



Perancangan Sepeda Listrik 350 W dengan Metode VDI 2221 untuk Ibu Rumah Tangga Perumahan

SALMAN ALFARIDZI KINABALU SIREGAR, SYAHRIAL

Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia
Email: salman_s_a_k_s@mhs.itenas.ac.id

ABSTRAK

Kendaraan listrik dapat menggantikan kendaraan berbahan bakar minyak, salah satunya adalah sepeda listrik. Sepeda listrik adalah sepeda yang digerakkan oleh motor listrik. Dalam penelitian ini, akan dirancang sebuah sepeda listrik menggunakan metode VDI 2221 yang digunakan untuk merancang sepeda listrik berdasarkan perbandingan kebutuhan, kenyamanan dan fungsionalitas pada bagian pemilihan komponen dan desainnya. Hasil perancangannya yaitu sepeda listrik berkecepatan maksimal 25 km/jam menggunakan motor BLDC 350 W dan baterai lithium ion 48 V 10 Ah, serta terdapat desain 3Dnya. Hasil dari simulasi jalan datar (headwind 25,7 km/jam) pemakaian daya motor 348 W dan baterai 418 W dan simulasi jalan menanjak (grade 4%) pemakaian daya motor 389 W dan baterai 461 W. Kesimpulannya, kapasitas motor dan baterai pada perancangan sepeda listrik dapat digunakan di area kompleks perumahan.

Kata kunci: baterai li-ion, kemiringan jalan, kendaraan listrik, metode VDI 2221, motor BLDC

ABSTRACT

Electric vehicles can replace oil-fueled vehicles, one of the example is electric bicycle. An electric bicycle is a bicycle that is driven by an electric motor. In this study, an electric bicycle will be designed using the VDI 2221 method which is used to design an electric bicycle based on a comparison of needs, comfort and functionality in the component selection and its design. The result is the design of an electric bicycle with a maximum speed of 25 km/h using a 350 W BLDC motor and a 48 V 10 Ah lithium ion battery, and there is also 3D design. The results of a flat road simulation (headwind 25,7 km/hour) using 348 W motor power and 418 W battery and uphill road simulation (grade 4%) using 389 W motor power and 461 W battery. In conclusion, the motor and battery capacity in electric bicycle design can be used in residential complex areas.

Keywords: li-ion battery, road grade, electric vehicle, VDI 2221 method, BLDC motor

1. PENDAHULUAN

Kendaraan Listrik menjadi solusi yang memiliki potensi tinggi dalam mengurangi polusi yang dihasilkan oleh kendaraan di jalanan, tak hanya itu, pengurangan penggunaan bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbaharui pun juga dapat dikurangi. Contoh penggunaan kendaraan listrik ini dimulai dari ruang lingkup yang paling kecil seperti kompleks perumahan adalah penggunaan sepeda listrik. Sepeda listrik selain dapat mengurangi polusi udara juga dapat mengurangi polusi suara pada lingkungan kompleks perumahan, karena penggunaan listrik sebagai penggerak sepeda mengeluarkan suara yang rendah. Dengan penggunaan sepeda listrik ini penggunaan energi listrik di Indonesia semakin meningkat yang diharapkan mampu menggantikan beberapa energi konvensional yang tidak ramah lingkungan **(Spagnol, 2012)**.

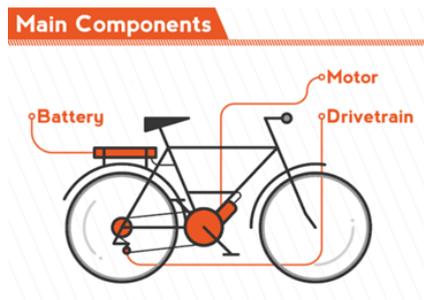
Dalam merancang sebuah sepeda listrik dapat digunakan suatu metode, salah satunya metode VDI 2221. Metode VDI (*Verein Deutcher Ingenieure*) yang selanjutnya disebut metode VDI 2221 adalah metode yang digunakan untuk merancang suatu produk, yang mana metode ini dapat dipakai untuk merancang sepeda listrik berdasarkan perbandingan kebutuhan, kenyamanan dan fungsionalitas pada bagian pemilihan komponen listriknya dan bentuk desainnya. Metode VDI 2221 memiliki beberapa tahapan yang setiap tahapannya memiliki peran masing-masing dan berkesinambungan **(Maulana, 2016)**.

Prinsip dari perancangan sepeda listrik menggunakan metode VDI 2221 ini menjurus pada siapa pengendaranya, seberapa jauh jarak yang akan ditempuh, berapa kecepatan maksimum yang harus dicapai dan performanya untuk berjalan pada jalan mendatar dan menanjak. Dari situlah dicari ide-ide yang memungkinkan sepeda listrik ini dirancang sedemikian rupa sehingga sesuai dengan apa yang diharapkan. Lalu dibuat beberapa variasi komponen listrik dan bentuk desain yang mungkin dapat dirancang dan dipilih salah satu dari variasi tersebut yang paling cocok. Setelahnya melakukan perhitungan pada komponen yang dipilih sehingga dapat berfungsi sesuai dengan apa yang diharapkan. Dan yang terakhir sepeda listrik disimulasikan dan didesain menjadi satu kesatuan menjadi sepeda listrik yang utuh **(Maulana, 2016)**

2. TEORI DASAR

2.1 Pengertian Sepeda Listrik

Sepeda listrik adalah sebuah sepeda biasa yang diberi motor listrik yang menjadi penggerak sepedanya yang mendapat sumber energi listrik dari baterai. Sepeda listrik terdiri dari 4 bagian utama yaitu baterai, motor listrik, kerangka lengkap dengan roda gigi dan rantai sepeda, serta rem sepeda **(Cherry, 2009)**. Kita bisa bergantian menggunakan pedal dan motor listrik atau hanya menggunakan motor listriknya saja untuk mengendarai sepeda listrik agar lebih mudah. Menggunakan sepeda listrik berbeda dengan menggunakan sepeda motor, bantuan energi listrik disini membuat kita mengendarai sepeda listrik dengan lancar dan tidak bersuara, untuk itu sepeda listrik mampu mengurangi polusi udara dan polusi suara. Sepeda listrik adalah bentuk alternatif baru dan menjanjikan untuk transportasi perkotaan. Sepeda listrik memberikan seluruh kelebihan dari sepeda biasa seperti gerak badan lebih ringan, parkir bebas, emisi bahan bakar nol dan bebas dari kemacetan sambil menghilangkan kekurangan yang sangat serius dari sepeda biasa yaitu kurangnya tenaga. Bayangkan mengayuh sepeda pada jalan menanjak sama nyamannya pada jalan menurun, itulah yang akan dirasakan saat mengendarai sepeda listrik. Pada sebagian kasus yang terjadi di kota, menggunakan sepeda listrik akan lebih cepat dan lebih murah dari mobil atau transportasi umum **(Matey, 2017)**.



Gambar 1. Komponen utama sepeda listrik (Morchin, 2006)

Gambar 1 memperlihatkan komponen utama sepeda listrik ada 3 yaitu baterai, motor listrik dan *drivetrain*. Komponen ini yang membedakan sepeda biasa dan sepeda listrik.

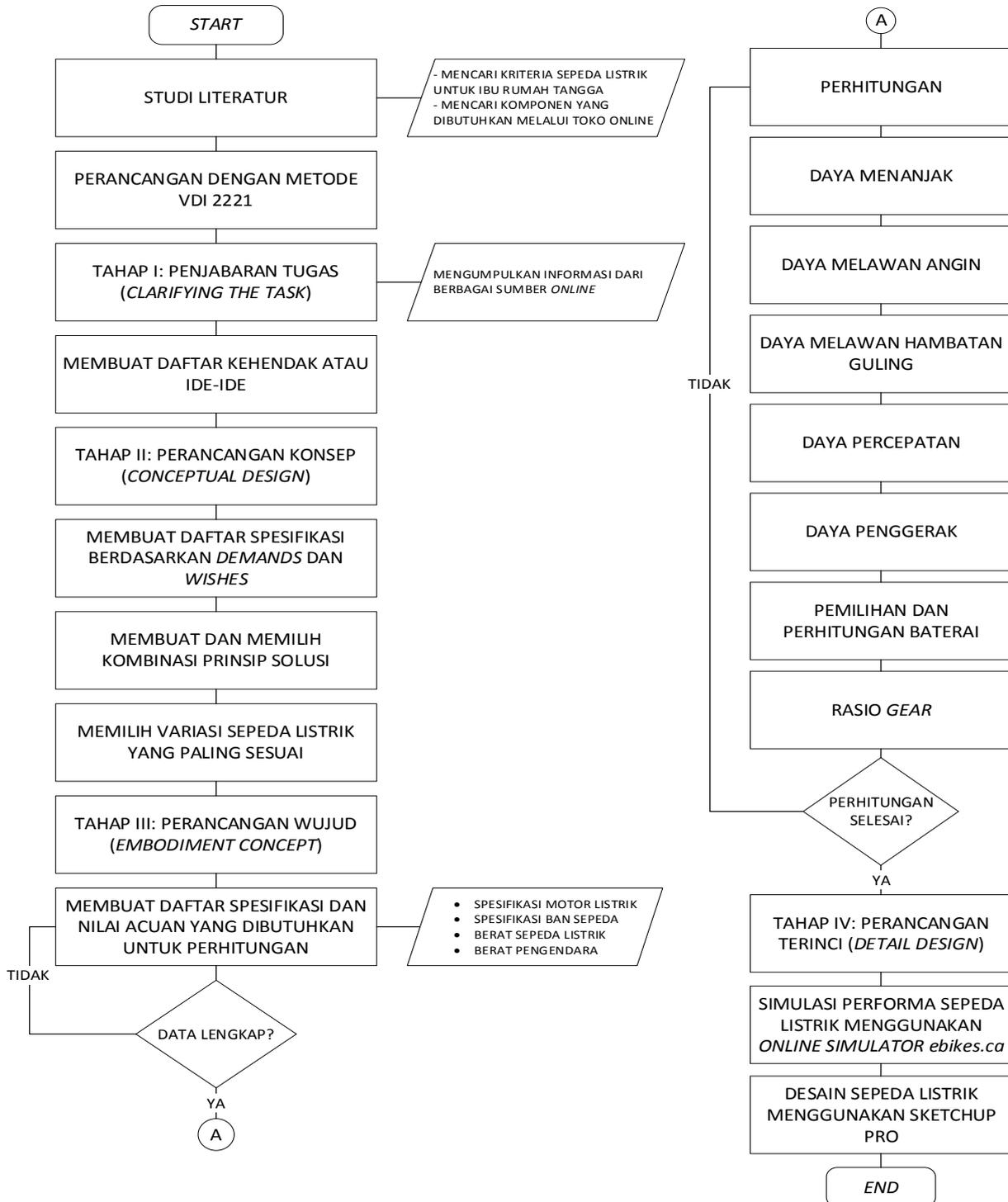
2.2 Metode VDI 2221

Perancangan dengan menggunakan metode VDI 2221 (*Verein Deutscher Ingenieure*) merupakan salah satu metode dengan pendekatan sistematis untuk menyelesaikan permasalahan serta mengoptimalkan penggunaan material dan teknologi yang diharapkan dapat mempermudah perancang untuk menguasai sistem perancangan tanpa harus menguasai secara detail untuk mengoptimalkan produktivitas perancang untuk mencari pemecahan masalah paling optimal (**Sugeng, 2015**). Metode perancangan sistematis adalah suatu metode pemecahan masalah teknik dengan menggunakan tahap demi tahap analisis dan sintesis. Analisis adalah penguraian suatu sistem yang kompleks menjadi elemen-elemen dan mempelajari karakteristik masing-masing elemen tersebut beserta kolerasinya. Sintesis adalah penggabungan elemen-elemen yang sudah diketahui karakteristiknya untuk menciptakan suatu sistem baru. Terdapat 4 tahapan pada Metode VDI 2221 ini yaitu sebagai berikut.

Tahap I : Penjabaran Tugas (*Clarifying the Task*), tahap ini meliputi pengumpulan informasi atau data tentang syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh rancangan alat tersebut beserta batasan-batasannya. Hasil dari tahap ini berupa syarat-syarat atau spesifikasi. Untuk membantu memudahkan dalam penyusunan spesifikasi, digunakan suatu daftar periksa (*check list*). Tahap II : Perancangan Konsep Produk (*Conceptual Design*), tahapan ini berisi tentang pembahasan tentang permasalahan abstraksi, membuat struktur fungsi, kemudian melakukan pencarian prinsip pemecahan masalah yang cocok dan kombinasi dari prinsip pemecahan masalah tersebut (konsep varian). Hasil dari tahap ini berupa pemecahan masalah dasar atau konsep. Tahap III : Perancangan Wujud Produk (*Embodiment Design*), sketsa kombinasi prinsip solusi yang telah dibuat merupakan bentuk *layout* awal, kemudian dipilih yang memenuhi persyaratan yang sesuai dengan spesifikasi dan baik menurut kriteria, baik dari aspek teknis maupun ekonomis. *Layout* awal yang dipilih akan dikembangkan menjadi *layout definitive* yang merupakan wujud perancangan yang sesuai dengan kebutuhan dan harapan. *Layout definitive* meliputi beberapa hal yaitu, bentuk elemen suatu produk, perhitungan teknik dan pemilihan bentuk dan ukuran. Tahap IV : Perancangan Terinci (*Detail Design*), tahapan ini merupakan tahap akhir dalam perancangan. Hasil perancangan detail berupa dokumen yang meliputi gambar mesin, detail gambar mesin, daftar komponen, spesifikasi bahan, sistem pengoperasian, toleransi dan dokumen lainnya yang merupakan satu kesatuan. Kemudian dilakukan evaluasi kembali terhadap produk, apakah benar-benar sudah memenuhi spesifikasi yang diberikan (**Sugeng, 2015**).

3. METODOLOGI

Metodologi perancangan sepeda listrik yang akan dilakukan adalah sebagai berikut.



Gambar 2. Flowchart perancangan sepeda listrik dengan metode VDI 2221

Gambar 2 merupakan *flowchart* yang dilakukan penulis untuk merancang sepeda listrik dengan metode VDI 2221. Tahap metode VDI 2221 dilakukan dari tahap I hingga tahap IV.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Perhitungan dan Pembahasan

Tabel 1. Data hasil perhitungan

Data Hasil Perhitungan	Nilai dan Satuan
Daya Menanjak (P_u) Grade 2%	163,4 W
Daya Menanjak (P_u) Grade 4%	326,79 W
Daya Menanjak (P_u) Grade 6%	490,19 W
Daya Menanjak (P_u) Grade 8%	653,58 W
Daya Menanjak (P_u) Grade 9,384%	766,65 W
Daya Melawan Angin (P_{w1})	71,16 W
Daya Melawan Angin (P_{w2})	102,53 W
Daya Melawan Angin (P_{w3})	139,6 W
Daya Melawan Angin (P_{w4})	182,38 W
Daya Melawan Angin (P_{w5})	230,87 W
Daya Melawan Angin (P_{w6})	292,92 W
Daya Melawan Hambatan Guling (P_r)	23,26 W
Daya Total Jalan Mendatar ($P_{w1} + P_r$)	94,42 W
Daya Total Jalan Mendatar ($P_{w2} + P_r$)	125,79 W
Daya Total Jalan Mendatar ($P_{w3} + P_r$)	162,86 W
Daya Total Jalan Mendatar ($P_{w4} + P_r$)	205,64 W
Daya Total Jalan Mendatar ($P_{w5} + P_r$)	254,13 W
Daya Total Jalan Mendatar ($P_{w6} + P_r$)	316,18 W
Torka Percepatan (T)	30,48 N.m
Daya Percepatan (P)	60 W
Daya Penggerak (P_p) Grade 2%	326,69 W
Daya Penggerak (P_p) Grade 4%	653,38 W
Daya Penggerak (P_p) Grade 6%	980,07 W
Daya Penggerak (P_p) Grade 8%	1306,76 W

Daya Penggerak (P_p) Grade 9,384%	1532,83 W
Energi maksimum baterai	480 Wh
Durasi baterai	1,57 jam
Jarak tempuh maksimum baterai	39,18 km
Lama pengisian baterai	5 jam
Kontroler BLDC	500 W

Tabel 1 menyajikan data hasil perhitungan. Dari data tersebut, beberapa data selanjutnya dibuat menjadi 2 grafik yaitu grafik daya total pada jalan mendatar dan grafik daya penggerak berdasarkan *slope/grade/kemiringan* dan beberapa lainnya digunakan sebagai input untuk percobaan simulasi.



Gambar 3. Grafik Daya Total pada Jalan Mendatar

Grafik pada Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin besar hambatan angin maka dibutuhkan semakin besar pula daya motor yang harus dikeluarkan untuk mempertahankan kecepatan konstan.



Gambar 4. Grafik Daya Penggerak Berdasarkan *Slope/Grade/Kemiringan* Jalan

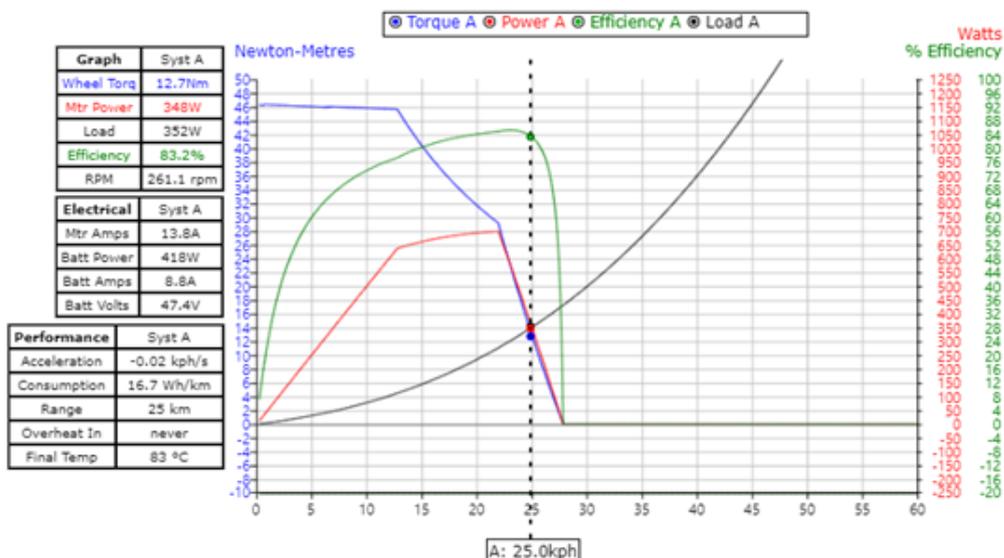
Grafik pada Gambar 4 menunjukkan bahwa kemiringan yang semakin curam membutuhkan daya penggerak yang semakin besar untuk mempertahankan kecepatan konstan.

4.2 Hasil Simulasi dan Pembahasan

Simulasi dilakukan dengan sebuah *online simulator* yang diakses pada *website ebikes.ca*. Simulasi ini memperlihatkan performa sepeda listrik berdasarkan komponennya, yang mencoba menempuh jalan datar dan menanjak yang mulus. Berdasarkan jurnal Nugraha, M. B. (2018) yang berjudul "**PEMILIHAN MOTOR BLDC PADA RANCANG BANGUN PROTOTYPE MOBIL LISTRIK**" menggunakan program simulasi yang sama untuk

merancang mobil listrik, di mana pengujian yang dilakukan untuk menentukan besarnya motor BLDC yang dapat dipakai menggunakan parameter yang telah dihitung sebelumnya. Perbedaannya dengan simulasi yang dilakukan disini yaitu, pada simulasi ini parameter yang telah dihitung digunakan untuk mengetahui potensi maksimal dari perancangan sepeda ini yang nantinya dilihat dengan standar jalan perumahan apakah sudah memenuhi standar atau belum.

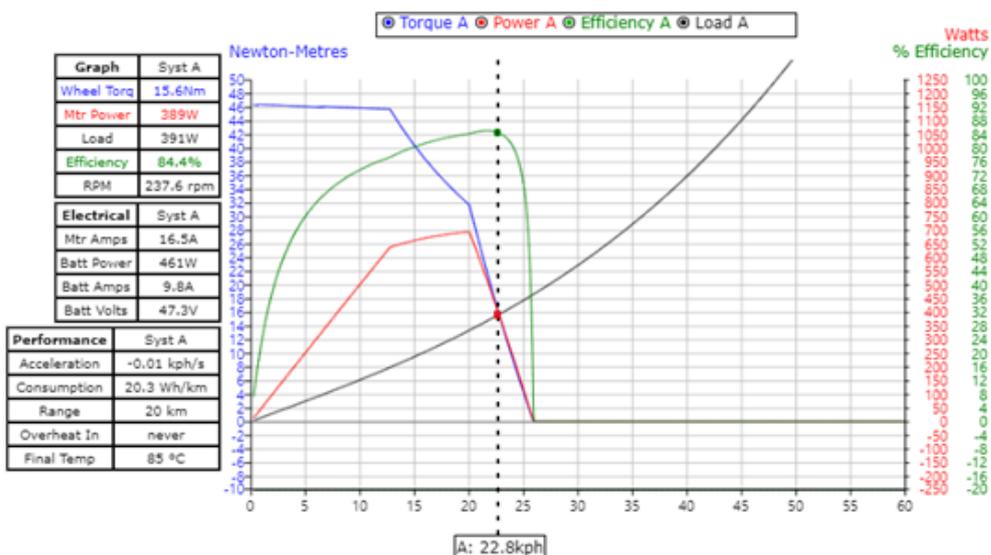
4.2.1 Hasil Simulasi pada Jalan Datar



Gambar 5. Hasil simulasi jalan datar (*Headwind* 25,7 km/jam)

Gambar 5 menunjukkan hasil grafik pada kondisi jalan datar yang mulus dengan kecepatan angin depan 25,7 km/jam. Grafik ini menunjukkan saat menyesuaikan *gas throttle* sepeda listrik untuk mencapai kecepatan maksimum 25 km/jam motor membutuhkan daya sebesar 348 W dan baterai yang terpakai 418 W.

4.2.2 Hasil Simulasi pada Jalan Menanjak



Gambar 6. Hasil simulasi jalan menanjak (*grade* 4%)

Gambar 6 menunjukkan hasil grafik simulasi jalan menanjak yang mulus dengan kemiringan 4% (setara 20% literatur). Grafik ini menunjukkan saat *gas throttle* mencoba menyesuaikan pada kecepatan maksimum sepeda pada jalan menanjak, kecepatan yang dapat dicapai hanya mencapai 22,8 km/jam. Lalu daya motor yang dibutuhkan sebesar 389 W dan baterai yang terpakai sebesar 461 W.

4.3 Hasil Desain dan Pembahasan

Berikut ini hasil pembuatan model 3D ukuran nyata sepeda listrik menggunakan *software* SketchUp Pro.



Gambar 7. Desain 3D sepeda listrik beserta ukuran nyata sepeda

Gambar 7 menunjukkan ukuran nyata dari rangka sepeda listrik yang telah disesuaikan dengan tinggi badan ibu rumah tangga yang berkisar dari 150-165 cm.

5. KESIMPULAN

Dari hasil perancangan sepeda listrik yang dibuat untuk ibu rumah tangga dalam kompleks perumahan, didapat kesimpulan bahwa penggunaan motor BLDC berdaya 350 W sudah cukup untuk dapat dipakai pada desain yang dibuat pada kompleks perumahan, karena standarnya nilai kemiringan adalah 0-15% dan angin depan pada kompleks perumahan adalah 9-14 km/jam.

DAFTAR RUJUKAN

- Cherry, C. R., Weinert, J. X., & Xinmiao, Y. (2009). Comparative environmental impacts of electric bikes in China. *Transportation Research Part D*, 282-290.
- Maulana, F. (2016). Konsep Desain Kendaraan Listrik Roda Tiga Ramah Lingkungan. *M. P. I. Vol. 10, No. 2*, 107-116.
- Matey, S. (2017). Design and Fabrication of Electric Bike. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 245-252.
- Morchin, W. C., & Oman, H. (2006). *Electric Bicycles: A Guide to Design and Use*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- Spagnol, P., Alli, G., Spelta, C., Lisanti, P., Todeschini, F., Savaresi, S. M., & Morelli, A. (2012). A full hybrid electric bike: how to increase human efficiency. *American Control Conference*, 2761-2766

Sugeng, U. M., & Harfi, R. (2015). Perancangan dan Analisa Biaya Alat Penguji Kekuatan Tekan Genteng Keramik Berglazur. 17-26.

Pertanyaan :

Apakah dilakukan model desain sepeda yg bisa kompatible untuk kondisi di berbagai berbagai daerah?

Jawab :

Dapat dilakukan, yaitu dengan menaikkan spesifikasi dari kendaraan sepeda listrik yang di rancang, misalnya pada spesifikasi daya, baterai, ataupun komponen lainnya.