

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGGERAK PANEL
SURYA OTOMATIS MENGGUNAKAN AKTUATOR
BERBASIS ARDUINO UNO**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh:

KHAYYANA DHARMA RIZQIKA PUTRA

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI
REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI**

2025

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGGERAK PANEL
SURYA OTOMATIS MENGGUNAKAN AKTUATOR
BERBASIS ARDUINO UNO**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh:

KHAYYANA DHARMA RIZQIKA PUTRA
NIM. 2115234008

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI
REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI**

ABSTRAK

Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat mendorong pemanfaatan energi terbarukan, salah satunya energi surya. Panel surya konvensional umumnya dipasang secara statis sehingga tidak selalu berada pada posisi optimal terhadap arah cahaya matahari, yang berdampak pada berkurangnya daya yang dihasilkan. Untuk mengatasi hal tersebut, penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem penggerak panel surya otomatis menggunakan aktuator berbasis Arduino Uno dengan mekanisme *solar tracker* tipe *single axis*.

Metode penelitian yang digunakan adalah rancang bangun dengan pendekatan eksperimental. Sistem yang dikembangkan terdiri dari panel surya 50 Wp, sensor cahaya LDR (*Light dependent resistor*), mikrokontroler Arduino Uno sebagai pusat kendali, dan aktuator *linier* sebagai penggerak. Sensor cahaya mendeteksi intensitas sinar matahari, kemudian data diproses oleh Arduino Uno untuk mengatur pergerakan aktuator sehingga panel surya selalu mengikuti posisi matahari. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan kinerja panel surya dinamis (menggunakan *tracker*) dan panel surya statis.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem penggerak berbasis aktuator mampu bekerja sesuai dengan perintah mikrokontroler, dengan acuan perbedaan intensitas cahaya antara LDR (*Light dependent resistor*) timur dan barat. Energi yang dihasilkan panel surya dengan sistem tracker lebih efektif dibandingkan panel surya statis. Selain itu, konstruksi rangka yang dirancang mampu menopang panel surya dan aktuator dengan baik, serta memberikan kestabilan sistem secara keseluruhan.

Kata kunci: panel surya, *solar tracker*, aktuator, Arduino Uno, energi terbarukan

ABSTRACT

The ever-increasing demand for electrical energy is driving the use of renewable energy sources, including solar energy. Solar panels are generally installed statically, so they are not always optimally positioned relative to sunlight, resulting in reduced power output. To address this issue, this research aims to design and build an automatic solar panel drive system using an Arduino Uno-based actuator with a single-axis solar tracking mechanism.

The research method used was a design-build experimental approach. The developed system consists of a 50 Wp solar panel, an LDR light sensor, an Arduino Uno microcontroller as the control center, and a linear actuator as the driver. The light sensor detects sunlight intensity, and the data is then processed by the Arduino Uno to control the actuator's movement so that the solar panel consistently tracks the sun's position. The evaluation was conducted by comparing the performance of dynamic solar panels (using a tracker) and statistical solar panels.

The results showed that the actuator-based drive system was able to operate according to commands from the microcontroller, distinguishing light intensity between the east and west LDRs. The energy generated by the solar panel with the tracking system was more effective than that of the statistical solar panel. Furthermore, the frame construction is designed to effectively support the solar panels and actuators, ensuring overall system stability.

Keywords: *solar panels, solar tracking, actuators, Arduino Uno, renewable energy*

DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iv
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT.....	v
UCAPAN TERIMAKASIH	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT.....	ix
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.4.1 Tujuan umum.....	3
1.4.2 Tujuan khusus	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.5.1 Manfaat bagi penulis	4
1.5.2 Manfaat bagi Politeknik Negeri Bali	4
1.5.3 Manfaat bagi masyarakat.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Energi Surya.....	5

2.2	Panel Surya (<i>Photovoltaic</i>)	5
2.3	Pengaruh Posisi Panel Surya Terhadap Pergerakan Matahari.....	6
2.4	Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	7
2.4.1	Modul panel surya	7
2.4.2	<i>Solar charge controller</i>	9
2.4.3	<i>Inverter</i>	10
2.4.4	Aki	10
2.5	Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya	11
2.5.1	Sistem <i>off-grid</i>	11
2.5.2	Sistem <i>on-grid</i>	12
2.5.3	Sistem <i>hybrid</i>	13
2.6	<i>Solar Tracker</i>	14
2.6.1	<i>Solar tracker</i> aktif.....	15
2.6.2	<i>Solar tracker</i> pasif	15
2.6.3	<i>Solar tracker single axis</i>	16
2.6.4	<i>Solar tracker dual axis</i>	17
2.7	Sistem Penggerak Panel Surya.....	17
2.7.1	Mekanisme penggerak	18
2.7.2	Aktuator listrik.....	19
2.7.3	Motor servo.....	19
2.8	Sistem Kendali Berbasis Arduino	21
2.9	Efisiensi Energi dalam Sistem Penggerak.....	22
BAB III METODE PENELITIAN		24
3.1	Jenis Penelitian.....	24
3.1.1	Sistem mekanik.....	25

3.2	Alur Perancangan	27
3.3	Lokasi Penelitian.....	28
3.4	Sumber Daya Penelitian.....	28
3.5	Instrumen Perancangan	28
3.6	Prosedur Perancangan	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		30
4.1	Hasil Penelitian	30
4.2	Mekanisme Penggerak	30
4.2.1	Prinsip Kerja Aktuator	31
4.2.2	Bagian-bagian Aktuator	31
4.2.3	Perealisasian Posisi Aktuator.....	36
4.2.4	Hasil dan Pengujian Sistem	37
4.3	Hasil Rancang Bangun Sistem PLTS (pembangkit listrik tenaga surya)	38
4.4	Pembahasan.....	49
4.4.1	Metode Pengambilan data.....	49
4.4.2	Hasil Pengukuran Panel Dinamis dan Panel Statis.....	50
4.4.3	Perbandingan performansi panel surya.....	54
BAB V PENUTUP.....		58
5.1	Kesimpulan	58
5.2	Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA.....		59
DAFTAR LAMPIRAN		61

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1	Spesifikasi panel surya	25
Tabel 3. 2	Waktu pelaksanaan	28
Tabel 4.1	Tabel pengukuran sudut pergerakan panel hari pertama	51
Tabel 4.2	Tabel pengukuran sudut pergerakan panel hari ke dua	51
Tabel 4.3	Tabel pengukuran sudut pergerakan panel hari ke tiga	51
Tabel 4.4	Data hasil pengujian solar tracker hari pertama	52
Tabel 4.5	Data hasil pengujian solar tracker hari ke dua	52
Tabel 4.6	Data hasil pengujian solar tracker hari ke tiga	52
Tabel 4.7	Data hasil pengujian panel statis hari pertama	53
Tabel 4.8	Data hasil pengujian panel statis hari ke dua	53
Tabel 4.9	Data hasil pengujian panel statis hari ke tiga	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Panel surya	6
Gambar 2.2	Arah sinar datang membentuk sudut terhadap normal bidang.	7
Gambar 2.3	<i>Poly-crystalline</i>	8
Gambar 2.4	<i>Mono-crystalline</i>	8
Gambar 2.5	<i>Thin film</i>	9
Gambar 2.6	<i>Solar charge controller</i>	10
Gambar 2.7	Inverter	10
Gambar 2.8	Aki	11
Gambar 2.9	Sistem <i>off-grid</i>	12
Gambar 2.10	Sistem <i>on-grid</i>	13
Gambar 2.11	Sistem <i>hybrid</i>	14
Gambar 2.12	Perggerakan mengikuti arah matahari.....	15
Gambar 2.13	Pergerakan atas dasar panas matahari	16
Gambar 2.14	Pergerakan satu sumbu.....	17
Gambar 2.15	Pergerakan dua sumbu	17
Gambar 2.16	Mekanisme penggerak.....	18
Gambar 2.17	Aktuator listrik.....	19
Gambar 2.18	Motor servo	20
Gambar 2.19	Arduino uno atmega 328	21
Gambar 3.1	Diagram blok sistem.....	24
Gambar 3.2	Rangka <i>solar tracker</i> pada panel surya	26
Gambar 4.1	Motor DC.....	32
Gambar 4.2	<i>Gear box</i>	32
Gambar 4.3	Lead screw.....	33
Gambar 4.4	Nut (mur penggerak)	33
Gambar 4.5	Batang aktuator	34
Gambar 4.6	<i>Limit switch</i>	34
Gambar 4.7	Casing aktuator.....	35

Gambar 4.8	<i>Bracket</i> pin	35
Gambar 4.9	Tampak depan.....	36
Gambar 4.10	Tampak belakang.....	36
Gambar 4.11	Tampak samping.....	36
Gambar 4.12	Panel pass	37
Gambar 4.13	Panel timur	37
Gambar 4.14	Panel barat	38
Gambar 4.15	Gambar 3 dimensi	39
Gambar 4.16	Gambar 3d.....	39
Gambar 4.17	Gambar 2d tampak samping dan belakang	40
Gambar 4.18	Dimensi box panel.....	40
Gambar 4.19	Dimensi box arduino	41
Gambar 4.20	Dimensi box ldr.....	41
Gambar 4.21	Dimensi aktuator	42
Gambar 4.22	Proses pengukuran besi hollow	43
Gambar 4.23	Proses pemotongan besi hollow	43
Gambar 4.24	Proses pengelasan kaki rangka panel	44
Gambar 4.25	Proses pengelasan batang cagak rangka panel	45
Gambar 4.26	Pengelasan besi siku.....	45
Gambar 4.27	Pengeboran besi siku.....	46
Gambar 4.28	Proses siku dari sisi luar dan sisi dalam	46
Gambar 4.29	Proses pengamplasan rangka.....	47
Gambar 4.30	Proses pengecatan	47
Gambar 4.31	Posisi pin dan aktuator setelah terpasang	48
Gambar 4.32	Diagram pengujian tanpa beban	50
Gambar 4.33	Grafik efesiensi panel dinamis dan statis	54
Gambar 4.34	Grafik hari pertama	55
Gambar 4.35	Grafik hari ke dua.....	56
Gambar 4.36	Grafik hari ke tiga	56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Pemotongan besi hollow.....	61
Lampiran 2	Pengelasan track manual panel dinamis	61
Lampiran 3	Pengelasanudukan panel statis.....	62
Lampiran 4	Pengecatan rangka kontruksi	62
Lampiran 5	Proses pengambilan data intensitas cahaya	63
Lampiran 6	Track manual panel dinamis	63
Lampiran 7	Letak box mikrokontroller.....	64
Lampiran 8	Dudukan panel statis.....	64
Lampiran 9	Gambar nyata rangka panel surya	65

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ketersediaan energi listrik yang efektif dan berkualitas sangat diperlukan mengingat kebutuhan energi listrik yang semakin tinggi dikalangan masyarakat. Listrik merupakan sumber energi yang saat ini sangat diperlukan untuk kehidupan modern. Seiring berjalanya teknologi banyak metode-metode yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik mengingat sumber energi yang tidak bisa diperbarui yaitu energi fosil dan dapat habis seiring berjalanya waktu serta membutuhkan waktu yang cukup lama agar energi fosil dapat digunakan kembali. Energi yang dapat diperbarui memiliki keutamaan khusus yang tidak dimiliki oleh energi yang tidak dapat diperbarui. Energi yang dapat diperbarui tidak akan pernah habis selama alam masih berlangsung (siklus alam yang ramah lingkungan dan dapat meminimalisir pencemaran lingkungan atau tidak menimbulkan polusi). Pemanfaatan (*Renewable Energy*) merupakan bentuk langkah yang sangat penting dalam upaya mengurangi penggunaan energi (*Non Renewable Energy*) yang makin menipis saat ini (Solikah & Bramastia, 2024). Energi listrik dapat dengan mudah diubah menjadi beberapa bentuk energi seperti, energi panas, energi cahaya, atau energi gerak.

Cahaya matahari adalah sumber energi terbarukan yang sangat potensial untuk dikembangkan. Pemanfaatan cahaya matahari merupakan metode yang dapat diterapkan untuk menunjang kebutuhan energi terbarukan yang ramah lingkungan yang dimana secara *geografis* Indonesia terletak di lintasan garis khatulistiwa. Energi matahari tidak semata-mata bisa langsung dimanfaatkan sebagai konsumsi energi, harus melalui proses yang disebut dengan efek *photovoltaic*. *Photovoltaic* umumnya hanya menyerap cahaya matahari lalu diubah menjadi energi listrik, bukan untuk mengubah energi panas menjadi listrik. Dengan demikian efek *photovoltaic* merupakan proses yang dimana panel surya yang berbahan semikonduktor hanya menyerap *foton* (cahaya) lalu menyebabkan *elektron-elektron*

bergerak dan menciptakan arus listrik (Dwisari et al., 2023). Perkembangan teknologi solar panel saat ini sangat pesat. Solar panel dapat menghasilkan daya maksimal jika posisinya menghadap langsung ke matahari. Salah satu inovasi terbaru adalah *Solar tracker*, yang memungkinkan solar panel bergerak mengikuti pergerakan matahari sehingga selalu menghadap ke arah matahari. Dengan teknologi ini, solar panel akan dapat menghasilkan daya secara optimal sepanjang hari. Panel surya umumnya diposisikan secara *statis* (tidak bergerak) dan teknik pemasangan panel surya secara *statis* menyebabkan posisi panel tidak berada dalam posisi ideal terhadap arah datangnya cahaya matahari akibatnya energi listrik yang dihasilkan dari panel surya berkurang dari pada semestinya. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan perbandingan daya *output* panel surya dengan *solar tracker* dan tanpa *solar tracker* pada pengujian pertama memiliki selisih sebesar 7,17watt atau 19,89% lebih besar dibandingkan dengan panel surya *statis* dan pada pengujian kedua sebesar 10,08watt atau 22,25% lebih besar dibandingkan dengan panel surya statis (Saputra & Priharti, 2022).

Mempertimbangkan hal tersebut untuk menunjang keefektifitasan cahaya matahari sebagai energi terbarukan digunakanya tuas penggerak dengan tegangan arus DC (*Direct current*) yang disebut dengan *actuator linier*. *Solar tracker* tipe *single axis* ini dapat bergerak sampai 180° dan dapat menghasilkan gaya menarik ataupun mendorong. Alat ini berguna untuk menggerakkan landasan atau dudukan panel surya. *Solar tracker* dapat bergerak dengan bantuan sensor cahaya, sensor ini dapat mendeteksi cahaya matahari menyesuaikan dengan orientasi panel untuk mendapatkan sudut terbaik dalam penyerapan energi matahari. Digunakanya Arduino uno, sebagai otak kontroler yang dilengkapi LCD (*Liquid crystal display*) untuk menampilkan waktu dan posisi panel surya (Azis et al., 2023)

Penggunaan penggerak panel atau *solar tracker* tipe *single axis* ini merupakan bentuk tantangan tersendiri bagi pengembangan alat penggerak yang dimana memerlukan sumber daya yang cermat (waktu, bahan dan tenaga kerja) serta memerlukan biaya yang relatif lebih tinggi. Namun penggunaan alat penggerak merupakan salah satu hal yang bisa diperhitungkan untuk meningkatkan keefektifitasan daya yang akan di hasilkan oleh panel surya.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem penggerak panel surya otomatis menggunakan aktuator berbasis arduino uno, dengan harapan untuk meningkatkan daya yang dihasilkan dari panel surya karena dengan adanya alat ini energi yang didapat dari cahaya matahari akan lebih optimal dari pada panel surya yang dipasang secara *statis*.

1.2 Rumusan Masalah

Dari permasalahan diatas maka rumusan masalah yang akan dibahas dalam perancangan sistem penggerak panel surya otomatis menggunakan aktuator berbasis arduino uno yaitu:

1. Bagaimana rancangan instalasi PLTS (pembangkit listrik tenaga surya)?
2. Bagaimana desain sistem penggerak agar dapat mengikuti cahaya matahari dari timur ke barat?
3. Bagaimana konstruksi instalasi PLTS (pembangkit listrik tenaga surya) yang dipasang dinamis dan statis serta bagaimana sistem dapat mengikuti cahaya matahari dari timur ke barat?

1.3 Batasan Masalah

Dalam pembuatan skripsi ini penulis hanya membahas mengenai perancangan konstruksi, desain dan mekanisme yang digunakan untuk menggerakkan panel surya mengikuti arah cahaya matahari dari timur ke barat dan merancang instalasi (PLTS) pembangkit listrik tenaga surya yang dipasang secara dinamis dan statis.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penulisan skripsi ini meliputi tujuan umum dan tujuan khusus berikut:

1.4.1 Tujuan umum

Adapun tujuan umum dari penulisan skripsi ini yaitu:

1. Sebagai salah satu kewajiban dan syarat kelulusan untuk meraih gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Teknologi Rekayasa Utilitas Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali

2. Untuk mengaplikasikan dan menerapkan ilmu-ilmu yang diperoleh di bangku perkuliahan di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali
3. Menguji dan mengembangkan ilmu pengetahuan yang telah diperoleh di bangku kuliah dan menerapkan dalam bentuk perancangan.

1.4.2 Tujuan khusus

Tujuan khusus dari penulisan Skripsi ini yaitu:

1. Mampu merancang instalasi PLTS (pembangkit listrik tenaga surya).
2. Mampu membuat desain sistem penggerak panel surya dengan mengikuti cahaya matahari dari timur ke barat.
3. Mampu membuat konstruksi instalasi PLTS (pembangkit listrik tenaga surya) yang dipasang secara dinamis dan statis serta sistem penggerak dengan mengikuti cahaya matahari dari timur ke barat.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1.5.1 Manfaat bagi penulis

Hasil pengembangan ini sebagai sarana untuk menerapkan dan mengembangkan ilmu-ilmu yang telah didapat selama perkuliahan di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali baik secara teori maupun secara praktek. Selain itu sebagai syarat untuk menyelesaikan pendidikan di Jurusan Teknik Mesin.

1.5.2 Manfaat bagi Politeknik Negeri Bali

Dapat menerapkan teori yang didapat di bangku perkuliahan dan sebagai bahan pendidikan atau ilmu pengetahuan tentang PLTS (pembangkit listrik tenaga surya) sebagai sistem energi terbarukan agar lebih efisien untuk menghasilkan daya output dan sebagai inovasi supaya dapat dikembangkan lebih lanjut

1.5.3 Manfaat bagi masyarakat

Sebagai bahan contoh atau media dalam teknik pemasangan panel surya yang efektif dan ramah lingkungan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembuatan rancang bangun sistem penggerak panel surya menggunakan aktuator berbasis arduino uno, dapat disimpulkan bahwa:

1. Aktuator mulai bergerak apabila mendapatkan perintah dari komponen mikrokontroller, acuan dasar pergerakan aktuator berdasarkan nilai antara LDR timur dan LDR barat.
2. Dengan menggunakan sistem *tracker* ini energi yang dihasilkan lebih efektif dari solar panel yang dipasang secara *statis*
3. Rangka yang dirancang sangat mampu menopang panel surya dan aktuator dengan baik serta memberikan ke stabilan sistem secara keseluruhan.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat dijadikan acuan untuk mengembangkan Rancang Bangun Sistem Penggerak Panel Surya Otomatis Menggunakan Aktuator Berbasis Arduino Uno, sebagai berikut:

1. Dapat merancang sistem penggerak dual axis dengan menggunakan motor servo atau stepper untuk dapat menghasilkan pergerakan secara horizontal (azimuth) dan vertikal (elevasi)
2. Perlu perawatan rutin pada panel terutama untuk menjaga panel agar permukaan tetap bersih dari debu agar tidak mengganggu penyerapan cahaya matahari.
3. Menambahkan sistem monitoring berbasis *IoT (Internet of things)* agar kinerja panel dan aktuator dapat dipantau melalui *smartphone*, sehingga memudahkan analisis dan pemeliharaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, F., Heri, P., Dedet, S., Riawan, C., & Mochamad, S. (2024). *Perancangan Sistem Pompa Air Terintegrasi On-grid Photovoltaic dan Elektrifikasi Area Persawahan guna Mengurangi Biaya Irigasi Pada Kelompok Tani " Karya Tani " Kediri , Jawa Timur*. 8(6).
- Azis, A., Rijaluddin Tahfiz, M., & Nurdiana, N. (2023). Perancangan Sistem Penggerak Panel Surya Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Mobile Berbasis Arduino. *Electrician : Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro*, 17(2), 161–168. <https://doi.org/10.23960/elc.v17n2.2418>
- Dwisari, V., Sudarti, S., & Yushardi, Y. (2023). Pemanfaatan Energi Matahari: Masa Depan Energi Terbarukan. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(2), 376–384. <https://doi.org/10.37478/optika.v7i2.3322>
- Eko Prasetyo, E., Marausna, G., & Rasmi Dewantika Rahmiullah, R. (2022). Analisis Perbandingan Hasil Daya Listrik Panel Surya Dengan Solar Tracker Dan Tanpa Solar Tracker. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 10(2), 77–83. <https://doi.org/10.32487/jtt.v10i2.1426>
- Henda, A., Program, H., Dirgantara, S. T., Tinggi, S., & Kedirgantaraan, T. (2023). *Analisis Perbandingan Panel Surya Dengan Single Axis dan Dual AxisSolar Tracker*. 1–6.
- Hidayati, Q., Yanti, N., & Jamal, N. (2020). Sistem Pembangkit Panel Surya Dengan Solar Tracker Dual Axis. *Prosiding SNITT Poltekba*, 4, 68–73. <https://jurnal.poltekba.ac.id/index.php/prosiding/article/view/999>
- Pulungan, A. B., Fajri, Q., & Yelfianhar, I. (2021). Peningkatan Daya Keluaran Panel Surya Menggunakan Single Axis Tracker Pada Daerah Khatulistiwa. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, 7(2), 261. <https://doi.org/10.24036/jtev.v7i2.113304>
- Rudawin, L., Rajabiah, N., & Irawan, D. (2020). Analisa sistem kerja photovoltaic berdasarkan sudut kemiringan menggunakan monocrystalline dan polycrystalline. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 9(1), 129–137. <https://doi.org/10.24127/trb.v9i1.1221>
- Saputra, A. I., & Priharti, W. (2022). Perancangan Single Axis Solar Tracker Menggunakan Fuzzy Logic Berbasis Arduino Guna Mengoptimalkan Output Daya Pada Panel Surya. *E-Proceeding of Engineering*, 9(5), 2225–2233.
- Siagian, P. (2022). Pengembangan Panel Surya 120 Wp Dengan Solar Tracker Double Axis Sebagai Bahan Pembelajaran Mahasiswa di Program Studi Teknik Mesin UHN. *Sprocket Journal of Mechanical Engineering*, 3(2), 115–128. <https://doi.org/10.36655/sprocket.v3i2.658>

- Solikhah, A. A., & Bramastia, B. (2024). Systematic Literature Review : Kajian Potensi dan Pemanfaatan Sumber Daya Energi Baru dan Terbarukan Di Indonesia. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 5(1), 27–43.
<https://doi.org/10.14710/jebt.2024.21742>
- Taufik, M., Asrul, J., & Widia, R. (2024). Rancang Bangun Prototipe Solar Cell Off Grid Pada Lampu Taman Otomatis. *Jurnal Ilmiah Poli Rekayasa*, 19(1), 18. <https://doi.org/10.30630/jipr.19.1.336>
- Tudorache, T., & Kreindler, L. (2010). Design of a solar tracker system for PV power plants. *Acta Polytechnica Hungarica*, 7(1), 23–39.
- Widiantara, I. B. G., & Sugiarta, N. (2019). Pengaruh Penggunaan Pendingin Air Terhadap Output Panel Surya Pada Sistem Tertutup. *Matrix : Jurnal Manajemen Teknologi Dan Informatika*, 9(3), 110–115.
<https://doi.org/10.31940/matrix.v9i3.1582>