

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan Pustaka pada tugas akhir ini membahas tentang penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang digunakan sebagai acuan dan penambahan referensi dalam pengembangan metode yang ingin dirancang dalam tugas akhir yang akan dibuat.

Oktaviani, Yesi (2022) melakukan penelitian berupa “Analisis Sistem Hibrida Tegangan PLN Vs Tegangan Panel Surya 30 Wp pada Otoped *Electric Vehicle* (EV)” dengan tujuan menggunakan sumber Panel surya itu untuk meminimalisir pengeluaran listrik PLN dan sumber PLN untuk mengoptimalkan waktu pengisian baterai pada saat cuaca sedang tidak cerah. Untuk menghindari adanya pengecasan dari dua sumber secara bersamaan maka digunakan sistem *switching* menggunakan relay dan kontak. Pengujian *charging* menggunakan panel surya jenis polykristalin, pengujian ini memiliki nilai yang berbeda sesuai dengan cuaca pada saat pengujian. Tegangan output PV dipengaruhi dengan banyaknya radiasi yang diterima oleh PV. Pada hasil pengujian didapatkan nilai tegangan tertinggi pada siang hari berkisar pada pukul 11.30 hingga 13.00 dengan nilai tegangan sebesar 17,27V dan arus sebesar 1,48A. Pengujian *charging* menggunakan sumber PLN dilakukan pengukuran arus yang mengalir menuju aki menggunakan sensor arus dan mengukur tegangan pada aki. Pengujian pertama dilakukan pengecasan selama 1 jam dapat mengisi aki sebanyak 90% dan tegangan mencapai 29,25V. Pengisian kedua dilakukan pengecasan selama 1 jam 45 menit mengisi aki sebanyak 100% dan tegangan mencapai 29,43V^[5].

Penelitian tentang *electric scooter* berbasis *solar cell* pernah dilakukan oleh Alfian, Moh (2022) “Konsumsi Daya Baterai Pada *Electric Scooter* Berbasis *Solar Cell*”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan dan waktu tempuh terhadap konsumsi daya skuter listrik. Pengujian dilakukan dengan cara mengemudikan skuter listrik yang telah dirakit beserta sistem monitoringnya pada jalanan datar. Skuter Listrik ini dikemudikan dengan rentang kecepatan 10,15, dan 20km/h pada masing-masing waktu tempuh 5 menit sampai dengan menit. Saat skuter listrik dikemudikan, alat monitoring merekam data kecepatan, set point waktu serta konsumsi daya listrik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada pengaruh kecepatan dan waktu tempuh terhadap konsumsi daya baterai skuter listrik. Konsumsi daya baterai skuter listrik berbasis *solar cell* tertinggi yaitu pada kecepatan 20Km/h dengan waktu

tempuh 60 menit dan konsumsi daya sebesar 125.17W, dan konsumsi daya baterai skuter listrik berbasis *solar cell* terendah yaitu pada kecepatan 10 Km/h dengan waktu tempuh 10 menit dengan konsumsi daya sebesar 58.76^[7].

Nainggolan, Benhur (2016) melakukan penelitian berupa “Rancang Bangun Sepeda Listrik Menggunakan Panel Surya Sebagai Pengisi Baterai”. Penelitian ini bertujuan untuk mendesain dan membangun sepeda listrik yang ditenagai oleh panel surya, serta menguji karakteristik sepeda tersebut seperti waktu pengisian baterai, kecepatan, dan performa pada berbagai jenis medan. Penelitian ini ditujukan untuk menentukan spesifikasi motor listrik, panel surya, *controller* motor, *controller* panel surya, dan baterai yang akan digunakan. Sehingga sesuai dengan kinerja yang diharapkan. Pada penelitian ini diuji beberapa karakteristik sepeda listrik tenaga surya, antara lain: lama waktu pengisian baterai oleh panel surya, kecepatan maksimum yang dapat dicapai oleh sepeda dengan asumsi massa beban (orang) sebesar 70 kg, performa sepeda listrik dalam berbagai kondisi jalan yang berbeda, serta arus, tegangan dan daya motor. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sepeda listrik tenaga surya dapat berjalan hingga jarak 11,23km dengan kecepatan maksimum 30km/jam dan mampu menaklukkan tanjakan hingga 15 derajat. Selain itu, waktu pengisian baterai oleh panel surya juga cukup cepat. Dengan menggunakan sumber energi terbarukan seperti energi matahari, sepeda listrik ini dapat membantu mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi emisi gas rumah kaca. Penelitian ini juga menyoroti pentingnya ergonomis, pemilihan motor dan peran kontroler dalam motor DC tanpa sikat^[1].

Tarigan, Amani Darma (2022) melakukan penelitian berupa “Perancangan Otoped Listrik Menggunakan Panel Surya Sebagai Media Transportasi”. Penelitian ini membahas mengenai pembangkit listrik tenaga surya yang akan diimplementasikan pada alat otoped agar dapat memudahkan pengoperasian pergerakan pada alat tersebut. Alat transportasi yang dimodifikasi pada penelitian ini yaitu sepeda lipat. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sebuah kendaraan listrik yang menggunakan panel surya sebagai sumber energi untuk mengisi daya baterai sehingga dapat menghemat konsumsi listrik. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menguji efektivitas panel surya dalam mengisi daya baterai dan memperhitungkan waktu pengisian daya yang terpengaruh oleh kondisi cuaca. Pengujian alat dilakukan untuk mendapatkan data sesuai dengan kebutuhan penelitian, data yang didapat

ialah hasil pengujian panel surya dan hasil pengujian baterai. Hasil pengujian panel surya 20 wp dapat menghasilkan tegangan tertinggi yang dihasilkan oleh sel surya adalah 20,3V pada SCC dan pada multimeter 19,5V pada cuaca cerah. Hasil pengujian baterai dilakukan untuk membandingkan hasil pengukuran langsung dari baterai. Pengukuran dilakukan saat alat diberi beban motor *Brushless* DC 36V. Dari hasil pengukuran didapat bahwa kenaikan tegangan dari 10V menjadi 11,8V yaitu sebesar 1,8V. Dari hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa panel surya mampu mengisi daya baterai dengan baik, namun waktu pengisian daya tergantung pada kondisi cuaca^[8].

Prayogi Estu (2020) melakukan penelitian berupa “Pemanfaatan Energi Surya Sebagai Sumber Energi Sepeda Listrik”. Penelitian ini membahas penggunaan energi surya sebagai sumber energi untuk sepeda listrik dan melakukan perhitungan spesifikasi panel surya dan baterai yang dibutuhkan untuk sepeda listrik tersebut. Tujuan penelitian ini adalah untuk membahas penggunaan energi surya sebagai sumber daya untuk sepeda listrik dan melakukan perhitungan untuk menentukan torsi, daya, dan RPM yang dibutuhkan. Pengujian hanya dilakukan dengan simulasi menggunakan fitur animasi apakah alat berfungsi dengan semestinya atau tidak. Hasil pembahasan penelitian ini yaitu menggunakan motor dc dengan daya 350W, 12V dengan pemakaian selama 1 jam didapat kebutuhan dayanya yaitu 455Wh. Panel surya yang akan digunakan 2 modul surya dengan ukuran 40Wp. Untuk kapasitas baterai didapat 171,5Ah dan baterai yang digunakan adalah baterai 12V 12Ah. Pengisian baterai dengan tegangan standart *charger* aki 13,8V dan watt yang dihasilkan mengisi aki 12Ah selama 5 jam yaitu 309W. Dari hasil analisa perhitungan beban pengendara total berat beban sepeda 78 kg dan di analisis menggunakan Solidwork dengan beban 95 kg ini aman digunakan karena tegangan maksimal yang terjadi tidak melebihi batas *yield strenght*, jadi disarankan untuk tidak melebihi beban 95 kg karna rangka bisa melentur bahkan bisa patah. Berdasarkan perhitungan Torsi motor yang dibutuhkan adalah 1,013Nm. Daya yang dihasilkan motor listrik yaitu 327,2W. RPM pada sepeda listrik yaitu sebesar 192,16 rpm^[2].

Penelitian kali ini penulis akan melakukan penelitian yang berjudul “Desain dan Modifikasi *Solar cell* Pada *Electric* Otoped”. Bertujuan untuk mengetahui kemampuan pengisian baterai otoped listrik dengan sumber energinya menggunakan panel surya yang dimodifikasi tegangan dan arus sesuai dengan beban. Penelitian kali ini menggunakan

Skuter listrik dengan *power* motor 350W,36V dan baterai 36V,6Ah *lithium-ion*. Pengujian *charging* dilakukan dengan mengubah sumber energi pengecasannya dengan menggunakan dua buah panel surya; panel surya yang pertama hasil desain dan modifikasi sendiri dengan tegangan 37V, dan arus 0.7 A di tempatkan pada stem otoped listrik, Panel surya kedua dengan tegangan 17,5 volt, dan arus 1.15A bawaan pabrik di tempatkan pada deck otoped listrik. Pengujian Otoped dilakukan dengan cara mengemudikan skuter listrik yang telah dirakit beserta sistem monitoringnya pada jalan yang datar. Skuter Listrik ini dikemudikan dengan rentang kecepatan 15, 20 dan 25km/h pada lcd display dashboard. Saat skuter listrik dikemudikan, alat monitoring merekam konsumsi energi baterai yang digunakan.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Solar Cell

Panel Surya merupakan gabungan *solar cell* yang dapat Menkonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Satu keping sel surya tersusun dari kutub positif dan kutub negatif^[9]. *Solar Cell* terdiri dari berbagai komponen fotovoltaik atau komponen yang dapat mengubah cahaya menjadi listrik. *Solar Cell* terdiri dari lapisan silikon yang memiliki sifat logam, semikonduktor, anti reflektif dan strip konduktor logam. Jenis panel surya yang paling sering digunakan yaitu monokristalin dan polikristalin. Monokristalin adalah jenis panel surya yang efisiensinya akan tinggi hanya jika sinar matahari terik, dan ketika dalam cuaca berawan efisiensinya akan turun drastis. Sedangkan polykristalin yaitu panel surya ini memiliki susunan kristal secara acak sehingga membutuhkan luas permukaan yang lebih luas jika dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya yang sama. Efisiensi dari panel surya ini lebih rendah namun akan tetap stabil diberbagai cuaca baik ketika sinar matahari terik maupun mendung^[10]. Spesifikasi *solar cell* dan panel surya yang digunakan terdapat pada tabel 2.1 – tabel 2.2. Terdapat juga material pembuatan Pv pada Tabel 2.3.



Gambar 2. 1 Panel Surya

Tabel 2. 1 Spesifikasi Panel Surya

Jenis Panel surya	Polikristalin
Peak Power(Pmax)	20Wp
Voltage(Vmp)	18V
Arus (Imp)	1.14A
Open Circuit Voltage (Voc)	21.6V
Arus hubung singkat (Isc)	1.29A

Tabel 2. 2 Spesifikasi Solar Cell

Jenis Solar Cell	Polikristalin
Arus dalam 1 Cell (A)	0.70
Tegangan dalam 1 Cell (V)	0.54

Tabel 2. 3 Material Pembuatan Pv

No	Material Pv	Satuan	Jumlah
1	Solar Tab Wire	20m	2
2	Bus Wire	2m	2
3	Pena Fluks	1 buah	2
4	Tinol	10m	1
5	Akrilik Bening	1 buah	1
6	Akrilik Putih Susu	1 buah	1
7	Alumunium	6m	1

Untuk menghitung kapasitas panel surya yang dibutuhkan menggunakan persamaan berikut :

$$P_{\text{panel surya}} = \frac{ET}{\text{Insolasi Matahari}} \times 1,1 \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

- Ppanel Surya = Daya Panel Surya (Wp)
 ET = Penggunaan Energy Dalam 1 Jam (Wh)
 Insolasi matahari = Waktu Efektif Penyinaran Matahari
 1,1 = Faktor Penyusutan

Untuk menentukan besarnya efisiensi panel surya kita harus mengetahui total daya foton (Pin) sebagai Berikut:

$$\text{Luas} = p \times l \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

P = Panjang

L = Lebar

• **Rumus Fill Faktor :**

Fill Factor adalah salah satu besaran yang menjadi parameter unjuk kerja sel surya, fill faktor merupakan salah satu besaran tak berdimensi yang menyatakan antara perbandingan daya maksimum yang dihasilkan sel surya terhadap perkalian antara Voc dan Isc. Semakin besar harga FF (fill faktor) sel surya, maka unjuk kerja sel surya tersebut baik, dan akan mempunyai koefisien konversi energi yang semakin baik pula.

$$\text{FF} = \frac{V_{mp} \cdot I_{mp}}{V_{oc} \cdot I_{sc}} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

Vmp = Tegangan pada titik kerja maksimum

Imp = Arus pada titik kerja maksimum

Voc = Tegangan rangkaian terbuka (*open circuit*)

Isc = Arus hubung singkat (*short circuit*)

• **Rumus Efisiensi**

$$\eta = \frac{V \times I \times FF}{I_r \times A} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

η = Efisiensi sel surya (100%)

V = Tegangan (volt)

I = Arus (ampere)

FF = Fill Factor (%)

A = Luas permukaan modul surya (m²)

2.2.2 Baterai Lithium-ion

Baterai *lithium-ion* adalah jenis baterai sekunder yang dapat diisi ulang dan merupakan baterai yang ramah lingkungan karena tidak mengandung bahan yang berbahaya. Baterai ini memiliki stabilitas penyimpanan energi yang sangat baik (daya tahan sampai 10 tahun bahkan bisa lebih), energi densitas tinggi, tidak ada memori efek dan berat

yang relatif lebih ringan dibandingkan dengan baterai jenis lain. Sehingga dengan berat yang sama energi yang dihasilkan baterai lithium dua kali lipat dari baterai jenis lain. Baterai merupakan sel elektrokimia yang mengubah energi kimia menjadi energi listrik ^[11]. Spesifikasi baterai yang digunakan terdapat pada tabel 2.4.



Gambar 2. 2 Baterai *Lithium-Ion*

Tabel 2. 4 Spesifikasi Baterai

No	Parameter	Keterangan
1	Tegangan(V), Arus (Ah), dan penggunaan daya(Wh)	36V, 6Ah/216Wh
2	Jenis Baterai	<i>Lithium-Ion</i>

2.2.3 Solar Charge Controller

Solar Charge Controller (SCC) digunakan untuk mengatur pengisian arus searah dari panel surya ke baterai dan mengatur penyaluran arus dari baterai ke beban. SCC dapat mendeteksi kapasitas baterai, apabila baterai sudah terisi penuh maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya berhenti ^[12]. *Solar charge controller* biasanya terdiri dari 1 input (2 terminal) yang terhubung dengan output panel surya, 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan baterai atau aki, dan 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan beban. Arus listrik DC yang berasal dari baterai biasanya tidak mungkin masuk ke panel surya karena ada *diode protection* yang hanya melewati arus listrik DC dari panel surya ke baterai ^[8]. Spesifikasi SCC yang digunakan terdapat pada tabel 2.5.



Gambar 2. 3 *Solar Charge Controller*

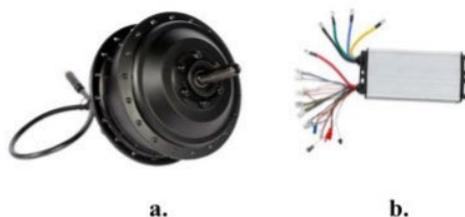
Tabel 2. 5 Spesifikasi SCC

No	Type SCC	Rated Current	Rated Voltage
1	SCC tipe PWM	10A	12,24,36,48V Auto

2.2.4 Motor BLDC dan *Controller* BLDC

Motor BLDC (*Brushless Direct Current*) atau bisa disebut juga motor BLAC adalah salah satu jenis motor listrik sinkron. Motor *Brushless* DC terdiri dari dua bagian, yakni rotor, bagian yang bergerak yang terbuat dari permanen magnet dan stator, bagian yang tidak bergerak yang terbuat dari kumparan 3 fasa ^[13]. Pada motor BLDC, medan magnet yang dihasilkan oleh rotor dan stator pada frekuensi yang sama. Motor BLDC merupakan motor listrik AC sinkron 3 fasa. *Brushless* DC memiliki *Back-EMF* trapesium sedangkan BLAC memiliki *Back-EMF* sinusoidal, sehingga arus elektromagnetik dari motor dapat diatur dengan sistem komputer sederhana saat rotor berputar ^[14].

Sedangkan *Controller* BLDC berfungsi sebagai otak yang mengontrol sistem operasi pada motor *Brushless* DC. BLDC memerlukan input pulsa pemicu ke elektromagnetik(stator). Hal ini untuk memberikan pengaturan jumlah arus yang mengalir sehingga rotasi motor dapat diatur dengan akurat ^[14]. Spesifikasi dari motor BLDC dan *controller* BLDC yang digunakan terdapat pada tabel 2.6.



Gambar 2. 4 a; Motor BLDC b; Controller BLDC
Tabel 2. 6 Spesifikasi Motor BLDC dan Controller BLDC

No	Jenis Motor Listrik	Daya (W)	Tegangan (V)	Limit Speed (A)
1	BLDC	350	36	
2	Brushless Motor Controller	350	36	15A

Menghitung Torsi motor yang dibutuhkan, dapat menggunakan persamaan dibawah ini:

Torsi pada satu motor:

$$T = \frac{5250 \times Hp}{n} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

T = Torsi atau tenaga putar yang dihasilkan (Nm)

Hp = Daya dalam satuan HP (*Hourse Power*)

N = Jumlah putaran per-menit (RPM)

5250 = Nilai ketetapan atau konstanta pada daya motor dengan satuan HP

2.2.5 Modul Sensor PZEM-015

Modul sensor ini digunakan untuk mengukur berbagai parameter listrik DC, seperti tegangan, arus, daya aktif, energi aktif yang berada dibaterai. Modul ini dilengkapi dengan layar LCD yang dapat menampilkan hasil pengukuran secara *real time*. Selain itu, terdapat juga fitur penunjuk kapasitas baterai. Bentuk fisik dari modul sensor PZEM-015 yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 2.5 dan

spesifikasi dari modul sensor PZEM-015 yang digunakan terdapat pada tabel 2.7.



Gambar 2. 5 Modul Sensor Pzem-015

Tabel 2. 7 Spesifikasi Modul Sensor PZEM-015

Spesifikasi Produk	
<i>Operated Voltage</i>	36V DC
<i>Battery Voltage</i>	0-200V DC
<i>Battery Current</i>	0-300A
<i>Dimension</i>	8,96 x 4,96 x 2,42 Cm

2.2.6 *Electric Otoped*

Electric otoped adalah sepeda motor listrik yang digunakan untuk perjalanan jarak dekat. Otoped listrik dilengkapi dengan motor listrik di roda depan, baterai sebagai sumber energi, *Controller* BLDC berfungsi sebagai otak yang mengontrol sistem operasi pada motor *Brushless* DC, kendali gas dan rem di setang serta display untuk mengetahui kecepatan motor tersebut dan bisa diganti mode kecepatannya. *Electric otoped* ini umumnya memiliki kecepatan maksimum yang cukup untuk perjalanan jarak dekat, biasanya 15-25 km/jam. Perkembangan teknologi dan permintaan yang meningkat telah menyebabkan peningkatan produksi dan variasi *electric otoped*. Ada berbagai merek dan model *electric otoped* yang tersedia dengan fitur dan spesifikasi yang berbeda, sehingga pengguna dapat memilih sesuai dengan preferensi dan kebutuhan mereka. Spesifikasi *electric otoped* dapat dilihat pada tabel 2.8.



Gambar 2. 6 *Electric Otoped*

Tabel 2. 8 Deskripsi Otoped Listrik Untuk Dimodifikasi

<i>Model</i>	M365
<i>Material</i>	Alumunium
<i>Motor Power</i>	350W
<i>Voltage</i>	36-42V
<i>Battery</i>	36V,6Ah Lit-ion
<i>Tire size</i>	8.5inch
<i>Range per charge</i>	30-40km
<i>Net weight</i>	12kg
<i>Max Speed</i>	20-25km/h
<i>Charging time</i>	3-5h
<i>Max loading</i>	120kg

~Halaman ini Sengaja Dikosongkan~