

**RANCANG BANGUN PANEL SURYA BERBASIS *SOLAR*
TRACKER SUMBU TUNGGAH DENGAN REFLEKTOR
ALUMINIUM FOIL UNTUK OPTIMASI *OUTPUT* DAYA**

PROYEK AKHIR



Oleh:

DAFFA HAFIDZT DARMAWAN

NIT. 30123001

PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK LISTRIK BANDARA

POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA

2026

**RANCANG BANGUN PANEL SURYA BERBASIS *SOLAR*
TRACKER SUMBU TUNGGA DENGAN REFLEKTOR
ALUMINIUM FOIL UNTUK OPTIMASI *OUTPUT* DAYA**

PROYEK AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Ahli Madya
(A.Md.) pada Program Studi Diploma 3 Teknik Listrik Bandara



Oleh:

DAFFA HAFIDZT DARMAWAN

NIT. 30123001

**PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK LISTRIK BANDARA
POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA**

2026

LEMBAR PERSETUJUAN

Rancang Bangun Panel Surya Berbasis *Solar Tracker* Sumbu Tunggal
Dengan Reflektor Aluminium Foil Untuk Optimasi *Output* Daya

Oleh :

DAFFA HAFIDZT DARMAWAN

NIT. 30123001

Disetujui untuk diujikan pada :

Surabaya, 30 Juni 2026

Pembimbing I : Drs. HARTONO, ST., MM., M.Pd
NIP. 19610727 198303 1 001



Pembimbing II : SITI JULIAHAH, S.S., M.Hum
NIP. 19610727 198303 1 001



LEMBAR PENGESAHAN

Rancang Bangun Panel Surya Berbasis *Solar Tracker* Sumbu Tunggal
Dengan Reflektor Aluminium Foil Untuk Optimasi *Output* Daya

Oleh :

DAFFA HAFIDZT DARMAWAN
NIT. 30123001

Telah Dipertahankan dan Dinyatakan Lulus pada Ujian Proyek Akhir Program
Studi Diploma 3 Teknik Listrik Bandar Udara
Politeknik Penerbangan Surabaya

Pada Tanggal : Surabaya, 30 Juni 2026

Panitia Penguji

Ketua : Dr. SLAMET HARIYADI, ST., MM
NIP. 19630408 198902 1 001

Sekretaris : Dr. GUNAWAN SAKTI, ST, MT
NIP. 19630408 198902 1 001

Anggota : Drs. HARTONO, ST., MM., M.Pd.
NIP. 19610727 198303 1 001

Mengetahui,
Ketua Program Studi
D3 Teknik Listrik Bandar Udara


Dr. GUNAWAN SAKTI, ST, MT
NIP. 19630408 198902 1 001

LEMBAR PERSEMBAHAN

MOTTO

“ Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”.

(Q.S. Al-Insyirah: 6)

"Belajar, berusaha, berdoa, lalu serahkan hasilnya kepada Allah SWT”.

- ibu

PERSEMBAHAN:

Alhamdulillah rabbil'alam, segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, serta ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik. Karya sederhana ini penulis persembahkan sebagai ungkapan rasa hormat, cinta, dan terima kasih kepada kedua orang tua tercinta, Bapak S. Bambang Indradjit dan Ibu Sri Harmini, yang senantiasa memberikan kasih sayang, doa, dukungan, dan pengorbanan tanpa henti. Terima kasih atas segala perjuangan dan kepercayaan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan ini. Terima kasih kepada saudara tercinta, Muhammad Affan Hendrawan dan Rizha Nurmila Hilda, yang selalu memberikan semangat dan dukungan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Sindy Ayu Puspita, yang selalu memberikan doa, motivasi, perhatian, dan semangat sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh dosen pembimbing, dosen penguji, serta semua pihak yang telah memberikan ilmu, bimbingan, bantuan, dan dukungan selama masa perkuliahan hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Semoga karya sederhana ini dapat memberikan manfaat dan menjadi langkah awal bagi penulis untuk terus belajar, berkembang, serta menggapai cita-cita di masa depan.

Terima kasih.

ABSTRAK

RANCANG BANGUN PANEL SURYA BERBASIS *SOLAR TRACKER* SUMBU TUNGGAL DENGAN REFLEKTOR ALUMINIUM FOIL UNTUK OPTIMASI *OUTPUT* DAYA

Oleh :

DAFFA HAFIDZT DARMAWAN
NIT. 30123001

Energi surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan, namun keluaran daya panel surya sering kali belum optimal akibat perubahan posisi matahari sepanjang hari. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem panel surya berbasis *solar tracker* sumbu tunggal dengan penambahan reflektor aluminium foil guna mengoptimalkan output daya yang dihasilkan.

Pengujian dilakukan pada enam kondisi, yaitu panel surya statis, *solar tracker* sumbu tunggal, serta *solar tracker* dengan reflektor aluminium foil pada sudut 30°, 45°, 60°, dan 75°. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panel surya statis menghasilkan daya maksimum sebesar 30,3 W, sedangkan penggunaan *solar tracker* menghasilkan daya maksimum sebesar 33,2 W. Penambahan reflektor aluminium foil pada sudut 30°, 45°, 60°, dan 75° menghasilkan daya maksimum masing-masing sebesar 36,9 W, 37,5 W, 45,7 W, dan 40,4 W. Konfigurasi terbaik diperoleh pada penggunaan *solar tracker* dengan reflektor aluminium foil sudut 60° yang mampu meningkatkan output daya sebesar 50,83% dibandingkan panel surya statis. Berdasarkan hasil pengujian pada penelitian ini, kombinasi *solar tracker* sumbu tunggal dan reflektor aluminium foil menghasilkan daya keluaran yang lebih tinggi dibandingkan panel surya statis.

Kata kunci: panel surya, *solar tracker* sumbu tunggal, reflektor aluminium foil, optimasi daya, Arduino Nano.

ABSTRACT

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A SINGLE-AXIS SOLAR TRACKER-BASED SOLAR PANEL WITH AN ALUMINUM FOIL REFLECTOR FOR OUTPUT POWER OPTIMIZATION

By :

DAFFA HAFIDZT DARMAWAN
NIT. 30123001

Solar energy is one of the environmentally friendly renewable energy sources. However, the power output of solar panels is often not optimal due to changes in the sun's position throughout the day. This study aims to design and develop a single-axis solar tracker-based solar panel system with the addition of aluminum foil reflectors to optimize the power output.

The system was tested under six operating conditions: a static solar panel, a single-axis solar tracker, and a single-axis solar tracker combined with aluminum foil reflectors at reflector angles of 30°, 45°, 60°, and 75°. The results showed that the static solar panel produced a maximum power output of 30.3 W, while the single-axis solar tracker increased the maximum power output to 33.2 W. The addition of aluminum foil reflectors at angles of 30°, 45°, 60°, and 75° resulted in maximum power outputs of 36.9 W, 37.5 W, 45.7 W, and 40.4 W, respectively. The best performance was achieved using a single-axis solar tracker with a 60° aluminum foil reflector, which increased the maximum power output by 50.83% compared with the static solar panel. Based on the experimental results, the combination of a single-axis solar tracker and aluminum foil reflectors produced a higher power output than the static solar panel, with the 60° reflector angle identified as the optimum configuration in this study.

Keywords: solar panel, single-axis solar tracker, aluminum foil reflector, power output, Arduino Nano.

PERNYATAAN KEASLIAN HAK CIPTA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Daffa Hafidzt Darmawan
NIT : 30123001
Program Studi : D3 Teknik Listrik Bandara
Judul Tugas Akhir : RANCANG BANGUN PANEL SURYA BERBASIS
SOLAR TRACKER SUMBU TUNGGAAL DENGAN
REFLEKTOR ALUMINIUM FOIL UNTUK
OPTIMASI OUTPUT DAYA

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Proyek Akhir ini merupakan karya asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Politeknik Penerbangan Surabaya maupun di Perguruan Tinggi lain, serta dipublikasikan, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
2. Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (Non-Exclusive Royalty-Free Right) kepada Politeknik Penerbangan Surabaya beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak ini, Politeknik Penerbangan Surabaya berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Proyek Akhir dengan tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya dengan sebenarnya. Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Politeknik Penerbangan Surabaya.

Surabaya, 30 juni 2026

Yang membuat pernyataan



Daffa Hafidzt Darmawan
NIT.30123001

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Proyek Akhir yang berjudul “RANCANG BANGUN PANEL SURYA BERBASIS *SOLAR TRACKER* SUMBU TUNGGAH DENGAN REFLEKTOR ALUMINIUM FOIL UNTUK OPTIMASI *OUTPUT* DAYA” dengan baik. Penyusunan ini dimaksudkan sebagai langkah awal dalam pelaksanaan Proyek Akhir untuk memenuhi salah satu persyaratan menyelesaikan program pendidikan Diploma 3 Teknik Listrik Bandara di Politeknik Penerbangan Surabaya.

Dalam proses penyusunan Proyek Akhir ini, penulis banyak menerima dukungan, arahan, dan bantuan dari berbagai pihak, baik secara moral, spiritual, maupun akademik. Untuk itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga besar yang senantiasa memberikan doa, dukungan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan proyek akhir ini dengan baik.
2. Bapak Ahmad Bahrawi, S.E, M.T. Selaku Direktur Politeknik Penerbangan Surabaya.
3. Bapak Dr. Gunawan Sakti, ST, MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Listrik Bandara Politeknik Penerbangan Surabaya.
4. Bapak Drs. Hartono, ST, M.Pd, MM. Selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam perencanaan serta pengembangan konsep alat.
5. Ibu Siti Julaihah, SS, M.Hum. Selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan masukan dalam penyusunan proyek akhir ini.
6. Seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Listrik Bandara yang telah memberikan ilmu, kesempatan, serta dukungan selama proses perkuliahan hingga penyusunan proyek akhir.
7. Rekan-rekan TLB XVII atas kebersamaan, kerja sama, serta saling mendukung dalam berbagai kondisi. Terima kasih juga kepada senior, adik-adik TLB XVIII dan TLB XIX atas motivasi serta doa yang diberikan.

Penulis menyadari bahwa proyek akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari berbagai pihak demi penyempurnaan dan pelaksanaan proyek akhir ke depannya. Akhir kata, penulis berharap semoga proyek akhir ini dapat memberikan manfaat serta menjadi langkah awal bagi pengembangan inovasi terkait pemanfaatan energi terbarukan.

Surabaya, 30 Juni 2026

Daffa Hafidzt Darmawan
NIT.30123001

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
PERNYATAAN KEASLIAN HAK CIPTA	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.2 Rumusan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.3 Batasan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.4 Tujuan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.5 Manfaat Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.6 Sistematika Penulisan	Error! Bookmark not defined.
BAB 2 LANDASAN TEORI	Error! Bookmark not defined.
2.1 Teori Penunjang	Error! Bookmark not defined.
2.1.1 Energi Surya	Error! Bookmark not defined.
2.1.2 Panel Surya	Error! Bookmark not defined.
2.1.3 <i>Solar Tracker</i>	Error! Bookmark not defined.
2.1.4 Reflektor Aluminium Foil	Error! Bookmark not defined.
2.1.5 Solar Charge Controller	Error! Bookmark not defined.
2.1.6 <i>Light Dependent Resistor</i> (LDR)	Error! Bookmark not defined.
2.1.7 Arduino nano	Error! Bookmark not defined.
2.1.8 <i>Motor Linear Actuator</i>	Error! Bookmark not defined.
2.1.9 <i>BTS 7960 Driver Motor</i>	Error! Bookmark not defined.

2.1.10	Sensor Tegangan, Arus PZEM-003.....	Error! Bookmark not defined.
2.1.11	Sensor Tegangan dan Arus INA219	Error! Bookmark not defined.
2.1.12	<i>Liquid Crystal Display</i> (LCD 16×2 I2C)	Error! Bookmark not defined.
2.1.13	Baterai 12V	Error! Bookmark not defined.
2.1.14	<i>Inverter</i>	Error! Bookmark not defined.
2.1.15	Buck Converter MP1584 3A ...	Error! Bookmark not defined.
2.1.16	<i>Boost Converter</i>	Error! Bookmark not defined.
2.2	Kajian penelitian terdahulu yang relevan.....	Error! Bookmark not defined.
BAB 3	METODE PENELITIAN	Error! Bookmark not defined.
3.1	Desain Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.2	Perancangan Alat.....	Error! Bookmark not defined.
3.2.1	Diagram Sistem.....	Error! Bookmark not defined.
3.2.4	Cara Kerja Alat	Error! Bookmark not defined.
3.2.5	Komponen Alat	Error! Bookmark not defined.
3.3	Teknik Pengujian.....	Error! Bookmark not defined.
3.5	Tempat dan Waktu Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	Error! Bookmark not defined.
4.1	Hasil Penelitian	Error! Bookmark not defined.
4.1.1	Hasil Pengujian Panel Surya Statis	Error! Bookmark not defined.
4.1.2	Hasil Pengujian <i>Solar Tracker</i> ..	Error! Bookmark not defined.
4.1.3	<i>Solar Tracker</i> + Reflektor Aluminium Foil 30°	Error! Bookmark not defined.
4.1.4	<i>Solar Tracker</i> + Reflektor Aluminium Foil 45°	Error! Bookmark not defined.
4.1.5	<i>Solar Tracker</i> + Reflektor Aluminium Foil 60°	Error! Bookmark not defined.
4.1.6	<i>Solar Tracker</i> + Reflektor Aluminium Foil 75°	Error! Bookmark not defined.
4.2	Analisis Perbandingan Hasil Pengujian	Error! Bookmark not defined.

4.3 Analisis Persentase Peningkatan Daya ..	Error! Bookmark not defined.
4.4 Analisis Peningkatan Efisiensi Sistem Panel Surya....	Error! Bookmark not defined.
BAB 5 PENUTUP.....	Error! Bookmark not defined.
5.1 Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.
5.2 Keterbatasan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
5.3 Saran	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA.....	14
LAMPIRAN.....	A-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Panel Surya Monocrystalline.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.2 Panel Surya Polycrystalline.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.3 Solar Tracker	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.4 Reflektor Aluminium Foil.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.5 Solar Charge Controller.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.6 Bentuk LDR & simbol LDR.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.7 Arduino Nano	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.8 Motor <i>Linear Actuator</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.9 BTS 7960 Driver Motor	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.10 Sensor INA219.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.11 <i>Liquid Crystal Display</i> (LCD 16×2 I2C)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.12 Battery 12V	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.13 Inverter	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.14 Buck converter LM2596	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.1 Desain Penelitian Alat	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 2 Diagram sistem	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 3 Desain Mikrokontroller sistem.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 4 Flowchart Cara Kerja Alat	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 1 Tampilan Proyek Secara Keseluruhan	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 2 Grafik Daya Keluaran Panel Surya Statis	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 3 Grafik Daya Keluaran Solar Tracker	Error! Bookmark not defined.

Gambar 4. 4 Grafik Daya Keluaran Solar Tracker + Reflektor 30°	Error!
Bookmark not defined.	
Gambar 4. 5 Grafik Daya Keluaran Solar Tracker + Reflektor 45°	Error!
Bookmark not defined.	
Gambar 4. 6 Grafik Daya Keluaran Solar Tracker + Reflektor 60°	Error!
Bookmark not defined.	
Gambar 4. 7 Grafik Perbandingan Daya Seluruh Konfigurasi Panel Surya...	Error!
Bookmark not defined.	
Gambar 4. 8 Grafik Perbandingan Daya Maksimum Setiap Metode Pengujian	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 9 Grafik Persentase Peningkatan Daya Setiap Metode Pengujian	Error!
Bookmark not defined.	



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kajian Penelitian Terdahulu	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 1 Konfigurasi Pin Arduino Nano	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 3 Timeline Waktu Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Panel Surya Statis.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Solar Tracker	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Solar Tracker + Reflektor Aluminium Foil 30°...	Error!
Bookmark not defined.	
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Solar Tracker + Reflektor Aluminium Foil 45°...	Error!
Bookmark not defined.	
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Solar Tracker + Reflektor Aluminium Foil 60°...	Error!
Bookmark not defined.	
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Solar Tracker + Reflektor Aluminium Foil 75°...	Error!
Bookmark not defined.	
Tabel 4. 7 Perbandingan Hasil Pengujian Panel surya.	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 8 Persentase Peningkatan Daya Setiap Metode Pengujian	Error!
Bookmark not defined.	



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A Standart Operational Procedures (SOP).....	A - 1
LAMPIRAN B Coding Solar Tracker.....	B - 1
LAMPIRAN C Rencana Anggaran Biaya	C - 1
LAMPIRAN D Daftar Riwayat Hidup	D - 1

DAFTAR PUSTAKA

- Ayadi, O., Shadid, R., Bani-abdullah, A., & Alrbai, M. (2022). *ScienceDirect Experimental comparison between Monocrystalline , Polycrystalline , and Thin-film solar systems under sunny climatic conditions*. 8(May), 218–230.
- Dadi, V., & Peravali, S. (2020). Optimization of light - dependent resistor sensor for the application of solar energy tracking system. *SN Applied Sciences*, 2(9), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03293-x>
- Duanaputri, R., Heryanto, I., & Firas, M. (2023). *Sistem Monitoring Online Dan Analisis Performansi Plts Panel Surya Monocrystalline 100 Wp Berbasis Web*. 10(1), 1–6.
- Flores-hernández, D. A., & Islas-estrada, L. R. (2024). *applied sciences A Novel Tracking Strategy Based on Real-Time Monitoring to Increase the Lifetime of Dual-Axis Solar Tracking Systems*.
- Ghani, H., Azeez, H., Diabil, N., & Al-fahham, M. A. (2023). Heliyon Performance study on a solar concentrator system for water distillation using different water nanofluids. *Heliyon*, 9(6), e16535. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16535>
- Gotama, I. W. B. D. (2024). *PROTOTYPE SMART PHOTOVOLTAIC SOLAR CHARGING SYSTEM DALAM BENTUK SOLAR TRACKER MENGGUNAKAN KONTROL LOGIKA FUZZY PROTOTYPE SMART PHOTOVOLTAIC SOLAR CHARGING SYSTEM DALAM BENTUK SOLAR TRACKER*.
- Hauke, B., Power, L., & Dc, D. C. (n.d.). *Basic Calculation of a Boost Converter ' s Power Stage*. November 2009, 1–10.
- Hilmansyah, M., Darmawan, E., & Bandung, K. (2025). *Pengukuran Efisiensi Panel Surya Tipe Polikristalin Berbasis Teknologi IoT*. 6(1).
- Iii, B. A. B., & Teori, L. (2012). *ST AY*. 11–24.
- Ismail, B., Abdallah, L., Elhachemi, K., & Signal, D. (2025). *Experimental Comparison of Planar and Parabolic Reflectors for Improved Photovoltaic Output*. 34, 369–376.
- ITN, E. (2018). (*Sumber : <https://nettigo.eu/products/arduino-nano-clone-usb-c>)* 5. 5–28.
- Kasim, N. K., Atwan, A. F., & Oleiwi, F. M. (2019). *Performance of Solar Module with Presence of Two Types of Reflectors in Concentrator System*. 50–57.
- Kumba, K., Upender, P., Buduma, P., Sarkar, M., & Simon, S. P. (2024). Solar tracking systems : Advancements , challenges , and future directions : A review. *Energy Reports*, 12(August), 3566–3583. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2024.09.038>

- Laurensia, M. (2024). *Optimizing solar panel efficiency utilizing reflectors and water treatment techniques*. 8(2), 116–129. <https://doi.org/10.30521/jes.1352390>
- Luqman, M., Anggraheny, B., & Murtono, A. (2025). *Aplikasi dan unjuk kerja motor driver L-298 dan BTS7960 sebagai power switching pada inverter*. 23(1), 9–15. <https://doi.org/10.33795/eltek.v23i1.6656>
- Makoundi, D., Dieu, C., Shuting, W., & Bolin, Z. (2024). *Comparative Study of MPPT and PWM Charge Controllers : Designing an Efficient Solution for Small-Scale Solar Installations with Budget Constraints*. 6272, 367–376.
- Nava-pintor, J. A., Carlos-mancilla, M. A., Guerrero-osuna, H. A., Luque-vega, L. F., Carrasco-navarro, R., Castro-tapia, S., Mata-romero, M. E., González-jiménez, L. E., & Solís-sánchez, L. O. (2023). *Design , Implementation , and Control of a Linear Electric Actuator for Educational Mechatronics*. 1–25.
- Nkinyam, C. M., Oliver, C., Asadu, C. O., Anyaka, B., & Olubambi, P. A. (2025). Results in Engineering Development of a low-cost monitoring device for solar electric (PV) system using internet of things (IoT). *Results in Engineering*, 28(July), 107324. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.107324>
- Perdana, W. A. (2021). *Bab ii teori penunjang*. Universitas Komputer Indonesia.
- IEA PVPS. (2024). *Trends in Photovoltaic Applications 2024*. International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme.
- Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE. (2025). *Photovoltaics Report (October 2025 Edition)*. Fraunhofer ISE.
- Sadeghi, R., Parenti, M., Memme, S., Fossa, M., & Morchio, S. (2025). *A Review and Comparative Analysis of Solar Tracking Systems*. *Energies*, 18(10), 2553. <https://doi.org/10.3390/en18102553>
- Siagian, P., Alam, H., Fahreza, M., & Tampubolon, R. J. (2024). Peningkatan daya panel surya dengan konsentrator cahaya dari bahan aluminium foil. *Jurnal Serambi Engineering*, 9(2), 8490–8498.
- Texas Instruments. (2015). *INA219 Zero-Drift, Bidirectional Current/Power Monitor With I²C Interface (Rev. G)*. Texas Instruments.
- Bowen, T., Chernyakhovskiy, I., Xu, K., Gadzanku, S., & Coney, K. (2021). *Grid-Scale Energy Storage Technologies Primer*. National Renewable Energy Laboratory (NREL).
- Widodo, B., & Winarso. (2022). Peningkatan energi listrik serta daya keluaran pada panel surya dengan penambahan sistem pendingin heatsink dan reflektor alluminium foil. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer TRIAC*, 9(1). <https://journal.trunojoyo.ac.id/triac>

LAMPIRAN

LAMPIRAN A Standart Operational Procedures (SOP)

RANCANG BANGUN PANEL SURYA BERBASIS *SOLAR TRACKER* SUMBU TUNGGAL DENGAN REFLEKTOR ALUMINIUM FOIL UNTUK OPTIMASI OUTPUT DAYA

Oleh :

Daffa Hafidzt Darmawan
NIT. 30123001

Standard Operational Procedure (SOP) dalam pengoperasian alat adalah panduan yang merinci langkah-langkah yang harus diikuti untuk menggunakan alat dengan benar dan aman. SOP ini mencakup instruksi rinci tentang cara menghidupkan dan mematikan alat. Dimana dengan menggunakan Standar Operational Procedure (SOP) yang telah dibuat bertujuan untuk menjaga alat Proyek Akhir terhindar dari kerusakan atau salah prosedur, setiap pengguna alat akan mengikuti prosedur yang sama, sehingga dapat menjamin konsistensi dan akurasi hasil. Para pengguna harus memahami dan mengikuti SOP ini dengan cermat untuk memastikan operasi yang aman, efisien, dan tepat sesuai dengan tujuan penggunaan alat tersebut.

Berikut merupakan Standar Operational Procedure (SOP) untuk menghidupkan dan mematikan alat Tugas Akhir dengan judul “Rancang Bangun Panel Surya Berbasis *Solar Tracker* Sumbu Tunggal Dengan Reflektor Aluminium Foil Untuk Optimasi Daya” Sebagai Berikut :

1. Persiapan Awal

- a. Pastikan panel surya, Arduino Nano, sensor LDR, sensor PZEM-003, sensor INA219, BTS7960, *linear actuator*, SCC, baterai, inverter, LCD, dan reflektor telah terpasang dengan baik.
- b. Pastikan seluruh kabel dan konektor terhubung dengan benar.
- c. Pastikan baterai dalam kondisi baik.

- d. Tujuan : Memastikan seluruh komponen siap digunakan.
2. Menyalakan Sistem
- a. Hubungkan Kabel SCC ke Battery:
- Langkah : sambungkan kabel *output* dari SCC ke terminal baterai, pastikan kabel polaritas kabel sesuai
- Tujuan: mengisi baterai dengan energi yang di hasilkan panel surya dan menghidupkan sistem
- b. Hubungkan Kabel Panel Surya ke Sistem:
- Langkah : Sambungkan kabel *output* dari panel surya ke *input* sistem
- Tujuan: Mengalirkan energi dari panel surya ke SCC untuk pengaturan lebih lanjut.
- c. Pengoperasian Solar *Tracker*
- Langkah :
1. Letakkan alat pada area terbuka yang terkena sinar matahari.
 2. Sensor LDR akan mendeteksi arah datangnya cahaya.
 3. *Linear actuator* akan menggerakkan panel surya mengikuti posisi matahari.
 4. Pastikan pergerakan panel tidak terhalang benda lain.
- Tujuan: Mengoptimalkan penyerapan energi matahari
3. Pengambilan Data
- a. Pengambilan data dilakukan setiap 1 jam.
- b. Data yang dicatat meliputi:
1. Intensitas cahaya (Lux)
 2. Tegangan (V)
 3. Arus (A)
 4. Daya (W)
- c. Pengujian dilakukan pada:
1. Panel surya statis
 2. *Solar tracker*
 3. *Solar tracker* + reflektor 30°
 4. *Solar tracker* + reflektor 45°
 5. *Solar tracker* + reflektor 60°

6. *Solar tracker* + reflektor 75°

Tujuan : Memperoleh data perbandingan performa sistem.

4. Memastikan Sistem

- a. Hentikan proses pengujian
- b. Lepaskan sumber daya
- c. Simpan alat di tempat yang aman.

Tujuan: Menghindari kerusakan komponen.



LAMPIRAN B Coding Solar Tracker

```
#include <Arduino.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Adafruit_INA219.h>
```

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <ModbusMaster.h>
```

```
//
```

```
// LCD & INA219
```

```
//
```

```
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
Adafruit_INA219 ina219;
```

```
//
```

```
// MOTOR
```

```
//
```

```
const int in1 = 5;
const int in2 = 4;
```

```
bool cw = 0;
bool ccw = 1;
```

```
//
```

```
// BUTTON INTERRUPT
```

```
//
```

```
const int btn1_pin = 2;
```

```
const int btn2_pin = 3;
```

```
volatile bool manualMode = false;
```

```
volatile byte manualCommand = 0;
```

```
// 0 = stop
```

```
// 1 = cw
```

```
// 2 = ccw
```

```
//
```

```
// LDR
```

```
//
```

```
const int ldr1_pin = A1;
```

```
const int ldr2_pin = A0;
```

```
int ldr1 = 0;
```

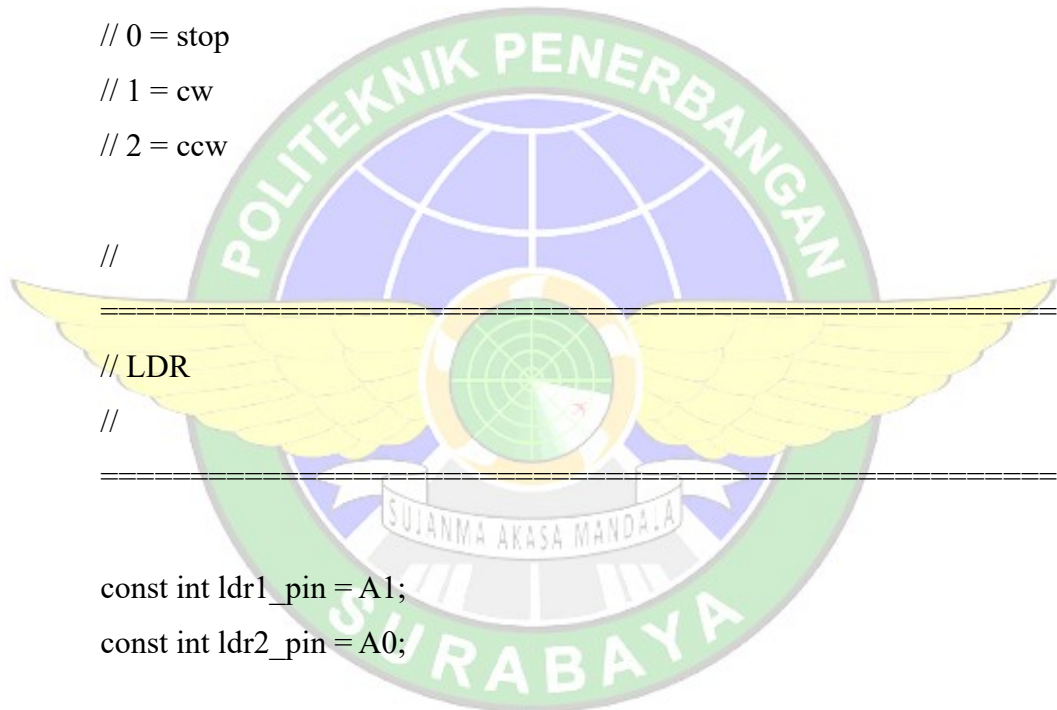
```
int ldr2 = 0;
```

```
int selisih = 0;
```

```
unsigned long previousLdrMillis = 0;
```

```
const long ldrInterval = 50;
```

```
//
```



```
// INA219
```

```
//
```

```
=====
```

```
float shuntvoltage = 0;
```

```
float busvoltage = 0;
```

```
float current_mA = 0;
```

```
float loadvoltage = 0;
```

```
float power_mW = 0;
```

```
//
```

```
=====
```

```
// PZEM017 RS485
```

```
//
```

```
=====
```

```
SoftwareSerial modbusSerial(6, 7); // RX, TX
```

```
ModbusMaster node;
```

```
float pzemVoltage = 0;
```

```
float pzemCurrent = 0;
```

```
float pzemPower = 0;
```

```
//
```

```
=====
```

```
// TIMER
```

```
//
```

```
=====
```

```
unsigned long previousSensorMillis = 0;
```

```
const long sensorInterval = 1000;
```

```
unsigned long previousLcdMillis = 0;  
const long lcdInterval = 500;
```

```
//  
=====
```

```
// MOTOR FUNCTION
```

```
//  
=====
```

```
void motorRun(bool dir)
```

```
{  
  if (dir)  
  {  
    digitalWrite(in1, 1);  
    digitalWrite(in2, 0);  
  }  
  else  
  {  
    digitalWrite(in1, 0);  
    digitalWrite(in2, 1);  
  }  
}
```

```
void motorStop()
```

```
{  
  digitalWrite(in1, LOW);  
  digitalWrite(in2, LOW);  
}
```

```
//  
=====
```

```
// INTERRUPT
```




```
//
```

```
void ISR_btn1()
{
    manualMode = true;
    manualCommand = 1;
```

```
    // langsung gerakkan motor
    digitalWrite(in1, 1);
    digitalWrite(in2, 0);
}
```

```
void ISR_btn2()
{
    manualMode = true;
    manualCommand = 2;
```

```
    // langsung gerakkan motor
    digitalWrite(in1, 0);
    digitalWrite(in2, 1);
}
```

```
//
```

```
// SETUP
```

```
//
```

```
void setup()
{
    Serial.begin(115200);
```

```

Wire.begin();
Wire.setClock(100000);

// =====

// MOTOR

// =====

pinMode(in1, OUTPUT);
pinMode(in2, OUTPUT);

motorStop();

// =====
// BUTTON
// =====

pinMode(btn1_pin, INPUT_PULLUP);
pinMode(btn2_pin, INPUT_PULLUP);

attachInterrupt(
    digitalPinToInterrupt(btn1_pin),
    ISR_btn1,
    FALLING);

attachInterrupt(
    digitalPinToInterrupt(btn2_pin),
    ISR_btn2,
    FALLING);

// =====

// LCD

```

```
// =====
```

```
lcd.init();  
lcd.backlight();
```

```
lcd.setCursor(0, 0);  
lcd.print("Solar Tracker");
```

```
// =====
```

```
// INA219
```

```
// =====
```

```
if (!ina219.begin())  
{  
  lcd.clear();  
  lcd.setCursor(0, 0);  
  lcd.print("INA219 Error");
```

```
  while (1)  
  {  
  }  
}
```

```
// =====
```

```
// PZEM017
```

```
// =====
```

```
modbusSerial.begin(9600);
```

```
node.begin(1, modbusSerial);
```

```
delay(1000);
```

```
lcd.clear();
```

```
}
```

```
//
```

```
// LOOP
```

```
//
```

```
void loop()
```

```
{
```

```
    unsigned long currentMillis = millis();
```

```
    //
```

```
    // READ LDR
```

```
    //
```

```
    ldr1 = analogRead(ldr1_pin)+50;
```

```
    ldr2 = analogRead(ldr2_pin);
```

```
    selisih = ldr1 - ldr2;
```

```
    //
```

```
    // CEK TOMBOL DILEPAS
```

```
    //
```

```
    if (manualMode)
```

```
    {
```

```
        if (digitalRead(btn1_pin) == HIGH &&
```

```
            digitalRead(btn2_pin) == HIGH)
```

```
        {
```

```

    manualMode = false;
    manualCommand = 0;
    motorStop();
}
}

// =====
// AUTO TRACKING
// =====

if (!manualMode)
{
    if (currentMillis - previousLdrMillis >= ldrInterval)
    {
        previousLdrMillis = currentMillis;

        if (selisih > 30) // hadap barat 10
        {
            motorRun(cw);
        }
        else if (selisih < -50) // hadap timur-50
        {
            motorRun(ccw);
        }
        else
        {
            motorStop();
        }
    }
}

// =====

```



```

// UPDATE SENSOR

// =====

if (currentMillis - previousSensorMillis >= sensorInterval)
{
    previousSensorMillis = currentMillis;

    // =====

    // INA219
    // =====

    shuntvoltage = ina219.getShuntVoltage_mV();

    busvoltage = ina219.getBusVoltage_V();

    current_mA = ina219.getCurrent_mA();

    power_mW = ina219.getPower_mW();

    loadvoltage =
        busvoltage + (shuntvoltage / 1000);

    if (current_mA < 0)
    {
        current_mA = 0;
    }

    // =====

    // PZEM017
    // =====

    uint8_t result;

```

```
result = node.readInputRegisters(0x0000, 6);
```

```
if (result == node.ku8MBSuccess)
```

```
{
```

```
    pzemVoltage =
```

```
        node.getResponseBuffer(0) * 0.01;
```

```
    pzemCurrent =
```

```
        node.getResponseBuffer(1) * 0.005;
```

```
    pzemPower =
```

```
        ((uint32_t)node.getResponseBuffer(3) << 16 |
```

```
        node.getResponseBuffer(2)) *
```

```
        0.1;
```

```
}
```

```
// =====  
// SERIAL
```

```
// =====
```

```
Serial.print("LDR1 : ");
```

```
Serial.println(ldr1);
```

```
Serial.print("LDR2 : ");
```

```
Serial.println(ldr2);
```

```
Serial.print("SELISIH : ");
```

```
Serial.println(selisih);
```

```
Serial.print("PZEM V : ");
```

```
Serial.println(pzemVoltage);
```

```
Serial.print("PZEM I : ");  
Serial.println(pzemCurrent);
```

```
Serial.print("INA V : ");  
Serial.println(loadvoltage);
```

```
Serial.print("INA I : ");  
Serial.println(current_mA);
```

```
Serial.println();  
}  
  
// =====  
// LCD UPDATE  
// =====
```

```
if (currentMillis - previousLcdMillis >= lcdInterval)  
{  
    previousLcdMillis = currentMillis;
```

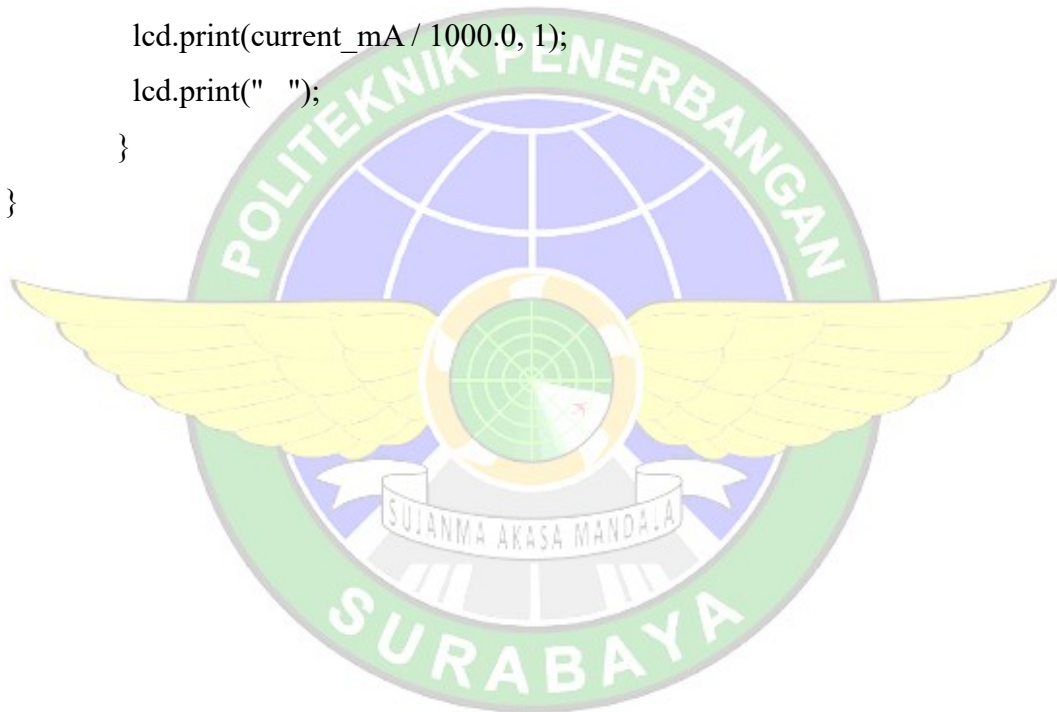
```
    // BARIS 1  
    lcd.setCursor(0, 0);  
    lcd.print("V1:");  
    lcd.print(pzemVoltage, 1);  
    //lcd.print(ldr1);  
    lcd.print("  ");
```

```
    lcd.setCursor(9, 0);  
    lcd.print("V2:");  
    lcd.print(loadvoltage, 1);  
    //lcd.print(ldr2);
```

```
lcd.print(" ");

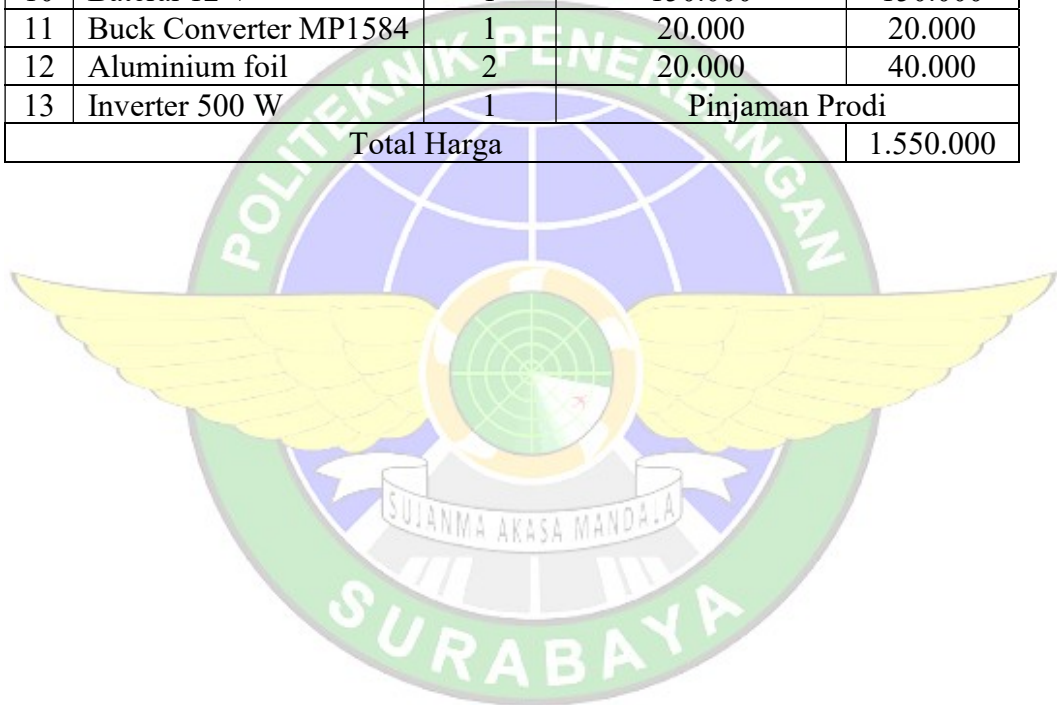
// BARIS 2
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("I1:");
lcd.print(pzemCurrent, 1);
lcd.print(" ");

lcd.setCursor(9, 1);
lcd.print("I2:");
lcd.print(current_mA / 1000.0, 1);
lcd.print(" ");
}
}
```



LAMPIRAN C Rencana Anggaran Biaya

No	Komponen	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
1	Panel surya 50 Wp	1	500.000	500.000
2	Arduino Nano	1	80.000	80.000
3	Sensor LDR	2	5.000	10.000
4	Sensor PZEM-003	1	120.000	120.000
5	Sensor INA219	1	40.000	40.000
6	Driver BTS7960	1	85.000	85.000
7	<i>Linear actuator</i>	1	350.000	350.000
8	Solar Charge Controller	1	120.000	120.000
9	LCD 16×2 I2C	1	35.000	35.000
10	Baterai 12 V	1	150.000	150.000
11	Buck Converter MP1584	1	20.000	20.000
12	Aluminium foil	2	20.000	40.000
13	Inverter 500 W	1	Pinjaman Prodi	
Total Harga				1.550.000



LAMPIRAN D Daftar Riwayat Hidup

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Daffa Hafidzt Darmawan, lahir di Surabaya, Jawa Timur, pada tanggal 10 Maret 2005, anak ketiga dari tiga bersaudara, dari pasangan Bapak Sumantri Bambang Indrajit dan Ibu Sri Harmini. Mempunyai dua saudara kandung Muhammad Affan Hendrawan dan Rizha Nurmila Hilda. Beragama Islam. Bertempat tinggal di Perumahan Permata Alam Permai blok A1 / 09, Desa Gemurung, Kecamatan Gedangan, Kabupaten Sidoarjo, Provinsi Jawa Timur. Memulai pendidikan sekolah dasar di SDN Punggul 2, dan lulus pada tahun 2017, melanjutkan sekolah di SMPN 2 Sedati dan lulus tahun 2020, melanjutkan ke SMA Hang Tuah 2 Sidoarjo dan lulus tahun 2023. Pada tahun 2023 diterima sebagai Taruna di Politeknik Penerbangan Surabaya, pada Program Studi Diploma 3 Teknik Listrik Bandara Angkatan XVII. Melaksanakan kegiatan On The Job Training I di PLTU Paiton yang terhitung mulai tanggal 12 Oktober 2025 – 12 Desember 2025 dan On The Job Training II di Bandar Udara Juanda Internasional Surabaya yang terhitung mulai tanggal 05 Januari 2026 – 27 Maret 2026.