pada Prototipe Mobil Listrik Ababil*. Jurnal Teknik Elektro, 18(2), 55–58. <https://doi.org/10.23917/emitor.v18i2.6348>
- Maula, S., & T, I Bagus, budiono G. (2020). *Rancang Bangun E-Bike Menggunakan Generator Dan Solar Cell*. Dc. <http://repository.untag-sby.ac.id/id/eprint/5358%0>
- Permatasari, C. S., Supriyadi, I., & Andreyani, A. (2021). *The Coal Bio-Solubilization Technology for Energy Security*. Indonesian Journal of Energy, 4(1), 1–12. <https://doi.org/10.33116/ije.v4i1.101>
- Sari, M. K., Hadi, W., & Cahyadi, W. (2020). *Analisis Motor Brushless Direct Current Aksial Fluks 3 Fasa Menggunakan Magenet Permanen Neodymium Sebagai Prime Mover Generator*. Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, 19(2), 195. <https://doi.org/10.24843/mite.2020.v19i02.p11>
- Sariman, F. K. H. (2022). *Analisa Performa BLDC Motor untuk Ban Sepeda dengan Menggunakan Solar Cell Sebagai Sumber Energi Matahari*. Jurnal Syntax Admiration, 5(3), 248–253.
- Wibowo, C., & Riyadi, S. (2018). *Analisa Pembebanan pada Motor Brushless DC (BLDC)*. Instrumentasi, Kontrol Dan Otomasi, 10–11. 019/paper/view/1078