

Perancangan Mobil Listrik Menggunakan Motor DC Brushed 36 Volt 450 Watt

Achmad Rizky¹; Aulia Rakhman²; Sedy Maulana³; Nifty Fath⁴; Sujono⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Budi Luhur
nifty.fath@budiluhur.ac.id

ABSTRACT

Conventional vehicles that commonly used in these days are one of the leading causes of air pollution and greenhouse effect. This impact causes a decrease in air quality and global warming. Electric vehicle with zero emission is one of the right solutions to these problems. This study describes the manufacturing of electric car. A 36 Volt Direct current (DC) brushed and 450-Watt type drive motor are a main characteristic of this electric car. The designed electric car is divided into two main systems: the mechanical system which is consist of frame, body, steering and braking, and the electrical system that is consist of battery, propulsion motor, and controller. The assembling process begins with assembling the battery, manufacturing the body and components supporting mechanical system, then assembling the two systems to become a complete electric car system. From the results of theoretical performance calculations, electric cars can move at a speed of 7 kmph and are able to reach 28,56 km with fully charged battery. With an ideal battery capacity of 56,28 Ah, the battery life is fully charged for 4,08 hours and the battery charging time is 26,11 hours using a charger that has an output current of 2,5 A.

Keywords: brushed DC motor, electric car, battery, charger, exhaust emission

ABSTRAK

Polusi udara dan efek rumah kaca merupakan dampak yang ditimbulkan dari pemakaian kendaraan konvensional. Dampak tersebut menyebabkan penurunan kualitas udara dan pemanasan global. Kendaraan listrik adalah solusi yang tepat dari permasalahan tersebut karena tidak memiliki emisi gas buang dan efisiensi yang tinggi. Penelitian ini menjelaskan proses pembuatan mobil listrik yang dirancang menggunakan motor penggerak jenis DC (Direct Current) Brushed 36 Volt 450 Watt. Mobil listrik yang dirancang terbagi menjadi dua bagian utama, yaitu sistem mekanik yang berkaitan dengan rangka, bodi, kemudi dan pengereman serta sistem elektrik yang berkaitan dengan baterai, motor penggerak dan controller. Proses perakitan mobil listrik diawali dengan perakitan baterai, pembuatan bodi dan komponen pendukung sistem mekanik, kemudian assembly kedua sistem agar menjadi sistem mobil listrik secara utuh. Dari hasil perhitungan performa secara teoritis, mobil listrik dapat bergerak dengan kecepatan 7 km/jam dan mampu menempuh jarak 28,56 km dalam satu kali pengisian baterai. Dengan kapasitas baterai ideal sebesar 56,28 Ah maka daya tahan baterai dalam kondisi terisi penuh selama 4,08 jam dan waktu pengisian baterai selama 26,11 jam menggunakan charger yang memiliki arus keluaran 2,5 A.

Kata kunci: Motor DC brushed, Mobil listrik, Baterai, Charger, Emisi gas buang

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan data yang dikeluarkan Dinas Perhubungan Provinsi DKI Jakarta, pertumbuhan kendaraan konvensional di Jakarta dalam rentang tahun 2017 sampai 2019 naik sebesar 0,7% atau sebanyak 77.158 kendaraan dari tahun sebelumnya [1]. Meningkatnya jumlah kendaraan mengakibatkan pemakaian bahan bakar minyak (BBM) ikut meningkat, sehingga semakin memperparah krisis iklim seperti polusi udara dan efek rumah kaca. Untuk mengatasi masalah tersebut pemerintah Indonesia mulai mempromosikan penggunaan kendaraan listrik karena mempunyai efisiensi yang tinggi, ramah lingkungan dan tidak menghasilkan emisi gas buang (*zero emission*) [2].

Kendaraan listrik merupakan kendaraan yang menggunakan motor listrik sebagai mesin penggeraknya [3]. Salah satu hal yang menjadi perhatian utama dalam perkembangan mobil listrik adalah dalam aspek desain mobil listrik [4]. Perkembangan kendaraan listrik dapat diklasifikasikan menjadi BEV (*Battery Electric Vehicle*), HEV (*Hybrid Electric Vehicle*), PHEV (*Plug-in Hybrid Electric Vehicle*) dan FCEV (*Fuel Cell Electric Vehicle*) [5]. Namun, hanya jenis BEV dan PHEV yang menjadi tren saat ini. Kendaraan listrik tipe PHEV mengkombinasikan motor listrik sebagai penggerak utama dan mesin pembakaran internal (ICE) sebagai penggerak cadangan untuk memperluas jangkauan jelajah, sedangkan kendaraan listrik tipe BEV menggunakan mesin listrik sebagai penggerak utama serta baterai untuk menyimpan energi listrik [6]. Terdapat dua jenis motor penggerak yang umum dipakai kendaraan listrik, yaitu motor AC dan motor DC.

Motor DC merupakan sebuah alat yang bekerja secara elektromagnetis dengan mengubah energi listrik arus searah (DC) menjadi energi gerak [7]. Prinsip kerja motor DC berdasarkan gaya Lorentz yang menyatakan jika sebatang penghantar listrik berarus berada didalam medan magnet maka akan timbul gaya magnetik atau gaya Lorentz. Motor DC dipilih sebagai mesin penggerak dikarenakan mempunyai kelebihan yaitu mudah digerakkan untuk dua arah putaran (*reversible*) hanya dengan mengubah polaritas baterai [8]. Untuk mengatur kecepatan motor DC dibutuhkan sebuah *controller* yang didalamnya terdapat rangkaian driver MOSFET, PWM generator, inverter (untuk motor BLDC) dan data logger [9].

Kendaraan listrik menggunakan baterai sebagai penyimpan energi listrik. Jenis baterai yang sering digunakan adalah baterai lithium ion karena tidak hanya bisa diisi ulang (*rechargable*) namun baterai ini mempunyai kelebihan lain seperti kepadatan energi terbaik, tanpa efek memori, serta *self discharging* yang rendah [10].

Penelitian tentang mobil listrik dalam lingkup perguruan tinggi sudah banyak dilakukan dengan tujuan menciptakan mobil listrik yang lebih efisien [11], [12], [13]. Mobil listrik yang dirancang mampu melaju dengan kecepatan rata-rata sebesar 25,5 km/jam dan sebesar 5,2 km/jam di jalan menanjak dengan kemiringan 15 derajat. Disisi lain mobil ini mempunyai kekurangan yaitu masih menggunakan baterai lead acid dengan kapasitas baterai sebesar 28 Ah yang membuat hanya bertahan selama 1,6 jam.

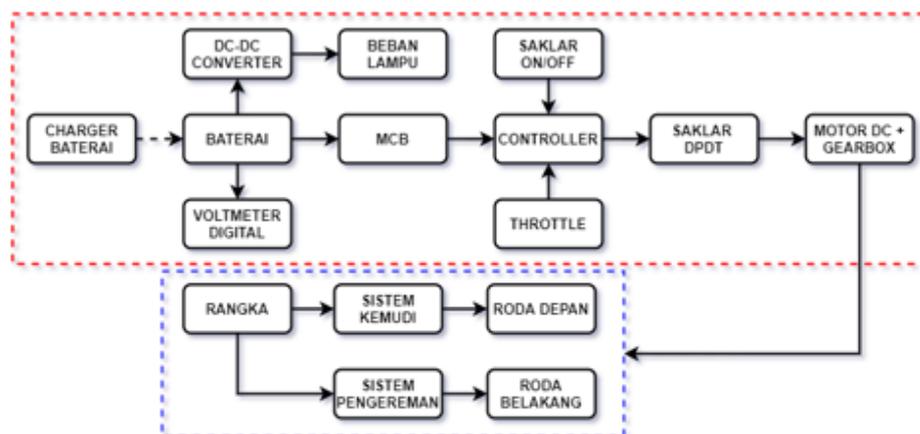
Dari permasalahan yang timbul dan penelitian yang sudah dilakukan, maka penelitian ini akan membahas mengenai perancangan dan analisa perhitungan performansi mobil listrik menggunakan motor DC brushed 36 Volt 450 Watt. Mobil listrik ini menggunakan baterai lithium ion dengan kapasitas sebesar 56,28 Ah yang mampu bertahan selama 4,08 jam. Dari pembuatan mobil listrik ini diharapkan menjadi bahan rujukan untuk pengembangan mobil listrik yang lebih kompleks dan lebih efisien.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Diagram Blok Sistem

Seperti yang terlihat pada Gambar 1, sistem terbagi menjadi dua bagian dan setiap bagian sistem terdapat komponen yang dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Baterai: berfungsi sebagai sumber energi listrik.
2. *Controller*: berfungsi untuk mengendalikan kecepatan motor DC dengan metode pengendalian duty cycle PWM.
3. DC/DC Converter: berfungsi sebagai penurun tegangan dari 36 Volt menjadi 12 Volt untuk mensuplai beban lampu.
4. *Throttle*: berfungsi untuk memberikan acuan kecepatan motor DC dengan cara memberikan sinyal listrik ke *controller*.
5. Saklar DPDT (*Double Pole Double throw*): berfungsi sebagai pembalik polaritas baterai agar dapat bergerak maju dan mundur.
6. Motor DC: digunakan sebagai penggerak utama pada mobil listrik.
7. MCB: berfungsi sebagai main switch untuk melindungi baterai ketika menerima beban berlebih (*overload*).
8. Voltmeter: berfungsi sebagai indikator tegangan baterai.
9. Sistem Kemudi: berfungsi untuk mengendalikan arah kendaraan dengan cara membelokkan roda depan dan menjaga agar posisi mobil tetap stabil.
10. Sistem Pengereman: berfungsi untuk memperlambat dan menghentikan laju kendaraan



Keterangan:

--- = Blok Sistem Elektrik

--- = Blok Sistem Mekanik

Gambar 1. Diagram blok sistem

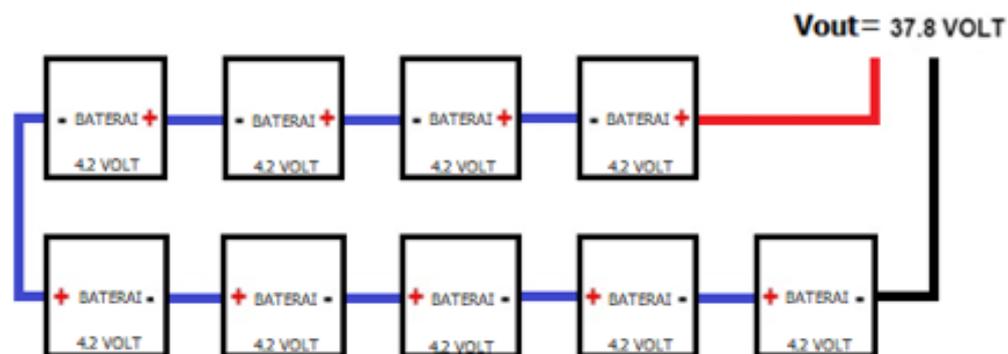
2.2. Prinsip Kerja Sistem

Berdasarkan diagram blok pada Gambar 1, cara kerja sistem dimulai dengan menghidupkan sistem elektrik mobil dengan menghubungkan saklar on/off. Setelah sistem elektrik hidup (ON) selanjutnya pengemudi dapat langsung menginjak *throttle* (pedal gas) tanpa perlu memasukkan gigi persneling. Ketika *throttle* diinjak maka akan menghasilkan sinyal listrik karena di dalam *throttle* terdapat sensor hall/ sensor magnet. Sinyal listrik dari *throttle* menuju ke *controller* kemudian diolah menjadi sinyal PWM pada blok PWM generator yang dapat diatur lebar pulsanya tergantung sinyal listrik yang dihasilkan oleh *throttle*. Sinyal PWM tersebut mengalir ke blok rangkaian driver

MOSFET. Fungsi dari driver MOSFET adalah untuk mengatur tegangan yang masuk menuju motor DC dengan cara memberikan sinyal PWM yang dihasilkan oleh blok PWM generator pada kaki gate MOSFET. Tegangan terkontrol dari driver MOSFET kemudian menuju saklar DPDT sebagai saklar pembalik polaritas baterai yang digunakan agar mobil bisa bergerak maju dan mundur. Setelah melewati saklar DPDT, tegangan terkontrol tersebut masuk ke motor DC lalu menggerakkan roda belakang. Oleh karena itu, kecepatan motor DC dipengaruhi oleh tegangan terkontrol dari driver MOSFET yang diberi sinyal PWM oleh rangkaian PWM generator. Kecepatan motor DC diperoleh dari sinyal listrik yang dihasilkan sensor hall pada *throttle*.

2.3. Proses Perakitan Baterai

Jenis baterai yang digunakan mobil listrik adalah lithium-ion, dengan spesifikasi satu sel baterai dapat menghasilkan tegangan 4,2 Volt (*full charged*) dan berkapasitas 3400 MAh. Terdapat sembilan blok baterai yang disusun secara seri dan dapat menghasilkan tegangan total 37,8 Volt. Satu blok baterai tersebut berisi 24 sel baterai yang disusun secara paralel dan dapat menghasilkan kapasitas baterai sebesar 81,6 Ah. Rangkaian baterai dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Baterai

Proses perakitan baterai menggunakan *spot welding* (las titik) yang berfungsi menghubungkan tiap sel baterai menggunakan plat nikel. Pemakaian plat nikel digunakan untuk membuat rangkaian baterai paralel, sedangkan untuk membuat rangkaian seri baterai menggunakan plat tembaga seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian baterai yang sudah ada di dalam box

2.4. Assembly Sistem Mekanik

Proses *assembly* sistem mekanik merupakan proses penggabungan komponen mekanik yang nantinya digunakan sebagai dasar penempatan sistem elektrik. Komponen mekanik terdiri dari sistem kemudi yang berfungsi untuk mengendalikan arah kendaraan dengan cara membelokkan roda depan dan menjaga agar posisi mobil tetap stabil serta sistem pengereman yang berfungsi untuk memperlambat dan menghentikan laju kendaraan dengan menggunakan sistem rem mekanik yang terhubung dengan roda belakang. Berikut ini adalah proses *assembly* sistem kemudi:

1. Memasang *spindle* pada *bracket* yang ada pada rangka mobil.
2. Setelah *spindle* terpasang pada rangka, selanjutnya memasang kedua roda depan ke masing-masing *spindle*.
3. Memasang roda kemudi dengan batang kemudi.
4. Setelah roda kemudi terpasang, selanjutnya memasang batang kemudi ke poros kemudi. Hal yang perlu diperhatikan adalah posisi batang kemudi harus dalam kondisi center.
5. Setelah batang kemudi terpasang dengan benar, selanjutnya memasang kedua *tie rod* yang terhubung dengan *spindle* dan batang kemudi.

Hasil yang didapatkan dari proses *assembly* sistem kemudi dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. *Assembly spindle* dan *tie rod* pada sistem kemudi



Gambar 5. *Assembly tie rod* pada batang kemudi

Setelah sistem kemudi sudah terpasang dengan benar selanjutnya melakukan proses *assembly* sistem pengereman sebagai berikut:

1. Langkah pertama adalah memasang pengunci as roda dilanjutkan memasang gir besar dan cakram rem pada as roda belakang.
2. Selanjutnya memasang as roda belakang pada *bracket* yang tersedia di rangka mobil, lalu mengencangkan pengunci as roda pada bracket tersebut.
3. Setelah as roda belakang sudah terpasang pada rangka, selanjutnya memasang kedua roda belakang pada as tersebut.
4. Setelah roda belakang terpasang, selanjutnya memasang master rem pada bracket yang tersedia di rangka mobil.
5. Memasang kabel rem yang dimulai dari pedal rem kemudian menuju ke master rem.

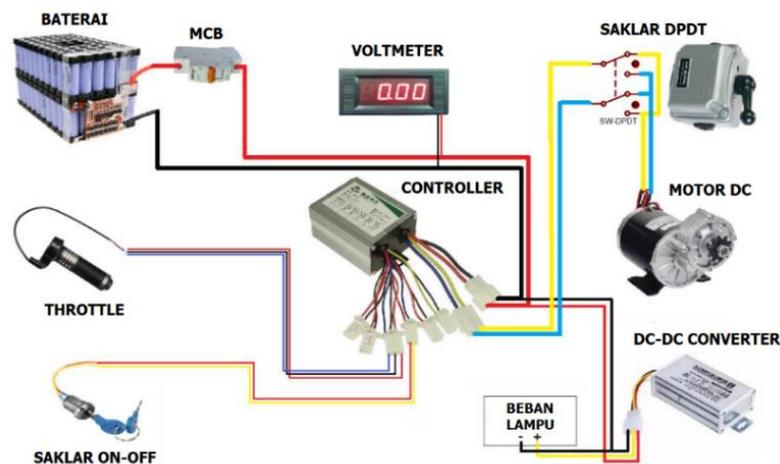
Hasil yang didapatkan dari proses *assembly* sistem kemudi dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. *Assembly* sistem pengereman

2.5. *Assembly* Sistem Elektrik

Proses *assembly* sistem elektrik merupakan tahapan penggabungan antara komponen elektronik menjadi kesatuan yang berfungsi untuk menggerakkan motor DC agar mobil dapat bergerak. *Assembly* sistem elektrik dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Wiring diagram sistem elektrik

Seperti yang terlihat pada Gambar 7, sistem elektrik terdiri dari tiga komponen utama yaitu baterai sebagai penyimpanan sumber energi listrik, *controller* sebagai pengontrol kecepatan motor DC, dan motor DC sebagai mesin penggerak. Pada *controller* terdapat beberapa socket untuk komponen pendukung seperti *throttle* sebagai pedal gas dan saklar on-off sebagai pemutus arus ketika mobil listrik tidak digunakan. DC/DC converter digunakan sebagai penurun tegangan baterai menjadi 12 Volt dan supply untuk beban lampu. Hal yang perlu diperhatikan pada saat proses *assembly* ini adalah sebagai berikut:

1. Pemasangan komponen yang memiliki polaritas tidak boleh terbalik. Contohnya pada pemasangan baterai yang menuju ke *socket controller*. Hal ini disebabkan apabila polaritas terbalik akan menyebabkan *controller* menjadi rusak. Sebab *controller* ini belum mempunyai fitur pengaman jika pemasangan polaritas baterai terbalik.
2. Kabel yang digunakan untuk komponen berdaya besar seperti kabel baterai dan motor harus lebih besar daripada kabel untuk komponen berdaya kecil. Hal ini untuk memaksimalkan arus yang mengalir pada kabel tersebut.

3. Agar kabel hasil *assembly* terlihat rapi, maka dibutuhkan selang kabel spiral dan kabel ties. Disamping agar terlihat rapi, fungsi selang kabel ini juga bisa menjadi pelindung kabel.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Mobil listrik yang telah selesai dirakit terlihat pada Gambar 8. Analisis performansi mobil listrik terdiri dari analisis gaya traksi dan percepatan kendaraan, analisis perhitungan torsi dan kecepatan kendaraan serta analisis perhitungan daya tahan baterai dan waktu pengisian baterai.



Gambar 8. Hasil akhir *assembly*

3.1. Analisis Gaya Traksi dan Percepatan Kendaraan

Gaya traksi merupakan gaya yang membuat kendaraan untuk melaju dengan membawa beban dan melawan hambatan (gaya gesek) [14]. Berikut ini adalah perhitungan teoritis untuk menganalisis gaya traksi dengan perkiraan berat beban sebagai berikut:

- a. Baterai Pack (15 Kg) = 150 N
- b. Pengemudi (50 Kg) = 500 N
- c. Motor DC (10 Kg) = 100 N
- d. Bodi Mobil (50 Kg) = 500 N
- e. Rangka Mobil (55 Kg) = 550 N

Total berat beban (W) adalah 1800 Newton kemudian besar koefisien gesek pada sudut $300 (\mu_s) = 0,58$ sehingga gaya traksi adalah

$$\begin{aligned}
 F_{\text{traksi}} &= \mu_s \times W \\
 &= 0,58 \times 1800 \text{ N} \\
 &= 1044 \text{ N}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Berdasarkan nilai gaya traksi, maka percepatan yang mampu dihasilkan mobil listrik adalah

$$\begin{aligned}
 a &= F_{\text{traksi}}/massa \\
 &= 1044 \text{ N}/180\text{kg} \\
 &= 5,8 \text{ m/s}^2
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Berdasarkan analisis di atas, gaya traksi dipengaruhi oleh koefisien gesek statis dan berat beban. Ban yang digunakan mobil listrik ini termasuk dalam karet yang keras sehingga memiliki koefisien gesek yang rendah dan mobil memiliki gaya traksi yang tinggi. Percepatan mobil dipengaruhi oleh gaya traksi dan massa. Jika semakin besar beban mobil maka percepatan yang dihasilkan semakin kecil, begitu pula sebaliknya.

3.2. Analisis Perhitungan Torsi dan Kecepatan Kendaraan

Motor DC dihubungkan dengan sebuah *gearbox* dengan rasio 1:6,67. Keluaran *gearbox* menggunakan gir depan (gir penggerak) dengan 10 mata gir, sedangkan gir belakang (gir yang digerakkan) dengan 48 mata gir berfungsi menggerakkan as roda belakang. Untuk mencari rpm (*revolution per minute*) pada gir kecil dengan diketahui rpm motor DC sebesar 3000 rpm adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} rpm \text{ gir depan} &= \frac{rpm \text{ motor}}{rasio \text{ gearbox}} & (3) \\ &= \frac{3000}{6,67} \\ &= 449,77 \text{ rpm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} rpm \text{ gir belakang} &= \frac{\text{Jumlah mata gir depan}}{\text{Jumlah mata gir belakang}} \times rpm \text{ gir depan} & (4) \\ &= \frac{10}{48} \times 449,77 \text{ rpm} \\ &= 93,7 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Torsi motor DC dapat dihitung dengan terlebih dahulu mencari besar omega (ω) dan konstanta motor (k) dengan diketahui besar rpm gir belakang (93,7 rpm) dan tegangan motor (36 Volt).

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{2 \times \pi \times rpm \text{ gir belakang}}{60} & (5) \\ &= \frac{2 \times 3,14 \times 93,7 \text{ rpm}}{60} \\ &= 9,8 \text{ rad/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k &= \frac{V}{\omega} & (6) \\ &= \frac{36 \text{ Volt}}{9,8 \text{ rad/s}} \\ &= 3,67 \text{ N.m/A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Torsi &= k \times I & (7) \\ &= 3,67 \frac{\text{N.m}}{\text{A}} \times 16 \text{ A} \\ &= 58,72 \text{ N.m} \end{aligned}$$

Dengan nilai konstanta motor (k) sebesar 3,67 dan arus rata-rata motor sebesar 16 A, sistem dapat menghasilkan torsi sebesar 58,72 N.m dan mampu menggerakkan mobil dengan massa 180 kg dari keadaan diam hingga berjalan. Berdasarkan nilai torsi mobil listrik, kecepatan mobil dapat dihitung jika diketahui keliling roda sebesar 1,256 meter.

$$\begin{aligned} Kecepatan \text{ mobil} &= \text{keliling roda} \times rpm \text{ gir belakang} & (8) \\ &= 1,256 \text{ m} \times 93,7 \text{ rpm} \\ &= 117,68 \text{ meter/menit} \\ &= 7 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, penggunaan gearbox dengan rasio 1:6,67 mampu menghasilkan torsi sebesar 58,72 N.m dan membuat mobil listrik mampu bergerak dengan kecepatan 7 km/jam. Faktor yang mempengaruhi kecepatan mobil adalah rpm pada gir belakang dan rasio *gearbox* yang digunakan. Terdapat beberapa cara untuk menambah kecepatan mobil, diantaranya adalah mengganti motor DC dengan besar rpm dan torsi yang lebih besar serta menambah rpm gir belakang dengan cara menambah jumlah mata gir depan atau mengurangi jumlah mata gir belakang.

3.3. Analisis Perhitungan Daya Tahan dan Waktu Pengisian Baterai

Baterai yang digunakan memiliki spesifikasi 37,8 Volt 81,6 Ah. Secara teoritis, baterai memiliki nilai efisiensi sebesar 80% [15]. Hal ini terjadi karena faktor jangka waktu pemakaian baterai dan proses pengisian baterai yang kurang tepat sehingga total kapasitas baterai menurun. Dengan asumsi efisiensi baterai sebesar 80%, maka daya tahan baterai dapat dihitung sebagai berikut

$$\text{Daya tahan baterai} = \frac{80\% \times (\text{Kapasitas baterai})}{\text{Arus motor}} \quad (9)$$

$$= \frac{80\% \times 81,6 \text{ Ah}}{16 \text{ A}}$$

$$= 4,08 \text{ Jam}$$

$$\text{Jarak tempuh mobil} = V \times t \quad (10)$$

$$= 7 \text{ km/jam} \times 4,08 \text{ jam}$$

$$= 28,56 \text{ km}$$

Sehingga dapat diketahui waktu pengisian baterai jika diketahui ampere charger sebesar 2,5 Ampere:

$$\text{Waktu pengisian baterai} = \frac{80\% \times \text{kapasitas baterai}}{\text{arus charger}} \quad (11)$$

$$= \frac{80\% \times 81,6 \text{ Ah}}{2,5 \text{ A}}$$

$$= 26,11 \text{ jam}$$

Waktu pengisian baterai tergolong lama karena arus keluaran charger hanya 2,5 A. Namun, di sisi lain hal ini baik bagi baterai karena sel baterai diisi secara perlahan dan terisi secara bersamaan. Berdasarkan analisa secara teoritis, mobil listrik dapat bergerak dengan kecepatan maksimal sebesar 7 km/jam. Namun setelah dilakukan pengujian, kecepatan maksimal yang dihasilkan pada saat baterai penuh sebesar 8 km/jam. Hal ini dikarenakan perbedaan besar rpm gir belakang antara perhitungan teoritis sebesar 93,7 rpm dengan pengujian sebesar 106,9 rpm.

3.4. Spesifikasi Mobil Listrik

Berdasarkan perhitungan performansi mobil listrik maka diperoleh spesifikasi mobil listrik seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Mekanik Mobil Listrik

Spesifikasi Mekanik	Mesin	Keterangan
	Tipe Mesin	Motor listrik DC brushed (MY1020Z)
	Rasio Gearbox	1:6,67
	Daya	450 Watt
	Torsi	58,72 N.m / 449,77 rpm
	Panjang	13,5 cm
	Diameter	10,7 cm
	Massa	10 kg
	Kecepatan Maksimum	7 km/jam
	Jarak Tempuh Maksimum	28,56 km
	Dimensi Mobil	Keterangan
	Panjang	190 cm
Lebar	105 cm	

	Tinggi	72 cm
	Massa Mobil	130 kg
	Rangka	Keterangan
	Tipe Rangka	Pipa Tubular
	Ban Depan/belakang	Ban Vespa Ring 10
	Rem Belakang	Cakram Mekanik
	Sistem Kemudi	<i>Manual Steering</i>
Spesifikasi Elektrik	<i>Controller</i>	<i>Yiyun Tech 36V/450W</i>
	Pembalikan Polaritas	Saklar DPDT
	<i>DC-DC Converter</i>	36V to 12V 10A (<i>Step Down</i>)
	Jenis Baterai	<i>Lithium-Ion 4,2V/3400Mah</i>
	Tegangan Baterai	37,8 Volt
	Kapasitas Baterai (20% <i>dieffisiensi</i>)	65,28 Ah
	Lama Pemakaian Baterai	4,08 jam
Waktu Pengisian Baterai	26,11 jam	

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perancangan dan analisis mobil listrik menggunakan motor DC brushed 36 Volt 450 Watt, mobil listrik secara teoritis mampu bergerak dengan kecepatan 7 km/jam serta jarak tempuh maksimum 28,56 km dalam kondisi baterai terisi penuh. Namun setelah dilakukan pengujian, kecepatan mobil listrik dapat mencapai 8 km/jam pada saat kondisi baterai penuh. Dengan kapasitas baterai ideal 65,28 Ah dengan arus yang dibutuhkan motor DC sebesar 16 A, baterai dapat bertahan selama 4,08 jam. Untuk proses charging baterai dengan menggunakan arus 2,5 A berlangsung selama 26,11 jam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. P. Sari and Statistik.jakarta.go.id, "Peningkatan Jumlah Kendaraan Bermotor di DKI Jakarta," [www.statistik.jakarta.go.id](http://statistik.jakarta.go.id), 2020. <http://statistik.jakarta.go.id/peningkatan-jumlah-kendaraan-bermotor-di-dki-jakarta/> (accessed Dec. 20, 2020).
- [2] L. Setiono, "Perancangan Mekanika dan Realisasi Kontrol Mobil Listrik," e-Proceeding Eng., vol. 3, no. 3, pp. 4669–4675, 2016.
- [3] A. Dzaky, "Penjelasan Mobil Listrik," student-activity.binus.ac.id, 2018. <https://student-activity.binus.ac.id/himtek/2018/03/27/1206/> (accessed Dec. 26, 2020).
- [4] B. O. Varga, A. Sagoian, and F. Mariasiu, "Prediction of electric vehicle range: A comprehensive review of current issues and challenges," *Energies*, vol. 12, no. 5, 2019, doi: 10.3390/en12050946.
- [5] F. Un-Noor, S. Padmanaban, L. Mihet-Popa, M. N. Mollah, and E. Hossain, "A comprehensive study of key electric vehicle (EV) components, technologies, challenges, impacts, and future direction of development," *Energies*, vol. 10, no. 8, 2017, doi: 10.3390/en10081217.
- [6] N. S. Kumara and I. W. Sukerayasa, "Tinjauan Perkembangan Kendaraan Listrik Dunia Hingga Sekarang," *Tinjau Perkemb. Kendaraan List. Dunia Hingga Sekarang*, vol. 8, 2009.
- [7] I. N. Bagia and I. M. Parsa, *MOTOR-MOTOR LISTRIK*, no. March. Kupang: CV. Rasi Terbit, 2018.

- [8] M. A. Zumain, *Prototipe Mobil Litrik dengan Menggunakan Motor DC Magnet Permanen 0,37 HP*. Depok: Universitas Indonesia, 2009.
- [9] Martinus, A. Juliardi, I. P. Dharma, and A. Wijaya, "Pembuatan Sistem Kontrol Motor Dc Untuk Prototipe Kendaraan Listrik Raden Intan 2," vol. 3, no. 2, pp. 122–124, 2018.
- [10] D. I. P. Widyodhono, "Analisa baterai pada motor listrik," pp. 1–33, 2019.
- [11] R. Bintarto and I. Kusyairi, "Rancang Bangun Poltekcom Electric Car Sebagai Modul Pembelajaran Teknik Mekatronika," vol. 6, no. November, pp. 8–11, 2013.
- [12] A. Efendi and M. Fahmi, "Rancang Bangun Desain Prototipe Mobil Listrik Sula," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 15, no. 2, p. 107, 2020, doi: 10.32497/jrm.v15i2.1843.
- [13] F. I. Maulana, N. Wahyudi, and I. Puspitasari, "RANCANG BANGUN SISTEM REM MOBIL LISTRIK FUSENA," *POLITEKNOLOGI*, vol. 18, no. 3, pp. 243–248, 2019.
- [14] I. Susanti, Rumiasih, C. RS, and A. Firmansyah, "Analisa Penentuan Kapasitas Baterai dan Pengisiannya pada Mobil Listrik," *ELEKTRA*, vol. 4, no. 2, pp. 29–37, 2019.
- [15] C. Haryadi, *Pembuatan Kontrol Kecepatan Motor Pada Mobil Listrik*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret, 2011.