

Analisa Perancangan dan Pengujian Kendaraan Listrik Roda Dua dengan Variasi Pembebanan

Dwi Djoko Suranto¹, Saiful Anwar², Mochammad Nuruddin³, Ahmad Rofi'i⁴, Alex Taufiqurrohman Zain⁵

^{1,2,3,4,5}Politeknik Negeri Jember

Email: rofii@polije.ac.id¹

Abstract: *Electric vehicles have promising prospects for development. Battery Electric Vehicle (BEV) and Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV) types of electric vehicles can be solutions related to dependence on fossil energy sources and exhaust emissions. Especially for the BEV type, developments in Indonesia have been rapid. The stages of this research method begin with determining cooperation partners from the business and industrial world. Next is to design and take into account the two-wheeled electric vehicle prototype design. The prototype design was then realized through the fabrication of frame and body components at PT. Manufacturing Dynamic Indonesia as a partner. The two-wheeled electric vehicle to be developed will be equipped with an electric motor control system. Furthermore, testing by providing variations in loading was carried out in this study. This is done to determine the performance of electric vehicles and batteries used. An electric motorcycle that has been successfully designed and developed uses a 1 Kw BLDC type electric motor. Equipped with several components, including: 18650 Lithium ion battery arranged in series and parallel; controllers for electric motors; gas handles; display indicators; Lighting lamps and indicator lamps; Brake handle with switch. With the lightest driver load (50 kg), the longest distance is 17 km and the longest travel time is also 47 minutes. Driver load of 55 kg, the distance is 15.94 km and the travel time is 38 minutes. Meanwhile, the driver load of 60 kg is 12.71 km and 37 minutes. With the longest distance traveled and the longest travel time, the test with a 50 kg driver load also had the biggest drop in battery voltage, namely 3.6 Volts. Meanwhile, in testing the driver load of 55 kg and 60 kg is 3.3 Volts and 3.15 Volts.*

Keywords: *Battery Electric Vehicle, Vehicle Design, Control System, Monitoring, Prototype.*

Abstrak: Kendaraan listrik memiliki prospek yang menjanjikan untuk dikembangkan. Kendaraan listrik tipe *Battery Electric Vehicle* (BEV) dan *Plug-in Hybrid Electric Vehicle* (PHEV) dapat menjadi solusi terkait ketergantungan terhadap sumber energi fosil serta emisi gas buang. Khusus untuk tipe BEV, perkembangan di Indonesia sudah pesat. Tahapan metode penelitian ini, dimulai dengan menentukan mitra kerja sama dari dunia usaha dan industri. Berikutnya adalah merancang, dan memperhitungkan desain *prototype* kendaraan listrik roda dua. Desain *prototype* selanjutnya diwujudkan melalui pabrikasi komponen rangka dan *body* di PT. Manufactur Dynamic Indonesia sebagai mitra. Kendaraan listrik roda dua yang akan dikembangkan akan dilengkapi dengan sistem kendali motor listrik. Selanjutnya, pengujian dengan memberikan variasi pembebanan dilakukan pada penelitian ini. Hal ini dilakukan untuk mengetahui performa kendaraan listrik dan baterai yang digunakan. Sepeda motor listrik yang telah berhasil dirancang dan dikembangkan menggunakan penggerak motor listrik tipe BLDC 1 Kw. Dengan dilengkapi dengan beberapa komponen, meliputi: Baterai Lithium ion 18650 yang dirangkai seri paralel; *Controller* untuk

motor listrik; *Handle gas*; *Display indicator*; Lampu penerangan dan lampu indikator; *Handle rem* dengan *switch*. Dengan beban *driver* yang paling ringan (50 kg), didapatkan jarak tempuh yang paling jauh 17 km dan waktu tempuh yang paling lama pula yakni 47 menit. Beban *driver* 55 kg, didapatkan jarak tempuh 15,94 km dan waktu tempuh 38 menit. Sedangkan untuk beban *driver* 60 kg adalah 12,71 km dan 37 menit. Dengan jarak tempuh paling jauh dan waktu tempuh yang paling lama, pengujian dengan beban *driver* 50 kg juga memiliki penurunan tegangan baterai yang paling besar, yakni 3,6 Volt. Sedangkan pada pengujian beban *driver* 55 kg dan 60 kg adalah 3,3 Volt dan 3,15 Volt.

Kata Kunci: *Battery Electric Vehicle*, Desain Kendaraan, Sistem Kendali, *Monitoring*, *Prototype*.

PENDAHULUAN

Jumlah kendaraan listrik di dunia selalu mengalami peningkatan setiap tahunnya, baik jenis BEV (*Battery Electric Vehicle*) maupun PHEV (*Plug-in Hybrid Electric Vehicle*). Namun, mobil listrik jenis BEV memiliki jumlah penyebaran yang selalu lebih tinggi dibandingkan dengan mobil listrik jenis PHEV setiap tahunnya. Mobil listrik jenis BEV (*Battery Electric Vehicle*) merupakan jenis mobil listrik yang sumber energinya secara keseluruhan benar-benar hanya disuplai oleh baterai saja. Dengan demikian, pengemudi mobil jenis BEV harus cermat dalam memperhitungkan jarak dengan kapasitas baterai yang tersisa. Sedangkan mobil listrik jenis PHEV (*Plug-in Hybrid Electric Vehicle*) adalah jenis mobil listrik yang memadukan dua mesin sekaligus yakni mesin konvensional dengan sumber energi BBM serta mesin listrik dengan sumber energi listrik dari baterai [1-2].

Pengembangan Kendaraan Listrik di Indonesia, khususnya tipe BEV mendapatkan perhatian dan dukungan serius dari pemerintah. Hal ini dibuktikan dengan terbitnya Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019 tentang percepatan program kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai untuk Transportasi Jalan; Rencana Induk Riset Nasional Tahun 2017–2045 terkait penggunaan kendaraan listrik sebagai transportasi umum. Serta pembangunan beberapa infrastruktur pendukungnya meliputi industri baterai; industri kendaraan listrik serta Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) meskipun jumlahnya belum sebanyak Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) [3-4].

Desain merupakan salah satu tahap awal dalam mengembangkan kendaraan listrik roda dua. Pada penelitian ini, sudah dikembangkan desain gambar teknik terkait kendaraan listrik roda dua yang nantinya akan dipabrikan. Adapun desain gambar teknik yang telah dikembangkan yakni

kendaraan listrik roda dua tipe retro klasik. Pemilihan desain ini disesuaikan dengan mempertimbangkan ketersediaan komponen dan sumber daya yang ada serta melihat pangsa pasar yang lebih luas untuk menjadi prototipe kendaraan listrik roda dua. Dalam mengoptimalkan kinerjanya, kendaraan listrik memerlukan sistem kendali. Sistem kendali yang akan dikembangkan terkait dengan sistem kendali motor listrik serta *monitoring* tegangan baterai. Baterai merupakan sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang *reversible* (dapat berkebalikan) dengan efisiensi yang tinggi [5]. Baterai lithium-ion menjadi pilihan tepat untuk digunakan pada penelitian ini karena memiliki kelebihan yaitu *density* energi yang tinggi, *density* daya yang tinggi, *self discharge* yang rendah, *fast charging*, tidak ada efek memori, dan siklus hidup yang lama [6-8]. Namun, baterai berbasis lithium ion hanya menghasilkan tegangan 3,7 V tiap sel. Sehingga jika ingin digunakan sebagai sumber energi pada kendaraan listrik, memerlukan beberapa sel baterai litium ion yang dirangkai secara seri dan paralel menjadi *battery pack*.

Kendaraan listrik adalah kendaraan yang ramah lingkungan karena sumber tenaga yang digunakan tidak berasal dari bahan bakar fosil melainkan dari sebuah baterai untuk menggerakkan motor/dynamo [9].

Kendaraan listrik merupakan alat transportasi yang dapat menggabungkan bonafit dari segi kesehatan dan ramah lingkungan dengan kenyamanan berkendara yang mirip dengan kendaraan bermotor. Baterai sendiri adalah perangkat yang mempunyai satu atau lebih sel elektrokimia disertai koneksi eksternal yang telah tersedia untuk memberi daya perangkat listrik seperti HP, sepeda listrik, motor listrik dan mobil listrik [10]. Kendaraan listrik terdiri atas beberapa komponen utama, antara lain motor listrik, baterai, alat pengisian ulang, kontrol kecepatan, dan sistem manajemen energi. Mobil listrik menggunakan motor listrik sebagai penggerakannya.

Motor BLDC (*Brushless Direct Current Motor*) merupakan salah satu jenis motor-sinkron. Pada motor *Brushless DC*, medan magnet yang dihasilkan oleh rotor dan stator pada frekuensi yang sama. *Hand Throttle* seperti merupakan metode untuk mengendalikan kecepatan sepeda listrik. *Throttle* memiliki fungsi sama halnya motor biasa, saat memutar gas sepeda akan bergerak. Sistem *Pedal Assist* dan *Hand Throttle* memiliki beberapa perbedaan. Berbagai jenis *Throttle* sebagian besar berbeda fisik yang tidak mempengaruhi fungsinya [11].

Baterai *lithium ion* memakai senyawa lithium interkalasi sebagai bahan elektroda, berbeda dengan lithium metalik yang dipakai di baterai *lithium non-refill*. Baterai *lithium ion* umumnya

ditemui pada barang-barang elektronik konsumen dikarenakan memiliki salah satu kepadatan energi terbaik, tanpa efek memori dan mengalami kehilangan isi yang lambat saat tidak digunakan. Beberapa kelebihan yang dimiliki baterai jenis ini yaitu *density*, energi yang cukup tinggi, *density* daya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif analitik. Penelitian kendaraan listrik roda dua Jurusan Teknik ini diawali dengan menentukan dan merancang desain kendaraan listrik. Desain dilakukan menggunakan *software* Solid Work. Desain yang sudah didapat selanjutnya dirancang dan dirakit dengan melibatkan mitra, PT. Manufactur Dynamic Indonesia (MDI). Setelah rangka *body* dan komponen sepeda listrik dirakit, Sistem kendali kendaraan listrik dirancang. Sistem kendali ini nantinya yang akan menentukan kecepatan putar aktuator, yakni motor listrik BLDC, berdasarkan tarikan gas oleh pengemudi pada bagian setir. Sistem kendali ini juga yang akan menentukan energi listrik yang dibutuhkan sesuai dengan beban yang ada. Rancangan sistem *monitoring* tegangan baterai akan didesain dan dirakit pada penelitian ini. Selanjutnya performa kendaraan listrik dan baterai dengan pemberian variasi beban dilakukan di Laboratorium Rekayasa Otomotif serta dilingkungan Politeknik Negeri Jember. Beberapa rangkaian percobaan pada penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan kendaraan listrik roda dua yang sesuai dengan standar keamanan dan kenyamanan berkendara, serta menjadi tahap awal untuk produk unggulan Polije dan siap untuk diproduksi massal.

Penelitian ini secara ringkas dapat dirangkum dalam tahapan berikut:

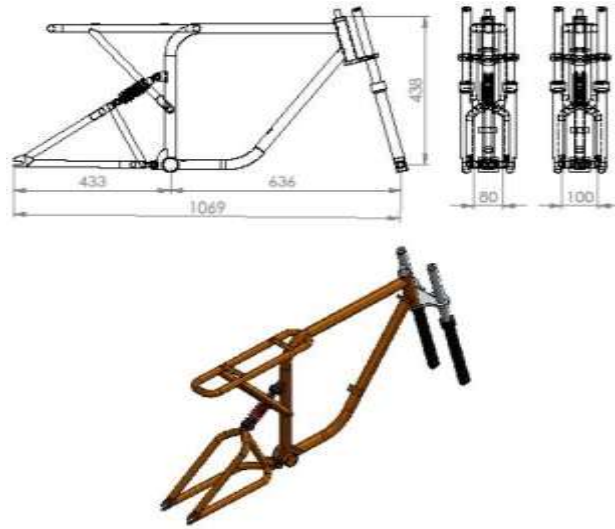
1. Permulaan
 - a. Meliputi kegiatan studi literatur, supervisi proses, supervisi wilayah untuk menentukan DUDI yang berpotensi untuk menjadi mitra kerja sama.
 - b. Perancangan, perhitungan desain *prototype* kendaraan listrik roda dua di Laboratorium Rekayasa Otomotif Politeknik Negeri Jember.
 - c. Pabrikasi *prototype* komponen rangka dan *body* kendaraan listrik dari hasil desain dan perancangan di PT. Manufactur Dynamic Indonesia (MDI).
2. Pertengahan

- a. Meliputi perancangan sistem kendali, perekaman data, pengujian produk, dan uji ketahanan alat, di Laboratorium Rekayasa Otomotif.
 - b. Perancangan sistem *monitoring* tegangan baterai, pengujian produk, dan uji ketahanan alat di Laboratorium Rekayasa Otomotif.
 - c. *Assembly* komponen utama dan penunjang *prototype* kendaraan listrik roda dua.
 - d. Uji performa *prototype* kendaraan listrik roda dua di lingkungan Polije
3. Akhir
- a. Meliputi kegiatan analisis data yang telah didapatkan serta penarikan kesimpulan kelayakan dan penyempurnaan produk kendaraan listrik roda dua sesuai dengan standart keamanan dan kenyamanan berkendara.
 - b. Pembuatan laporan akhir kegiatan penelitian.
 - c. Publikasi hasil penelitian pada Prosiding/ Jurnal sesuai target.
 - d. Persiapan untuk kelanjutan penelitian sesuai dengan peta jalan penelitian mengacu pada hasil penelitian yang baru saja dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain Kendaraan Roda Dua

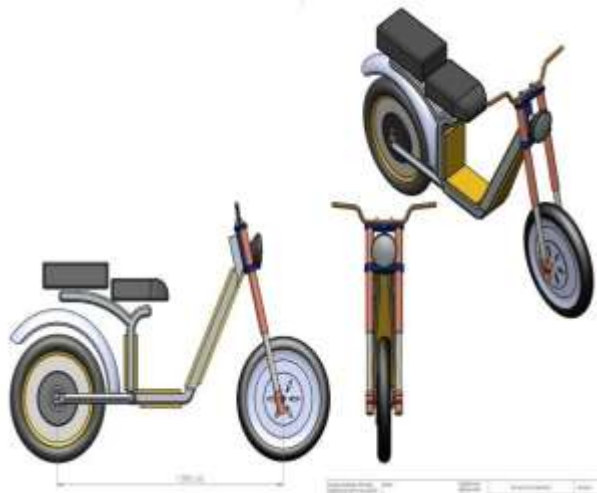
Kegiatan pra penelitian sudah dilakukan, yakni terkait dengan desain kendaraan listrik yang akan diwujudkan. Desain gambar teknik kendaran listrik yang dibuat yakni tipe retro klasik seperti pada Gambar 1.



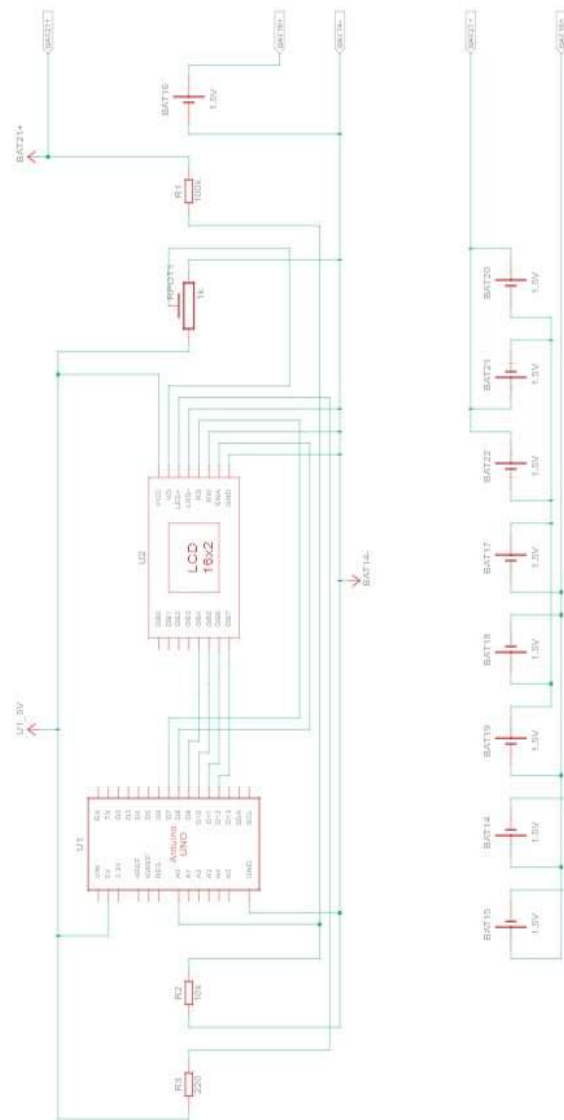
Gambar 1. Desain rangka kendaraan listrik model retro klasik tipe a

Sedangkan desain rangka kendaraan listrik model Retro klasik tipe B adalah pada Gambar

2.



Gambar 2. Desain Rangka Kendaraan Listrik Model Retro Klasik Tipe B



Gambar 3. *Wiring diagram* untuk sistem monitoring baterai

Berdasarkan dua tipe kendaraan listrik tersebut, dengan mempertimbangkan ketersediaan komponen dan sumber daya yang ada, maka penelitian ini akan mengembangkan salah satu dari desain kendaraan listrik tersebut. Sedangkan *wiring diagram* monitoring baterai ditunjukkan seperti pada [Gambar 3](#).

Penelitian ini, difokuskan dalam penentuan karakteristik dan desain kendaraan listrik roda dua yang akan dikembangkan. Selanjutnya, kendaraan listrik serta baterainya diuji performanya dengan pemberian variasi beban dari *driver*. Adapaun variasi beban *driver* adalah 50 kg, 55 kg,

dan 60 kg. Data yang didapatkan pada penelitian ini meliputi Tegangan Awal (V_i) dan Tegangan Akhir (V_o) dalam satuan Volt; Arus (I) dalam satuan Ampere; Jarak Tempuh (S) dalam satuan km dan Waktu Tempuh (T) dalam satuan menit.

Karakteristik dan Desain Kendaraan Listrik Roda Dua yang Dikembangkan

Kendaraan listrik roda dua (selanjutnya disebut sebagai Sepeda Motor Listrik) pada penelitian ini dirancang dan dikembangkan di Laboratorium Bengkel Perawatan Otomotif Politeknik Negeri Jember untuk desain dan penentuan komponen yang ada. Selanjutnya, realisasi unit dilaksanakan di workshop PT. Manufactur Dynamic Indonesia. Sedangkan komponen elektronika dari sepeda motor listrik ini rangkai di Laboratorium Rekayasa Otomotif Politeknik Negeri Jember.



Gambar 4. Realisasi sepeda motor listrik

Gambar 4. Merupakan sepeda motor listrik yang berhasil direalisasikan. Sepeda motor listrik tersebut menggunakan motor listrik tipe motor *Brushless Direct Current* (BLDC) dengan daya 1 KWh. Motor BLDC saat ini sesuai untuk diaplikasikan pada kendaraan listrik. Motor jenis ini memiliki kelebihan seperti motor DC lainnya, yakni memiliki nilai torsi awal yang tinggi, sehingga dapat digunakan untuk beban yang berat. Selain itu, jika pada motor DC biasa terdapat komutator dan sikat-sikat yang akan mempengaruhi efisiensi, pada motor jenis BLDC tidak terdapat bagian tersebut. Hal ini akan berdampak pada efisiensi yang meningkat, biaya perawatan

rendah dan praktis, kecepatan yang lebih baik dengan torsi yang tetap tinggi serta respons dinamis yang lebih besar [14].

Selain motor listrik, beberapa komponen lain ada pada sepeda motor listrik ini meliputi:

1. Baterai Lithium ion 18650 yang dirangkai seri paralel;
2. *Controller* untuk motor listrik;
3. *Handle gas* yang terhubung dengan *controller* motor listrik. Selanjutnya digunakan untuk mengendalikan kecepatan sepeda motor listrik layaknya sepeda motor konvensional;
4. *Display indicator* yang dapat menampilkan informasi kecepatan, sisa baterai, dan mode percepatan dari sepeda motor listrik;
5. Lampu penerangan dan lampu indikator berupa: lampu sen sebagai penanda belok; *Head lamp* untuk penerangan bagian depan sepeda motor listrik; Lampu belakang tipe LED sebagai indikator ketika pedal rem diinjak maupun tuas rem ditarik;
6. *Handle rem* dengan *switch* yang digunakan untuk mempermudah dan mempermudah akses pengereman;

Sepeda motor listrik ini memiliki jari-jari roda depan dan belakang 17 inci. Sedangkan *wheelbase*-nya adalah 1.250 cm.

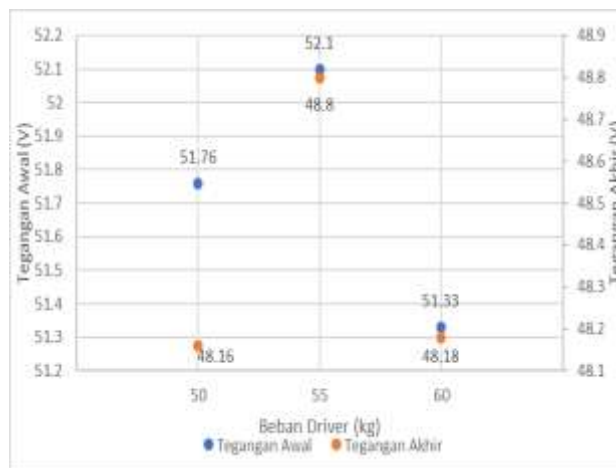
Pengujian Jarak dan Waktu Tempuh Sepeda Motor Listrik

Untuk kondisi lintasan, kendaraan listrik diuji pada jalan raya yang relatif datar dengan lalu lintas perkotaan yang lancar. Untuk masing-masing beban *driver*, kecepatan yang digunakan adalah konstan yakni 20 km/ jam. Pemilihan nilai kecepatan tersebut didasarkan pada lintasan yang ada. Dengan kecepatan yang di atas 20 km/jam, dikhawatirkan akan terganggu dengan kondisi jalan raya. Perhitungan kecepatan sepeda motor listrik adalah menggunakan hubungan pusat roda dan dilengkapi sistem monitoring dari aplikasi strava berbasis *smartphone*. Aplikasi ini dapat menampilkan data *route maps* lengkap dengan GPS, kecepatan rata-rata dan jarak tempuh. Untuk tegangan bawah dari baterai dibatasi sebesar 48 Volt, sedangkan kuat arus yang mengalir adalah 19,6 Ampere. Hasil pengujian jarak tempuh sepeda motor listrik disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian jarak dan waktu

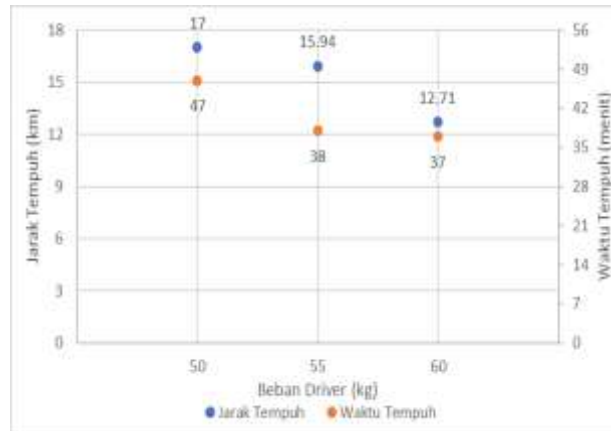
Beban Driver (kg)	Batas Tegangan (V)	Tegangan Awal (V)	Kuat Arus (A)	Tegangan Akhir (V)	Jarak Tempuh (km)	Waktu Tempuh (Menit)
50	48	51,76	19,6	48,16	17,00	47
55	48	52,10	19,6	48,80	15,94	38
60	48	51,33	19,6	48,18	12,71	37

Adapun plot grafik perbandingan antara tegangan awal dan tegangan akhir dengan variasi beban driver (50 kg, 55 kg, dan 60 kg) serta kecepatan kendaraan konstan 20 km/ jam disajikan pada [Gambar 5](#).



Gambar 5. Plot grafik perbandingan antara tegangan awal dan tegangan akhir dengan variasi beban *driver*

Sedangkan plot grafik pengaruh variasi beban *driver* terhadap waktu tempuh dan jarak tempuh sepeda motor listrik disajikan pada [Gambar 6](#).



Gambar 6. Plot grafik pengaruh variasi beban *driver* terhadap jarak dan waktu tempuh sepeda motor listrik

Pada beban *driver* 50 kg memiliki penurunan tegangan yang paling besar jika dibandingkan dengan beban *driver* lainnya (55 kg dan 60 kg). Meskipun memiliki penurunan tegangan yang lebih besar, beban *driver* 50 kg memiliki jarak tempuh yang lebih jauh serta waktu tempuh yang lebih lama. Untuk beban *driver* 50 kg, jarak tempuh dan waktu tempuh secara berurutan adalah 17 km dan 47 menit; Untuk beban *driver* 55 kg adalah 15.94 km dan 38 menit; Sedangkan untuk beban *driver* 60 kg adalah 12,71 km dan 37 menit. Hal ini dapat terjadi karena pada beban yang lebih ringan, motor tidak terlalu membutuhkan torsi yang besar. Sehingga berpengaruh terhadap arus yang disuplai dari baterai ke motor. Karena arus yang disuplai adalah konstan untuk semua variasi pembebanan, maka yang mengalami perubahan adalah penurunan adalah tegangan akhir baterai. Pada beban *driver* yang lebih ringan, jarak tempuhnya jauh dan waktu tempuhnya lama sehingga penurunan tegangan baterai akan semakin besar [15].

Pengujian Durasi Pengisian Daya Baterai

Baterai yang digunakan untuk sumber energi dari sepeda motor listrik adalah baterai litium ion 18650 yang dirangkai secara seri dan paralel. Ketika sudah dalam bentuk *battery pack*, baterai memiliki tegangan akhir sebesar 54,6 Volt. Dalam pengujian ini, *charger* yang digunakan memiliki spesifikasi 48 Volt 2 A. Hasil pengujian durasi pengisian baterai disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian durasi pengisian daya baterai

Percobaan ke-	Tegangan Baterai (V)	Kapasitas Baterai (Ah)	Waktu pengisian hingga penuh (jam)
1	54,6	6	4,5
2			4,3
3			4,2
Rata-rata			4,3

Baterai yang digunakan pada sepeda motor listrik memiliki kapasitas total 6 Ah. Berdasarkan Persamaan (1), dapat diketahui bahwa dari spesifikasi *charger* yang digunakan, baterai seharusnya sudah terisi penuh dalam waktu 3 jam, dengan perhitungan:

$$t(h) = \frac{\text{Kapasitas Baterai (Ah)}}{\text{Arus yang pembebeanan (mA)}}$$

$$t(h) = \frac{6Ah}{2A}$$

$$t(h) = 3h$$

Namun, hasil pengujian seperti yang tertera pada Tabel 2. menunjukkan bahwa masih terdapat selisih waktu yang sangat lama yakni 1,3 jam (dibandingkan nilai rata-rata). Hal ini dapat terjadi dimungkinkan karena beberapa hal, meliputi: transformator yang tidak ideal, resistansi dalam baterai atau adanya beban yang dapat menurunkan arus maupun tegangan keluaran *charger*, serta suhu yang meningkat seiring dengan waktu yang semakin lama sehingga arus menurun.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari hasil penelitian ini adalah:

1. Sepeda motor listrik yang telah berhasil dirancang dan dikembangkan menggunakan penggerak motor listrik tipe BLDC 1 Kw. Dengan dilengkapi dengan beberapa komponen, meliputi: Baterai Lithium ion 18650 yang dirangkai seri paralel; *Controller* untuk motor listrik; Handle gas; Display indicator; Lampu penerangan dan lampu indikator; *Handle rem* dengan *switch*.

2. Dengan beban *driver* yang paling ringan (50 kg), didapatkan jarak tempuh yang paling jauh 17 km dan waktu tempuh yang paling lama pula yakni 47 menit. Untuk beban *driver* 55 kg, didapatkan jarak tempuh 15,94 km dan waktu tempuh 38 menit. Sedangkan untuk beban *driver* 60 kg adalah 12,71 km dan 37 menit. Dengan jarak tempuh paling jauh dan waktu tempuh yang paling lama, pengujian dengan beban *driver* 50 kg juga memiliki penurunan tegangan baterai yang paling besar, yakni 3,6 Volt. Sedangkan pada pengujian beban *driver* 55 kg dan 60 kg adalah 3,3 Volt dan 3,15 Volt.
3. Hasil pengujian durasi pengisian baterai secara eksperimen (4,3 jam) lebih lama 1,33 jam jika dibandingkan dengan teori yang ada (3 jam). Hal ini dapat terjadi dimungkinkan karena beberapa hal, meliputi: transformator yang tidak ideal, resistansi dalam baterai atau adanya beban yang dapat menurunkan arus maupun tegangan keluaran *charger*, serta suhu yang meningkat seiring dengan waktu yang semakin lama sehingga arus menurun.

Saran

Saran yang dari hasil penelitian ini untuk perbaikan pada penelitian lebih lanjut adalah:

1. Pemakaian rangkaian *battery pack* yang menghasilkan *output* tegangan dan kuat arus lebih akurat dan presisi.
2. Pengujian performa kendaraan yang tidak boleh dipaksakan, untuk menghindari beban berlebih pada motor listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- EV growth around the world. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2019>
- Nikowitz, Michael.. Advanced Hybrid and Electric Vehicles-System Optimization and Vehicle Integration. Switzerland: Springer International Publishing. 2016
- Presiden Republik Indonesia. Peraturan Presiden No. 55 Tahun 2019. Jakarta: Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi. 2017. Rencana Induk Riset Nasional Tahun 2017/2045. Jakarta: Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi.
- M. Thowil Afif and I. Ayu Putri Pratiwi. 2015. Analisis Perbandingan Baterai LithiumIon, LithiumPolymer, Lead Acid dan Nickel-Metal Hydride pada Penggunaan Mobil Listrik -

- Review. J. Rekayasa Mesin, vol. 6, no. 2, pp. 95–99, 2015, doi: 10.21776/ub.jrm.2015.006.02.1..
- J M. Ootong. 2019. Perancangan Modular Baterai Lithium Ion (Li-Ion) untuk Beban Lampu LED. Setrum Sist. Kendali-Tenagaelektronika telekomunikasikomputer. Vol. 8, no. 2, p. 260. doi: 10.36055/setrum.v8i2.6808.
- T. P. Cahyono, T. Hardianto, and B. S. Kaloko. Pengujian Karakteristik Baterai Lithium-Ion Dengan Metode Fuzzy dengan Beban Bervariasi. J. Arus Elektro ..., 2020, [Online Available: <https://jurnal.unej.ac.id/index.php/EJAEI/article/view/19708>.
- I. Susanti, R. Rumiasih, C. RS, A. Firmansyah. 2019. Pengisian Pada Mobil Listrik. Elektra, vol. 4, no. 2, pp. 29–37
- H. Putra, S. Jie, and A. Djohar. 2018. Perancangan Sepeda Listrik dengan Menggunakan Motor DC Seri.
- Firman, M., Hasbi, M., & Latif, H. 2016. Rancang Bangun Sepeda Listrik dengan Tenaga Surya Sebagai Kendaraan Alternatif dan Ramah Lingkungan untuk Masyarakat. AL ULUM JURNAL SAINS DAN TEKNOLOGI, 1(2).
- Arman, A., Dullah, M. J., & Muhammad, A. K. Perancangan Sepeda Listrik Menggunakan Motor BLDC dengan Penggerak Depan untuk Area 2020 In Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M) (pp. 90-96)
- Wiguna, dkk. 2021. Rancang Bangun dan Pengujian Battery Pack Lithium Ion. Electricres. 03. (1), 28-33
- Silvana, Anastaya Fitri. 2019. Pengaruh Proses Pengosongan (Discharging) Terhadap Kapasitas Dan Efisiensi Baterai 110 VDC Di Gardu Induk Sungai Kedukan Palembang. Palembang: Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Elektro. Universitas Sriwijaya
- Y. C. Wibowo dan R. Slamet. Analisa Pembebanan pada Motor Brushless DC (BLDC). Seminar Nasional Instrumentasi, Kontrol dan Otomasi (SNIKO) 2018. Bandung Indonesia.
- Subekti, Ridwan Arif, dkk. 2014. Peluang dan Tantangan Pengembangan Mobil Listrik Nasional. Jakarta: LIPI Press