

APLIKASI CVT PADA SEPEDA MOTOR LISTRIK (SEMOLI) GENERASI 2

Bayu Aji Girawan¹ Nur Akhlis Sarihidaya Laksana² Unggul Satria Jati³

^{1,2,3}Jurusan Rekayasa Mesin dan Industri Pertanian, Program Studi Teknik Mesin

Politeknik Negeri Cilacap

Email: @pnc.ac.id

ABSTRAK

Kendaraan listrik merupakan sarana transportasi yang ramah lingkungan karena tidak menimbulkan polusi udara. Berdasarkan penelitian sebelumnya pada SEMOLI Generasi 1 diketahui bahwa penggunaan transmisi model *sprocket* dan rantai pada sepeda motor listrik menghasilkan kinerja yang kurang optimal ketika digunakan pada jalan mendatar, karena pada jalan datar tidak diperlukan torsi yang besar. Tujuan dari penelitian SEMOLI Generasi 2 ini adalah melakukan eksperimen penggunaan transmisi CVT yang diprediksi mampu memberikan torsi besar ketika kondisi jalan menanjak, dan mampu memberikan kecepatan yang lebih tinggi ketika kondisi jalan mendatar. Tahapan penelitian yang dilakukan secara berturut-turut adalah: melakukan studi, melakukan pemilihan transmisi, perakitan, fabrikasi, desain rangka dan lengan ayun, pengujian, dan penyusunan dokumen. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa penggunaan CVT mampu meningkatkan kecepatan maksimum pada kondisi jalan mendatar maupun menanjak. Peningkatan ini karena CVT mempunyai *range* perbandingan transmisi yang lebar, sehingga mampu mengatasi kondisi jalan menanjak maupun mendatar.

Kata kunci: sepeda motor listrik, transmisi, CVT, konverter torsi

ABSTRACT

Electric vehicles are an environmentally friendly means of transportation because they do not cause air pollution. Based on previously research SEMOLI Generation 1, it is known that the use of a sprocket and chain transmission model on electric motorbikes produces less than optimal performance when used on flat roads, because on flat roads there is no need for large torque. The aim of this SEMOLI Generation 2 research is to conduct experiments using a CVT transmission which is predicted to be able to provide large torque when the road conditions are uphill, and able to provide higher speeds when the road conditions are flat. The research stages carried out successively are: conducting studies, selecting transmissions, assembling, fabricating, designing frames and swing arms, testing, and preparing documents. Based on the test results, it was found that using a CVT was able to increase maximum speed on both horizontal and uphill road conditions. This increase is because CVT has a wide transmission comparison range, so it is able to overcome uphill and horizontal road conditions.

Keywords: electric motor bicycle, transmission, CVT, torque converter

1. Pendahuluan

Rancang bangun sepeda motor listrik sebelumnya telah dilakukan penelitian sebelumnya pada SEMOLI Generation 1 dengan menggunakan penggerak *mid drive* mampu melalui jalan menanjak dengan elevasi 21° dengan kecepatan maksimum 10 km/jam yang ditempuh dalam waktu 10 detik. Sedangkan pada jalan mendatar, kecepatan maksimum yang dicapai adalah 38 km/jam yang ditempuh dalam waktu 5 detik. Dalam penelitian tersebut telah dicoba variasi penggunaan rasio transmisi sprocket depan dengan sprocket belakang. Oleh karena itu, berdasarkan variasi rasio transmisi tersebut adalah kecepatan maksimum pada jalan datar dapat dinaikkan namun imbasnya yaitu kecepatan maksimum pada kondisi jalan menanjak menjadi turun dikarenakan torsi yang dibutuhkan untuk mengatasi kondisi jalan menanjak lebih besar [1].

Berdasarkan penelitian sebelumnya tersebut, maka perlu diadakan eksperimen tentang pengaruh penggunaan transmisi model CVT pada sepeda motor listrik, yang memungkinkan adanya perubahan rasio seiring dengan perubahan putaran. Dengan penggunaan transmisi CVT diprediksi pada saat keadaan jalan menanjak maka torsi besar yang dibutuhkan dapat terpenuhi, sedangkan pada saat jalan mendatar dan tidak membutuhkan torsi yang besar dan dikonversi menjadi putaran roda yang lebih cepat sehingga kecepatannya meningkat.

Beberapa penelitian tentang kendaraan listrik telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya, diantaranya adalah perancangan sepeda motor listrik untuk produksi massal. Penelitian ini dilakukan dengan tahapan pemilihan tipe rangka, pemilihan material, serta desain dan pemodelan rangka menggunakan software ANSYS. Kendaraan tersebut direncanakan akan membawa beban sebesar 90 kg berupa massa penumpang dan 21 kg dari massa baterai. Dari hasil perancangan diperoleh rangka dengan material AISI 4130 dengan diameter 1 inci pada rangka utama, diameter $\frac{3}{4}$ inci pada segitiga depan dan belakang. Dari hasil simulasi terhadap impak diperoleh tegangan maksimal adalah 266,64 MPa, defleksi maksimal sebesar 0,896 mm dan angka keamanan sebesar 1,725. Sedangkan hasil simulasi terhadap tegangan lentur adalah tegangan maksimal sebesar 28,445 MPa, defleksi maksimal 0,1812 dan angka keamanan sebesar 15 [2].

Rancang bangun sepeda listrik sebagai alat transportasi hemat energi telah dilakukan. Sepeda listrik ini direncanakan berpenggerak motor listrik dengan bantuan pedal. Bentuk dasar dari sepeda listrik ini berasal

dari sepeda biasa yang dimodifikasi sedemikian rupa dengan menambahkan motor listrik DC 24 Volt 250 Watt, dan baterai sistem 24 Volt 12 Ampere. Pengujian dilakukan dengan variasi beban sebesar 78, 83, dan 88 kg. Dari hasil pengujian diperoleh kecepatan rata-rata sepeda listrik dengan beban 78 kg adalah sebesar 4,94 m/s, beban 83 kg adalah sebesar 4,59 m/s, dan beban 88 adalah 4,25 m/s [3].

Perancangan sepeda listrik menggunakan motor BLDC untuk area perumahan telah dilakukan. Sepeda listrik ini menggunakan hub motor BLDC pada roda depan. Bentuk dasar yang digunakan adalah sebuah sepeda listrik yang dimodifikasi dengan penambahan motor listrik BLDC model hub pada roda depan. Tahapan yang dilakukan adalah berupa pemasangan motor listrik BLDC pada roda depan, pemasangan baterai dan kontroler, pemasangan akselerator dan rem, dan pengkabelan. Dari hasil perancangan dipilih motor listrik BLDC 48 Volt 350 Watt dengan bantuan *pedal assist* sensor. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sepeda listrik mampu mencapai kecepatan rata-rata 38,7 km/jam [4].

Sebuah desain sepeda motor listrik untuk mobilitas masyarakat perkotaan telah dilakukan. Metode yang dilakukan dalam melakukan desain adalah dengan cara pengumpulan data secara kualitatif yang didukung dengan data kuantitatif. Hasil data tersebut dianalisa bentuk, ergonomi, material, warna, dan antropometri. Hasilnya menjadi konsep awal alternatif desain yang selanjutnya dikembangkan menjadi final desain. Hasil dari desain adalah berupa pemilihan bentuk moped karena moped mempunyai jok rendah dengan ergonomi yang nyaman sehingga cocok untuk mobilitas masyarakat perkotaan.

Adapun bentuk rangka yang sesuai adalah *back bone* yang banyak diaplikasikan pada sepeda motor jenis bebek dan skuter. Untuk material rangka, material yang dipilih adalah besi, aluminium dan *stainless steel*. Sedangkan dari segi antropometri dihasilkan dimensi lebar tempat duduk 45,13 cm, tinggi tempat duduk dari injakan kaki 33,55 cm, tinggi tempat duduk 85,15 cm, dan kemiringan tempat duduk 15° [5].

Sebuah studi tentang pengujian sepeda motor listrik 3 kW telah dilakukan. Sepeda motor listrik tersebut berpenggerak motor listrik DC tanpa bantuan pedal kayuh. Penelitian ini merupakan studi eksperimental dengan melakukan uji jalan sepeda motor listrik 3 kW pada jalan mendatar dan menanjak, dengan tujuan mengetahui konsumsi daya pada beberapa tingkat kecepatan. Spesifikasi sepeda motor listrik tersebut adalah

menggunakan motor listrik BLDC 48 Volt 3000 Watt, kontroler 48 Volt, dan baterai 48 Volt 30 Ah. Dari hasil pengujian diperoleh konsumsi daya pada kecepatan 15 km/jam adalah sebesar 500,76 Watt, pada kecepatan 30 km/jam adalah sebesar 841,75 Watt, dan pada kecepatan 45 km/jam adalah sebesar 1287,4 Watt pada jalan mendatar. Sedangkan pada jalan menanjak dengan variasi kecepatan yang sama secara berturut-turut dibutuhkan daya sebesar 879,4 Watt, 1141,9 Watt, dan 1593,9 Watt [6].

Continuously Variabel Transmission atau yang sering disebut dengan CVT atau *autommmatic trasmission*, transmisi jenis ini tidak perlu dilakukan perpindahan kecepatan secara manual atau dengan tuas pemindah. Prinsip kerja yang digunakan dari CVT adalah dengan gaya berat sentrifugal dengan mengendalikan dari kecepatan dan torsi yang terjadi karena efek dari rasio perubahan sabuk pada puli primer dan sekunder [7]. Pada penelitaian sebelumnya, Liu dkk telah melakukan improvisasi pada transmisi jenis CVT untuk menghasilkan efisiensi pada transmisi sampai mencapai 8,92% dan konsumsi bahan bakar 4,9% [8]. Metode yang digunakan adalah dengan membuat ulang persamaan CVT yang selanjutnya dilakukan simulasi dengan MATLAB. Selanjutnya hasil simulasi diterapkan pada alat uji coba kemudian dilakukan analisis.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental, yang pelaksanaannya secara garis besar dapat dilihat pada diagram alir Gambar 1.



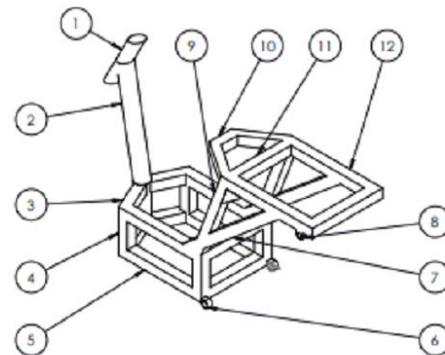
Gambar 1. Diagram alir penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Desain Rangka dan Pembuatan

Rangka pada Semoli Generasi 2 ini sedikit berbeda dengan Semoli Generasi 1 karena sistem transmisi yang digunakan pada Semoli Generasi 1 menggunakan rantai dan *sprocket*, sedangkan pada Semoli Generasi 2 menggunakan CVT. Transmisi CVT

ini mempunyai tipe lengan ayun yang berbeda dimana pada satu sisi lengan ayun terdapat blok CVT yang mempunyai dudukan *shock absorber*. Desain yang dibuat untuk Semoli Generasi 2 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain rangka Semoli Gen 2

Setelah desain rangka selesai dibuat, tahap selanjutnya adalah proses pembuatan rangka. Proses pembuatan rangka diawali dengan pemotongan material berupa besi hollow 30 mm x 30 mm, kemudian penyambungan menggunakan pengelasan.



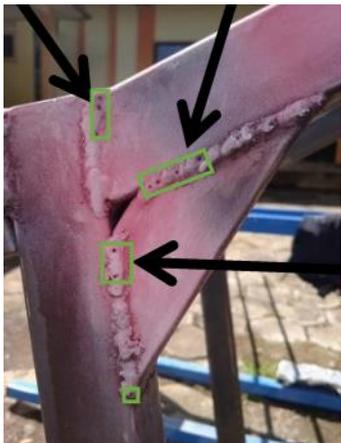
Gambar 3. Pemotongan material

Jenis las yang digunakan untuk proses penyambungan adalah las SMAW. Proses pengelasan untuk pembuatan rangka dilakukan menggunakan bantuan *jig and fixture*.



Gambar 4. Jig and fixture

Setelah proses pembuatan rangka selesai, proses selanjutnya dilakukan pengujian *non destructive test* (NDT) untuk melihat apakah ada porositas terhadap hasil pengelasan.



Gambar 5. *Non destructive test*

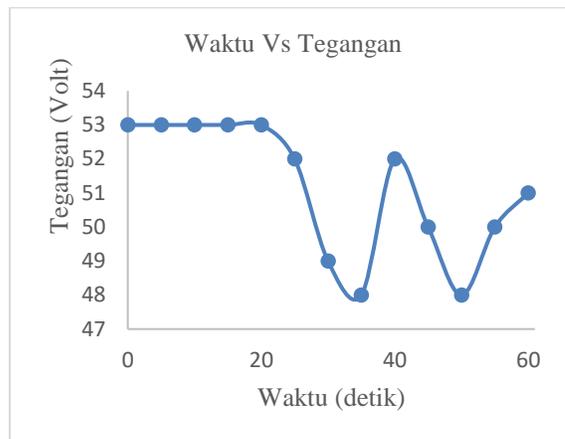
Berdasarkan hasil pengujian NDT terdapat beberapa titik pada sambungan yang terdapat porositas, namun panjang pengelasan secara total masih kuat untuk menahan beban yang dikenakan pada rangka. Setelah rangka selesai dibuat, maka tahap selanjutnya adalah pengecatan dan perakitan seluruh komponen.



Gambar 6. Semoli Generasi 2

Pengujian dan pembahasan

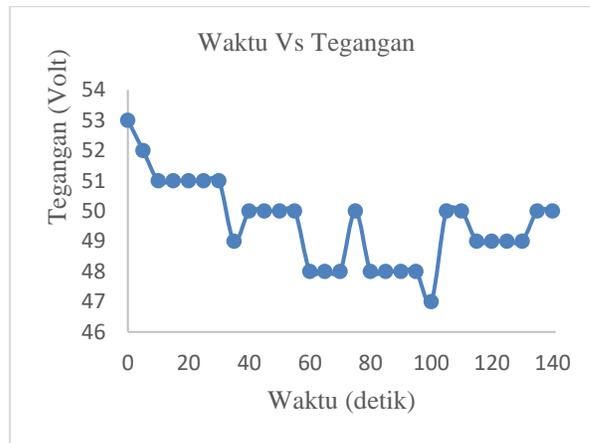
Spesifikasi motor listrik yang digunakan adalah BLDC *mid drive* 48 V 2000 Watt, dengan *controller* 2000 Watt, 48 V 40 A. Baterai yang digunakan adalah baterai Lifepo4 48V 18Ah dengan kapasitas discharge sebesar 3C. Sebuah alat ukur dipasang untuk mengakuisisi data berupa tegangan, arus, daya dan energi yang dikonsumsi oleh motor listrik secara *real time*. Dari hasil data akuisisi terlihat bahwa pada jalan pengujian di jalan mendatar konsumsi tegangan puncak berada pada awal ketika kendaraan baru berjalan seperti terlihat pada gambar 7.



Gambar 7. Grafik hubungan waktu vs tegangan pada pengujian di jalan datar

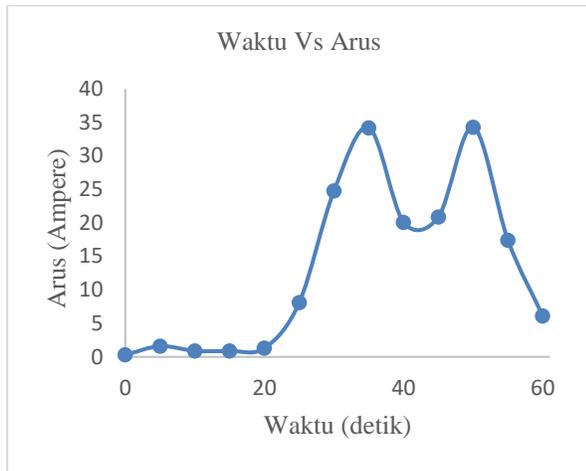
Tegangan berangsur-angsur turun ketika kendaraan sudah berada pada kecepatan konstan meskipun penurunan tegangan tersebut tidak terlalu signifikan. Hal ini dikarenakan pada saat awal motor listrik mengalami pembebanan yang besar, sehingga diperlukan tegangan yang besar.

Hal yang sama juga terjadi pada pengujian di jalan menanjak seperti terlihat pada gambar 8. Pada awal pembebanan, motor listrik memerlukan tegangan yang lebih besar.



Gambar 8. Grafik hubungan waktu vs tegangan pada pengujian di jalan menanjak

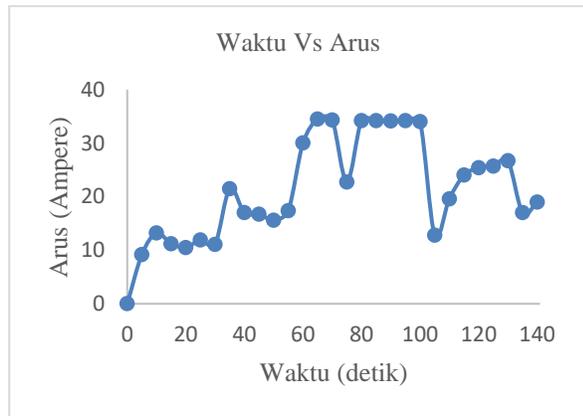
Sedangkan, pada jalan menanjak diperlukan waktu lebih lama untuk mencapai kecepatan maksimum. Hubungan antara arus yang dikonsumsi dengan waktu pada pengujian di jalan datar digambarkan dalam grafik pada gambar 9.



Gambar 9. Grafik hubungan waktu vs arus pada pengujian di jalan datar

Konsumsi arus meningkat secara gradasi sampai puncak kemudian menurun ketika kecepatan maksimum tercapai. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian tentang karakteristik pengasutan motor listrik [9], [10].

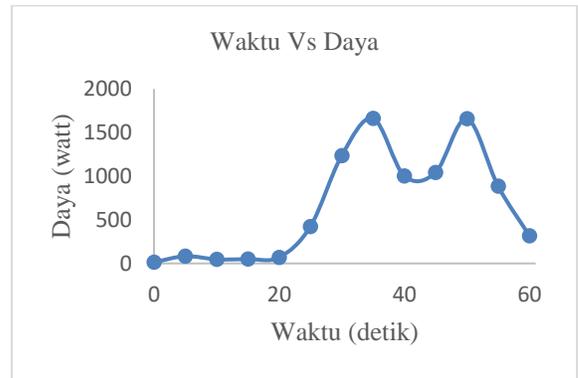
Pada kondisi jalan menanjak, hubungan antara arus dan waktu ditunjukkan dalam grafik pada gambar 10.



Gambar 10. Grafik hubungan waktu vs arus pada pengujian di jalan menanjak

Jika dilihat dari grafik, secara garis besar, arus yang diperlukan untuk pengasutan (*starting*) mempunyai karakter yang sama dengan pengasutan pada kondisi jalan datar. Ketidaklinieran data dikarenakan penarikan *throttle* gas yang tidak dapat konstan karena guncangan yang diakibatkan pada kondisi jalan.

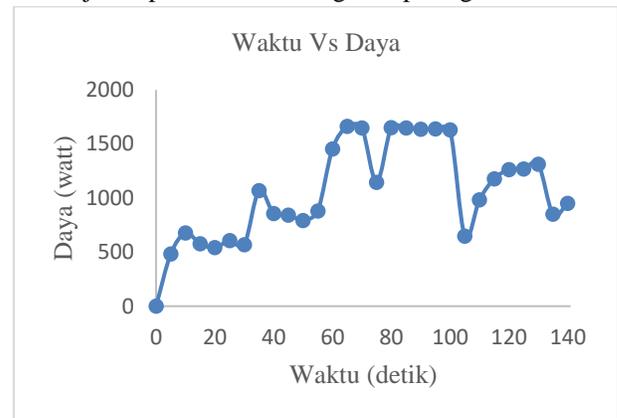
Hubungan antara konsumsi daya dan waktu pada pengujian jalan mendatar dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Grafik hubungan waktu vs daya pada pengujian di jalan datar

Terlihat pada gambar 11, profil grafik konsumsi daya terhadap waktu mengikuti grafik konsumsi arus listrik. Adapun konsumsi daya tertinggi untuk mencapai kecepatan maksimal adalah sebesar 1662 Watt.

Konsumsi daya pada pengujian di jalan menanjak dapat dilihat dalam grafik pada gambar 12.



Gambar 12. Grafik hubungan waktu vs daya pada pengujian di jalan menanjak

Grafik hubungan antara waktu dan daya pada pengujian jalan menanjak juga mengikuti grafik hubungan waktu dan arus. Hal ini berarti konsumsi daya pada sepeda motor listrik berbanding lurus dengan konsumsi arus listriknya.

Energi yang diperlukan pada sepeda motor listrik untuk mencapai kecepatan maksimum pada jalan datar dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Konsumsi energi listrik

Waktu (S)	Tegangan (Volt)	Arus (A)	Daya (Watt)	Konsumsi Energi (Wh)
0	53	0,3	13,3	0
5	53	1,6	83	0,115277778
10	53	0,9	46,7	0,064861111
15	53	0,9	50,5	0,070138889
20	53	1,3	68,6	0,095277778
25	52	8,1	423,2	0,587777778
30	49	24,8	1236	1,716666667
35	48	34,2	1662,1	2,308472222
40	52	20,1	1003,5	1,39375
45	50	20,9	1043,2	1,448888889
50	48	34,3	1658,8	2,303888889
55	50	17,4	884,6	1,228611111
60	51	6,1	317,4	0,440833333
JUMLAH				11,77444444

Total energi yang dibutuhkan untuk mencapai kecepatan maksimum adalah sebesar 11,77 Wh selama 60 detik. Ini berarti rata-rata energi yang diperlukan untuk mencapai kecepatan maksimum pada jalan kondisi datar adalah sebesar 0,196 Wh. Dengan penggunaan baterai lifepo4 48V 18Ah, maka secara teoritis sepeda motor listrik dapat bertahan selama:

$$t = \frac{0,8 \times 48 \times 18}{0,196} = 2113,32 \text{ detik} = 35,22 \text{ menit}$$

Jadi, sepeda motor listrik dapat digunakan dalam kondisi jalan mendatar dengan perkiraan waktu 35,22 menit.

Dari hasil pengujian juga diperoleh data bahwa sepeda motor listrik dengan beban 2 penumpang 120 kg dapat mencapai kecepatan maksimum 50 km/jam yang ditempuh dalam waktu 1 menit pada kondisi jalan mendatar, dan 26 km/jam yang ditempuh dalam waktu 2,35 menit pada kondisi jalan mendatar.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan CVT meningkatkan kecepatan maksimum kendaraan terutama pada kondisi mendatar karena transmisi CVT mempunyai range rasio perbandingan transmisi yang lebar dan dapat berubah sesuai dengan beban.

Daftar Pustaka

- [1] B. A. Girawan, N. Akhliis Sarihidaya Laksana, and D. Prabowo, "Perancangan Sepeda Listrik Semoli Untuk Beban 80 Kg," *Accurate J. Mech. Eng. Sci.*, vol. 3, no. 2, pp. 1–7, 2022, doi: 10.35970/accurate.v3i2.1556.
- [2] V. Shah, C. Bawle, and T. Vaghasiya, "Designing of an Electric Bike," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, pp. 1552–1576, 2021, [Online]. Available: www.irjet.net
- [3] S. Pareza, P. Purwantono, R. Lapisa, and P. Primawati, "Build Design Of Electric Bike As Energy Efficient Transportation," *Motiv. J. Mech. Electr. Ind. Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 65–72, 2020, doi: 10.46574/motivection.v2i2.59.
- [4] A. Arman, M. Jufri Dullah, and A. Kadir Muhammad, "Perancangan Sepeda Listrik Menggunakan Motor Bldc Dengan Penggerak Depan Untuk Area Perumahan," *Pros. 4th Semin. Nas. Penelit. Pengabd. Kpd. Masy.*, pp. 90–96, 2020.
- [5] E. D. Dimitri and H. Bahalwan, "Desain Sepeda Motor Listrik untuk Mobilitas Masyarakat di Perkotaan," *Pros. Semin. Teknol. Perencanaan, Perancangan, Lingkung. dan Infrastruktur*, vol. 0, no. 0, pp. 310–315, 2021, [Online]. Available: https://ejournal.itats.ac.id/stepplan/article/view/1585
- [6] E. Prasetyo, D. Dahlan, and R. N. Fadhlil, "Analisis Pengujian Sepeda Motor Listrik 3 kW Pada Jalan Mendatar dan Menanjak," *Semin. Rekayasa Teknol.*, vol. 54, no. 1, pp. 47–53, 2018.
- [7] R. Fischer, F. Küçükay, G. Jürgens, R. Najork, and B. Pollak, *The automotive transmission book*. 2015. doi: 10.1007/978-3-319-05263-2.
- [8] H. Liu, L. Han, and Y. Cao, "Improving transmission efficiency and reducing energy consumption with automotive continuously variable transmission: A model prediction comprehensive optimization approach," *Appl. Energy*, vol. 274, no. December 2019, p. 115303, 2020, doi: 10.1016/j.apenergy.2020.115303.
- [9] Y. Liklikwatil *et al.*, "Saving of Using Electrical Energy of Induction Motor through Regulations of Minimum Operating Voltage," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1933, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1933/1/012108.
- [10] R. Zaripov and P. Gavrilovs, "Study of dynamic characteristics of electric bicycles," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 149, pp. 307–313, 2019, doi: 10.1016/j.procs.2019.01.140.