

Analisis Sistem Mekanik Beserta Unjuk Kerja Sepeda Listrik dengan Metode *Reverse Engineering* sebagai Sarana Transportasi Ramah Lingkungan

Rolan Siregar^{a,*}, Herbert Hasudungan Siahaan^b, Alvi Akhsan Maulana^a, Hafizh Guntur Jabbaruladli^a

^aProgram Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Darma Persada
Alamat Jl. Taman Malaka Selatan, Kec. Duren Sawit, Kota Jakarta Timur, DKI Jakarta 13450

^bProgram Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mpu Tantular
Alamat Jl. Cipinang Besar 1, Kec. Jatinegara, Kota Jakarta Timur DKI Jakarta 13410

*E-mail: rolanregar@gmail.com

Abstract

At this time the main problem of transportation is pollution and the availability of fossil fuels. So that vehicles that use fuel oil began to be replaced with electric vehicles. Indonesia is one of the countries taking part in the development of electric vehicles. But the problem is the high market competition with imported products from abroad. Therefore, it is hoped that there will be a role for researchers to publish the results of their thoughts related to the electric vehicle manufacturing process. It is hoped that these publications can be easily accessed by domestic practitioners to make domestic products. So, in this study the design of electric bicycle vehicles was carried out. This design will have a major contribution in increasing the manufacture of domestic products. So that the independence of the nation can be fulfilled by reducing dependence on foreign products. The main objectives of this research are to determine the ideal and ergonomic design concept according to Indonesian users, to calculate the component specifications needed to assemble an electric bicycle, to manufacture with domestic component materials, to carry out performance tests so that the performance of the product can be determined. This research method was carried out by reverse engineering, namely by observing and developing existing products. In general, the performance test results show results that meet expectations, namely the distance of up to 43 km in one drive cycle. So that with this research it is hoped that it can be used by all interested parties to increase the production of domestic products.

Keywords: battery; electric bicycle; electric motorcycle; green vehicle; transportation

Abstrak

Pokok permasalahan transportasi saat ini adalah polusi dan ketersediaan bahan bakar fosil. Sehingga kendaraan yang menggunakan bahan bakar minyak mulai diganti dengan kendaraan listrik. Indonesia merupakan salah satu negara yang mengambil bagian dalam pengembangan kendaraan listrik. Namun yang menjadi masalah adalah tingginya persaingan pasar dengan adanya produk import dari luar negeri. Maka dari itu, diharapkan adanya peranan peneliti untuk mempublikasikan hasil pemikirannya berkaitan dengan proses manufaktur kendaraan listrik. Dengan harapan publikasi tersebut dapat diakses dengan mudah oleh praktisi dalam negeri untuk menciptakan produk lokal. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan rancangbangun salah satu kendaraan listrik yaitu sepeda listrik. Rancangbangun ini akan memiliki kontribusi besar dalam peningkatan pembuatan produk dalam negeri. Sehingga kemandirian bangsa mulai dapat terpenuhi dengan mengurangi ketergantungan produk luar negeri. Tujuan utama dalam penelitian ini adalah menentukan konsep desain yang ideal dan ergonomis sesuai pengguna masyarakat Indonesia, menghitung spesifikasi komponen yang dibutuhkan untuk merakit sepeda listrik, melakukan pabrikan dengan bahan komponen dalam negeri, melakukan uji unjuk kerja sehingga dapat diketahui performa produk tersebut. Metode penelitian ini dilakukan dengan *reverse engineering* yaitu dengan pengamatan dan pengembangan dari produk yang sudah ada. Secara umum hasil pengujian unjuk kerja menampilkan hasil yang sesuai ekspektasi, yaitu jarak tempuh mencapai 43 km dalam satu siklus *drive*. Sehingga dengan adanya riset ini diharapkan dapat digunakan oleh semua pihak berkepentingan untuk peningkatan produksi barang dalam negeri.

Kata kunci: baterai; motor listrik; sepeda listrik; ramah lingkungan transportasi,

1. Pendahuluan

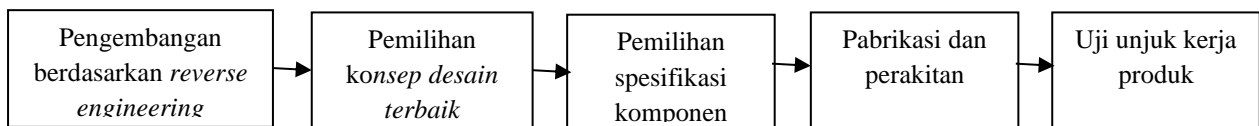
Pertumbuhan industri dibidang otomotif semakin meningkat dimana jumlah kendaran bermotor di Indonesia sudah mendekati 147 juta unit pada tahun 2023[1]. Sumber tenaga kendaraan bermotor tersebut adalah bahan bakar minyak yang sumber energinya sudah semakin terbatas. Selain itu dampak buruk yang ditimbulkan adalah emisi yang dapat meningkatkan polusi udara dan hal ini otomatis mengganggu kesehatan masyarakat. Menurut survei, konsumsi BBM di Indonesia sudah tidak bisa melebihi tahun 2025, karena diperkirakan empat tahun dari sekarang, penyediaan BBM hanya

bisa mencapai 657,092 juta barel, sedangkan kebutuhan penggunaan BBM bisa mencapai 719,048 juta barel [2]. Polusi udara adalah masuknya polutan ke lingkungan udara sehingga kotor yang dapat menimbulkan penyakit pada saluran pernapasan, menurut data Green Peace Indonesia, 2018[3], bahwa salah satu kota di Indonesia yaitu kota Jakarta merupakan salah satu kota paling tercemar di Asia Tenggara. Polusi udara yang mengandung PM 2.5 mengakibatkan peningkatan resiko penyakit pernapasan dan rata-rata harapan hidup global menurun 1,8 tahun karena polusi udara. Karena berbagai faktor masalah tersebut maka solusi terbaik adalah dengan beralih menjadi kendaraan listrik. Sebagai tantangan dalam peralihan ini adalah kecepatan pengembangan kendaraan listrik dari luar negeri sangat pesat, sehingga perlu diimbangi oleh peneliti dalam negeri untuk menciptakan metode yang efisien dalam pembuatan produk local[4,5]. Maka pada penelitian ini ditampilkan tahapan-tahapan dalam produksi kendaraan listrik yaitu rancang bangun sepeda listrik dengan tahapan yang mudah untuk diadopsi. Rancang bangun dilakukan dengan metode reverse engineering yang dapat diartikan sebagai proses penemuan prinsip-prinsip teknologi dari suatu perangkat, objek, atau sistem melalui analisis strukturnya, fungsinya, dan cara kerjanya(Wikipedia) [6,7].

Sepeda listrik merupakan kendaraan yang memiliki pedal dayung sekaligus motor listrik sebagai penggeraknya, di mana penggerak manual atau motor listrik dapat digunakan secara bergantian. Apabila menggunakan motor listrik saja maka sumber tenaganya berasal dari baterai yang memiliki tegangan dan arus yang cukup[8]. Karena penggunaan sepeda listrik ini relatif sederhana maka hal ini dapat efektif menjadi transportasi berbagai kalangan untuk jarak dekat sehingga lebih ramah lingkungan baik dari kebisingan, polusi, dan konsumsi BBM[9,10]. Pada penelitian yang telah banyak dilakukan dalam rancang bangun sepeda listrik dari sisi mekanik adalah bagian frame dan elemen mekanik lainnya[11-13]. Maka sebagai *state of the art* penelitian ini adalah perancangan frame dengan pendekatan RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*) untuk mendapat model yang ergonomis untuk pengguna Indonesia. Tujuan penelitian ini adalah menentukan konsep desain yang ideal dan ergonomic sesuai pengguna masyarakat Indonesia, menghitung spesifikasi komponen yang dibutuhkan untuk merakit sepeda listrik, melakukan pabrikan dengan bahan komponen dalam negeri, melakukan uji unjuk kerja sehingga dapat diketahui performa produk tersebut. Diharapkan penelitian ini dapat menghasilkan rancangan sepeda listrik yang optimal dan ramah lingkungan.

2. Material dan metode penelitian





Untuk memperoleh sepeda motor listrik yang optimal perlu dilakukan beberapa pertimbangan yaitu pemilihan konsep desain terbaik dan pemilihan komponen penyusun. Konsep desain terbaik dapat diperoleh dengan membuat beberapa alternatif sketsa desain, dan komponen penyusun diutamakan memiliki tingkat komponen dalam negeri yang tinggi. Pada Gambar 1 berikut ini dibuat tahapan utama penelitian secara sistematis untuk mencapai tujuan.



Gambar 1. Skematik tahapan utama rancangan

Diawali dari studi literatur pengembangan produk berdasarkan reverse engineering. *Reverse engineering* adalah proses penemuan prinsip-prinsip teknologi dari suatu perangkat, objek, atau sistem melalui analisis strukturnya, fungsinya, dan cara kerjanya. Kemudian dilanjutkan dengan pemilihan konsep desain terbaik. Pemilihan konsep desain dilakukan dengan tahapan kuesioner ke beberapa calon pengguna untuk mendapatkan gambaran konsep desain yang diminati pasar. Selanjutnya gambaran konsep desain tersebut dibuat perhitungan pemilihan bahan dan proses untuk mendapatkan konsep desain terbaik (Tabel 1).

Tabel 1. Metode pemilihan konsep desain terbaik

Item	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
Model				
Harga bahan (30%)	2 (0,6)	1 (0,3)	2(0,6)	1 (0,3)
Manufaktur (40%)	2 (0,8)	3 (1,2)	2(0,8)	1(0,4)
Maintenance (10%)	2(0,2)	2(0,2)	2(0,2)	2(0,2)
Estetika (20%)	3(0,6)	1(0,2)	1(0,2)	3(0,6)
Score	9 (2,2)	7(1,9)	7(1,8)	7(1,5)

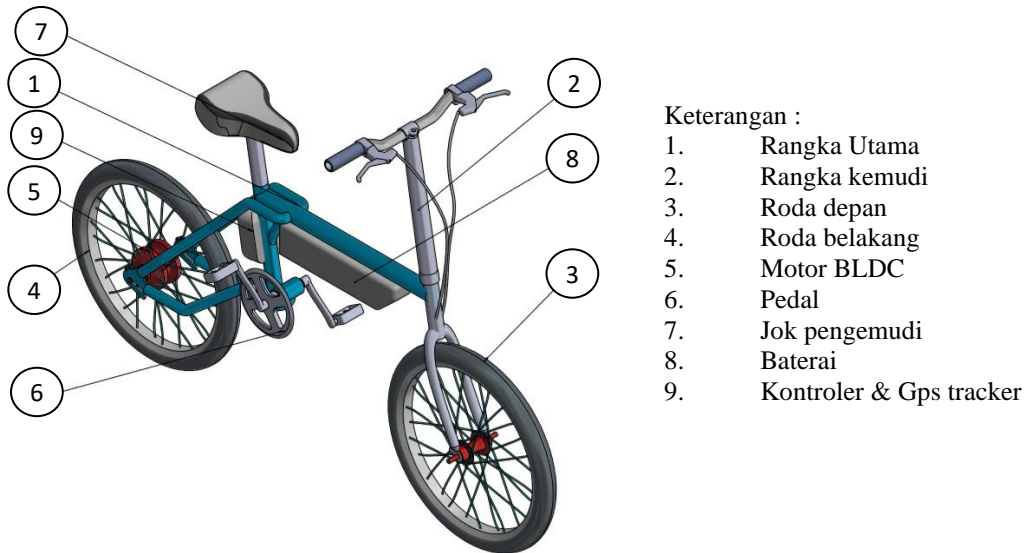
Keterangan: 1 = Mahal / Kurang Baik / Sulit ; 2 = Cukup Mahal / Baik / Sedang ; 3 = Murah / Sangat Baik / Mudah

Maka berdasarkan kriteria perhitungan produk dapat diambil kesimpulan bahwa yang lebih menguntungkan untuk dikerjakan adalah Sepeda model 1.

Pemilihan spesifikasi komponen dilakukan dengan perhitungan dan simulasi. Beberapa komponen utama dilakukan perhitungan seperti pemilihan daya motor listrik yang dibutuhkan, baterai yang sesuai, rantai, dan kekuatan frame. Persamaan yang digunakan tidak ditampilkan dalam artikel ini namun dapat dikonfirmasi kepada koresponding author.

3. Hasil dan Pembahasan

Dari beberapa sketsa desain yang telah dibuat maka diperoleh satu rancangan terbaik dengan pertimbangan melalui perhitungan bahan dan proses. Hasil rancangan yang dipilih dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.

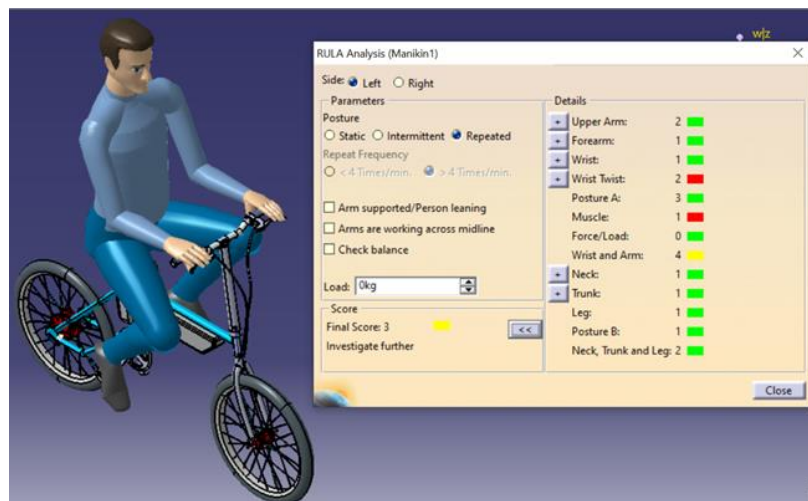


Gambar 2. Hasil desain sepeda listrik

Untuk mendaparkan spesifikasi komponen dan geometri sepeda listrik ini dapat dilakukan dengan perhitungan analitik ataupun simulasi.

3.1. Hasil Analisa Simulasi RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*)

Analisis geometri sepeda supaya lebih ergonomis dapat dilakukan dengan simulasi *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) menggunakan software CATIA. Adapun hasil simulasi RULA dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Hasil simulasi RULA

Dengan begitu *range* dan warna yang ada pada tampilan hasil simulasi RULA tersebut dapat diartikan sebagaimana ditampilkan pada Tabel 2 dibawah ini.

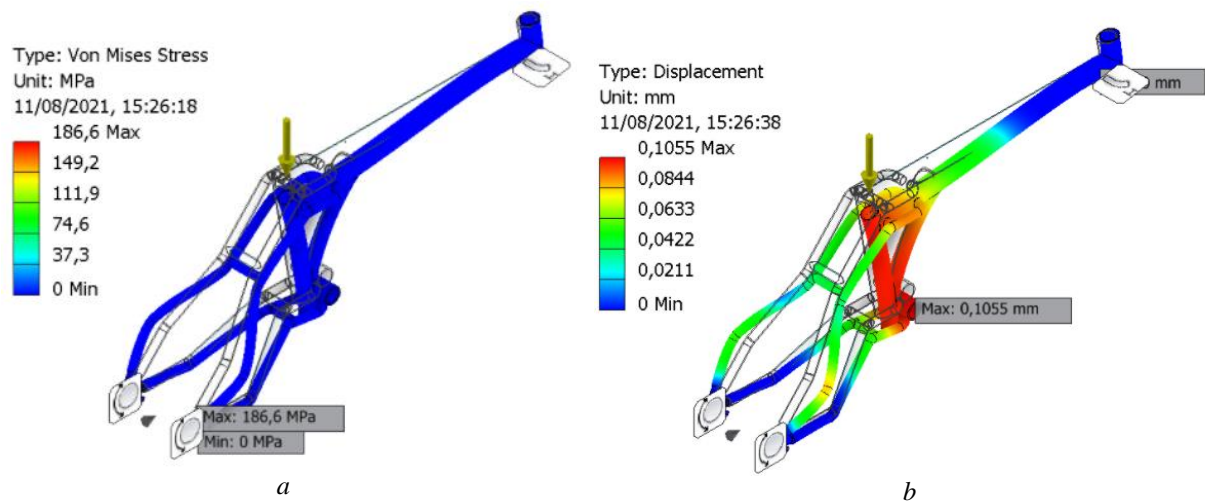
Tabel 2. Range nilai performa berdasarkan simulasi RULA pada software CATIA

Range Nilai	Warna	Nilai performa
1 dan 2	Hijau	<i>Acceptable</i>
3 dan 4	Kuning	<i>Further investigation and change may be required</i>
5 dan 6	Orange	<i>Investigation and changes are required soon</i>
7	Merah	<i>Investigation and change are required immediately</i>

Berdasarkan hasil simulasi menunjukkan rancangan sudah ideal namun perlu dioptimasi kembali supaya lebih optimal. Optimasi disain ini dapat dikembangkan oleh penelitian berikutnya sehingga diperoleh bentuk sepeda yang lebih ergonomis untuk kalangan masyarakat Indonesia.

3.2. Hasil simulasi kekuatan struktur

Simulasi kekuatan struktur dilakukan dengan menggunakan software komersial berbasis metode elemen hingga. Nilai kekuatan struktur dapat dinyatakan dengan nilai *Von Mises Stress* yang artinya suatu ukuran tegangan yang dihasilkan melalui simulasi. Suatu rancangan dikatakan dapat diterima dimana nilai Von Mises Stress tidak lebih dari angka Yield Strength bahan/material yang digunakan. Beban yang diinput dalam simulasi ini adalah beban pengemudi maksimum yaitu 65 kg. Pada Gambar 4 berikut ditampilkan hasil simulasi kekuatan dan lendutan frame pada struktur sepeda.

**Gambar 4.** Kekuatan struktur: a- tegangan; b- displacement

Berdasarkan hasil simulasi dapat dilihat bahwa tegangan Von Mises diperoleh 186,6 MPa (maksimum) yang terjadi pada bagian *anting drop out* sepeda. Sedangkan besar yield strength material yang digunakan *Steel Galvanized 207* MPa. Maka dari itu kekuatan struktur yang digunakan dapat diterima karena tegangan izin lebih besar dari tegangan maksimum (berdasarkan simulasi)[14]. Walau demikian, anting drop out sepeda yang mengalami tegangan maksimum perlu dilakukan modifikasi pada tahapan penelitian selanjutnya supaya menghasilkan safety factor yang lebih tinggi. Secara keseluruhan elemen pada struktur frame sudah berada pada rentang aman.

Pada Gambar 8b adalah kontur lendutan yang terjadi pada struktur frame dengan nilai maksimum adalah 0,1055 mm, angka ini termasuk kategori kecil namun sudah menunjukkan bahwa rancangan yang tidak over material atau kekurangan kekuatan material. Lendutan yang relatif kecil ini menunjukkan hasil rancangan sudah optimal karena elemen frame menunjukkan kerja dengan menahan beban melalui deformasi elastis yang terjadi.

3.3. Kebutuhan daya motor dan torsi untuk menggerakkan sepeda

Untuk mengetahui daya motor listrik diperoleh dengan mengalikan beban total pada sepeda Ft dengan kecepatan v , kecepatan diperoleh dengan rata-rata 5 km/h. sedangkan torsi dapat dihitung dengan mengalikan daya P dengan 60 dan dibagi dengan 2 dikali phi dikali rpm. Pada Tabel 3 berikut ditampilkan hasil daya motor listrik untuk menggerakkan sepeda.

Tabel 3. Kebutuhan daya motor dan torsi untuk menggerakkan sepeda

	Beban total, m (kg)	Daya motor, P (W)	Torsi, T (N.m)
	65	155,7	18,4
	75	175,5	24,3
	85	203,6	35,4
Rata-Rata	75	178,3	26,0

Hasil analitik menunjukkan bahwa daya motor yang dibutuhkan untuk menggerakkan sepeda diperkirakan 178,3 W. Oleh karena itu dibutuhkan spesifikasi motor yang melebihi nilai tersebut sehingga dapat digunakan dalam rancangan ini. Sedangkan torsi yang dibutuhkan adalah 26,0 Nm. Adapun motor listrik yang dipilih untuk dipergunakan adalah BLDC dengan spesifikasi sebagaimana pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Spesifikasi motor listrik yang dipilih

Item	Nilai
Daya	350 Watt
Tegangan	36 Volt
Torsi Motor	35 N.m
Putaran Motor	300 RPM
Efisiensi	81%

Berdasarkan Tabel 4 dapat disimpulkan bahwa daya motor dengan 350 W dan torsi 35 Nm telah memenuhi untuk menggerakkan sepeda sesuai perhitungan pada Tabel 3, karena telah melampaui kebutuhan minimal.

3.4. Pemilihan baterai

Perhitungan baterai yang digunakan untuk memberikan arus ke motor penggerak meliputi perhitungan daya baterai, menghitung lamanya charging pada baterai dan menghitung energi yang dikonsumsi baterai ketika digunakan. Adapun spesifikasi baterai yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Spesifikasi baterai

Nama Data	Nilai
Arus	10,4 Ampere
Tegangan	36 Volt

Perhitungan lama charging adalah dengan membagi daya baterai dengan daya charger. Adapun waktu charger berdasarkan analitik adalah 4,46 jam (266 menit). Setelah pemilihan spesifikasi komponen utama telah selesai dilakukan maka selanjutnya dapat dilakukan pabrikan dan perakitan komponen sepeda.

3.5. Pabrikan dan perakitan sepeda

Setelah diperoleh satu rancangan terbaik sebagaimana yang telah dibahas pada sub bab sebelumnya, maka selanjutnya adalah proses pabrikan sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan. Pabrikan dilakukan pada struktur utama dengan menggunakan bahan local. Pada Gambar 5 berikut ditampilkan hasil pabrikan yang telah dibangun.

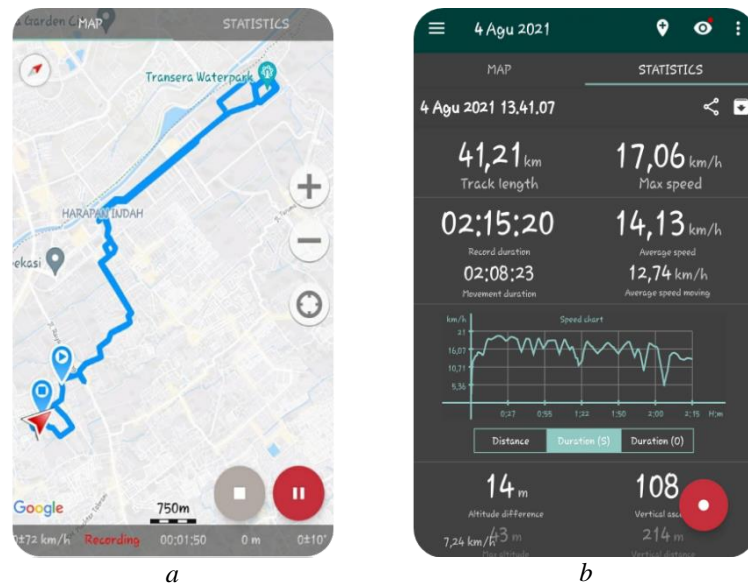


Gambar 5. Hasil pabrikan sepeda listrik

Hasil pabrikan ini selanjutnya dilakukan pengujian berupa jarak tempuh pada satu siklus pengisian baterai.

3.6. Hasil uji jarak tempuh pada satu siklus *drive*

Adapun hasil pengujian jarak tempuh dapat dilakukan pada rute yang telah ditentukan dengan bantuan GPS Tracker yang telah disambungkan ke perangkat android (Geo GPS) untuk mengetahui posisi jalan (tracking) berupa jarak tempuh dan waktu pada saat pengujian (Gambar 6).



Gambar 6. Model rekam data: a- Rute jalan; b- Geo GPS

Sebelum melakukan pengujian harus dipastikan performa sepeda yang optimal dan baterai dalam kondisi penuh. Pengujian jarak tempuh hanya dengan menggunakan motor listrik. Pada saat tenaga baterai habis maka riwayat perjalanan GPS pada smartphone dihentikan dan disimpan. Untuk hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 6 dibawah ini.

Tabel 6. Pengujian Jarak Tempuh dengan penggerak motor listrik

	Beban Total, <i>m</i> (kg)	Jarak, <i>s</i> (km)	Waktu, <i>t</i> (menit)
	65	44,8	169
	75	43,6	160
	85	41,2	135
Rata-rata	75	43	154

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 6 dapat dilihat bahwa rata-rata jarak tempuh sepeda adalah 43 km dalam satu siklus pengisian baterai dengan tanpa menggunakan pedal dayung sepeda (hanya menggunakan motor listrik). Beban total adalah beban sepeda dan pengemudi (tiga orang mahasiswa secara berganti). Pada dasarnya desain kerangka sepeda akan berpengaruh kepada kestabilan gerak sepeda dan kenyamanan berkendara. Dengan hasil rancangan yang telah diperoleh menunjukkan performa yang sudah relatif optimal, sehingga upaya untuk memproduksi sepeda listrik lokal dengan tingkat komponen dalam negeri yang tinggi sudah berpotensi baik. Harapannya penelitian ini dapat dipergunakan oleh setiap pihak berkepentingan untuk dapat ditindaklanjuti berupa riset maju beserta ujicoba produksi untuk komersialisasi. Maka dari itu kemandirian bangsa dapat terjadi dengan cara mengurangi ketergantungan produk luar negeri.

4. Kesimpulan

Sesuai dengan hasil dan pembahasan penelitian maka dapat dibuat beberapa kesimpulan yaitu pemodelan sepeda motor listrik yang terbaik, dapat diperoleh berdasarkan hasil perhitungan bahan dan proses dari beberapa konsep desain yang dibuat. Konsep desain terbaik selanjutnya dilakukan simulasi ergonomis untuk mendapatkan geometri sepeda yang sesuai untuk pengguna. Geometri sepeda yang diperoleh dalam riset ini telah ideal berdasarkan simulasi RULA CATIA. Untuk mengetahui kekuatan struktur dilakukan simulasi tegangan berbasis metode elemen hingga, adapun tegangan maksimum adalah 186,6 MPa dengan tegangan izin material 207 MPa, sehingga rancangan ini telah memenuhi berdasarkan kekuatan struktur. Selanjutnya, simulasi *displacement* diperoleh untuk mengetahui optimasi disain, berdasarkan hasil simulasi tersebut diperoleh *displacement* maksimum sebesar 0,1055 mm. Nilai lendutan ini telah menunjukkan kerja struktur yang baik karena bekerja pada daerah deformasi elastis yang relative kecil. Daya motor listrik minimal yang dibutuhkan untuk menggerakkan sepeda adalah 178,3 W dan torsi minimal yang dibutuhkan adalah 26,0 N.m. Oleh karena itu dipilih spesifikasi motor listrik yang mampu menahan beban minimal tersebut. Adapun spesifikasi motor listrik yang dipilih adalah motor BLDC dengan daya 350 W dan torsi 35 Nm. Selanjutnya baterai yang digunakan untuk memenuhi motor listrik adalah baterai litium dengan spesifikasi aliran arus 10,4 A dengan tegangan 36 V. Berdasarkan hasil analitik bahwa waktu yang dibutuhkan untuk mencharger baterai adalah 4,46 jam atau 266 menit. Perakitan dilakukan sesuai dengan hasil pengembangan desain produk dan diakhiri dengan uji performa. Dari hasil uji unjuk kerja produk diperoleh rata-rata jarak tempuh dalam satu siklus *drive* adalah 43 km dengan lama waktu tempuh sekitar 154 menit.

Secara keseluruhan bahwa hasil rancangan ini menampilkan unjuk kerja yang baik dan sesuai dengan ekspektasi. Oleh karena itu perlu dilakukan tindak lanjut untuk riset maju dan uji coba komersialisasi sehingga peningkatan produk

lokal dapat terpenuhi. Pada akhirnya penelitian ini dapat berkontribusi untuk mendukung kemandirian bangsa dengan mengurangi ketergantungan produk luar negeri.

Tingkat komponen dalam negeri perlu ditingkatkan hingga mencapai 100 persen oleh karena itu dibutuhkan riset berkelanjutan seperti rancang bangun motor listrik, baterai, sistem charger, dan kontroler. Komponen kelistrikan ini masih produk import sehingga dibutuhkan perhatian khusus para peneliti berikutnya.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih ke pada LP2MK beserta jajaran pimpinan Universitas Darma Persada yang telah mendukung penelitian ini berupa pendanaan dan dukungan lainnya sehingga dapat terlaksana dengan baik.

Daftar Pustaka

1. Kurniawan R. Jumlah Kendaraan di Indonesia 147 Juta Unit, 87 Persen Motor [Internet]. otomotif kompas. 2023 [cited 2023 Jun 20]. p. 1. Available from: <https://otomotif.kompas.com/read/2023/02/10/070200315/jumlah-kendaraan-di-indonesia-147-juta-unit-87-persen-motor>
2. Sa'adah AF, Fauzi A, Juanda B. Peramalan penyediaan dan konsumsi bahan bakar minyak Indonesia dengan model sistem dinamik. *J Ekon dan Pembang Indones*. 2017;17(2):2.
3. Indonesia G. Data Terkini Kualitas Udara Kota-kota di Seluruh Dunia [Internet]. 2019 [cited 2023 Jun 20]. Available from: <https://www.greenpeace.org/indonesia/publikasi/2217/data-terkini-kualitas-udara-kota-kota-di-seluruh-dunia/>
4. Djaman LS. Instruksi Presiden Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2022. 2022.
5. Martono H. Buku Pedoman Peningkatan Produk Dalam Negeri (P3DN). Jaka: Kementerian Perindustrian; 2020.
6. DiPierro G, Galvagno E, Mari G, Millo F, Velardocchia M, Perazzo A. A reverse-engineering method for powertrain parameters characterization applied to a p2 plug-in hybrid electric vehicle with automatic transmission. *SAE Int J Adv Curr Pract Mobil*. 2020;3(2020-37-0021):715-30.
7. Adhitya M, Sumarsono DA, Heryana G, Siregar R, Prasetya S, Zainuri F. Development of Electric Vehicle (EV)-bus Chassis with Reverse Engineering Method Using Static Analysis. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2021;2(7-110):15-22.
8. Siregar R. Analisis Konsumsi Daya Sepeda Motor Listrik Tiga Roda Sebagai Pengembangan Awal Kendaraan Ramah Lingkungan Untuk Penyandang Difabel. *JTM-ITI (Jurnal Tek Mesin ITI)*. 2021;5(2):99-108.
9. Nainggolan B, Inaswara F, Pratiwi G, Ramadhan H. Rancang Bangun Sepeda Listrik Menggunakan Panel Surya Sebagai Pengisi Baterai. *J Poli-Teknologi*. 2016;15(3).
10. Satria D, Lusiani R, Haryadi H, Rosyadi I. Analisa Perhitungan Energi Listrik Pada Sepeda Listrik Hybrid. *SINTEK J J Ilm Tek Mesin*. 2017;11(1):9-19.
11. Abagnale C, Cardone M, Iodice P, Marialto R, Strano S, Terzo M, et al. Design and development of an innovative e-bike. *Energy Procedia*. 2016;101:774-81.
12. Matey S, Prajapati DR, Shinde K, Mhaske A, Prabhu A. Design and fabrication of electric bike. *Hand*. 2017;27(250):40.
13. Kazemzadeh K, Ronchi E. From bike to electric bike level-of-service. *Transp Rev*. 2022;42(1):6-31.
14. Rolan S. Perkiraan kekuatan struktur mekanik side scraper dengan metode elemen hingga beserta rekomendasi material pengganti elemen kritis. *ROTASI*. 2019;21(4):251-7.