

PERANCANGAN BATERAI SEPEDA LISTRIK DILENGKAPI DENGAN SISTEM *MONITORING* ARUS DAN PROTEKSI PENURUN TEGANGAN

Brilian Satria Utama¹⁾, Arif Rahman Saleh²⁾, Ibrahim Nawawi³⁾

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar

Jl. Kapten Suparman 39 Magelang

Email: briliansatriau99@gmail.com

ABSTRAK

Baterai yang digunakan sepeda listrik adalah baterai Lithium-Ion yang memiliki efisiensi lebih baik, lebih ringan, dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daya total sepeda listrik, merancang baterai kemudian mengukur seberapa jauh jarak penggunaan baterai dari 100% sampai 10% menggunakan variabel gear satu, gear tiga, gear lima, dan memantau tegangan baterai setiap sel dan tegangan jatuh baterai. saat unit baterai sedang digunakan. Baterai yang digunakan adalah tipe 18650 dengan tegangan 3.7V dengan kapasitas 3000mAh dirangkai secara seri paralel menghasilkan 42V 12Ah. Metode yang digunakan untuk mencari jarak tempuh adalah dengan melakukan simulasi menggunakan software Matlab Simulink R2020a dan software Proteus 8 Pro. Hasil simulasi matlab Simulink didapatkan saat sepeda berjalan menggunakan gear satu jarak yang didapat 50,66 Km, kemudian saat sepeda berjalan menggunakan gear tiga jarak tempuh 76,39 Km, saat sepeda berjalan menggunakan gear lima jarak yang didapat sejauh 76,39 Km. 111,9 Km. Hasil simulasi Proteus 8 pro didapatkan pada saat baterai 100% tegangan sel baterai 4,22V, baterai 50%, tegangan sel baterai 1,75V, dan baterai mencapai 10%. tegangan sel baterai adalah 3,75V. yang diukur pada 3.48V. Kesimpulan dari kedua simulasi tersebut adalah semakin besar gear ratio maka semakin hemat konsumsi energi baterai dan semakin jauh jarak serta semakin banyak baterai yang digunakan maka semakin rendah tegangan sel baterai yang dipantau semakin berkurang.

Kata Kunci: sepeda listrik, pemantau, lithium-ion

ABSTRACT

The batteries used by electric bicycles are Lithium-Ion batteries which have better efficiency, are lighter, and are environmentally friendly. This study aims to determine the total power of an electric bicycle, design a battery and then measure how far the battery usage distance is from 100% to 10% using gear one, gear three, gear five variables, and monitor the battery voltage of each cell and the battery drop voltage. while the battery pack is in use. The battery used is an 18650 type with a voltage of 3.7V with a capacity of 3000mAh arranged in parallel to produce 42V 12Ah. The method used to find the mileage is to perform a simulation using the Matlab Simulink R2020a software and the Proteus 8 Pro software. The results of the Simulink matlab simulation are obtained when the bicycle is running using Gear one the distance is 50.66 Km, then when the bike is running using Gear three the distance is 76.39 Km, when the bicycle is running using Gear five the distance is 76.39 Km. 111.9 Km. The simulation results of Proteus 8 pro are obtained when the battery is 100%, the battery cell voltage is 4.22V, the battery is 50%, the battery cell voltage is 1.75V, and the battery reaches 10%. battery cell voltage is 3.75V. which is measured at 3.48V. The conclusion from the two simulations is that the greater the gear ratio, the more efficient the battery energy consumption and the farther the distance and the more batteries used, the lower the voltage of the battery cells being monitored will decrease.

Keywords: Electric bicycle, monitoring, Lithium-Ion.

PENDAHULUAN

Kendaraan listrik sebenarnya sudah berkembang sejak seratus tahun silam namun karena kendaraan listrik terbilang cukup mahal, jarak tempuh yang relatif lebih pendek, dan pengisian baterai yang terbilang cukup lama ditambah cadangan minyak yang terbilang masih sangat banyak membuat kendaraan listrik di kesampingkan dan belum terlalu penting untuk di produksi secara massal. Memasuki 1970 an terjadi krisis minyak di Amerika Serikat akibat embargo OPEC terhadap ekspor minyak ke Amerika, hal ini memicu usaha-usaha untuk mengurangi ketergantungan akan minyak mentah impor dan mengurangi polusi gas buang. Sekitar lima belas hingga dua puluh tahun terakhir kendaraan listrik mulai banyak dibicarakan lagi dan dikembangkan sebagai kendaraan yang ramah lingkungan. (Wayan Sukerayasa, 2019).

Memasuki Revolusi Industri 4.0, pemerintah menindaklanjuti rencana kendaraan listrik yang direncanakan, yaitu peraturan pertama berupa peraturan presiden (Perpres). Berisi tentang percepatan pelaksanaan rencana kendaraan listrik berbasis baterai Nomor 55 Tahun 2019. Jumlah kendaraan yang digunakan untuk angkutan jalan diperkirakan akan meningkat dari tahun ke tahun. Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), Indonesia telah menanamkan berbagai teknologi seperti *Hybrid Electric Vehicle* (HEV), *Plug-in Hybrid Electric Vehicle* (PHEV), dan *Battery Electric Vehicle* (BEV). Pemerintah memperkirakan akan ada 2,73 juta kendaraan listrik roda dua dan tiga, dan seluruh Indonesia dan membutuhkan 170.000 unit stasiun pengisian daya. Jumlahnya meningkat dari tahun ke tahun, diperkirakan pada tahun 2030 7,46 juta kendaraan listrik akan membutuhkan stasiun pengisian daya sebanyak 530.000 unit. Hingga saat ini stasiun pengisian kendaraan listrik umum (SPKLU) berjumlah 16 stasiun yang tersebar di 10 lokasi terpasang di Jakarta, Bandung, Tangerang, Semarang, Surabaya, dan Bali (Kemenprin, 2021).

Perkembangan teknologi yang terus berkembang dengan adanya komputer dan *software* membuat kegiatan perancangan semakin mudah. *Software* merupakan alternatif terbaik untuk meminimalisir biaya tanpa harus membeli peralatan. *Software* mempunyai beberapa kelebihan diantaranya mudah didapatkan di internet maupun di pasaran. Dengan adanya *software*, dapat mensimulasikan alat yang akan di buat tanpa membeli peralatannya (Tasma, 2019).

Sebagian besar kendaraan listrik baik mobil, motor maupun sepeda listrik memakai baterai sebagai sumber energi utamanya, dikenal dengan istilah *Battery Electric Vehicle* (BEV). Baterai adalah bagian penting dari kendaraan listrik yang mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Ada dua jenis baterai berdasarkan jenisnya yaitu baterai primer (Baterai yang hanya dapat digunakan sekali saja) dan baterai sekunder (Baterai yang dapat digunakan dan diisi ulang beberapa kali) (Adelia dan Iliyas, 2021).

Beberapa jenis Baterai sekunder yaitu *Lithium-ion*, *Lithium-Polymer*, *Lead acid*, dan *Nickel Metal Hydride*. Dari hasil perbandingan beberapa jenis baterai sekunder, baterai yang paling banyak digunakan pada kendaraan listrik yaitu baterai *Lithium-Ion*. Keunggulan dari baterai lithium ion yaitu memiliki efisiensi lebih baik, baterai *Lithium-Ion* lebih ringan dibandingkan baterai isi ulang lainnya, biaya hilang oleh baterai *Lithium-ion* adalah serendah 5% per bulan (Thowil dkk, 2015).

Pada saat ini baterai lithium Ion menjadi baterai yang sangat populer sebagai sumber kebutuhan energi perangkat elektronik seperti telepon, laptop, lampu, senter sepeda dan lain-lain. Dengan adanya kemajuan teknologi baterai lithium Ion sangat di butuhkan untuk kendaraan listrik sebagai sumber utama energi listrik. Baterai pada kendaraan listrik merupakan gabungan dari sel baterai yang tersusun hingga ratusan sel untuk menjadi baterai paket (Adie, 2020).

Berdasarkan referensi di atas penulis akan merancang baterai lithium ion tipe 18650 menjadi sebuah baterai paket. *Battery pack* atau baterai paket merupakan gabungan dari *cell* baterai untuk disusun secara seri dan paralel menjadi satu keseluruhan dengan jumlah tertentu. Baterai lithium ion 18650 merupakan baterai isi ulang, baterai ini memiliki bobot yang lebih padat dari baterai lainnya baterai ini sering digunakan pada perangkat rokok elektrik yang sedang trending di kalangan anak muda. Penulis mencoba mengaplikasikan baterai lithium ion 10860 yang terdapat pada perangkat elektronik rokok elektrik menjadi baterai sepeda listrik dengan mensimulasikan hasil perancangan menggunakan *software* matlab Simulink serta penambahan proteksi pada baterai agar umur *cell* baterai dapat bertahan lebih lama menggunakan *software* proteus. Perancangan baterai sepeda listrik ini menggunakan berat sepeda biasa yang dirubah menjadi sepeda listrik yang dengan total berat pengendara dan komponen elektrik lainnya seperti motor listrik sebesar 90 Kg. Berdasarkan penelitian sebelumnya, menggunakan beban total 69 Kg menghasilkan daya 96,90 Watt.

METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan adalah simulasi menggunakan *software* matlab Simulink untuk mencari jarak tempuh dan waktu saat sepeda listrik digunakan dengan SOC baterai dari 100% sampai 10%. Setelah itu dilanjutkan menggunakan *software* proteus 8 profesional untuk mensimulasikan rangkaian monitoring arus dan proteksi penurunan tegangan. Sebelum memulai simulasi harus menghitung dan mencari data-data baterai paket seperti beban total sepeda dan pengendara, besar torsi yang dibutuhkan agar sepeda dapat berjalan, diameter ban, gaya rolling ban, coefisient drag, *gear ratio*, daya total dan motor listrik. Setelah semua perhitungan diketahui maka dapat menganalisa daya total yang dibutuhkan sepeda listrik lalu menentukan daya motor listrik yang akan digunakan. Data tegangan dan daya motor listrik yang digunakan dapat dipakai untuk

menentukan besar tegangan dan kapasitas pada baterai paket yang akan dirancang. Cell untuk menyusun baterai paket yaitu baterai Lithium Ion tipe 18650 3000mAh 3,7V.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian terdiri dari:

- a. Laptop, untuk menjalankan simulasi.
- b. Matlab Simulink, *software* untuk menentukan jarak dan waktu selama sepeda digunakan.
- c. Proteus 8 pro, *software* untuk mensimulasikan rangkaian monitoring arus dan proteksi penurunan tegangan saat baterai paket sedang digunakan.

Bahan yang digunakan:

- a. Baterai paket, sebagai sumber utama kelistrikan.
- b. Motor listrik, sebagai sumber penggerak sepeda listrik.
- c. Microcontroller Arduino mega, sebagai pengendali sistem monitoring dan proteksi penurunan tegangan.
- d. Resistor, sebagai sensor tegangan baterai paket.
- e. Sensor ACS7, sebagai pembaca besar arus yang mengalir.
- f. Relay, sebagai pemutus arus.
- g. LCD 20x4 dan driver, sebagai penampil data voltase baterai yang terukur dan besar arus yang mengalir saat baterai paket sedang digunakan.
- h. Kabel-kabel, sebagai penghubung arus listrik antar komponen.

Variable yang digunakan:

- a. *Software* matlab Simulink.
 1. Saat sepeda listrik berjalan menggunakan *gear* satu.
 2. Saat sepeda listrik berjalan menggunakan *gear* tiga.
 3. Saat sepeda listrik berjalan menggunakan *gear* lima.
- b. *Software* proteus 8 pro.
 1. Saat kondisi baterai paket 100%.
 2. Saat kondisi baterai paket 50%.
 3. Saat kondisi baterai paket 10%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pereancangan baterai paket memerlukan data yang digunakan untuk proses perancangan, pengambilan data di laksanakan di laboratorium teknik mesin Universitas Tidar Magelang. Berikut ini merupakan data sepeda:

Tabel 1. Data sepeda yang akan dibuat sepeda listrik

No.	Nama	Ket.
1	Gear sprocket belakang 6 speed	28, 24, 20, 18, 16, 14 teeth
2	Jumlah gear penggerak (nf)	28 teeth
3	Berat sepeda	±20 kg dengan rincian (baterai 1,84Kg + frame dan roda 14kg + motor brushed 3,2 Kg)
4	Berat pengendara	±70 kg

5	Jarak gear penggerak dengan gear sprocket kecil	490 mm
6	Diameter roda	26 in (66cm)
7	Jari-jari pedal	165 mm

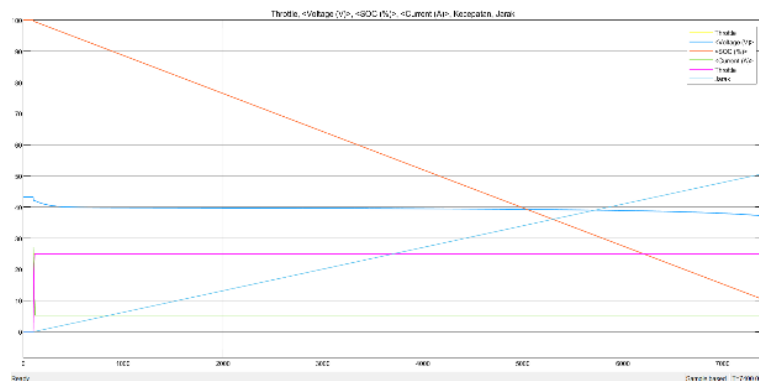
Hasil dari perhitungan berdasarkan data sepeda adalah sepeda membutuhkan daya total sebesar 235,5 Watt dengan torsi yang di butuhkan pada gear satu sebesar 19,78 Nm, gear tiga sebesar 26,85, dan gear lima sebesar 32,95. RPM pada pedal saat gear satu sebesar 100 Rpm, gear tiga sebesar 71,4 Rpm, dan gear lima sebesar 57,1 Rpm. Maka sepeda listrik dapat menggunakan motor brushed 250 Watt 36 Volt dengan tegangan baterai paket sebesar 42V 12Ah yang terdiri dari 40 buah cell baterai lithium ion 18650 yang tersusun secara 10 seri 4 paralel.

- Hasil Simulasi Menggunakan Software Matlab Simulink

a. Saat Sepeda Listrik Berjalan Menggunakan Gear Satu.

Simulasi sepeda listrik berjalan menggunakan gear satu dengan ratio gear

28/28 (1), torsi pedal assist 9,89Nm dapat dilihat pada gambar 1.



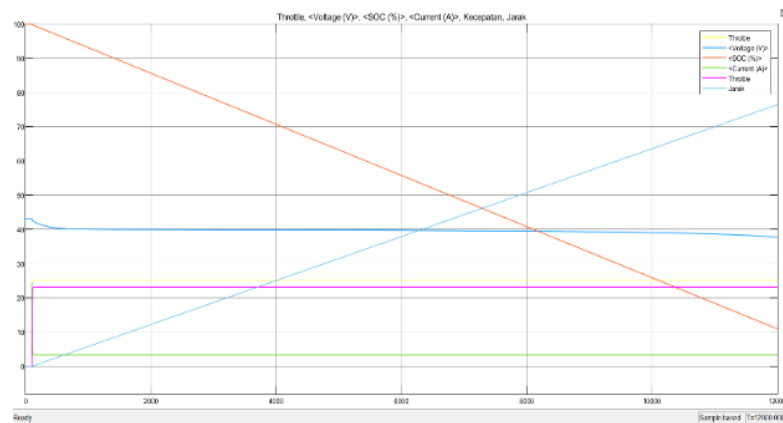
Gambar 1. Grafik Hasil Simulasi Sepeda Listrik Saat Gear Satu

Penurunan tegangan dari 42V menjadi 37,18V pada garis berwarna **biru tua** ditunjukkan pada gambar 3.1.1 merupakan grafik hasil simulasi mengenai sepeda listrik pada *gear* satu. Garis warna **biru muda** menunjukkan waktu yang dibutuhkan sepeda untuk melaju dari 0 Km hingga 50,66 Km dengan asumsi simulasi

menggunakan 7400 detik atau 123 menit 20 detik. Garis berwarna **ungu** merupakan bukaan throttle atau laju motor listrik konstan di 25 Km/h. Garis berwarna **hijau** merupakan arus yang mengalir sebesar 5,2 A. Garis berwarna **oranye** merupakan persentase baterai dari 100% menjadi 10,4% pada 7400 detik.

b. Saat Sepeda Listrik Berjalan Menggunakan *Gear* Tiga.

Simulasi sepeda listrik berjalan menggunakan *gear* tiga dengan *ratio gear* 28/20 (1,4), torsi pedal assist 13,42Nm dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik Hasil Simulasi Sepeda Listrik Saat *Gear* Tiga

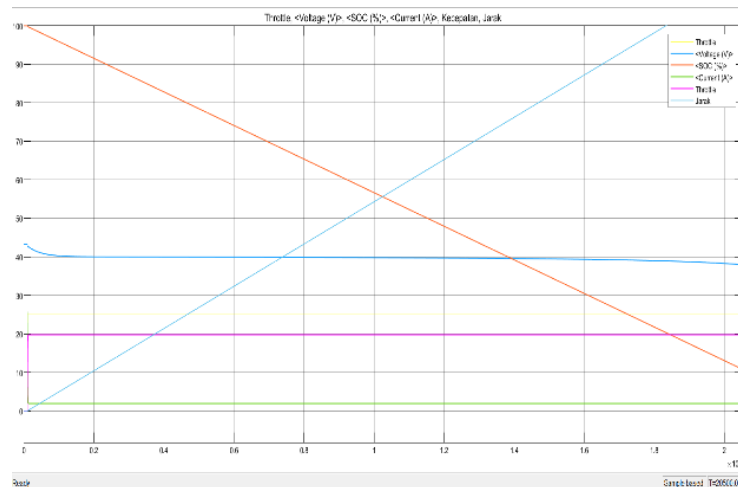
Penurunan tegangan dari 42V menjadi 37,7V pada garis berwarna **biru tua** ditunjukkan pada Gambar 3.1.2 merupakan grafik hasil simulasi mengenai sepeda listrik pada *gear* tiga. Garis warna **biru muda** menunjukan waktu yang dibutuhkan sepeda untuk melaju dari 0 Km hingga 76,39 Km dengan asumsi simulasi menggunakan 12000 detik atau 200 menit.

Garis berwarna **ungu** merupakan bukaan throttle atau laju motor listrik konstan di 23,12 Km/h. Garis berwarna **hijau** merupakan arus yang mengalir sebesar 3,22 A. Garis berwarna **oranye** merupakan persentase baterai dari 100% menjadi 10,9% pada 12000 detik.

c. Saat Sepeda Listrik Berjalan Menggunakan *Gear* Lima.

Simulasi sepeda listrik berjalan menggunakan *gear* tiga dengan *ratio gear* 28/16 (1,75), torsi

pedal assist 16,47Nm dapat dilihat pada gambar 3.



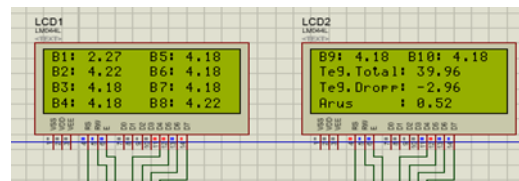
Gambar 3. Grafik Hasil Simulasi Sepeda Listrik Saat Gear Lima

Penurunan tegangan dari 42V menjadi 37,95V pada garis berwarna biru tua ditunjukkan pada gambar 3.1.3 merupakan grafik hasil simulasi mengenai sepeda listrik pada gear lima. Garis warna biru muda menunjukkan waktu yang dibutuhkan sepeda untuk melaju dari 0 Km hingga 111,9 Km dengan asumsi simulasi

menggunakan 20500 detik atau 341 menit 40 detik. Garis berwarna ungu merupakan bukaan throttle atau laju motor listrik konstan di 19,75 Km/h. Garis berwarna hijau merupakan arus yang mengalir sebesar 1,8 A. Garis berwarna oranye merupakan persentase baterai dari 100% menjadi 10,84% pada 20500 detik.

• Hasil Simulasi Software Proteus 8 Pro
a. Simulasi Saat Kondisi Baterai 100%

Simulasi rangkaian kelistrikan baterai paket saat baterai terisi penuh 100% dapat dilihat pada gambar 4.



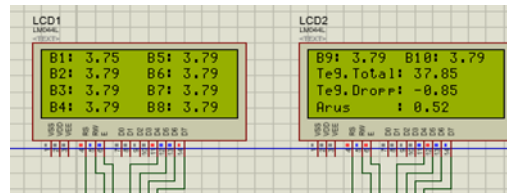
Gambar 4. Hasil Simulasi Baterai 100%

Didapatkan hasil tegangan pada cell pertama 2,27V, cell kedua 4,22V, cell ketiga hingga cell ketujuh 4,18V, cell kedelapan 4,22V, cell kesembilan hingga kesepuluh 4,18V dengan tegangan total sebesar 39,96V. Saat motor listrik menyala maka tegangan akan mengalami drop sebesar 2,96V dari tegangan total baterai

tanpa beban 42V dan arus yang mengalir sebesar 0,59A.

b. Simulasi Saat Kondisi Baterai 50%
Simulasi rangkaian electrical baterai paket

saat baterai 50% dapat dilihat pada gambar 5.

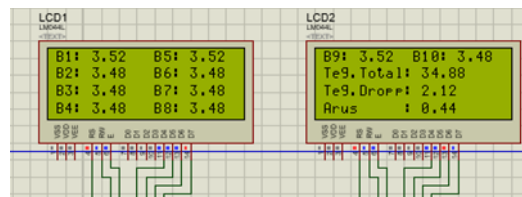


Gambar 5. Hasil Simulasi Baterai 50%

Didapatkan hasil tegangan pada cell pertama 3,75V, cell kedua sampai cell kesepuluh 3,79V dengan tegangan total sebesar 37,85V, karena motor listrik menyala maka tegangan drop sebesar 0,85V dari tegangan total baterai tanpa beban 38V dan arus yang mengalir sebesar 0,52A.

c. Simulasi Saat Kondisi Baterai 10%

Simulasi rangkaian electrical baterai paket saat baterai low 10% dengan dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Hasil Simulasi Baterai 10%

Didapatkan hasil tegangan pada cell pertama, kelima dan kesembilan sebesar 3,52V, dan cell kedua, ketiga, keempat, keenam, ketujuh, kedelapan, kesepuluh sebesar 3,48V. Dengan

tegangan total sebesar 34,88V. Karena motor listrik menyala, maka tegangan drop sebesar 2,12V dari tegangan total baterai tanpa beban 35V dan arus yang mengalir sebesar 0,44A.

SIMPULAN

Hasil perhitungan mencari spesifikasi motor listrik untuk sepeda listrik pedal assist 6 speed dengan beban total 90 Kg, diameter ban 66 in, dengan coefficient rolling resistance 0,008 menghasilkan daya maksimal 235,5 Watt pada gear enam dan daya minimal 124,2 Watt pada gear satu dengan torsi maksimal pada gear ke enam sebesar 18,75 Nm. Maka dapat disimpulkan bahwa sepeda listrik dapat menggunakan motor 36V 250 Watt, menggunakan baterai dengan kapasitas 12Ah 42V besar energi total 504Wh serta dapat mensuplai arus listrik maksimal selama 128,40 menit.

Hasil simulasi baterai paket pada sepeda listrik yang diberi variabel berupa gear satu, gear tiga, gear lima menggunakan software matlab R2020a yaitu pada gear satu diperoleh jarak

tempuh sejauh 50,66 Km dengan waktu 123,3 menit. Pada gear tiga didapatkan jarak tempuh sejauh 76,39 Km dengan waktu 200 menit. Pada gear lima didapatkan jarak tempuh sejauh 111,9 Km dengan waktu 341,6 Menit. Maka dapat disimpulkan jika semakin besar gear ratio maka konsumsi daya baterai menjadi lebih hemat karena arus yang mengalir lebih kecil serta jarak tempuh meningkat dan kecepatan pedal atau motor listrik semakin menurun.

Hasil simulasi rangkaian listrik baterai paket menggunakan software proteus 8.12 pro menunjukkan bahwa rangkaian pemantau tegangan per cell, rangkaian pemantau arus yang keluar, dan tegangan voltage drop dapat beroperasi sesuai yang telah direncanakan. Saat baterai terisi penuh 100% tegangan total yang terukur sebesar 39,96V, arus yang mengalir

sebesar 0,59A. Saat baterai mencapai 50% tegangan total yang terukur sebesar 37,85V, arus yang mengalir sebesar 0,52A. Baterai rendah di 10% tegangan total yang terukur sebesar 34,88V, arus yang mengalir sebesar

0,44A. Karena ada beberapa parameter yang tidak terdapat pada matlab, maka tidak bisa mengukur waktu dari baterai penuh hingga habis seperti pada software matlab.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Eka Pramono Gatot, Pambudi Tri Agung, (2019). Analisa Sistem Roda Gear Diferensial Penggerak Roda Belakang Kendaraan Mobil Listrik, jurnal teknik mesin Universitas Ibn Khaldun, Bogor, Vol. 1 No.1, ISSN 2655-1950.
- [2] Fachrul Syafrua Wahyudi, Hasanuddin, (2020). Analisis Konsumsi Daya Baterai Lithium-ion Rakitan oleh Sepeda Listrik Berpenggerak Motor BLDC 24V 250W, Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering, Vol.2 No.3, ISSN: 2655-7215.
- [3] Kumara Nyoman S, Sukerayasa I Wayan, (2019). Tinjauan Perkembangan Kendaraan Listrik Dunia Hingga Sekarang, Teknik Elektro Universitas Udayana, Bali, Vol 8 No 1.
- [4] Nurhabibah Siti, (2018). Pembelajaran Fisika Dasar dan Elektronika Dasar Menggunakan Aplikasi Matlab Metode Simulink, Teknik Informatika, STMIK Budi Darma, Vol 1, ISSN 2615-4307.
- [9] Tiopan Muhamad, (2017). Sepeda Kayuh Penggerak Dua Roda (Sistem Transmisi), Teknik Mesin, Universitas Negeri Surakarta, Solo
- [10] Thowil afif muhammad, Putri Pratiwi ilham ayu, (2016). Analisis perbandingan baterai lithium-ion, lithium-polymer lead acid dan nickel-metal hydride pada penggunaan mobil listrik – rivew, jurnal teknik mesin UB , malang indonesia. Vol.6, ISSN: 2477-6041.
- [5] Onur Kiyakli Ahmet, Solmaz Hamit, (2018). Pemodelan Kendaraan Listrik Dengan MATLAB Simulink, Fakultas Teknologi Universitas Gazi, Turki, Jurnal International, Vol2.
- [6] Putra Hendarto, (2019). Perancangan Sepeda Listrik Dengan Menggunakan Motor DC Seri, jurnal fokus elektroda, Universitas Halu Oleo, Kendari Sulawesi Tenggara, Vol 4 No2, e-ISSN: 2502-5562.
- [7] Sucita Tasma, (2019). Pengembangan Model Pembelajaran Praktikum Berbasis Software Komputer, Teknik Elektro Universitas Pendidikan Indonesia.
- [8] Syarif Zilman, Ali Mochammad, Sumule Aris, (2016). Rancang Bangun Kendaraan Listrik, Dosen Teknik Elektro Politeknik Negeri Kupang, Kupang, Jurnal Ilmiah Vol 2 No 2.
- [11] Yahya N, Ihlas Aprardi, (2020). Pemantau Tegangan Baterai Ion Litium dalam Rangkaian Empat Seri pada Aplikasi Penyimpan Energi Berdaya Tinggi, Balai Besar Bahan dan Barang Teknik Kementerian Perindustrian, Coblomb, Bandung, ISSN 1693-4393.