



**RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL *LOOP DUAL MODE (OPEN LOOP DAN CLOSED LOOP) TRACKER DUAL-AXIS* PADA SOLAR PV  
(*PHOTOVOLTAIC*)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan sebagai salah satu syarat menyelesaikan pendidikan pada  
Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Otomasi  
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi  
Universitas Diponegoro

Oleh:

I NENGAH KSATRIA BHASKARA WIDYANAYAKA  
NIM. 40040319650030

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA  
OTOMASI DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI  
SEKOLAH VOKASI  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2023**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

**RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL *LOOP DUAL MODE (OPEN LOOP DAN CLOSED LOOP) TRACKER DUAL-AXIS* PADA SOLAR PV  
(*PHOTOVOLTAIC*)**


Diajukan oleh:

I Nengah Ksatria Bhaskara Widyanayaka

40040319650030

**TELAH DISETUJUI DAN DITERIMA DENGAN BAIK OLEH**

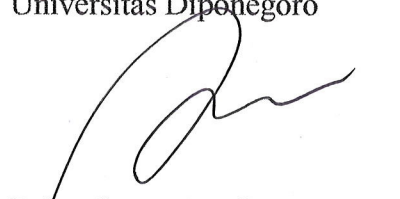
Dosen Pembimbing,



**Yuniarto, S.T, M.T**  
NIP. 197106151998021001

18 Juli 2023

Mengetahui,  
Ketua Program Studi S.Tr Teknologi Rekayasa Otomasi  
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi  
Universitas Diponegoro



**Priyo Sasmoko, S.T, M. Eng**  
NIP. 19700916199821001

18 Juli 2023

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**TUGAS AKHIR**

**RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL *LOOP DUAL MODE (OPEN LOOP DAN CLOSED LOOP) TRACKER DUAL-AXIS* PADA SOLAR PV  
(*PHOTOVOLTAIC*)**

Diajukan oleh:

I Nengah Ksatria Bhaskara Widyanayaka

40040319650030

Telah diujikan dan dinyatakan lulus oleh Tim Penguji pada Kamis, 27 Juli 2023  
Ketua Tim Penguji/Pembimbing,



**Yuniarto, S.T., M.T**

NIP. 197106151998021001

Penguji I,



**Fakhruddin Mangkusasmito, S.T., M.T.**

NIP. 198908202019031012

Penguji II,



**Lisa' Yihaa Roodhiyah, S.Si., M.Si.**

NIP. 199210062022042001

Mengetahui,

Ketua Program Studi S.Tr Teknologi Rekayasa Otomasi  
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi  
Universitas Diponegoro



**Priyo Sasmoko, S.T., M. Eng.**

NIP. 19700916199821001

## SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : I Nengah Ksatria Bhaskara Widyanayaka

NIM : 40040319650030

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Otomasi  
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas  
Diponegoro

Judul Tugas Akhir : **Rancang Bangun Sistem Kontrol *Loop Dual Mode (Open Loop dan Closed Loop) Tracker Dual-Axis* pada Solar PV (*Photovoltaic*)**

Dengan ini menyatakan bahwa dalam tugas akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh derajat keahlian di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dirujuk dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar Pustaka.

Apabila kemudian hari terbukti plagiat dalam tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan Mendiknas RI No. 17 tahun 2010 dan peraturan perundang – undangan yang berlaku.

Semarang, 19 Juli 2023

Yang membuat pernyataan,



**I Nengah Ksatria Bhaskara Widyanayaka**

NIM. 40040319650030

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Tugas akhir ini penulis persembahkan untuk:

1. Kedua Orang tua saya yang selalu memberi dukungan moral dan material kepada penulis.
2. Kakak saya yang selalu memberikan petunjuk dan arahan dalam menyelesaikan tugas akhir.
3. Yuniarto, S.T., M.T, selaku dosen pembimbing yang sangat membantu saya dalam menyelesaikan laporan tugas akhir.
4. Seluruh dosen dan karyawan Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
5. Orang – orang terdekat dan teman – teman yang tidak bisa penulis tulis satu persatu yang telah memberikan dukungan selama menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis sampaikan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Kontrol *Loop Dual Mode (Open Loop dan Closed Loop) Tracker Dual-Axis* pada Solar PV (*Photovoltaic*)” yang merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan studi untuk menempuh gelar Sarjana Terapan di Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi Fakultas Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

Pada kesempatan ini penulis ingin memberikan ucapan terima kasih atas segala bentuk doa, dukungan serta fasilitas yang telah diperoleh penulis baik selama proses pengerjaan Tugas Akhir maupun penulisan laporan kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Budiyono, M.Si., selaku Dekan Sekolah Vokasi.
2. Dr. Mohd. Ridwan, S.T., M.T, selaku Ketua Departemen Teknologi Industri.
3. Priyo Sasmoko, S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi D-IV Teknologi Rekayasa Otomasi dan juga dosen wali.
4. Yuniarto, S.T., M.T., sebagai dosen pembimbing tugas akhir yang telah membimbing dan memberikan masukan serta sabar mengajarkan penulis selama pengerjaan tugas akhir.
5. Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dan dukungan material dan moral;
6. Sahabat – sahabat yang telah memberikan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Meskipun telah berusaha menyelesaikan laporan tugas akhir ini sebaik mungkin, penulis menyadari bahwa laporan magang ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca.

Semarang,

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xii</b>
<b>INTISARI .....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Tugas Akhir.....	2
1.4. Manfaat Tugas Akhir.....	3
1.5. Batasan Masalah.....	3
1.6. Sistematika Tugas Akhir .....	4
<b>BAB II DASAR TEORI.....</b>	<b>5</b>
2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.2 Dasar Teori.....	6
<b>BAB III METODE.....</b>	<b>29</b>
3.1 Diagram Blok Sistem .....	29
3.2 Gambar 3D <i>Solar Tracking</i> .....	30
3.3 Spesifikasi dan Fitur.....	32
3.4 Teknik Fabrikasi.....	33
<b>BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA.....</b>	<b>48</b>
4.1 Uji Fungsionalitas Sensor LDR.....	48
4.2 Uji Fungsionalitas Sensor INA219.....	49
4.3 Uji Fungsionalitas <i>Web Server</i> .....	51

4.4 Uji Sistem <i>Solar Tracking</i> .....	53
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>60</b>
5.1 Kesimpulan.....	60
5.2 Saran.....	60
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>61</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>63</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Diagram Blok Hybrid-loop Solar tracking.....	7
Gambar 2. 2. Visualisasi Sun Path.....	8
Gambar 2. 3 Vektor Posisi Matahari.....	9
Gambar 2. 4. Alur Pengembangan ESP-32.....	14
Gambar 2. 5. ESP-32.....	16
Gambar 2. 6. Grafik respon dari sebuah LDR .....	18
Gambar 2. 7. Blok Diagram INA219 .....	19
Gambar 2. 8. Pinout Sensor INA219 .....	19
Gambar 2. 9. Modul GPS NEO-6M.....	20
Gambar 2. 10. Linear Actuator .....	21
Gambar 2. 11. Bagian Linear Actuator .....	22
Gambar 2. 12. Duty Cycle PWM.....	23
Gambar 2. 13. Modul driver motor BTS7960.....	24
Gambar 2. 14. Pinout BTS7960 .....	25
Gambar 2. 15. PV Monokristal .....	27
Gambar 2. 16. Cara Kerja Photovoltaic .....	28
Gambar 2. 17. Akumulator/Aki .....	28
Gambar 2. 18. Bentuk Akumulator/Aki.....	29
Gambar 2. 19. Modul Step-Down LM2596.....	30
Gambar 2. 20. IC LM317 .....	31
Gambar 2. 21. Simbol Dioda Schottky .....	31
Gambar 3. 1. Diagram Blok Komponen Penyusun Alat.....	29
Gambar 3. 2. Layout 3D Solar Tracker.....	30
Gambar 3. 3. Exploded view 3D Solar Tracker .....	31
Gambar 3. 4. Pembuatan LDR <i>Array</i> dengan printer 3D.....	34
Gambar 3. 5. Penggabungan rangka .....	35
Gambar 3. 6. Pengecatan Rangka (1).....	35
Gambar 3. 7. Pengecatan Rangka (2).....	35
Gambar 3. 8. Perangkaian Solar Panel ke Rangka.....	36

Gambar 3. 9. Penggabungan Rangka .....	36
Gambar 3. 10. Wiring pada Box Panel (1).....	36
Gambar 3. 11. Wiring pada Box Panel (2).....	36
Gambar 3. 12. Rangkaian Charging Baterai .....	36
Gambar 3. 13. Wiring Connector LDR ke Mikrokontroler .....	36
Gambar 3. 14. Rangkaian Sistem Solar Tracker .....	37
Gambar 3. 15. Flowchart Sistem Keseluruhan Solar Tracker.....	39
Gambar 3. 16. Flowchart Sistem Closed Loop Solar Tracker .....	41
Gambar 4. 1. Grafik Nilai ADC LDR terhadap Waktu.....	49
Gambar 4. 2. Pembacaan arus dengan multimeter .....	50
Gambar 4. 3. Pembacaan arus, tegangan dan daya dengan sensor INA219 pada serial monitor .....	50
Gambar 4. 4. Tampilan dari WebServer Solar Tracker Project .....	52
Gambar 4. 5. Pengujian fitur WebServer .....	53
Gambar 4. 6. Pengukuran Daya Solar Tracking open loop pada pukul 08.00 (1); pukul 11.00 (2); dan pukul 17.00 (3) .....	55
Gambar 4. 7. Pengukuran Daya Solar Tracking closed loop pada pukul 06.00 (1); pukul 11.00 (2); dan pukul 17.00 (3) .....	56
Gambar 4. 8. Grafik Daya antara mode open loop; closed loop; dan statis.....	57

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Keuntungan dan kekurangan dari ASTS berdasarkan penggunaan kontrol .....	7
Tabel 2. 2. Lanjutan .....	8
Tabel 2. 3. Spesifikasi ESP-32.....	17
Tabel 2. 4. Spesifikasi GPS NEO-6M.....	20
Tabel 2. 5. Spesifikasi Linear Actuator.....	22
Tabel 2. 6. Spesifikasi Modul Driver Motor BTS7960.....	25
Tabel 2. 7. Spesifikasi PV 30Wp .....	27
Tabel 2. 8. Spesifikasi Akumulator/Aki.....	29
Tabel 2. 9. Spesifikasi Step Down LM2596 .....	30
Tabel 3. 1. Spesifikasi Alat Solar Tracker .....	31
Tabel 3. 2. Lanjutan .....	32
Tabel 3. 3. Spesifikasi dan Fitur alat.....	32
Tabel 3. 4. Kebutuhan bahan mekanikal.....	33
Tabel 3. 5. Kebutuhan alat dan bahan elektrikal.....	38
Tabel 4. 1. Hasil uji nilai ADC sensor LDR dan tegangan.....	48
Tabel 4. 2. Hasil Perbandingan Pembacaan arus (A) pada Sensor INA219 dan Multimeter.....	51
Tabel 4. 3. Data pengujian Solar Panel Metode Statis.....	53
Tabel 4. 4. Lanjutan .....	54
Tabel 4. 5. Data pengujian Solar Tracking Metode Kontrol Open Loop.....	55
Tabel 4. 6. Data pengujian Solar Tracking Metode Kontrol Closed Loop .....	56
Tabel 4. 7. Lanjutan .....	57
Tabel 4. 8. Selisih Output Daya PV dengan ketiga metode.....	58
Tabel 4. 9. Lanjutan .....	59

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Listing Program ESP-32 .....	63
Lampiran 2. Datasheet ESP-32 .....	68
Lampiran 3. Datasheet Sensor INA219 .....	73
Lampiran 4. Datasheet NEO-6M GPS .....	75
Lampiran 5. Datasheet Driver Motor BTS7960.....	78
Lampiran 6. Datasheet Linear Aktuator.....	82
Lampiran 7. Datasheet Solar Panel 30WP .....	83
Lampiran 8. Datasheet Step-Down LM259 Module.....	84
Lampiran 9. Datasheet LM317 .....	85
Lampiran 10. Datasheet Aki 12V 5Ah.....	86
Lampiran 11. Link Source Code GitHub .....	87

## INTISARI

Energi sinar matahari merupakan salah satu energi terbarukan yang memiliki potensi yang bisa dikembangkan dan dapat digunakan berkepanjangan. *Photovoltaic* atau PV panel adalah salah satu perangkat yang bisa mengubah energi sinar matahari itu menjadi energi listrik dengan proses efek *Photovoltaic*. Dalam penerapannya diperlukan suatu metode untuk mendapatkan kinerja yang maksimal agar terjadinya efisiensi pada sistem energi keberlanjutan ini. Metode itu adalah *solar tracking*, dengan gerakan *dual-axis* dengan sistem kontrol loop terbuka dan tertutup. Sistem loop terbuka menggunakan suatu algoritma perhitungan geometris antara matahari dan PV. Untuk sistem loop tertutup digunakan sensor Light Dependent Resistor, untuk melakukan pelacakan cahaya matahari. Sistem *solar tracking* untuk loop terbuka dan tertutup dibandingkan dengan solar statis secara experimental di Semarang, Indonesia ( $7.0051^{\circ}$  S,  $110.4381^{\circ}$  E). Dengan peningkatan rata-rata kinerja solar 26,5% untuk sistem loop terbuka dan 28,5% untuk sistem loop tertutup

**Kata Kunci:** Energi Sinar Matahari, Sistem *Photovoltaic*, *Solar Tracking*, Sistem Kontrol Loop

## ***ABSTRACT***

*Solar Energy is one of the renewable energies that has the potential to be developed and can be used for a long time. Photovoltaic or PV panel is one of the devices that can transform solar energy into electrical energy with the Photovoltaic effect process. In its application, a method is needed to get maximum performance so that efficiency occurs in this sustainable energy system. That method is solar tracking, with dual-axis movement with open and closed loop control systems. The open-loop system uses a geometric calculation algorithm between the sun and PV panel. For the closed loop system, a Light Dependent Resistor sensor is used, to track the sunlight. The solar tracking system for open and closed loop is compared with static solar experimentally in Semarang, Indonesia (7.0051° S, 110.4381° E). With an average solar performance improvement of 26.5% for the open loop system and 28.5% for the closed loop system.*

***Keywords:*** *Solar Energy, Photovoltaic System, Solar Tracking, Control Loop System*