

RANCANG BANGUN SOLAR TRACKER SINGLE AXIS BERBASIS ARDUINO UNO

Ngurah Yowana Asta Prawangsa¹, I Gusti Made Bagus Kurniawan², Ida Bagus Alit Swamardika³, I Wayan Arta Wijaya⁴, Lie Jasa⁵, Pratolo Rahardjo⁶, I Putu Elba Duta Nugraha⁷

^{1,2}Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

^{3,4,5,6,7}Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali 80361

yowana.ast120@student.unud.ac.id, gusti.made139@student.unud.ac.id, gusalit@unud.ac.id,
artawijaya@unud.ac.id, liejasa@unud.ac.id, pratolo@unud.ac.id

ABSTRAK

Indonesia memiliki potensi energi surya yang melimpah, namun pemanfaatannya masih terbatas akibat ketergantungan pada energi fosil dan rendahnya efisiensi panel surya yang disebabkan oleh sistem pemasangan statis. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini merancang dan membangun prototipe *automatic single-axis solar tracker* berbasis Arduino Uno guna mengoptimalkan penyerapan energi matahari. Sistem dikendalikan oleh Arduino Uno R3 untuk pengaturan posisi panel surya secara otomatis, serta ESP32 untuk melakukan pemantauan lingkungan dan kelistrikan secara daring. Sensor yang digunakan meliputi BH1750 untuk intensitas cahaya, DHT22 untuk suhu dan kelembapan, INA219 untuk tegangan dan arus, serta ACS712 untuk arus. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengatur sudut panel surya secara otomatis, memantau parameter lingkungan secara akurat, dan menghasilkan daya listrik yang stabil selama delapan jam. Meskipun ditemukan kendala berupa ketidakstabilan pembacaan arus saat sistem menggunakan daya dari baterai, prototipe ini terbukti efektif dan layak untuk dikembangkan lebih lanjut dalam mendukung pemanfaatan energi surya secara optimal.

Kata kunci : Energi Surya, Solar tracker, Arduino Uno

ABSTRACT

Indonesia has abundant solar energy potential; however, its utilization remains limited due to dependence on fossil fuels and the low efficiency of solar panels caused by static installation systems. To address this issue, this study designed and developed a prototype of an automatic single-axis solar tracker based on Arduino Uno to optimize solar energy absorption. The system is controlled by the Arduino Uno R3 for automatic adjustment of the solar panel position, and the ESP32 is used for real-time monitoring of environmental and electrical parameters. The sensors employed include the BH1750 for light intensity, DHT22 for temperature and humidity, INA219 for voltage and current, and ACS712 for current. Test results indicate that the system is capable of automatically adjusting the solar panel angle, accurately monitoring environmental parameters, and generating stable electrical power for eight hours. Although some instability in current readings was observed when the system operated on battery power, the prototype has proven effective and feasible for further development to enhance the utilization of solar energy.

Key Words : Solar Energy, Solar tracker, Arduino Uno

1. PENDAHULUAN

Indonesia, sebagai negara tropis, memiliki potensi besar dalam pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi terbarukan [1]. Meskipun ada dukungan regulasi pemerintah (Peraturan Menteri ESDM Nomor 2 Tahun 2024), pemanfaatan energi surya masih belum optimal, dengan sebagian besar pasokan energi primer pada tahun 2020 masih didominasi oleh bahan bakar fosil, dan hanya 14,45% berasal dari energi terbarukan. Salah satu kendala utama adalah rendahnya efisiensi panel surya yang terpasang secara statis, sehingga tidak dapat secara optimal mengikuti pergerakan matahari dan menyerap sinar matahari [5].

Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa penggunaan *solar tracker* secara signifikan dapat meningkatkan efisiensi daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Prasetyo et al. melaporkan bahwa sistem panel surya dengan *solar tracker* mampu menghasilkan daya sebesar 455,93 Wh, jauh lebih tinggi dibandingkan sistem statis yang hanya menghasilkan 120,19 Wh [2].

Sistem *solar tracker* yang dikembangkan umumnya memanfaatkan mikrokontroler seperti *Arduino Uno* atau *ESP32* sebagai pusat kendali, serta sensor cahaya seperti LDR atau BH1750 untuk mendeteksi intensitas sinar matahari [5], [6]. Deshmukh et al. merancang *solar tracker* berbasis LDR dan *Real-Time Clock (RTC)* untuk pelacakan posisi matahari berbasis waktu [7]. Sementara itu, Rangkuti et al. mengembangkan sistem pemantauan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menggunakan *board Sonoff* yang terintegrasi dengan aplikasi *smartphone* Android [9]. Berdasarkan studi-studi tersebut, penelitian ini merancang dan mengembangkan sistem *solar tracker single-axis* berbasis *Arduino Uno* dan *ESP32*, dilengkapi dengan sensor BH1750, aktuator linear, serta pemantauan daring melalui platform *Internet of Things (IoT)*, guna mengoptimalkan penyerapan energi matahari secara berkelanjutan.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Panel Surya

Panel surya merupakan perangkat yang berfungsi untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik menggunakan prinsip efek fotovoltaik. Efisiensi panel surya sangat bergantung pada intensitas cahaya yang diterima, sudut datang cahaya, suhu sekitar, dan kualitas modul surya itu sendiri. Semakin optimal sudut panel terhadap matahari, maka semakin besar energi yang dihasilkan [3].

2.2 Sistem *Solar tracker*

Solar tracker merupakan sistem yang dirancang untuk menggerakkan panel surya mengikuti pergerakan matahari. Sistem ini dibagi menjadi dua jenis: *single axis* dan *dual axis*. *Single axis* mengatur gerakan panel dalam satu sumbu (umumnya timur–barat), sedangkan *dual axis* memungkinkan pergerakan tambahan dalam arah vertikal (utara–selatan). Penggunaan *solar tracker* terbukti mampu meningkatkan efisiensi energi hingga 30–40% dibandingkan sistem tetap [4].

2.3 *Arduino Uno R3*

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega328P yang mudah diprogram dan digunakan dalam berbagai aplikasi sistem tertanam. Dalam penelitian ini, *Arduino* berperan sebagai otak sistem yang memproses pembacaan sensor, mengatur gerak motor, serta menampilkan data ke LCD. Bahasa pemrogramannya berbasis C++ dan mudah dikembangkan melalui *Arduino IDE* [5].

2.4 Sensor BH1750

Sensor BH1750 merupakan sensor cahaya berbasis I2C, mampu

mengukur intensitas cahaya dalam satuan lux. Sensor ini memiliki sensitivitas tinggi dan konsumsi daya rendah, menjadikannya cocok untuk digunakan dalam sistem pelacakan matahari. Pembacaan data dari sensor ini digunakan sebagai referensi untuk menentukan arah pergerakan panel [6].

2.5 Sensor RTC DS1302

Real Time Clock (RTC) DS1302 digunakan untuk mencatat dan menjaga waktu secara akurat, bahkan saat sistem dimatikan. Dengan adanya RTC, sistem dapat mengatur gerakan panel berdasarkan jam, sebagai alternatif saat intensitas cahaya tidak cukup untuk dijadikan acuan [7].

2.6 Sensor Multiplexer TCA9538A

Modul multiplexer TCA8538A memungkinkan berkomunikasi dengan beberapa sensor I2C yang memiliki alamat sama. Dalam penelitian ini, modul digunakan untuk mengatur komunikasi antara beberapa sensor BH1750 yang dipasang pada sisi timur dan barat panel [8].

2.7 Motor Driver L298N dan Aktuator Linear

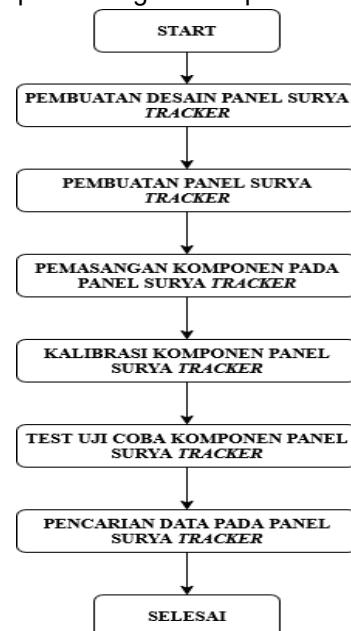
Motor driver L298N berfungsi sebagai jembatan antara mikrokontroler dan motor penggerak. Dalam sistem ini, L298N mengatur arus dan tegangan yang dialirkan ke aktuator linear [9]. Aktuator linear bertugas menggerakkan panel surya mengikuti perintah dari Arduino berdasarkan sensor atau waktu [10].

2.8 LCD

Liquid Crystal Display (LCD) adalah teknologi tampilan yang menggunakan kristal cair untuk menghasilkan gambar atau teks. Setiap piksel dalam layar LCD terdiri dari satu titik cahaya yang dihasilkan oleh kristal cair [11].

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan berlokasi di Banjar Tengah, Desa Pakraman Sidakarya, Kecamatan Denpasar Selatan, Kota Denpasar. Pelaksanaan penelitian dilaksanakan selama 5 bulan dari bulan februari – juni 2025. Tahapan penelitian dilakukan secara sistematis mulai dari perancangan, pembuatan, pemasangan, hingga pengujian sistem. Setiap langkah mendukung keberhasilan prototipe *solar tracker* dalam mengikuti pergerakan matahari secara otomatis dan mengoptimalkan penyerapan energi surya. Berikut merupakan diagram alir penelitian.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Berikut penjelasan pada Gambar 1 :
Langkah 1. Pembuatan desain panel surya *tracker*

Merancang desain sistem *tracker*, meliputi rangka mekanik, posisi aktuator linear, sensor cahaya (BH1750), dan panel surya yang dapat bergerak mengikuti arah sinar matahari. Langkah 2. Pembuatan panel surya *tracker*

Proses realisasi pembuatan rangka *tracker* dan penyusunan

perngkat keras berdasarkan desain yang telah dibuat.

Langkah 3. Pemasangan komponen pada panel surya *tracker*

Memasang komponen elektronik seperti sensor BH1750 dan mikrokontroler, serta panel surya ke dalam sistem mekanik yang telah dibuat.

Langkah 4. Kalibrasi komponen panel surya *tracker*

Melakukan kalibrasi dan pengujian awal untuk memastikan bahwa semua sensor dan aktuator bekerja sesuai parameter yang diinginkan.

Langkah 5. Test uji coba komponen panel surya *tracker*

Melakukan uji coba sistem untuk melihat apakah *tracker* dapat bergerak mengikuti pergerakan matahari secara otomatis, serta mengamati respons sensor dan performa motor.

Langkah 6. Pencarian data pada panel surya *tracker*

Mengumpulkan data hasil uji coba, seperti jumlah energi yang dihasilkan, sudut pergerakan panel, dan respon sensor terhadap intensitas Cahaya.

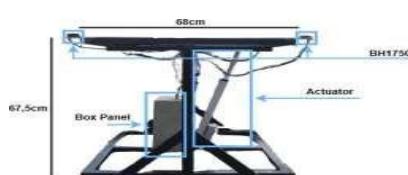
Langkah 7. Selesai

Proses rancang bangun dan pengujian prototipe telah selesai.

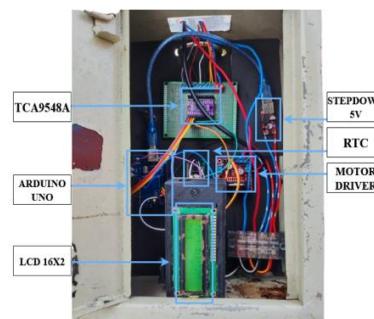
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Desain sistem perangkat keras berfokus pada sistem kontrol *solar tracker*. Sebuah ESP32 dan Arduino berperan sebagai pengendali utama yang terhubung dengan beragam sensor, tersusun dari panel surya, aktuator linear, dan sensor pendukung yang dapat mengoptimalkan penyerapan energi matahari. Realisasi *Solar tracker* dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Realisasi *solar tracker*



Gambar 3. Sistem kontrol *solar tracker*

Pemrograman perangkat lunak pada sistem ini melibatkan Arduino Uno dan ESP32. Program Arduino Uno berfungsi mengontrol posisi aktuator *solar tracker* berdasarkan intensitas cahaya dan waktu, sementara program ESP32 bertugas memantau berbagai parameter penting. Data yang terkumpul ini kemudian dikirimkan secara *real-time* ke *platform* Thingspeak seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Realisasi software

Pada ThingSpeak, widget khusus dirancang untuk menampilkan parameter-parameter seperti arus, tegangan secara *real-time* secara visual.

4.2 Pengujian Solar Tracking

Pengujian solar tracking dilakukan untuk mengetahui tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya. Proses pengujian panel surya meliputi pengukuran pada terminal keluaran panel menggunakan Tangampere serta menggunakan measure yang merupakan alat ukur derajat yang sudah tersedia pada handphone. Panel surya diatur untuk bergerak sebesar 10° - 15° setiap jamnya yang dilakukan sebanyak 4 kali, sesuai dengan data hasil yang didapatkan melalui pengujian sensor BH1750.

Tabel 1. Pengujian Solar Tracker

No	Jam	Derajat	V ¹	V ²	A ¹	A ²	W ¹	W ²
1	08.00	$\pm 45^{\circ}$	19,85	19,83	1,24	1,24	24,61	24,53
2	09.00	$\pm 35^{\circ}$	20,15	20,15	1,74	1,64	34,96	33,05
3	10.00	$\pm 25^{\circ}$	20,73	20,78	3,77	3,72	78,19	77,18
4	11.00	$\pm 15^{\circ}$	20,33	20,35	3,02	3,06	61,43	62,32
5	12.00	$\pm 0^{\circ}$	20,63	20,65	3,32	3,25	68,53	67,16
6	13.00	$\pm 15^{\circ}$	20,58	20,65	2,85	2,79	58,54	57,51
7	14.00	$\pm 25^{\circ}$	20,83	20,85	3,91	3,98	81,37	82,93
8	15.00	$\pm 35^{\circ}$	20,50	20,48	2,61	2,49	53,56	50,88
9	16.00	$\pm 45^{\circ}$	20,35	20,35	2,34	2,34	47,67	47,57
TOTAL DAYA				508,854	503,134			

Keterangan:

1 : Tang Ampere

2 : Watt Meter

Tabel 1 menunjukkan data yang diperoleh dari pengujian tegangan yang dihasilkan oleh panel surya. Pengujian dilakukan di Denpasar dengan keadaan cuaca cerah berawan pada saat hari pengujian. Tabel 1 merupakan hasil pengujian arus dan tegangan yang dapat mengalir dari panel menuju baterai. Dengan menghitung arus dan tegangan yang dihasilkan, daya yang mampu

dihasilkan panel dalam 9 jam sebesar 508,854 Watt pada alat ukur (Tang Ampere) dan 503,134 Watt pada alat ukur (Wattmeter).

4.2 Pengujian Baterai

Pengujian pengisian baterai dilakukan untuk mengevaluasi efisiensi dan stabilitas pasokan daya dari sistem *solar tracker* ke baterai penyimpanan. Proses ini meliputi pengukuran arus dan tegangan pengisian baterai secara berkala, serta memantau kapasitas baterai seiring waktu. Data yang dikumpulkan akan memberikan gambaran tentang seberapa efektif energi surya yang diserap panel dapat dikonversi dan disimpan.

Tabel 2. Pengujian baterai

Waktu	Rata-rata Pengisian Baterai		Rata-rata Pemakaian Baterai			
	A ¹	V ¹	W ¹	A ²	V ²	W ²
16.00	2,25	13,30	29,977	2,20	13,30	29,254
17.00	3,25	13,17	42,834	3,31	13,12	43,454
18.00	3,26	13,10	42,707	3,39	13,05	44,277
19.00	3,17	13,07	41,422	3,28	13,05	42,834
20.00	2,12	13,13	27,729	2,24	13,08	29,243
21.00	3,14	13,07	40,985	3,34	13,07	43,592
22.00	2,12	13,03	27,707	2,25	13,05	29,351
23.00	3,12	13,00	40,518	3,28	12,98	42,596
00.00	2,60	12,97	33,646	2,74	12,97	35,413
01.00	3,11	12,93	40,178	3,27	12,91	42,187
02.00	2,61	12,93	33,778	2,76	12,90	35,696
03.00	2,72	12,87	35,116	2,71	12,86	34,957
04.00	2,77	12,83	35,659	2,82	12,80	36,145
05.00	2,78	12,83	35,745	2,77	12,83	35,691
06.00	2,62	12,80	33,681	2,23	12,85	28,670
07.00	2,60	12,80	33,381	2,63	12,82	33,878
08.00	3,05	12,70	38,749	2,62	12,72	33,585
W/Hari			613,811			620,822

Keterangan:

1 : Tang Ampere

2 : Thingspeak

Tabel 2 merupakan hasil pengujian pengisian baterai yang terukur setiap jamnya dapat diketahui bahwa pengisian baterai pada 04 Juni 2025 selama kurang lebih 5 jam dengan error relatif rata-rata 1,2%. Dimana pada tegangan baterai dari 11,5V sampai 13,2 V. Selanjutnya dilakukan pengujian *State of Charge (SOC)* baterai setelah proses pengisian menggunakan sistem *solar tracker*.

Sebagai berikut rumus (SOC):

$$SOC(t) = \frac{Qn - Quji}{Qn} \cdot 100\%$$

$$Quji = P \cdot t$$

$$Quji = Ah = Wh/V$$

$$\begin{aligned} E &= 13,06 \times 2,8 \times 3600 \times 18 \\ &= 2.369.606,4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Wh &= 2.369.606,4 / 3600 \text{ Wh} \\ &= 658,224 \end{aligned}$$

$$Ah = Wh/V$$

$$Ah = 658,224 / 13,06$$

$$Ah = 50,4$$

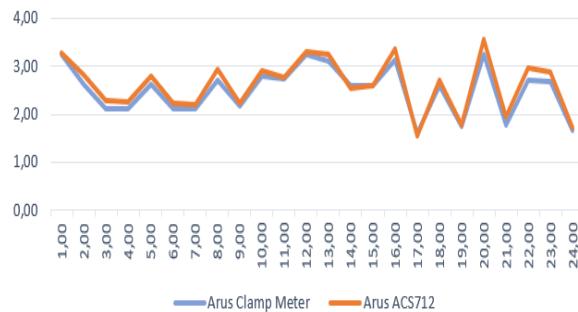
$$\begin{aligned} SOC \text{ akhir} &= 50,4 \% + 10\% \\ &= 60,4\% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, energi yang tersimpan dikonversi menjadi 658,224 Watt-jam (Wh). Dengan tegangan rata-rata baterai sebesar 13,06 V, kapasitas pengisian yang berhasil dicapai adalah 50,4 Ampere-jam (Ah). Dengan asumsi SOC awal baterai adalah 10%, hasil pengujian menunjukkan bahwa SOC akhir baterai mencapai 60,4%. Angka ini merepresentasikan peningkatan signifikan pada kapasitas baterai, membuktikan efektivitas sistem *solar tracker* dalam menyediakan daya untuk pengisian baterai.

4.3 Pengujian Sensor Arus dan Tegangan

Pengujian sensor ACS712 menunjukkan akurasi baik dalam mengukur arus yang digunakan beban. Pada *power supply*, selisih rata-rata pembacaan dengan tang ampere hanya 0,06 A, sedangkan pada PLTS adalah 0,12 A. Sensor ini terbukti mampu merepresentasikan arus secara akurat seperti yang tertampil pada Gambar 5.

Grafik perbandingan pembacaan sensor ACS712 dan Clamp Meter



Gambar 5. Grafik pengujian sensor arus

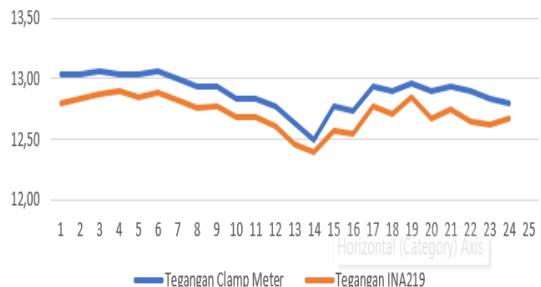
Keterangan:

— : Arus Clamp Meter

— : Arus Sensor ACS712

Sementara itu, sensor INA219 juga menunjukkan akurasi tinggi dalam memantau tegangan. Pada *power supply*, selisih rata-rata dengan clamp meter hanya 0,04 V. Untuk baterai, sensor ini mampu memantau penurunan tegangan yang wajar, yaitu 0,23 V dalam 24 jam, dengan selisih rata-rata 0,18 V seperti yang tertampil pada Gambar 6.

Grafik perbandingan Tegangan Clamp Meter dan sensor INA219



Gambar 6. Grafik pengujian sensor tegangan

Keterangan:

— : Tegangan Clamp Meter

— : Tegangan Sensor INA219

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengujian menunjukkan *solar tracker* mampu menghasilkan daya rata-rata sebesar 503–508 Wh dari

- panel surya selama 9 jam penyinaran. Nilai ini jauh lebih tinggi dibandingkan sistem statis yang hanya menghasilkan 120,19 Wh, sehingga membuktikan peningkatan efisiensi penyerapan energi sebesar sekitar 322,6%, yang diukur berdasarkan perbandingan total energi listrik (Wh) yang dihasilkan dalam kondisi lingkungan dan durasi penyinaran yang sama.
2. Sistem berhasil meningkatkan State of Charge (SOC) baterai secara signifikan, dari 10% menjadi 60,4% setelah pengisian, menunjukkan efektivitas konversi dan penyimpanan energi surya.
 3. Sensor ACS712 (arus) dan INA219 (tegangan) terbukti andal dan akurat dalam melakukan pengukuran arus dan tegangan sistem secara *real-time*, dengan selisih rata-rata pembacaan yang sangat kecil dibandingkan alat ukur standar, yaitu sebesar 0,06 A untuk arus dan 0,04 V untuk tegangan.
- ## 6. DAFTAR PUSTAKA
- [1] Ghosh, S. (2019). Renewability Analysis of a Power Production Plant. *Politics & Energy eJournal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3508365>.
 - [2] Prasetyo, E. E., Marausna, G., & Rahmiullah, R. R. D. (2022). Analisis Perbandingan Hasil Daya Listrik Panel Surya Dengan Solar tracker Dan Tanpa Solar tracker. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 10(2), 77-83.
 - [3] Hasrul, R. R. (2021). Analisis efisiensi panel surya sebagai energi alternatif. *SainETIn: Jurnal Sains, Energi, Teknologi, dan Industri*, 5(2), 79-87.
 - [4] Taheem, A., Sachdeva, A., & Sharma, V. S. (2019). *Solar tracker: A Review*. *Journal of Advanced Research in Alternative Energy, Environment and Ecology*, 6, 34-50.
 - [5] Ridarmin, R., Fauzansyah, F., Elisawati, E., & Prasetyo, E. (2019). Prototype robot line follower Arduino Uno menggunakan 4 sensor TCRT5000. *Informatika*, 11(2), 17-23.
 - [6] Shi, N., Yang, J., Cao, Z., & Jin, X. (2024). A Programmable Ambient Light Sensor with Dark Current Compensation and Wide Dynamic Range. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 24.
 - [7] Deshmukh, A., Devmane, P., Ambekar, R.S., & Piyush, P. (2021). Automated Dual axis Sun Tracking Solar Panels based on LDR and RTC Sensor.
 - [8] Saputra, A. (2022). *TA: RANCANG BANGUN ALAT PENGUKUR SUHU TUBUH BERBASIS IOT PADA PT PGAS TELEKOMUNIKASI NUSANTARA REGIONAL OFFICE LAMPUNG* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Lampung).
 - [9] Rangkuti, S., Firmansyah, E., & Munandar, L. K. (2024). Rancang Bangun Sistem Monitoring PLTS Menggunakan Board Sonoff melalui Smartphone Android. *Jurnal Listrik, Instrumentasi, dan Elektronika Terapan*, 5(2), 65-74.
 - [10] Amra, S., Murdani, M., TB, D. R. Y., & MT, I. A. (2022). Pembuatan Alat Ukur Getaran Menggunakan Sensor Accelerometer Berbasis Mikrokontroler ATMEGA16 Dengan Tampilan PC. *JOURNAL OF INFORMATICS AND COMPUTER SCIENCE*, 8(2), 130-139.
 - [11] El Hammoumi, A., Motahhir, S., El Ghzizal, A., & Derouich, A. Internet of Things-Based Solar tracker System.