



**TUGAS AKHIR**

**DESAIN DAN MODIFIKASI SOLAR CELL PADA  
ELECTRIC OTOPED**

**DESIGN AND MODIFICATION SOLAR CELLS ON  
SCOOTER ELECTRIC**

Oleh

**NAUFAL ALI**  
**NPM.20.02.04.035**

**DOSEN PEMBIMBING :**  
**Purwiyanto, S.T., M.Eng**  
**NIP . 197906192021211010**

**Fadhillah Hazrina, S.T., M.Eng**  
**NIP . 199007292019032026**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK LISTRIK  
JURUSAN REKAYASA ELEKTRO DAN MEKATRONIKA  
POLITEKNIK NEGERI CILACAP  
2023**





**TUGAS AKHIR**

**DESAIN DAN MODIFIKASI SOLAR CELL PADA  
ELECTRIC OTOPED**

***DESIGN AND MODIFICATION SOLAR CELLS ON  
SCOOTER ELECTRIC***

Oleh

**NAUFAL ALI**  
**NPM.20.02.04.035**

**DOSEN PEMBIMBING :**  
**Purwiyanto, S.T., M.Eng**  
**NIP. 197906192021211010**

**Fadhillah Hazrina, S.T., M.Eng**  
**NIP . 199007292019032026**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK LISTRIK  
JURUSAN REKAYASA ELEKTRO DAN MEKATRONIKA  
POLITEKNIK NEGERI CILACAP  
2023**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**“DESAIN DAN MODIFIKASI SOLAR CELL PADA ELECTRIC OTOPED”**

Oleh :


**NAUFAL ALI**  
**NPM. 20.02.04.035**

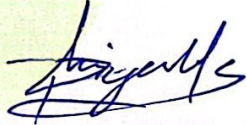
**Tugas Akhir ini Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Ahli Madya (A.Md)  
di Politeknik Negeri Cilacap**


Disetujui oleh :

**Penguji Tugas Akhir**

**Dosen Pembimbing**

  
1. **Afrizal Abdi Musyafiq, S.Si., M.Eng.**  
**NIP. 199012122019031016**

  
1. **Purwivanto, S.T., M.Eng.**  
**NIP. 197906192021211010**

  
2. **Hendi Purnata S.Pd., M.T.**  
**NIP. 199211132019031009**

  
2. **Fadhillah Hazrina, S.T., M.Eng.**  
**NIP. 199007292019032026**

Mengetahui :  
**Ketua Jurusan Teknik Rekayasa Elektro dan Mekatronika**



## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Sebagai mahasiswa Politeknik Negeri Cilacap, yang bertanda tangan dibawah ini, saya:

Nama : Naufal Ali  
NIM : 20.02.04.035  
Judul Tugas Akhir : Desain dan Modifikasi *Solar Cell*  
Pada *Electric* Otoped

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan laporan Tugas Akhir berdasarkan penelitian, pemikiran, dan pemaparan asli dari penulis sendiri, baik dari alat (*hardware*) dan naskah laporan yang tercantum sebagai bagian dari laporan Tugas Akhir ini. Jika terdapat karya orang lain, penulis akan mencantumkan sumber secara jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berapapun cabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Cilacap, 28 Juli 2023  
Yang menyatakan,



(Naufal Ali)  
NIM: 20.02.04.035

## LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai mahasiswa Politeknik Negeri Cilacap, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Naufal Ali

NPM : 20.02.04.035

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Negeri Cilacap Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: “**DESAIN DAN MODIFIKASI SOLAR CELL PADA ELECTRIC OTOPED**” beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini, Politeknik Negeri Cilacap berhak menyimpan, mengalihmedia / format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikan di Internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Politeknik Negeri Cilacap, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Cilacap

Pada tanggal : 28 Juli 2023

Yang menyatakan



Naufal Ali

## ABSTRAK

Otoped listrik menggunakan baterai sebagai sumber energi untuk menggerakkan motor BLDC. Sumber energi listrik yang digunakan untuk mengisi ulang baterai pada umumnya berasal dari PLN. Oleh karena itu, diperlukan sumber energi alternatif untuk menghindari pemanfaatan sambungan listrik rumah tersebut. Salah satunya adalah dengan menggunakan energi matahari atau panel surya. Tegangan maksimum baterai otoped listrik 36V yaitu sebesar 42V. Jika menggunakan panel surya pada umumnya  $V_{mp}$ nya sebesar 18V, ketika di seri dengan 2 pv maka tegangan  $V_{mp}$  yang dihasilkan sebesar 36V-38V. Oleh karena itu, baterai tidak dapat mengecac secara maksimal. Solusi yang ditawarkan yaitu melakukan desain dan modifikasi *solar cell* yang sesuai dengan tegangan baterai yang digunakan. Selain itu, dalam penelitian ini menggunakan alat monitoring berupa sensor PZEM-015 untuk mengetahui konsumsi energi baterai. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui cara membuat desain dan modifikasi solar cell menjadi panel surya, mengetahui lama pengisian baterai menggunakan panel surya yang telah dibuat, dan mengetahui konsumsi energi baterai pada otoped listrik mengacu pada kecepatan dan waktu tempuh. Hasil pengujian modifikasi *solar cell* menjadi panel surya dengan menggunakan rangkaian seri, didapatkan hasil pengujian nilai tegangan pada titik kerja maksimum ( $V_{mp}$ ) rata-rata 36.79V dan arus pada titik kerja maksimum rata-rata sebesar 0.55A dengan hasil tersebut didapatkan daya sebesar 20.23Wp. Lama waktu pengisian baterai dengan panel surya yang berbeda spesifikasi ini selama 10jam. Pada pengujian *electric* otoped dengan berat pengendara 60kg Pada kecepatan 4.16 m/s, menghabiskan waktu tempuh selama 40 menit dan konsumsi energi sebesar 73 Wh. Pada kecepatan 5.55 m/s menghabiskan waktu tempuh selama 30 menit dan konsumsi energi sebesar 87Wh. Pada kecepatan 6.94 m/s menghabiskan waktu tempuh selama 20 menit dan konsumsi energi sebesar 90Wh. Sehingga dengan kecepatan rendah sampai sedang 4.16 m/s – 5.55 m/s dapat memperpanjang waktu tempuh dan menghemat konsumsi energi baterai.

Kata Kunci : *Solar Cell*, Efisiensi Panel Surya, Otoped Listrik, Torsi

## **ABSTRACT**

*Electric scooters use batteries as an energy source to drive BLDC motors. The source of electrical energy used to recharge the battery generally comes from PLN. Therefore, an alternative energy source is needed to avoid the use of the house's electricity connection. One way is to use solar energy or solar panels. The maximum voltage of a 36V electric scooter battery is 42V. If you use a solar panel, the  $V_{mp}$  is generally 18V, when it is in series with 2 pv, the resulting  $V_{mp}$  voltage is 36V-38V. Therefore, the battery cannot fully charge. The solution offered is to design and modify solar cells according to the battery voltage used. In addition, this study uses a monitoring tool in the form of a PZEM-015 sensor to determine battery energy consumption. The purpose of this research is to find out how to design and modify a solar cell to become a solar panel, find out how long it takes to charge a battery using a solar panel that has been made, and find out the energy consumption of a battery on an electric scooter referring to speed and travel time. The results of testing the modification of the solar cell into a solar panel using a series circuit, the results of testing the voltage value at the maximum working point ( $V_{mp}$ ) averaged 36.79V and the current at the maximum working point averaged 0.55A with these results obtained a power of 20.23Wp . The battery charging time with this solar panel with different specifications is 10 hours. In testing the electric scooter with a driver weight of 60 kg at a speed of 4.16 m/s, it takes 40 minutes and consumes 73 Wh of energy. At a speed of 5.55 m/s it takes 30 minutes and consumes 87Wh of energy. At a speed of 6.94 m/s, it takes 20 minutes and consumes 90Wh of energy. So that at low to moderate speeds of 4.16 m/s – 5.55 m/s can extend travel time and save battery energy consumption.*

*Keywords : Solar Cell, Solar Panel Efficiency, Electric Scooter, Torque*



## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,*

Puji dan syukur senantiasa kita panjatkan kepada hadirat Allah swt. atas segala nikmat, kekuatan, taufik serta hidayah-Nya. Shalawat dan salam semoga tercurah kepada Rasulullah saw., keluarga, sahabat, dan para pengikut setianya. Aamiin. Atas kehendak Allah sajalah, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul :

### **“DESAIN DAN MODIFIKASI SOLAR CELL PADA ELECTRIC OTOPED”**

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada Program Studi D3 Teknik Listrik Politeknik Negeri Cilacap dan untuk memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md).

Penulis menyadari bahwa karya ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan dan hambatan yang dijumpai selama pengerjaannya. Sehingga saran yang bersifat membangun sangatlah diharapkan demi pengembangan yang lebih optimal dan kemajuan yang lebih baik  
*Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Cilacap, 28 Juli 2023

  
(Naufal Ali)

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadirat Allah SWT dan tanpa mengurangi rasa hormat yang mendalam, saya selaku penyusun dan penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan ridhonya sehingga dapat terselesaikan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua saya bapak sunanto dan ibu eko setyawati serta saudara kandung yang senantiasa memberikan dukungan baik materil, semangat, maupun doa.
3. Bapak Purwiyanto, S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, terima kasih kepada beliau yang selalu memberi masukan beserta solusi pada alat serta laporan.
4. Ibu Fadhilah Hazrina, S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir, terima kasih kepada beliau yang selalu membimbing dengan sabar dan memberi arahan tentang Tugas Akhir.
5. Bapak Muhamad Yusuf, S.ST., M.T. selaku Ketua Jurusan Rekayasa Elektro dan Mekatronika.
6. Bapak Saepul Rahmat, S.Pd., M.T. selaku Ketua Prodi Teknik Listrik.
7. Seluruh dosen, teknisi, karyawan dan karyawati Politeknik Negeri Cilacap yang telah membekali ilmu dan membantu dalam segala urusan dalam kegiatan penulis di bangku perkuliahan di Politeknik Negeri Cilacap.
8. Teman-teman di Politeknik Negeri Cilacap yang selalu memberikan saran dan dukungan serta doanya. Semoga Allah SWT selalu memberikan perlindungan, rahmat, dan nikmat-Nya bagi kita semua. Aamiin.

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	iii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN.....	iv
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
UCAPAN TERIMAKASIH.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR ISTILAH .....	xiii
DAFTAR SINGKATAN .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Metodologi.....	3
1.7 Sistematika Penulisan .....	3
BAB II LANDASAN TEORI .....	7
2.1 Tinjauan Pustaka .....	7
2.2 Dasar Teori.....	10
2.2.1 <i>Solar Cell</i> .....	10
2.2.2 Baterai Lithium-ion.....	12
2.2.3 Solar Charge Controller .....	13
2.2.4 Motor BLDC dan <i>Controller</i> BLDC.....	14
2.2.5 Modul Sensor PZEM-015 .....	15
2.2.6 <i>Electric</i> Otoped .....	16
BAB III METODELOGI PELAKSANAAN .....	19
3.1 Waktu dan Lokasi.....	19
3.2 Alat dan Bahan .....	19

3.2.1	Alat .....	19
3.2.2	Bahan .....	20
3.3	Perancangan Alat .....	22
3.3.1	Analisa Perhitungan Total Daya <i>Solar Cell</i> .....	22
3.3.2	Analisa Total Kebutuhan Panel Surya .....	22
3.4	Perancangan Sistem .....	23
3.4.1	Desain Alat .....	23
3.4.2	Diagram Blok .....	25
3.4.3	Flowchart Sistem .....	27
3.5	Perancangan <i>Electrical</i> .....	29
3.5.1	Perancangan Rangkaian Modul Sensor Pzem-015 .....	29
3.5.2	Perancangan Sistem Kelistrikan Motor BLDC .....	30
3.5.3	Perancangan Rangkaian Sistem Keseluruhan .....	31
3.6	Pengambilan Data .....	32
3.6.1	Pengambilan Data Pengujian Hasil Modifikasi <i>Solar Cell</i> .....	32
3.6.2	Pengambilan Data Pengisian Baterai .....	32
3.6.3	Pengambilan Data Pengujian <i>Electric</i> Otoped .....	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		35
4.1	Perhitungan Total Daya <i>Solar Cell</i> .....	35
4.2	Hasil Pembuatan <i>Mechanic Electric</i> Otoped .....	38
4.3	Hasil Desain Dan Modifikasi <i>Solar Cell</i> Pada <i>Electric</i> Otoped .....	39
4.4	Pengujian Hasil Modifikasi <i>Solar Cell</i> Menjadi Panel Surya .....	41
4.5	Pengujian <i>Charging</i> Baterai Dengan Panel Surya .....	43
4.6	Pengujian Konsumsi Energi Listrik Baterai <i>Electric</i> Otoped .....	49
4.6.1	Perhitungan Torsi Motor .....	50
BAB V PENUTUP .....		53
5.1	Kesimpulan .....	53
5.2	Saran .....	54
DAFTAR PUSTAKA .....		55
LAMPIRAN A .....		A-1

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Panel Surya .....	10
<b>Gambar 2. 2</b> Baterai Lithium-Ion .....	13
<b>Gambar 2. 3</b> <i>Solar Charge Controller</i> .....	14
<b>Gambar 2. 4</b> a; Motor BLDC b; Controller BLDC .....	15
<b>Gambar 2. 5</b> Modul Sensor Pzem-015.....	16
<b>Gambar 2. 6</b> <i>Electric</i> Otoped.....	17
<b>Gambar 3. 1</b> Desain Alat Keseluruhan .....	23
<b>Gambar 3. 2</b> Desain Panel Surya .....	24
<b>Gambar 3. 3</b> Blok Diagram.....	25
<b>Gambar 3. 4</b> Flowchart Sistem .....	27
<b>Gambar 3. 5</b> Diagram Alir Proses Modifikasi Panel Surya .....	28
<b>Gambar 3. 6</b> Perancangan Rangkaian Modul Sensor Pzem-015 .....	29
<b>Gambar 3. 7</b> Sistem Kelistrikan Motor BLDC .....	30
<b>Gambar 3. 8</b> Perancangan Rangkaian Sistem Keseluruhan .....	31
<b>Gambar 4. 1</b> Rangkaian <i>Solar Cell</i> Di Seri.....	36
<b>Gambar 4. 2</b> <i>Solar Cell</i> Rangkaian Seri-Paralel .....	37
<b>Gambar 4. 3</b> <i>Solar Cell</i> Pada <i>Electric</i> Otoped .....	39
<b>Gambar 4. 4</b> Hasil Desain dan Modifikasi <i>Solar Cell</i> Menjadi Panel Surya .....	40
<b>Gambar 4. 5</b> Alat Monitoring .....	40
<b>Gambar 4. 6</b> Grafik Pengujian Tegangan <i>Solar Cell</i> Modifikasi.....	41
<b>Gambar 4. 7</b> Grafik Pengujian Arus <i>Solar Cell</i> Modifikasi.....	42
<b>Gambar 4. 8</b> Grafik Perbandingan Tegangan Pv dengan Baterai Hari Pertama .....	46
<b>Gambar 4. 9</b> Grafik Pengukuran Arus Input (PV) Hari Pertama .....	47
<b>Gambar 4. 10</b> Grafik Perbandingan Tegangan PV dengan Baterai Hari Kedua .....	47
<b>Gambar 4. 11</b> Grafik Pengukuran Arus Input (PV) Hari Kedua.....	48
<b>Gambar 4. 12</b> Grafik Pengaruh Kecepatan dan Waktu Tempuh Terhadap Konsumsi Energi Baterai .....	50
<b>Gambar 4. 13</b> Pengukuran dengan Tachometer.....	52

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Spesifikasi Panel Surya.....	11
<b>Tabel 2. 2</b> Spesifikasi <i>Solar Cell</i> .....	11
<b>Tabel 2. 3</b> Material Pembuatan Pv .....	11
<b>Tabel 2. 4</b> Spesifikasi Baterai.....	13
<b>Tabel 2. 5</b> Spesifikasi SCC .....	14
<b>Tabel 2. 6</b> Spesifikasi Motor BLDC dan Controller BLDC .....	15
<b>Tabel 2. 7</b> Spesifikasi Modul Sensor PZEM-015.....	16
<b>Tabel 2. 8</b> Deskripsi Otoped Listrik Untuk Dimodifikasi .....	17
<b>Tabel 3. 1</b> Alat Utama .....	19
<b>Tabel 3. 2</b> Alat Pendukung.....	20
<b>Tabel 3. 3</b> Bahan .....	20
<b>Tabel 4. 1</b> Perhitungan Total Daya (Wp) Seri.....	35
<b>Tabel 4. 2</b> Perhitungan Total Daya (Wp) Seri-Paralel .....	37
<b>Tabel 4. 3</b> Data Pengujian Hasil Modifikasi <i>Solar Cell</i> .....	41
<b>Tabel 4. 4</b> Spesifikasi Panel Surya Modifikasi.....	42
<b>Tabel 4. 5</b> Data Pengujian Charging Baterai Hari Pertama.....	44
<b>Tabel 4. 6</b> Data Pengujian Charging Baterai Hari Kedua .....	44
<b>Tabel 4. 7</b> Data Konsumsi Daya Baterai .....	49
<b>Tabel 4. 8</b> Hubungan Kecepatan(m/s), Rpm, dan Torsi .....	51

## DAFTAR ISTILAH

Input	: Masukan
Output	: Keluaran
Photovoltaic	: Suatu sistem atau cara langsung untuk mentransfer radiasi matahari atau energi cahaya menjadi energi listrik
RPM	: Angka yang menunjukkan putaran motor
String	: Beberapa modul yang dirangkai dan dihubungkan secara seri atau paralel.
Vmp	: Voltase yang tersedia saat panel terhubung ke beban
Voc	: Tegangan keluaran modul panel surya tanpa menghubungkan beban apapun.
Isc	: Nilai arus yang diperoleh ketika terminal positif dan negatif panel dihubungkan satu sama lain melalui multimeter secara seri.
Imp	: Arus yang diperoleh ketika panel surya menghasilkan daya maksimum

## DAFTAR SINGKATAN

DC	: <i>Direct Current</i>
PV	: <i>Photovoltaic</i>
Wp	: <i>Watt Peak</i>
Wh	: <i>Watt Hours</i>
Ah	: <i>Ampere Hours</i>
A	: <i>Ampere</i>
V	: <i>Volt</i>
SCC	: <i>Solar Charge Controller</i>
LCD	: <i>Liquid Cristal Display</i>
BLDC	: <i>Brushless Direct Current</i>
BLAC	: <i>Brushless Alternating Current</i>
Li-Ion	: <i>Lithium-Ion</i>
RPM	: <i>Revolution Per Minute</i>
Vmp	: <i>Voltage Maximum Power</i>
Voc	: <i>Open Circuit voltage</i>
Imp	: <i>Max Power Current</i>
Isc	: <i>Short Circuit Current</i>



## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran A Hasil Alat dan Pengujian

