

RANCANG BANGUN SEPEDA LISTRIK SELF CHARGING DENGAN MEMANFAATKAN MOTOR DC SEBAGAI ALTERNATOR SUMBER ENERGI

Normansyah

¹Teknik Elektro dan Teknik Informatika, Progam Studi Teknologi Listrik, Politeknik Negeri Ketapang
Jalan Rangka Sentap Dalung-Sukaharja Ketapang
normansyah@politap.ac.id¹

ABSTRACT

With the development of technology in two-wheeled motorized vehicles, especially in the drive or transmission system, which is currently dominated by automatic transmissions (Automatic Transmission), slowly, began to replace manual transmissions (Manual Transmission). In terms of motor driving, innovation in the use of alternative energy continues to develop, where the use of an internal combustion engine (BBM) will gradually be replaced by an electric motor as the main driver by utilizing a source of electrical energy stored in the battery.

Moving on from the above thought, the author tries to apply the workings of "DC Electric Motors as the Main Source of Bike Driving by Utilizing Battery Energy as an Energy Source", where this electric vehicle or bicycle can be used as an alternative vehicle for short distances, and is environmentally friendly, in an effort to create and Green Energy campaign.

In this research, real planning and planning will be carried out, starting from selecting the vehicle model, the type of motor and accumulator used, as well as the vehicle performance and budget planning, selecting the right electric motor based on function, which is a novelty of the technology that will be used. resulting from this research.

This electric vehicle is designed to carry a maximum load of 150 kg, with a motor power of 1000 watts 48 volts, a battery capacity of 48 volts 12 Ah, a discharge time of 0.25 minutes (full throttle) with a maximum speed of 60km / hour, or 17m / second. distance of 30 km / charge.

Utilization of battery energy as a source of propulsion energy that does not use alternative energy for fossil fuel use, uses environmentally friendly battery energy without air or noise pollution, so it strongly supports environmental protection.

Keywords: ; *Electric Bicycle, Baterai Energy, Motor BLDC*

ABSTRAK

Dengan semakin berkembangnya teknologi pada kendaraan bermotor roda dua, terutama pada sistem penggerak atau transmisi, yang saat ini lebih didominasi transmisi otomatis (Automatic Transmission), perlahan, mulai menggantikan transmisi manual (Manual Transmission). Dari sisi motor penggerak, inovasi penggunaan energi alternatif terus berkembang, dimana penggunaan mesin pembakaran dalam (Internal Combustion Engine) berbahan bakar minyak (BBM), lambat laun akan tergantikan oleh motor listrik sebagai penggerak utama dengan memanfaatkan sumber energi listrik yang tersimpan dalam Baterai.

Beranjak dari pemikiran diatas, penulis mencoba mengaplikasikan cara kerja "*Motor Listrik DC sebagai Sumber Utama Penggerak Sepeda dengan Memanfaatkan Energi Baterai sebagai Sumber Energi*", dimana kendaraan atau sepeda listrik ini dapat digunakan sebagai kendaraan alternatif jarak dekat, dan ramah lingkungan, dalam usaha menciptakan dan mengkampanyekan Green Energy.

Pada penelitian ini akan dilakukan perencanaan dan perancangan secara nyata, mulai pemilihan model kendaraan, jenis motor dan accumulator yang digunakan, serta unjuk kerja kendaraan tersebut serta rencana anggaran biaya, pemilihan motor listrik yang tepat yang tepat berdasarkan fungsi, yang merupakan kebaruan dari teknologi yang akan dihasilkan dari penelitian ini.

Kendaraan listrik ini dirancang dapat membawa beban maksimal 150 Kg, dengan daya motor sebesar 1000 Watt 48 Volt, kapasitas baterai 48 volt 12 Ah, waktu pengosongan arus selama 0,25 menit (Full throttle) dengan kecepatan maksimal 60km/jam, atau 17m/detik. jarak tempuh 30 Km/charge.

Pemanfaatan energi baterai sebagai sumber energi penggerak kendaraan sangat berpotensi sebagai energi alternatif untuk menggantikan penggunaan bahan bakar fosil, dimana pemanfaatan energi baterai ramah

lingkungan tanpa polusi udara maupun suara, sehingga sangat mendukung untuk perlindungan lingkungan hidup.

Kata kunci: Sepeda Listrik, Energi Baterai, BLDC Motor

1. PENDAHULUAN

Kendaraan listrik atau kendaraan dengan tenaga baterai adalah salah satu pencapaian teknologi untuk energi alternatif selain minyak dan gas bumi. Kendaraan listrik tentu harus dihadapkan pada unsur ramah lingkungan. Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai adalah kendaraan yang digerakkan dengan Motor Listrik dan mendapatkan pasokan sumber daya tenaga listrik dari baterai secara langsung di kendaraan. Kendaraan Bermotor Listrik (KBL) berbasis baterai untuk transportasi di jalan, saat ini telah didukung oleh Kebijakan pemerintah melalui Peraturan Presiden (Perpres) nomor 55 Tahun 2019 tentang Percepatan Program KBL Berbasis Baterai Untuk Transportasi Jalan. Perpres tersebut yang bertujuan mengarahkan upaya-upaya dalam mewujudkan industri KBL baik dari sisi, Research and Development, Manufaktur, keamanan pasokan komponen baik dari dalam dan luar negeri, pemberian insentif, penyediaan infrastruktur pengisian dan tarif tenaga listrik, ketentuan teknis KBL, serta perlindungan terhadap lingkungan hidup dalam negeri untuk mendukung pembangunan berkelanjutan.

Berdasarkan permasalahan diatas, Berapakah bobot maksimal yang dapat digerakkan serta berapa daya motor listrik kendaraan tersebut?, Komponen-komponen apa saja yang penting untuk menggerakkan sepeda listrik tersebut. Bagaimana cara kerja dari komponen-komponen yang berhubungan dengan sepeda listrik tersebut?

2. METODE PENELITIAN

Kegiatan penelitian ini terdiri dari beberapa tahap, antara lain :

1. Tinjauan Pustaka

Pada tahap ini, dilakukan tinjauan pustaka terkait teori-teori dasar yang mendukung perencanaan dan perancangan sepeda listrik, untuk menentukan besaran bobot angkut, jenis motor listrik, accumulator atau baterai, serta konsep desain kendaraan.

2. Perhitungan Rencana Kendaraan

Pada tahap ini, implementasi perhitungan rencana konstruksi kendaraan, kebutuhan alat dan bahan, anggaran biaya, serta rancang bangun kendaraan tersebut.

3. Unjuk Kerja

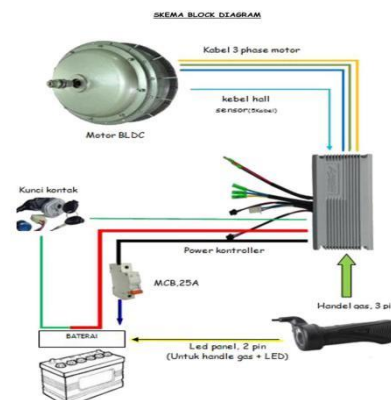
Pada tahap ini, dilakukan perhitungan, analisis unjuk kerja kendaraan (performance), meliputi, kecepatan, jarak tempuh, kemampuan daya tahan baterai, serta pemecahan masalah.

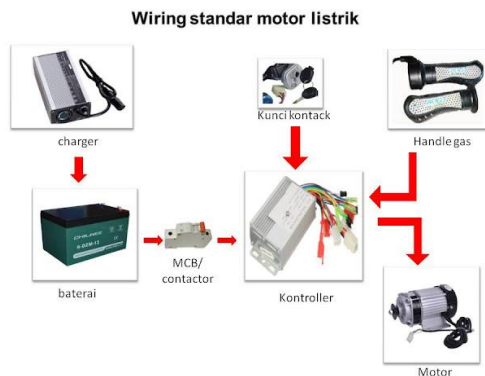
4. Pembuatan Laporan

Pada tahap ini, setelah menyelesaikan tahapan diatas, tahap akhir berupa penulisan laporan termasuk rekomendasi untuk kajian kedepan menjadi lebih baik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses kerja pada perencanaan ini pada awalnya, baterai (accu) berfungsi sebagai sumber energi untuk menggerakkan motor listrik. Karena motor DC yang digunakan pada perencanaan ini adalah mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, maka motor DC tersebut dapat berputar dengan kecepatan putar (rpm) tertentu. Untuk menghasilkan gerak pada roda sepeda maka poros motor DC dihubungkan dengan sistem roda gigi (sistem transmisi). Sehingga roda sepeda akan turut berputar sesuai dengan perbandingan roda gigi yang digunakan. Seperti terlihat pada diagram blok di bawah ini:

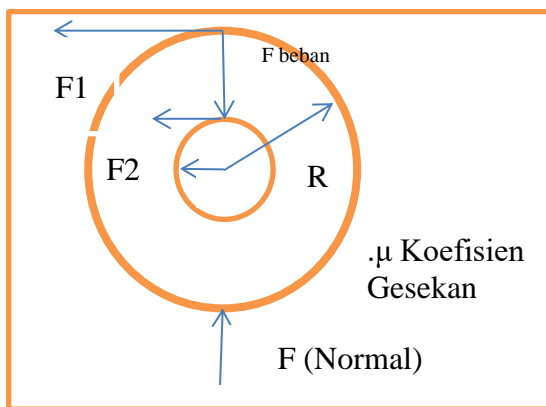




Gambar 2.1. Diagram Blok Rangkaian Kelistrikan

3.1. Perencanaan Daya Motor dan Daya Baterai

Berdasarkan diagram alir diatas, adalah direncanakan beban maksimum yang mampu digerakkan adalah sebesar 150 Kg. Untuk itu perlu dicari berapa besar gaya (F) dorong untuk menggerakkan sepeda.



$$\begin{aligned} \text{Gaya Dorong} &= \mu \times N \\ &= 0,04 \times (150 \text{ kg} \times 9,81) \\ &= 58,86 \text{ N} \end{aligned}$$

Tabel 1. Contoh Keterangan Tabel

Variable	Speed (rpm)	Power (kW)
x	10	8,6
y	15	12,4
z	20	15,3

Bagian ini merupakan bagian utama artikel hasil penelitian dan biasanya merupakan bagian Sedangkan direncanakan beban maksimum sebesar 150 Kg (59 N), maka diasumsikan diameter motor 150 mm, maka jari-jari hub motor adalah 75 mm. Dan diameter roda sepeda 200 mm.

$$\begin{aligned} \text{Jika, } \Sigma M &= 0 \\ \text{Maka, } F_1 \cdot R &= F_2 \cdot r \\ F_2 &= \frac{F_1 \cdot R}{r} \\ &= \frac{59 \text{ N} \cdot 100 \text{ mm}}{75} \end{aligned}$$

$F_2 = 78,6 \text{ N}$ gaya pada roda gigi akhir
 $= 1000 \text{ rpm} \times 1,3$ Maka dengan demikian dapat diketahui besar torsi (T) pada roda gigi akhir (z_6)

$$\begin{aligned} T &= F_2 \times R \\ &= 78,6 \times 100 \text{ mm} \\ &= 7.866 \text{ N-mm} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui Torsi (T) pada poros motor maka:

$$\begin{aligned} T &= T_{\text{akhir}} \times I \text{ (perbandingan gigi)} \\ &= 7.866 \text{ N-mm} \times (1/1,3) \\ &= 6,051 \text{ N-mm} \end{aligned}$$

Karena putaran (n) pada poros motor akhir diasumsikan 1000 rpm, maka putaran poros 1 (motor) adalah :

$$\begin{aligned} N_1 &= n_4 \text{ (gear akhir)} \times I \\ &= 1.300 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Sedangkan kecepatan sudut (ω),

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{2\pi}{60} \times n \\ &= 0,105 \text{ rad/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \omega \times n \text{ (rpm)} \\ &= 0,105 \times 1.300 \\ &= 136,5 \text{ rad/s} \end{aligned}$$

Maka daya (P) motor adalah:

$$\begin{aligned} P &= T \times \omega \\ &= 6.951 \text{ N-mm} \times 136,5 \text{ rad/s} \\ &= 948.811,5/1000 \\ &= 948,9 \Rightarrow 1000 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Oleh karena itu daya motor yang diperlukan dalam perencanaan ini untuk menggerakkan beban maksimum 150 kg, adalah sebesar 948,9 watt. Sedangkan daya motor yang tersedia dipasaran sebesar 1000 watt, maka untuk memenuhi beban maksimum yang akan

digerakkan dapat dipenuhi dengan daya cadangan (faktor koreksi). Jika faktor koreksi (F_c), maka daya rencana (P_d) sebagai patokan adalah ;

$$\begin{aligned} P_d &= F_c \times P \\ &= 1,2 \times 1000 \text{ watt} \\ &= \mathbf{1.200 \text{ watt}} \end{aligned}$$

Direncanakan motor dapat bekerja selama 1 jam sebagai patokan standar, maka diperlukan daya atau energi baterai harus lebih besar dari daya atau energi motor. Berdasarkan hal tersebut, maka energi motor adalah

$$\begin{aligned} \text{Energi motor} &= P (\text{daya}) \times t (\text{waktu}) \\ &= 1.200 (\text{watt}) \times (60 \times 60) \\ &= \mathbf{4.320.000 \text{ joule}} \text{ (1 jam)} \end{aligned}$$

Dalam hal ini diharapkan baterai mampu mensuplai energi selama 1 jam atau lebih.

Baterai (accu)

Data Teknis Baterai
Merek/jenis : Lithium-Ion
Tegangan : 48 Volt
Kapasitas : 12 Ah

Adapun jumlah baterai (accu) yang digunakan dalam perencanaan ini berjumlah 1 unit. Kapasitas baterai (accu) yang digunakan sebesar 12 Ah dengan tegangan 48 Volt, maka energi baterai yang tersimpan sebelum digunakan adalah sebesar :

$$\begin{aligned} P_{aki} &= V \times I = \text{watt} \\ &= 48 \times 12 \\ &= \mathbf{576 \text{ Watt}} \end{aligned}$$

Sehingga besarnya energi baterai (accu) dalam satu jamnya pada kapasitas 12 Ah adalah :

$$\begin{aligned} \text{Energi Baterai} &= P_{aki} \times t (\text{waktu}) \\ &= 576 \times (60 \times 60) \\ &= \mathbf{2.073.600 \text{ joule}} \end{aligned}$$

3.2. Perhitungan Daya Baterai dan Daya Motor

Dalam perencanaan ini tidaklah dapat bekerja dengan sendirinya tanpa adanya faktro penunjang untuk Bergeraknya sepeda tersebut seperti; penggerak motor DC, transmisi roda gigi untuk dikayuh, kontroller, dan penggunaan energi pada baterai.

Dalam sub bab ini akan dibahas hal-hal yang berkaitan dengan baterai dan motor. Berikut gambar dari rencana sepeda yang akan dibangun.



Gambar 2.5. Rancangan Desain Sepeda Listrik
3.4. Pengukuran Daya Motor dan Energi

Daya yang digunakan oleh lampu, motor atau alat kelistrikan lain dalam rangkaian DC dapat ditentukan baik dengan mengukur arus maupun tegangan, dan dapat dihitung langsung dengan menggunakan rumus $P = V \times I$. Daya dapat juga diukur secara langsung dengan menggunakan wattmeter.

Dengan didapatnya data-data pada motor seperti pada tabel, maka daya motor adalah ;

$$\begin{aligned} P_{motor} &= V \times I \\ &= 48 \times 20 \\ &= 960 \Rightarrow \mathbf{1000 \text{ Watt}} \end{aligned}$$

Dari hasil tersebut maka besarnya energi (joule) yang dipakai untuk menggerakkan motor selama 1 jam adalah :

$$\begin{aligned} \text{Energi Motor} &= P_{motor} \times t (\text{waktu}) \\ &= 1000 \times (60 \times 60) \\ &= \mathbf{3.600.000 \text{ Joule}} \text{ (dalam 60 menit)} \end{aligned}$$

Sedangkan kapasitas baterai dalam 1 jamnya adalah :

$$\begin{aligned} P_{aki} &= V \times Ah \\ &= 48 \times 12 \text{ Ah} \\ &= \mathbf{576 \text{ Watt}} \end{aligned}$$

Sehingga besarnya energi baterai dalam kapasitas 11 Ah atau dalam 1 jamnya adalah :

$$\begin{aligned} \text{Energi Aki} &= P_{Ak} \times t \\ &= 576 \text{ Watt} \times (60 \times 60) \\ &= \mathbf{2.073.600 \text{ Joule}} \end{aligned}$$

Karena pemakaian baterai untuk menggerakkan motor selama 1 jam, maka banyaknya energi baterai yang masih tersisa yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Energi Sisa Motor} &= \text{Energi Baterai} - \text{Energi Motor} \\ &= 2.073.600 - 3.600.000 \\ &= \mathbf{(- 1.526.400) \text{ Joule}} \end{aligned}$$

Jadi banyaknya arus (I) dalam Ah yang tersisa didalam baterai setelah pemakaian 1 jam adalah :

$$\text{Arus (I)} = \frac{\text{Daya baterai yang tersisa}}{\text{Tegangan (V)}}$$

Sedangkan daya baterai yang masih tersisa dalam pemakaian, seperti diketahui daya baterai 1 jamnya 576 watt.

$$\begin{aligned} \text{Daya baterai tersisa} &= \frac{\text{Energi yang tersisa}}{\text{waktu (t)}} \\ &= \frac{(-1.526.400)}{3.600} \\ &= \mathbf{0 \text{ Watt}} \end{aligned}$$

Sehingga dari data diatas, arus yang masih tersisa :

$$\begin{aligned} \text{Arus (I)} &= \frac{\text{Daya baterai yang tersisa}}{\text{Tegangan (V)}} \\ &= \frac{(0)}{3.600} \\ &= \mathbf{0 \text{ Ah}} \end{aligned}$$

Gambar 2.6. Grafik Pengukuran Torsi

3.5. Analisa Pemakaian Baterai

Jika P adalah daya nominal output dari motor penggerak, maka berbagai macam faktor keamanan biasanya dapat diambil dalam perencanaan, sehingga koreksi pertama dapat diambil kecil. Jika faktor koreksi adalah f_c (tabel 3.1.), maka daya rencana P_d sebagai patokan adalah :

Tabel 2.2. Faktor-faktor koreksi daya yang akan ditransmisikan, f_c

Daya yang akan ditransmisikan	Factor corection (f_c)
Daya rata-rata yang diperlukan	1,2 - 2,0
Daya Maksimum	0,8 - 1,2
Daya Normal	1,0 - 1,5

$$\begin{aligned} P_d &= f_c \times P \\ &= 1,2 \times 1000 \text{ (watt)} \\ &= \mathbf{1.200 \text{ Watt}} \end{aligned}$$

Sehingga arus yang terpakai pada daya 1.200 watt yaitu:

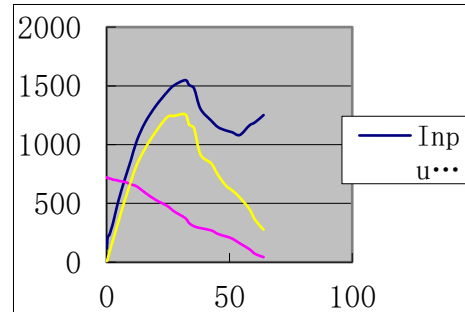
$$\begin{aligned} \text{Arus (I)} &= \frac{P}{V} \\ &= \frac{1.200}{48} \\ &= \mathbf{25 \text{ Ampere}} \end{aligned}$$

Berdasarkan dari perhitungan diatas, maka :

$$\begin{aligned} \text{Energi Motor} &= 1.200 \text{ (watt)} \times (60 \times 60) \\ &= \mathbf{4.320.000} \text{ (dalam 1 jam)} \end{aligned}$$

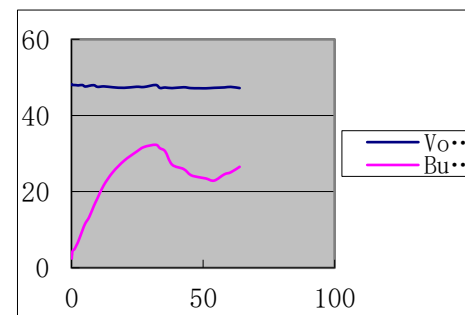
$$\begin{aligned} \text{Energi sisa} &= \text{Energi Baterai} - \text{Energi motor} \\ &= 2.073.600 - 4.320.000 \\ &= \mathbf{- 2.246.400 \text{ Joule}} \end{aligned}$$

Daya aki sisa dalam 1 jam adalah:



$$\text{Daya (P) aki sisa} = \frac{\text{Energi sisa}}{\text{Waktu (t)}}$$

Torque (Nm)	Voltage (V)	Current (A)	Input Power	RPM	Output Power	Efficiency (%)
0,12	48,07	2,422	116,4	720,6	9,5	8,2
0,17	48,09	3,445	165,7	719,5	13,4	8,1
0,2	48,06	3,444	165,5	720,7	14,2	8,6
0,2	48,04	3,456	166	720,7	14,3	8,6
0,2	48,07	3,448	165,7	718,5	14,9	9
0,37	48,02	4,333	208,1	718,2	27,5	13,2
0,75	48,01	4,687	225	715,7	56,5	25,1
1,1	47,99	4,849	232	712,4	79,8	34,4
1,9	47,96	5,934	284,6	707,9	142,6	50,1
2,6	47,9	6,973	334	702,4	190	56,9
4,1	48	9,725	466,8	697,6	297,4	63,7
5,2	47,6	11,618	553,01	690,5	373,3	67,5
6,7	47,79	13,289	660,1	686,2	480,8	72,4
8,5	47,96	16,236	778,7	674,6	598,1	76,8
9,9	47,52	18,314	870,3	662,4	688,4	79,1
12,3	47,64	21,72	1034,7	644,1	830,8	80,3
15,7	47,41	25,106	1190,3	590,7	968,9	81,4
20	47,26	28,121	1328,9	529,6	1110,96	83,6
24,7	47,54	30,483	1449,2	478,3	1234,7	85,2
27,5	47,48	31,704	1505,3	431,9	1244,8	82,7
32	48,01	32,302	1548,7	375,3	1257,5	81,2
33,6	47,23	31,4	1507,1	332,4	1169,5	77,6
35,6	47,35	30,581	1478	305,7	1139,5	77,1
38,2	47,19	27,1	1304,8	290,2	916,5	70,2
42,6	47,42	25,932	1203,8	270,6	840,3	69,8
45,3	47,19	24,356	1149,4	240,7	743,9	64,7
48,4	47,16	23,782	1121,6	220,6	654,8	58,4
51,1	47,14	23,453	1105,6	201,1	610,9	55,3
54,2	47,26	22,892	1081,8	160,6	550,7	50,9
58,1	47,37	24,55	1162,9	111,3	452,8	38,9
60,5	47,51	25,068	1190,9	70,2	359,4	30,1
63,9	47,2	26,514	1251,5	43,5	276,6	22,1



$$\begin{aligned} &= \frac{(-2.246.000)}{3.600} \\ &= \mathbf{-624 \text{ Watt}} \end{aligned}$$

Sisa Arus aki dalam 1 jam,

$$\begin{aligned} \text{Arus (I)} &= \frac{\text{Daya (P) aki sisa}}{\text{Tegangan (V)}} \\ &= \frac{-624 \text{ (watt)}}{48 \text{ (volt)}} \end{aligned}$$

$$= -13 \text{ Ah}$$

Sisa waktu pengosongan arus:

$$= \frac{-13(Ah)}{48(volt)} \times 60(menit)$$

$$= -16.25 \text{ Menit}$$

Jadi total waktu untuk pengosongan:

$$t = \frac{I(ah)}{V(volt)}$$

$$= \frac{12(Ah)}{48(Volt)}$$

$$= 0.25 \text{ Menit}$$

$$= 1,6 \text{ jam atau } 1,36 \text{ menit}$$

3.6. Analisa Kecepatan dengan Beban

Karena gaya dorong (f) pada sepeda adalah 20 N, maka besarnya jarak yang ditempuh oleh sepeda tersebut selama 1 jamnya adalah:

$$\text{Energi Motor (W)} = F \times S$$

$$S = \frac{W}{F}$$

$$= \frac{3.600.000 \text{ joule}}{58.86 N}$$

$$= 61.163m(\text{dalam } 1 \text{ jam})$$

$$= 61,16 \text{ km/jam}$$

Dengan diketahui besarnya jarak yang ditempuh oleh seeda dalam 1 jam, maka kecepatan sepeda adalah :

$$V = \frac{S}{T}$$

$$= \frac{61.163(m)}{3.600(\text{detik})}$$

$$= \frac{6.450 (m)}{3.600 (\text{detik})}$$

$$= 16,99 \text{ m/detik atau } 17 \text{ m/detik}$$

KESIMPULAN

Berdasarkan data-data survey lapangan dan hasil analisis dan perhitungan dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Pemanfaatan energi baterai sebagai sumber energi penggerak kendaraan sangat berpotensi sebagai energi alternatif untuk menggantikan penggunaan bahan bakar fosil, dimana pemanfaatan energi baterai ramah lingkungan tanpa polusi udara maupun suara, sehingga sangat mendukung untuk perlindungan lingkungan hidup.
2. Kendaraan Berbasis Listrik ini dirancang dengan daya rencana (Pd) 1.200 Watt dengan kecepatan maksimal 17 m/s, atau 60 km/jam. Namun berdasarkan hasil pengujian dilapangan, kecepatan tersebut tereduksi

menjadi 47km/jam. Hal ini disebabkan beberapa faktor antara lain:

1. Daya motor yang tersedia dan yang digunakan sebesar 1000 watt
2. Penggunaan kontroler yang di minimalisir dengan tujuan penghematan energi baterai
3. Konstruksi kendaraan dengan menggunakan diameter lingkaran roda yang lebih kecil yaitu ukuran 20 inch.
3. Sistem pengisian pada baterai, motor hub bldc pada roda depan menghasilkan arus dan tegangan yang cukup besar, nilai keluaran tegangan berkisar 12-36 volt, nilai ini didapat dari indikator display watt meter serta scc controller yang dipasang, akan tetapi seiring berjalannya tegangan keluaran, kecepatan motor ikut tereduksi, hal ini pengaruh dari torsi keluaran dari motor bldc hub depan yang difungsikan sebagai generator/alternator.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Wijaya Widjanarka Natasaputra, Suklis Sutriyatno, "Sepeda Motor Listrik Tenaga Matahari dengan Metode Wireless Energy Transfer". URECOL, Vol 6, 2017.
- [2]. Dhimas Satria, Rina Lusiani, "Analisa Perhitungan Energi Listrik Pada Sepeda Listrik Hybrid". Sintek Jurnal, Vol 11, No.1, Juni 2017.
- [3]. Widdyharto, "Sistem Sepeda Listrik Berbasis Mikrokontroler". Fakultas MIPA, Prodi Fisika, Universitas Indonesia, 2010.
- [4]. Hanafi Gunawan, "Mesin dan Rangkaian Listrik". Erlangga, 1993.
- [5]. Kiyokatsu Suga, Sularso, " Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin". PT. Pradnya Paramita, 1997.
- [6]. Syamsir A. Muin, " Dasar-dasar Perancangan Perkakas dan Mesin-mesin Perkakas". CV. Rajawali, 1986.
- [7]. Gandhi Harahap, "Perencanaan Teknik Mesin". Erlangga, 1995
- [8]. Anwari, Mohd. Rafe'i, "Bagian-bagian Mesin 3". Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, 1981.
- [9]. Sumanto, Ma, "Mesin Arus Searah". Andi Offset, 1991
- [10]. Fuad Zainuri1, Asep Apriana, dan Dedi Dwi HaryadiSumanto, Optimalisasi Erancang Bangun Mobil Listrik Sebuah Studi Kendaraan Hemat Energi sebagai Bagian Solusi Alternatif Krisis Energi Dunia, Politeknologi Vol. 14 No. 13 September 2015