

# Analisa Kerusakan (Drop Kecepatan) Pada Sepeda Listrik Dengan Simulasi Matlab

## *Analysis of Damage (Speed Drop) in Electric Vehicles Using Matlab Simulation*

Dina Mariani\*  
Jurusan Teknik Elektro  
Unimus  
Semarang Indonesia  
dinamariani@unimus.ac.id

Arief Hendra Saptadi  
Jurusan Teknik Elektro  
Unimus  
Semarang Indonesia  
@unimus.ac.id

Radiktyo Nindyo Sumarno  
Jurusan Teknik Elektro  
Unimus  
Semarang Indonesia  
radiktyo@unimus.ac.id

Diterima : Januari 2025  
Disetujui : Juli 2025  
Dipublikasi : Juli 2025

**Abstrak**— Sepeda listrik telah menjadi moda transportasi yang populer di kalangan masyarakat modern. Masyarakat mulai banyak yang menggunakan sepeda listrik terutama untuk keperluan di sekitar lingkungan rumah. Namun, seperti halnya kendaraan lainnya, sepeda listrik juga bisa mengalami kerusakan yang dapat mempengaruhi performanya. Salah satunya adalah masalah drop kecepatan pada sepeda listrik, dimana sepeda tiba-tiba mengalami perlambatan padahal kondisi baterai belum kosong. Penelitian tentang sepeda listrik ini bertujuan untuk menganalisa dan mengatasi masalah-masalah yang sering terjadi pada sepeda listrik terutama masalah drop kecepatan. Metode penelitian yang digunakan adalah studi kasus dengan melakukan pengujian dan analisis pada sepeda listrik yang mengalami drop kecepatan dan mensimulasikannya dengan matlab. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyebab utama terjadinya drop kecepatan pada sepeda listrik adalah kerusakan pada baterai dan sistem pengisian daya sehingga menyebabkan adanya ketidakseimbangan tegangan dari keempat baterai. Salah satu baterai memiliki tegangan 12.71V sehingga nilai State of Charge (SoC) dari baterai rusak tersebut akan menjadi patokan bagi ketiga baterai yang lain. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang bermanfaat bagi pengguna sepeda listrik untuk meningkatkan kualitas penggunaan sepeda listrik.

**Kata Kunci**— *Sepeda Listrik; Drop Kecepatan; Baterai*

**Abstract**— *Electric bicycles have become a popular mode of transportation among modern society. Many people are starting to use electric bicycles, especially for needs around the home environment. However, like other vehicles, electric bicycles can also experience damage that can affect their performance. One of them is the problem of speed drops on electric bicycles, where the bicycle suddenly slows down even though the battery is not empty. This research on electric bicycles aims to analyze and overcome problems that often occur on electric bicycles, especially speed drops. The research method used is a case study by conducting tests and analysis on electric bicycles that experience speed drops and simulating them with matlab. The results of the study showed that the main cause of speed drops on electric bicycles was damage to the battery and charging system, causing an imbalance in the voltage of the four batteries. One of the batteries has a voltage of 12.71V so that the State of Charge (SoC) value of the damaged*

*battery will be a benchmark for the other three batteries. The results of this study are expected to provide useful information for electric bicycle users to improve the quality of electric bicycle use.*

**Keywords**— *Electric Vehicle; Speed Drop; Battery*

### I. PENDAHULUAN

Konversi energi dari BBM ke listrik menjadi perhatian penting dalam beberapa tahun terakhir untuk mendukung program pemerintah mewujudkan penggunaan energi yang lebih bersih, dikarenakan emisi CO<sub>2</sub> tidak hanya akan menaikkan suhu secara global dan menaikkan muka air laut, namun juga akan mengurangi kualitas udara sehingga dapat berdampak pada kesehatan.

Salah satu upaya untuk mendukung program tersebut adalah dengan menggunakan kendaraan yang berbahan bakar listrik. Konsep kendaraan listrik sebenarnya sudah ada sejak abad ke-18. Para ilmuwan dan inovator dari Hungaria, Belanda, dan Amerika mulai mengembangkan konsep kendaraan bertenaga baterai. Pada tahun 2000-an, Tesla Motors memulai pengembangan *Tesla Roadster* yang kemudian diluncurkan pada 2008. Keberhasilan Tesla menjadi penyulut bagi merek-merek lain untuk berinovasi lebih dan menciptakan kendaraan listrik yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

Konsep sepeda listrik pertama kali muncul pada akhir abad ke-19, dengan penemuan sepeda listrik pertama di Prancis dan Amerika Serikat pada tahun 1880-an dan 1890-an. Sepeda listrik modern menggunakan teknologi canggih seperti *baterai lithium-ion*, motor listrik yang efisien, dan sistem kontrol yang canggih. Pengembangan kendaraan yang berbahan bakar listrik gencar dilakukan oleh perusahaan otomotif di seluruh dunia. Salah satu kendaraan yang banyak diminati dan sukses dikembangkan adalah sepeda listrik, terutama di Amerika, Eropa, Cina dan Jepang. Sepeda listrik merupakan salah satu kendaraan yang mendukung terwujudnya Net Zero Emisi pada tahun 2060.

Perkembangan kendaraan listrik terhambat di Amerika Serikat (AS) karena adanya penemuan cadangan minyak di

negara bagian Texas sehingga mengakibatkan penurunan harga bahan bakar minyak lebih. Kendaraan listrik mulai dikembangkan kembali sekitar lima belas sampai dua puluh tahun terakhir. pengembangan kendaraan listrik dipicu oleh keterbatasan sumber energi konvensional dan dampak pemakaiannya terhadap lingkungan [1].

Pemerintah Indonesia mendorong penggunaan kendaraan listrik melalui kebijakan dan insentif, seperti subsidi pembelian dan pembebasan pajak. Ini diharapkan dapat meningkatkan adopsi sepeda listrik di Indonesia. Masyarakat semakin sadar akan manfaat lingkungan dan efisiensi biaya sepeda listrik, sehingga permintaan meningkat dan lebih banyak produsen yang memasuki pasar.

Nationally Determined Contribution (NDC) menetapkan target untuk Indonesia yaitu mengurangi emisi sebesar 29% dengan upaya sendiri dan menjadi 41% dengan dukungan kerja sama internasional pada tahun 2030. Data Kementerian ESDM pada tahun 2016 menunjukkan sector transportasi tercatat menghasilkan emisi sebanyak 1,28 juta ton CO<sub>2</sub> dengan rata-rata peningkatan 6,7% per tahun. Solusi yang dicanangkan pemerintah untuk mengurangi emisi adalah dengan meningkatkan penggunaan kendaraan listrik [2].

Pemerintah telah mendukung pengembangan kendaraan listrik di Indonesia melalui Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 55 Tahun 2019 tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (*Battery Electric Vehicle*) [3]. Pengembangan kendaraan listrik di Provinsi Bali telah didukung oleh pemerintah daerah dengan diterbitkannya Peraturan Gubernur Bali No. 48/2019 tentang Penggunaan Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai [4].

Menteri Riset dan Teknologi /Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Bambang Brodjonegoro menyatakan bahwa arah pengembangan kendaraan listrik berfokus pada sepeda motor listrik dan menargetkan Indonesia mampu memproduksi dua juta sepeda motor listrik pada tahun 2025 [5].

Teknologi kendaraan listrik maupun baterai telah banyak diteliti di tanah air. Pada artikel [6], performa dari beberapa jenis baterai (*lithium-ion, lithium-polymer, lead acid* dan *nickel-metal hydride*) dibandingkan pada saat digunakan pada mobil listrik. Kemudian pada [7], penulis berfokus pada sistem monitoring untuk penggunaan energi listrik pada mobil listrik, dan juga monitoring khusus baterai dibahas pada [8] kemudian monitoring pencahayaan jalan pada [9].

Penelitian pelengkap terkait penerapan elektronik dan otomasi terhadap kendaraan juga dibahas pada [10], utamanya mengenai penggunaan sensor parkir kendaraan. Penelitian pada [11] yang membahas mengenai pengaturan kecepatan motor listrik, meskipun tidak terkait secara langsung, juga dapat digunakan untuk sistem kontrol pada kendaraan listrik semisal mobil dan kereta listrik. Tak hanya pada kendaraan di darat, sistem otomasi dari kendaraan juga telah diaplikasikan pada kapal. Artikel [12] meneliti mengenai penggunaan AI untuk mengatur kecepatan dan arah kapal.

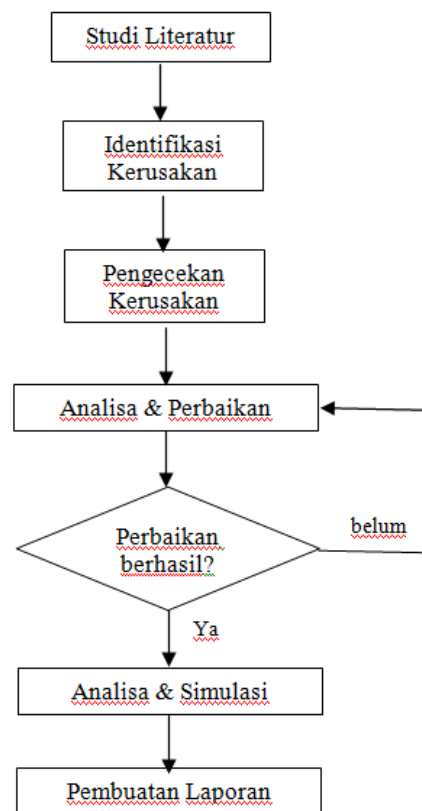
Dari keseluruhan artikel tersebut, tidak banyak yang mendeteksi kerusakan pada kendaraan. Salah satu artikel yang membahas adalah artikel pada [13] yang membahas mengenai pendeteksian kerusakan motor vespa.

Jumlah pengguna sepeda listrik saat ini semakin bertambah, terutama di kalangan Ibu Rumah Tangga, namun tidak didukung dengan ketersediaan servis atau bengkel sepeda listrik. Ada beberapa masalah yang biasa terjadi pada sepeda listrik, diantaranya yaitu *drop* kecepatan, dimana terjadi perlambatan kecepatan padahal baterai belum kosong. Secara teori [14-15], perlambatan tersebut dikarenakan tegangan baterai yang turun, sedangkan pada kondisi baterai belum habis, seharusnya baterai dapat mempertahankan tegangan dalam menyuplai motor listrik.

Berdasarkan uraian diatas maka penelitian ini memiliki tujuan umum yaitu menganalisa penyebab drop kecepatan yang terjadi pada sepeda listrik, sehingga diharapkan menjadi solusi bagi permasalahan yang dialami oleh sebagian pengguna sepeda listrik.

## II. METODE

Skema penelitian dan pengerjaan ini ditunjukkan oleh Gambar 1. tahapan dimulai dari studi literatur, perencanaan, pembuatan, hingga proses penelitian dari *Electric Vehicle* (EV).



Gambar 1 Langkah-langkah Penelitian Pendeteksian Kerusakan Baterai Pada Sepeda Listrik

Langkah-langkah penelitian ditunjukkan pada Gambar 1. Langkah-langkah metode penelitian adalah sebagai berikut:

- Identifikasi kerusakan electric vehicle dilakukan dengan ujicoba langsung apakah kecepatannya normal atau tidak.
- Pengecekan kerusakan dilakukan dengan memeriksa komponen dari sepeda listrik baik itu motor, rangkaian kontrol dan baterai

- Analisa kerusakan yang terjadi kemudian disimulasikan dengan matlab
- Perbaikan dilakukan pada komponen yang rusak
- Analisa kembali setelah dilakukan perbaikan dan kemudian disimulasikan

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Identifikasi Kerusakan

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan peninjauan terhadap komponen yang diprediksi rusak, di antaranya adalah baterai. Baterai merupakan komponen penting yang menyediakan energi untuk menggerakkan sepeda listrik. Jenis baterai yang digunakan disini adalah baterai Lead-Acid. Beberapa parameter digunakan untuk mengecek baterai, di antaranya kondisi fisik baterai dan tegangan baterai. Kondisi fisik dicek apakah ada kerusakan, bekas terbakar, pengembungan baterai, dan lain-lain. Hasil pengamatan dapat dilihat pada gambar 2. Hasil dari pengamatan tersebut adalah adanya pengembungan pada salah satu dari empat baterai sepeda, sehingga ada indikasi bahwa penurunan / drop dari kecepatan merupakan akibat dari baterai yang mengembung tersebut.



Gambar 2 Kondisi Fisik Baterai Sepeda Listrik dengan pengembungan (ditunjukkan panah merah)

Langkah selanjutnya merupakan pengecekan tegangan yang dapat dilihat pada gambar 3, untuk mengetahui apakah keempat baterai memiliki tegangan dalam range spesifikasi, dan apakah terdapat perbedaan tegangan di antara keempat baterai. Hasil pengukuran tegangan dapat dilihat pada tabel 1. Dari hasil pengukuran diketahui bahwa walaupun keempat baterai memiliki tegangan yang masih dalam range, yaitu sekitar 14.19 Volt untuk ketiga baterai dan 12.71 Volt pada salah satu baterai, tegangan dari empat baterai tersebut tidak seimbang. Salah satu baterai memiliki tegangan yang jauh di bawah ketiga baterai lain, yang mana baterai tersebutlah juga yang mengalami pengembungan. Disinyalir baterai tersebut telah mengalami penurunan kualitas, karena terdapat dua indikasi kerusakan yaitu pengembungan baterai dan penurunan tegangan. Terjadinya pengembungan baterai dapat menyebabkan risiko keamanan, seperti ledakan atau kebakaran,

Pengembungan baterai bisa disebabkan oleh beberapa hal di antaranya: overcharging, kerusakan sel, penggunaan yang berlebihan dan kurangnya perawatan serta kualitas baterai yang rendah. Pengisian baterai yang berlebihan dapat menyebabkan panas berlebihan dan gas yang terperangkap di dalam baterai, sehingga menyebabkan pengembungan



Gambar 3 Pengukuran Tegangan Baterai Menggunakan Voltmeter

TABEL 1. HASIL PENGUKURAN TEGANGAN BATERAI

Baterai	Tegangan (Volt)	Keterangan
Baterai 1	12.78	Normal, namun berbeda dengan ketiga baterai yang lain
Baterai 2	14.08	Normal
Baterai 3	14.10	Normal
Baterai 4	14.19	Normal

Salah satu baterai tersebut akan menjadi beban bagi ketiga baterai lainnya. Karena keempat baterai tersebut dipasang secara seri, maka nilai *state of charge* (SoC) dari baterai rusak tersebut akan menjadi patokan bagi ketiga baterai yang lain. Ketika suatu baterai berstatus SoC mencapai 0% dan dipaksa untuk menyuplai beban, maka tegangan baterai tersebut akan drop, sehingga meskipun SoC ketiga baterai lain masih tinggi, namun apabila SoC baterai terendah sudah habis maka sistem akan menganggap baterai telah habis, dan tegangan akan drop, sehingga sepeda listrik menjadi kehilangan kecepatan.

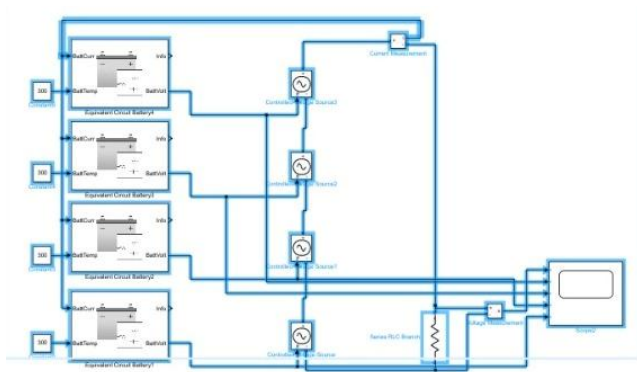
Langkah selanjutnya yaitu melakukan penggantian baterai yang rusak. Baterai yang rusak diganti dengan baterai baru. Untuk memastikan keempat baterai memiliki tegangan yang sama, maka keempat baterai dipasang secara paralel dan diisi menggunakan charger ekstern manual (12 volt), yang dapat dilihat pada gambar 4. Dengan memasang baterai paralel, arus listrik dapat dibagi secara merata di antara baterai, sehingga dapat membantu menjaga tegangan yang stabil. Pengisian dilakukan hingga keempat baterai penuh, dan memiliki tegangan yang sama. Setelah pengisian dilakukan, baterai dipasang kembali kedalam sistem, dan baterai dapat berjalan normal.



Gambar 4 Battery Charger Eksternal Untuk Mengisi Baterai Secara Paralel

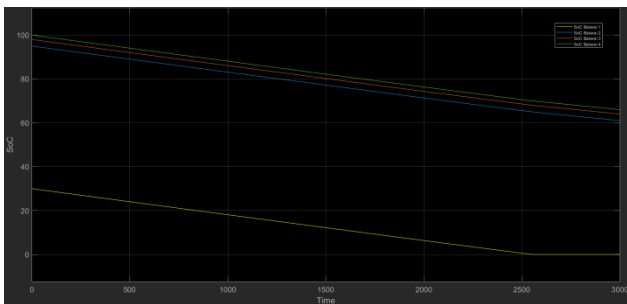
#### B. Simulasi Drop Kecepatan

Sepeda listrik ini menggunakan 4 baterai yang terangkai secara seri, sehingga tegangan total pada baterai berkisar 48 volt. Gambar 5 merupakan simulasi MATLAB dari rangkaian ekuivalen dari baterai sepeda. Untuk mensimulasikan kerusakan baterai, ketiga baterai dikondisikan pada kondisi penuh, sedangkan salah satu baterai dikondisikan tidak terisi penuh.

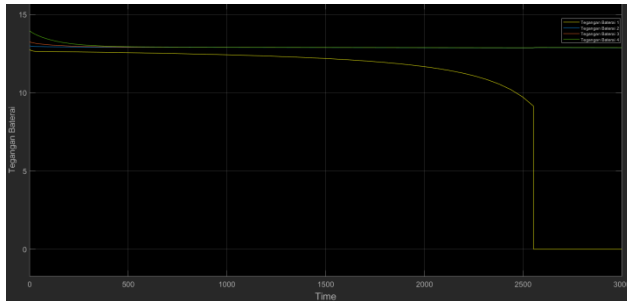


Gambar 5. Rangkaian Ekivalen Baterai

Setelah menganalisa kerusakan yang menyebabkan terjadinya drop kecepatan pada sepeda listrik maka selanjutnya disimulasikan dengan menggunakan matlab. SoC dari baterai disetting pada 30%, 95%, 98%, dan 100% untuk baterai 1 hingga 4. Hasil dari simulasi dapat dilihat pada gambar 6 unyuk SoC dan gambar 7 untuk tegangan baterai.



Gambar 6. SoC keempat baterai



Gambar 7. Grafik hubungan tegangan dari keempat baterai dan kecepatan

Dari gambar 6 dapat dilihat bahwa SoC dari baterai 1 mencapai 0% (habis) pada detik ke 2600, di saat baterai yang lain masih memiliki SoC yang cukup (di atas 60%). Dari sisi tegangan pada gambar 7, pada detik yang sama (2600), tegangan baterai 1 drop hingga 0V, di saat tegangan baterai yang lain masih dalam tegangan nominal (sekitar 12.9 Volt). Kondisi ini sejalan dengan kondisi real hardware baterai sepeda listrik, di mana tegangan dari salah satu baterai akan drop apabila SoC sudah mencapai 0%. Karena keempat baterai dipasang secara seri, maka tegangan yang menuju motor listrikpun akan turun sehingga kecepatannya akan turun.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pengujian pada sepeda listrik dapat disimpulkan bahwa penyebab terjadinya drop kecepatan pada sepeda listrik adalah penurunan kualitas dari salah satu baterai dengan indikasi turunnya tegangan dan

pengembangan pada kondisi fisiknya. Tegangan baterai yang tidak seimbang mengakibatkan nilai *State of Charge* (SoC) dari baterai rusak tersebut akan menjadi patokan bagi ketiga baterai yang lain. Hasil simulasi drop kecepatan menampilkan hubungan antar tegangan dan waktu, nilai tegangan akan semakin menurun jika semakin lama digunakan. Disarankan bagi pemilik sepeda listrik apabila memiliki indikasi turunnya kecepatan sepeda listrik ketika digas, periksalah kondisi baterai satu persatu dengan cara mengecek kondisi fisik dan nilai tegangan dari baterai. Apabila menemukan indikasi yang sama yaitu terdapat perbedaan tegangan pada salah satu baterai dan terjadi pengembangan, maka cukup mengganti baterai yang rusak tersebut dengan baterai baru, dan dilakukan pengisian secara paralel sebelum dipasang pada sepeda dengan rangkaian seri.

#### REFERENSI

- [1] N. S. Kumara. 2012. —Tinjauan Perkembangan Kendaraan Listrik Dunia Hingga Sekarang, *l Transmisi*, vol. 10, no. 2, pp. 89–96,
- [2] G. Ministry of Energy and Resources. 2017. —Kajian Penggunaan Faktor Emisi Lokal ( Tier 2 ) dalam Kajian Inventarisasi GRK Sektor Energi. J. Clerk Maxwell, A Treatise on Electricity and Magnetism, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68–73.
- [3] L. S. Djaman. 2019. —Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 55 Tahun 2019.
- [4] I. B. G. Sudarsana. 2019. —Peraturan Gubernur Bali Nomor 48 Tahun 2019, *l*.
- [5] A. Pingit. 2019. —Bukan Mobil Listrik, Pemerintah Akan Fokus Riset Motor Listrik.
- [6] M. Thowil Afif and I. Ayu Putri Pratiwi. 2024. —Analisis Perbandingan Baterai Lithium-Ion, Lithium-Polymer, Lead Acid dan Nickel-Metal Hydride pada Penggunaan Mobil Listrik - Review, *l J. Rekayasa Mesin*, vol. 06, no. 02, pp. 95– 99.
- [7] Fudin, M. A., Sulistiyowati, I., Falah, A. H., 2024. — IoT Integrated Electric Car Energy Monitoring System: Case Study of IMEI TEAM UMSIDA, *l Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering (JJEED)*, vol. 06, no. 02, pp. 189– 195.
- [8] T. A. F. Chamila, T Rijanto, P Puspitaningayu, 2024. — Evaluate Prototype Performance of Battery Pack Monitoring for PT XYZ E-Bus Maintenance, *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering (JJEED)*, vol. 06, no. 02, pp. 257– 264.
- [9] F. Rozie, Y. Chandra, I. Suwanda, 2025. — Energy Consumption Monitoring of Solar-Powered Street Lighting Using LoRa and Fuzzy Inference System, *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering (JJEED)*, vol. 07, no. 01, pp. 24–32.
- [10] E. M. Punuh, 2024. — Rancang Bangun Sensor Parkir Kendaraan Roda Empat Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno, *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering (JJEED)*, vol. 06, no. 01, pp. 18–24.
- [11] R. S. Widagdo, B. Hariadi, I. A. Wardah, 2024. — Simulation of Speed Control on a PMSM Using a PI Controller, *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering (JJEED)*, vol. 6, no. 1, pp. 63–69.
- [12] N. H. Cahyadi, J. Endrasmono, Z. M. A. Putra, A. Khumaidi, R. Y. Adhitiya, D. P. Riananda, 2024. — Design of Attitude Holding System for Prototype Autonomous Surface Vehicle Using the ANFIS Method, *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering (JJEED)*, vol. 6, no. 2, pp. 218–226.
- [13] H. Husain, H. Herlinda, K. Kasmawaru, N. Nurdiansah, E. Erna, A. H. Putra, 2023. — Implementasi Forward-Chaining untuk Mendiagnosis Kerusakan Motor Vespa Klasik pada Bengkel Skuter Ombur, *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering (JJEED)*, vol. 5, no. 2, pp. 222–227.

- [14] B. Isidor. 2020. —Learn About Batteries. [Online]. Available: <https://batteryuniversity.com/learn/>. [Accessed: 29-Aug-2020].
- [15] R.A. Simmons. 2010. —The Advantages & Limitations of Lithium Polymer Batteries, [Online]. Available:

<https://www.cedtechnologies.com/advantages-and-limitations-of-lithium-polymer-batteries>

antages-a-