

Analisa Pengaruh Beban Terhadap Efisiensi Konsumsi Baterai *Lithium* pada Sepeda Elektrik

Mashudi⁽¹⁾, Johan Wayan Dika⁽²⁾, Satria Hardiansyah⁽³⁾

Universitas Nahdlatul Ulama Blitar
Jalan Masjid Nomor 22 – Kota Blitar – Jawa Timur, Indonesia

Email: ¹bangkithollig@gmail.com, ²johanwayan@gmail.com,
³hardyansahs@gmail.com

Tersedia Online di

<http://www.jurnal.unublitar.ac.id/index.php/briliant>

Sejarah Artikel

Diterima pada 16 September 2022
Disetujui pada 2 Februari 2022
Dipublikasikan pada 28 Februari 2022
Hal. 229-240

Kata Kunci:

Motor-DC; Controller; Lithium-batteries

DOI:

<http://dx.doi.org/10.28926/briliant.v7i1.997>

Abstrak: Sepeda elektrik sebagai bentuk baru transportasi pribadi telah mengarah pada tren mode transportasi umum baru, khususnya di perkotaan, sangat tepat digunakan untuk negara-negara dengan populasi besar dan untuk negara-negara yang peduli lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan rancang bangun sepeda elektrik dan menganalisa pengaruh pemberian berat beban yang berbeda terhadap efisiensi Lithium-Battery pada sepeda elektrik. Data yang telah terkumpul dari pengujian pengaruh berat beban pada sepeda elektrik terhadap efisiensi Lithium Batteries ditabulasi dengan menggunakan excel dan dilakukan analisa dengan standart deviasi dan error. Bahan yang digunakan adalah Sepeda, *Motor DC*, *Controller*, *Lithium-batteries*. Lalu dilakukan proses rancang bangun. Lalu dilakukan cek fungsi pada mekanik sepeda dan system elektrik. Proses pengujian dengan pembebanan (50, 70, 90, 110) kg sejauh 2 km. *collecting data* dilakukan secara numeric dengan menggunakan sensor kecepatan yang diproses pada controller dan diaktuasi pada *motor hub*. Untuk mendapatkan data kapasitas baterai yang terpakai digunakan *power controller* yang terdapat pada *modul controller*. Kesimpulan dari penelitian ini adalah telah dilakukan rancang bangun sepeda elektrik dan menganalisa pengaruh pemberian berat beban yang berbeda terhadap efisiensi *Lithium-Battery* pada sepeda elektrik. Terbukti bahwa semakin besar berat pengendara akan menurunkan nilai efisiensi baterai secara linier.

PENDAHULUAN

Sepeda merupakan merupakan alat transportasi lama dengan keunggulan mobilitas pribadi yang ringan dan ramah lingkungan. Penambahan fitur elektrik dengan hub drive pada sepeda akan membantu jangkauan jarak tempuh yang lebih jauh, dengan mereduksi tingkat kelelahan pengendara. Hal ini menjadi sebab sepeda elektrik akan menjadi pilar yang menyokong transportasi publik individu baik di perkotaan dan di pedesaan (Salmeron, 2018). Kenggulan utama dari sepeda elektrik adalah sisi ekonomis dan dampak lingkungan. Pada sisi ekonomis dapat diamati pada total biaya per kilometer travelled menggunakan sepeda elektrik (termasuk energy dan perbaikan), didapat nilai kurang dari 0.7 cents atau Rp.10.70,- /km. Jika dibandingkan dengan scooter matic biasa \$0.031 atau Rp.4.490,52,- /km

dan \$0.62 atau Rp.8.981,04,- /km untuk kendaraan mobil (Weinert, 2007). Dapat diamati bahwa dari segi ke-ekonomisan sepeda listrik jauh lebih baik dengan kebutuhan berkendara jarak tempuh kurang dari 100 km.

Pada sisi dampak lingkungan dapat diamati bahwa kendaraan dengan bahan bakar minyak menghasilkan emisi : HC (Hydrocarbons) 3.57 g/km, CO 3.15 g/km, CO₂ 1.82 g/km, and NO_x 2.29 g/km. Sedangkan dengan sepeda elektrik kondisi peningkatan polusi dapat ditekan (Joumard, 1995).

Sepeda elektrik sudah cukup banyak beredar di pasar Indonesia. Beberapa produk yang beredar berasal dari Cina, namun masih banyak sekali ditemukan kekurangan baik dari segi rancang bangun dan bobot sepeda listrik yang dirasa masih terlalu berat (Pareza & Lapisa, 2020). Bobot yang berat ini merupakan salah satu akibat dari penggunaan Lead acid Base (accu) pada sumber listrik dari sepeda selain juga rangka sepeda dengan bahan utama baja, Sehingga perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh beban berat kendaraan dengan menggunakan Lithium Battery sebagai sumber tenaga listrik.

Sepeda elektrik sebagai bentuk baru transportasi pribadi telah mengarah pada tren mode transportasi umum baru, khususnya di perkotaan, sangat tepat digunakan untuk negara-negara dengan populasi besar dan untuk negara-negara yang peduli lingkungan. Penelitian tentang sepeda listrik relatif baru, dan masih rendah publikasi ilmiah tentang sepeda elektrik di Indonesia. Dengan berbagai potensi yang dimiliki pengembangan penelitian pada bidang sepeda elektrik akan sangat menarik dan membawa banyak manfaat.

Perancangan sepeda elektrik pada umumnya harus memperhatikan beberapa kriteria diantaranya; (1) Fuctional, (2) Safety (Keamanan), (3) Realibility (dapat dihandalkan), (4) Low Cost (biaya murah), (5) Marketability (sesuai dengan kebutuhan pasar) (Pareza & Lapisa, 2020). Satu poin lagi yang seharusnya ditambahkan adalah efisiensi dari sepeda elektrik yang dibuat. Efisiensi berkaitan langsung dengan jenis motor, jenis sumber energi, berat beban kendaraan dan cara berkendara (controller).

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan rancang bangun sepeda elektrik dan menganalisa pengaruh pemberian berat beban yang berbeda terhadap efisiensi Lithium-Battery pada sepeda elektrik.

Pada penelitian ini digunakan Sepeda federal dengan lima percepatan, Motor BLDC Hub 48 Volt 350 Watt memiliki efisiensi tinggi dan mudah dalam pemasangan, lalu digunakan controller full fiture LCD/LED function, kemudian Battery Li-ion dengan 10-12 Ah. Data akan diperoleh dari perbandingan berat beban kendaraan terhadap konsumsi energy pada battery. Analisa data sebab akibat akan dilakukan prediksi dengan menggunakan metode analisa regresi linier, standart deviasi. Dan untuk validasi keakuratan data akan dilakukan analisa menggunakan standar deviasi sample dengan pengulangan pengamatan minimal tiga kali.

Motor DC adalah komponen utama dalam membangun sepeda elektrik. Motor DC dapat kita bagi menjadi dua jenis, yaitu, motor DC dengan sikat karbon Brushed yang berfungsi sebagai pangubah arus pada kumparan sedemikian rupa sehingga arah tenaga putaran rotor akan selalu sama, dan motor DC tanpa sikat Brushless, motor ini menggunakan semi konduktor untuk merubah maupun untuk

membalik arah (Toll, 2017). Motor jenis ini biasa dikenal Hub Drive dibekali 250-1000 watt motor DC dengan kecepatan rata – rata 30-40 Km/jam.

kontroler adalah suatu piranti elektronik yang berfungsi untuk mengatur kecepatan motor listrik dan membagi tegangan ke berbagai sumber yaitu pengatur kecepatan yang dihubungkan ke thortle gas, sensor rem, dan indikator baterai (Huda & Khamami, 2017). Kontroler adalah juga komponen itu akhirnya menentukan banyak energy yang hendak digunakan pada sepeda elektrik. Merupakan konpone penting yang sangat menentukan bahkan ketika digunakan motor 1000 Watt, sedangkan kontroler yang digunakan 250 Watt, maka motor akan berfungsi sebagai 250 Watt.

Lithium batteries yang umum digunakan ada dua varian utama yaitu Li-Ion dan LiFePO4 (Majumdar & Jash, 2016). Li-ion baterai lebih murah, sedikit lebih kecil dan lebih ringan, tetapi dinilai lebih sedikit siklus pengisian, biasanya 500-800 siklus. LiFePO4 lebih mahal, sedikit lebih besar, tetapi biasanya diberi peringkat setidaknya 1.500-2.000 siklus pengisian daya, artinya satu baterai bisa bertahan hingga lima tahun, bahkan jika digunakan hampir setiap hari (Katoch, Rahul, & Bindal, 2019). LiFePO4 adalah juga yang paling aman dari baterai lithium. Dalam hal pengisian daya yang terlalu besar, kemudian tidak mudah teroksidasi sehingga menyebabkan kebakaran atau terjadi risiko ledakan seperti kebanyakan baterai lithium.

METODE

Tahap penelitian terdiri dari 3 tahap diantaranya pendahuluan (studi pustaka), tahap 2 pembuatan rancang bangun sepeda elektrik dan tahap 3 pengujian pengaruh berat beban pada sepeda elektrik terhadap efisiensi Lithium Batteries.

Lokasi penelitian yang akan digunakan perancangan dan pembuatan dilakukan di Kampus UNU Blitar Jl. Masjid Kota. Blitar. Pengujian dan analisa data juga dilakukan di Kampus UNU Blitar Jl. Masjid Kota. Blitar. Data dianalisa menggunakan metode Regresi Linier untuk memprediksi nilai dengan efisiensi terbaik menurut teori yang dibandingkan dengan data eksperimen. Standar deviasi digunakan untuk menganalisa simpangan baku data eksperimen dengan dasar data sampel.

Rencana penelian ini menggunakan metode eksperimental. Data *engine energy* berdasarkan profil dari power yang dihasilkan motor dan efisiensi *Battery Pack Power* tanpa adanya beban yang diberikan. Sehingga diperoleh nilai Energy optimal tanpa *Driving Resistance* (Maier et al., 2016). Data ini akan dijadikan acuan besaran nilai energy yang tereduksi. Diagram 1.

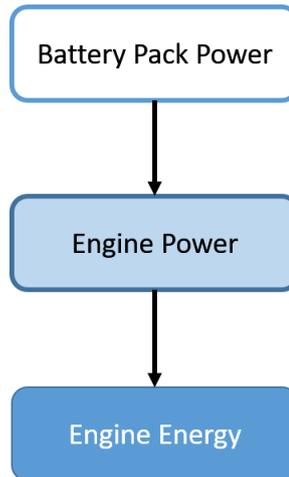


Diagram 1. Skema *Engine Energy* Optimal

Pengumpulan data eksperimen dilakukan dengan penambahan variasi beban berat pada sepeda elektrik. Beban berat sudah termasuk rangka sepeda dan perangkat elektrik seperti motor, kontroler, baterai, kabel dan lain-lain. Penambahan berat diavariasikan antara 50, 70, 90, 110 kg. kemudian data eksperimen energy akan dibandingkan dengan teori energy optimal dengan menggunakan persamaan linier motion, sehingga diperoleh nilai persen koreksi (T. D. Gillespie, n.d.);

$$Z = m \cdot g \left(f_R + \sin(\alpha) + \lambda \cdot \frac{\ddot{x}}{g} \right) + \frac{\rho}{2} \cdot c_w \cdot A_q \cdot (\dot{x} \pm \dot{x}_w)^2 \dots\dots\dots (1)$$

Persamaan (1) – menunjukan driving resistance dan air drag – tergantung massa m dari sepeda elektrik, pengendara dan percepatan gravitasi g . gaya penghambat putar disimbolkan dengan koefisien f_R . untuk menemukan penghambat tanjakan dan kenaikan jalan α . pada hambatan percepatan koefisien rotasi inersia λ , untuk hambatan udara digunakan fungsi kerapatan udara ρ , area luasan dimensi A_q dan koefisien aerodynamic drag C_w . kecepatan angin \dot{x}_w , kecepatan sepeda elektrik \dot{x} . Z dapat diinterpretasikan sebagai gaya yang mengalami driving resistance. Dengan mengintegrasikan jarak perjalanan maka akan ditemukan nilai teori optimal energy. Parameter dari persamaan (1) ditunjukkan pada Tabel 1. (Wilson, n.d.).

Tabel 1. Parameter

Symbol	Quantity	Value Min.	Value	Value Max.	Unit
--------	----------	------------	-------	------------	------

f_R	Rolling resistance coefficient	0.001	0.002	0.003	-
C_W	Air drag coefficient	1.0	1.0	1.0	-
λ	Rotational Inertia coefficient	1.01	1.03	1.05	-
A_q	Reference area	0.7	0.45	0.3	m ²
ρ	Air density	1.27	1.2	1.1	Kgm ⁻³

Pebandingan antara data energy hasil eksperimen dengan data energy hasil perhitungan matematis secara teoritis, ditunjukkan pada skema perbandingan energy. Diagram 2.

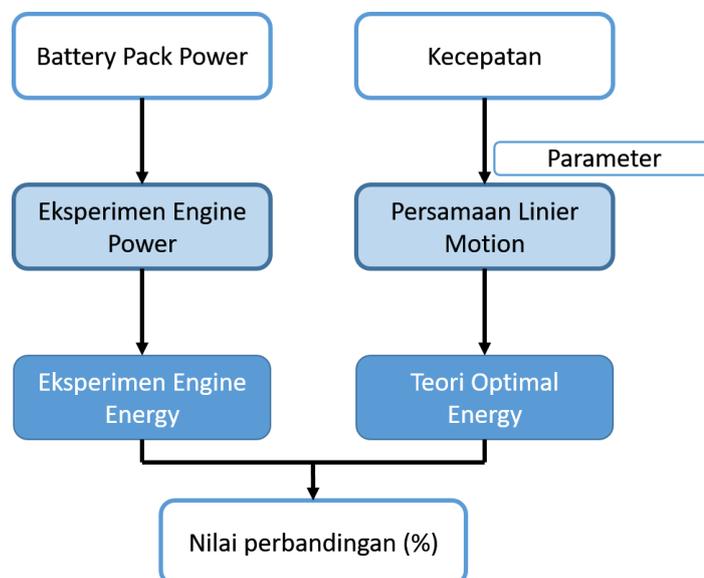


Diagram 2. Skema Perbandingan Energy

Setelah ditemukan data energy hasil eksperimen, selanjutnya dilakukan proses perhitungan efisiensi. Data efisiensi sangat penting untuk mengetahui sebaik dan seefisien apa system sepeda listrik yang sudah dibangun. Efisiensi energy dicari dengan persamaan berikut;

$$\eta = \frac{E_{sp}}{E_{bt}} \cdot 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Diketahui bahwa η adalah nilai efisiensi, E_{sp} adalah energy yang dihasilkan sepeda elektrik, kemudian E_{bt} adalah energy baterai yang diserap (Trisnaningtyas & Sutantra, 2012).

Prosedur Penelitian Pengaruh Beban pada Konsumsi *Lithium-batteries*

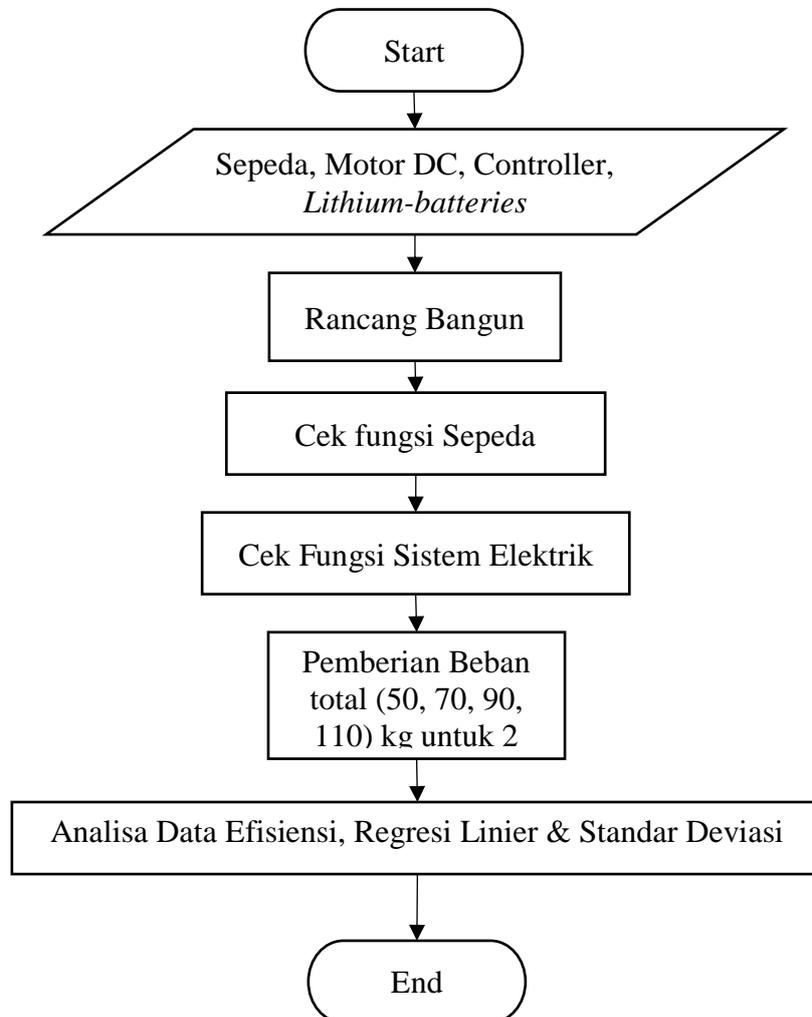


Diagram 3. Diagram Alir Penelitian Pengaruh Beban pada Konsumsi *Lithium-batteries*

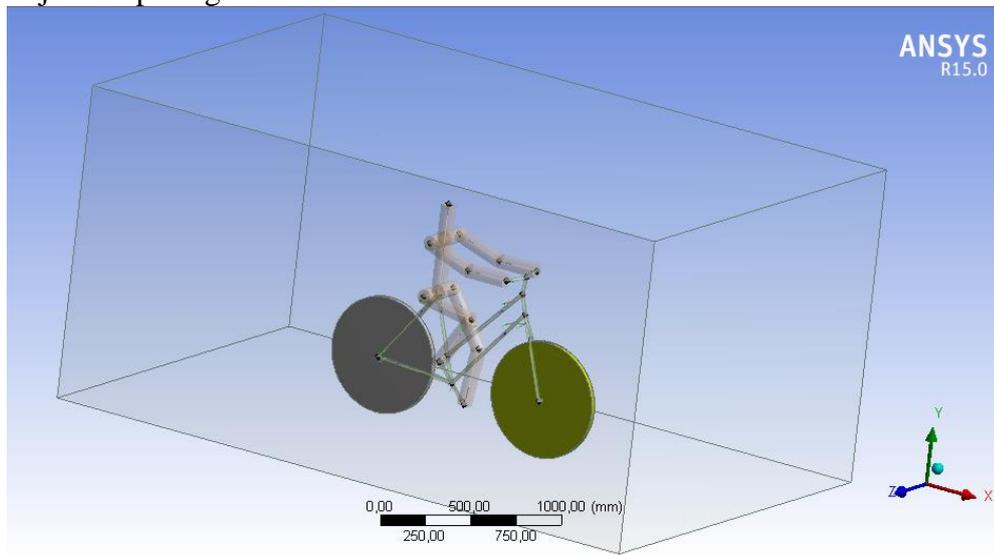
Proses rancang bangun dan penelitian sepeda elektrik ditunjukkan pada diagram alir (Diagram 3.). Bahan yang digunakan adalah Sepeda, Motor DC, Controller, Lithium-batteries. Lalu dilakukan proses rancang bangun. Lalu dilakukan cek fungsi pada mekanik sepeda dan system elektrik. Proses pengujian dengan pembebanan (50, 70. 90, 110) kg sejauh 2 km. collecting data dilakukan secara numeric dengan menggunakan sensor kecepatan yang diproses pada controller dan diaktiasi pada motor hub. Untuk mendapatkan data kapasitas baterai yang terpakai digunakan power controller yang terdapat pada modul controller.

Analisa data dilakukan dengan cara membandingkan antara perhitungan secara analytic dan numeric. Nilai data analytic dicari dengan persamaan efisiensi energy, maka akan diperoleh nilai dan grafik yang tepat sebagai pembandingan. Data numeric diperoleh dari pengumpulan data dengan parameter yang berpengaruh. Kemudian data diolah secara komputasi numeric. Penelitian dilakukan pengulangan tiga kali. Sehingga memenuhi syarat analisa untuk metode analisa standart deviasi dan standart error.

HASIL DAN PEMBAHASAN

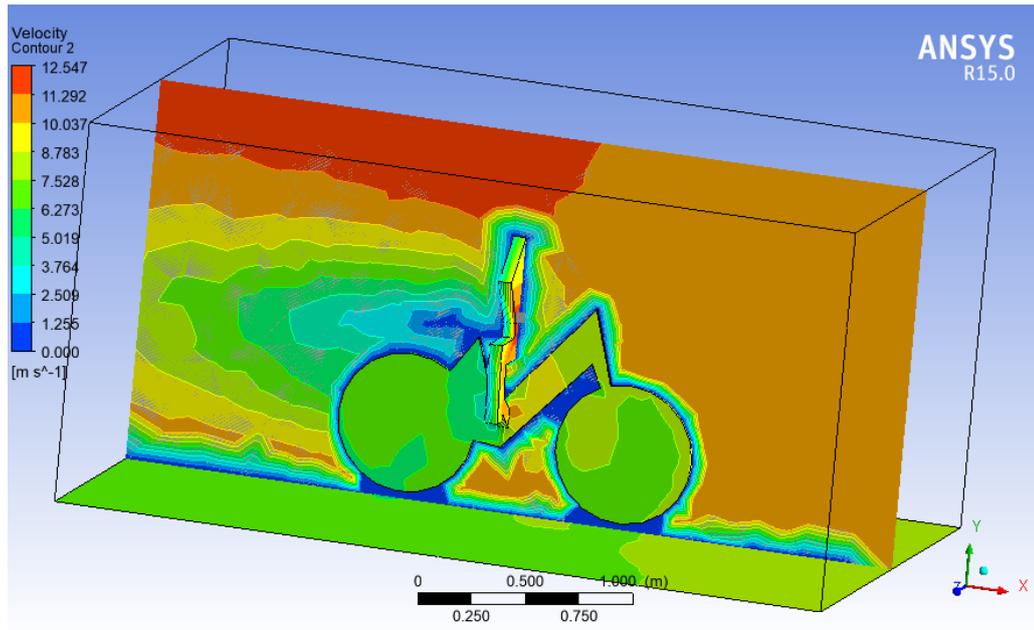
Teoritis pendekatan Ansys Workbench

Langkah pertama yang dilakukan adalah membuat Geometri sepeda sesuai dengan spesifikasi sepeda yang digunakan. Type sepeda yang kami gunakan adalah Polygon Sierra Oosten 26. (polygonbikes.com). Data referensi untuk model Antropometri manusia atau pengendara, digunakan data dari (antropometriindonesia.org). sehingga model dapat dibuat sebagaimana ditunjukkan pada gambar 1.



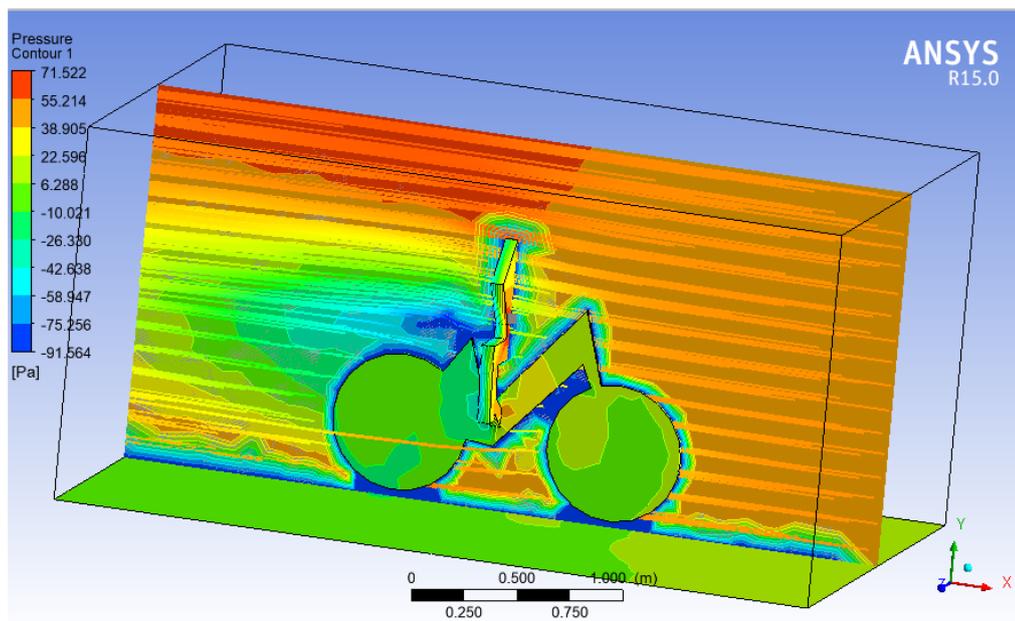
Gambar 1. Geometri Sepedah dan Pengendara pada Penelitian

Drag energy akan diperoleh menggunakan persamaan 1, dengan parameter pada table 1. Kecepatan rata-rata yang digunakan 40 km/jam. Nilai kecepatan yang digunakan merupakan nilai kecepatan maksimal motor dengan bantuan throtel saja. Sedangkan nilai kecepatan maksimal sepeda saat dikayuh akan lebih tinggi. Dari parameter diatas didapatkan hasil yang cukup kompleks pada kecepatan angin ditunjukkan gambar 2. perhitungan dilakukan dengan Ansys Workbench menggunakan 200X iterasi.



Gambar 2. Conture Kecepatan angina pada lingkungan pengendara

Pada gambar menunjukkan bahwa nilai kecepatan angin berkisar antara 0-12.547 m/s. kecepatan ini adalah kecepatan maksimal pada system yang menjadi dasar bagi drag resistance. Dengan kecepatan maksimal yang bisa dilakukan oleh motor DC, dapat diasumsikan bahwa nilai Drag resistance juga pada nilai maksimal.



Gambar 3. Conture dan Streamline Tekanan pada pengendara

Nilai tekanan pada perhitungan menunjukkan nilai tertinggi pada 71.522 Pascal, dapat diamati pada gambar 3. Dengan memasukkan nilai berat pengendara (W) dan menambahkan nilai Drag Resistance berdasarkan nilai tekanan maksimum, maka dapat ditentukan nilai total gaya yang dibutuhkan pengendara melakukan perjalanan dengan kecepatan rata-rata 40 Km/jam. Dengan memasukkan nilai berat pengendara dan sepeda pada persamaan 1. Dengan nilai Energy Baterai 1.935.360 watt second. Dapat diperoleh nilai pada table 2. Berikut;

Tabel 2. Data Teoritis.

Berat Pengendara (kg)	Berat sepeda (kg)	Gaya Total (Newton)	Energy (Watt.)*	Baterai Energy (%)
50	20	141	141×10^3	7.2
70	20	161	161×10^3	8.3
90	20	181	181×10^3	9.3
110	20	201	201×10^3	10.3

*Newton meter = watt second (untuk setiap 1000 meter)

Hasil Eksperimen dan Analisa

Berikut disajikan data hasil eksperimen dengan menggunakan variasi berat pengendara 50, 70, 90, 110 (kg). dilakukan dengan rancang bangun sepeda elektrik yang ditunjukkan pada Gambar 4. berikut.



Gambar 4. Rancang Bangun Sepedah Elektrik

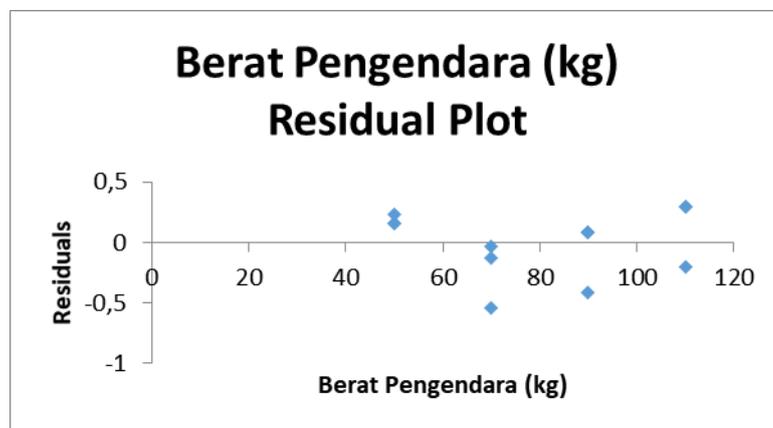
Data hasil eksperimen disajikan pada Tabel 3. Dengan keterangan variasi berat, jarak tempuh, Nilai energy yang digunakan dalam satuan watt. Setiap variasi dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali. Dengan nilai Energy Baterai 1.935.360 watt second.

Tabel 3. Data Eksperimen

Berat Pengendara (kg)	Berat sepeda (kg)	Baterai Energy (%)
50	20	2.50
50		2.50
50		2.58
70	20	2.59
70		3.10
70		3.00
90	20	4.00
90		3.50
90		4.00
110	20	4.50
110		5.00
110		5.00

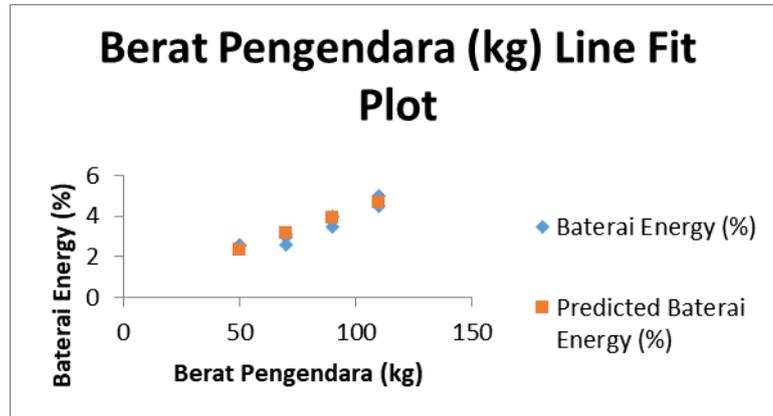
Pembahasan

Dari data Tabel 3. Dilakukan analisa menggunakan Standart deviasi, untuk mengetahui nilai simpangan datanya. Untuk variasi 50, 70, 90, 110 kg berurutan mendapatkan nilai Standart Deviasi sebagai berikut: 0,046188022, 0,288675135, 0,288675135, 0,288675135. Seluruh hasil analisa menunjukkan simpangan kurang dari 1, dan memberikan pembuktian bahwa data yang diperoleh cukup valid. Selain dengan metode Standart Deviasi, juga dilakukan analisa regresi linier karena trend dari data merupakan data linier. Gambar 5. menunjukkan residual plot berat pengendara terhadap Energi yang digunakan setiap 1000 meter. Nilai residual plot menunjukkan kurang dari 1. Memberikan gambaran penyajian data cukup valid.



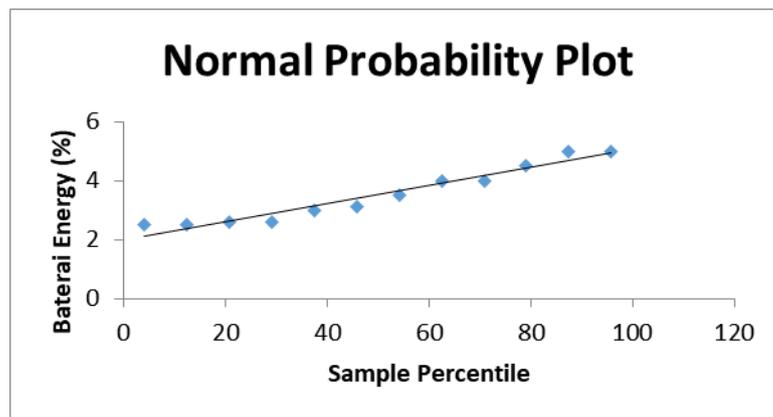
Gambar 5. menunjukkan residual plot

Grafik *line fit plot* menunjukkan bahwa nilai konsumsi energi pada baterai dapat diprediksikan berdasarkan data sampel yang ada. Jika dilihat pada grafik nilai prediksi cukup dekat dengan nilai eksperimen. Seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Line Fit Plot

Grafik Normal *Probability* menunjukkan trenline data yang linier antara bertambahnya berat pengendara terhadap bertambahnya konsumsi energi baterai. Sangat sesuai dengan prediksi awal dan juga dalam teori. Seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Normal Probability Plot dan Trendline.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah telah dilakukan rancang bangun sepeda elektrik dan menganalisa pengaruh pemberian berat beban yang berbeda terhadap efisiensi Lithium-Battery pada sepeda elektrik. Terbukti bahwa semakin besar berat pengendara akan menurunkan nilai efisiensi baterai secara linier. Nilai konsumsi pada perhitungan dengan *software Ansys workbench* tampak memiliki efisiensi energi lebih kecil jika dibandingkan dengan eksperimen. Hal ini terjadi karena, penggunaan parameter optimal pada perhitungan dengan full throtel tanpa bantuan kayuhan manusia.

SARAN

Saran dari penelitian ini adalah akan jauh lebih baik jika perhitungan secara teoritis dilakukan menggunakan MATLAB dengan metode Numerik.

DAFTAR RUJUKAN

- Huda, N., & Khamami, F. (2017). Modifikasi Sistem Kendali Sepeda Listrik, 1(1), 30–35.
- Joumard, R., Jost, P., Hickman, J., & Hassel, D. (1995). Hot passenger car emissions modelling as a function of instantaneous speed and acceleration. *Science of the Total Environment*, 169(1–3), 167–174. Retrieved from [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(95\)04645-H](https://doi.org/10.1016/0048-9697(95)04645-H)
- Katoch, S., Rahul, & Bindal, R. K. (2019). Design and implementation of smart electric bike eco-friendly. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8(6 Special Issue 4), 965–967. Retrieved from <https://doi.org/10.35940/ijitee.F1197.0486S419>
- Maier, O., Krause, M., Krauth, S., Langer, N., Pascher, P., & Wrede, J. (2016). Potential benefit of regenerative braking on electric bicycles. *IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, AIM*, 2016-Septe, 1417–1423. Retrieved from <https://doi.org/10.1109/AIM.2016.7576969>
- Majumdar, D., Majumder, A., & Jash, T. (2016). Performance of Low Speed Electric Two-wheelers in the Urban Traffic Conditions: A Case Study in Kolkata. *Energy Procedia*, 90(December 2015), 238–244. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.11.190>
- Pareza, S., & Lapisa, R. (2020). Build Design Of Electric Bike As Energy Efficient Transportation Rancang Bangun Sepeda Listrik Sebagai Transportasi Hemat Energi, 65–72.
- Salmeron-Manzano, E., & Manzano-Agugliaro, F. (2018). The electric bicycle: Worldwide research trends. *Energies*, 11(7), 1–16. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/en11071894>
- T. D. Gillespie. (n.d.). “Road Loads,” in *Fundamentals of Vehicle Dynamics*, 1th ed. Warrendale, United States of America.
- Toll, B. M. (2017). The Ultimate Do-It- Yourself Ebike Guide A step-by-step guide for your first ebike.
- Trisnaningtyas, A. B., & Sutantra, I. N. (2012). Pengembangan Model Regenerative Brake pada Sepeda Listrik untuk Menambah Jarak Tempuh dengan Variasi Kecepatan. *Jurnal Teknik Pomits*, 1(2), 1–7. Retrieved from <http://infoindonesia.wordpress.com/2008/05/29/sepeda-dan-mobil-listrik->
- Weinert, J. X., Chaktan, M., Yang, X., & Cherry, C. R. (2007). Electric two-wheelers in China: Effect on travel behavior, mode shift, and user safety perceptions in a medium-sized city. *Transportation Research Record*, (2038), 62–68. Retrieved from <https://doi.org/10.3141/2038-08>
- Wilson, D. G. (n.d.). “Some bicycle physics” in *Bicycle Science*, 3th ed. MIT Press, United States of America.