

PERANCANGAN SOLAR TRACKING SYSTEM UNTUK MENINGKATKAN DAYA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

Saripudin¹), Muhamad Rizki Hermawan²),
Program Studi Teknik Otomasi Industri, Politeknik TEDC Bandung^{1,2})
Email: saripudin@poltektedc.ac.id¹), rizky123312@gmail.com²)

Abstrak

Energi listrik telah menjadi kebutuhan krusial yang menopang seluruh aktivitas manusia, sehingga inovasi sumber energi alternatif seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi sangat relevan, terutama di Indonesia yang memiliki potensi matahari melimpah dengan intensitas rata-rata 4,8 kWh/m². Namun, penggunaan sistem PLTS statis yang ada saat ini dinilai belum mampu menyerap energi secara maksimal, sehingga penelitian ini mengembangkan solusi berupa *Solar Tracking System* berbasis *Internet of Things* (IoT) melalui metode *Research and Development* (R&D). Sistem ini dirancang melalui tahapan sistematis mulai dari kajian pustaka hingga penyempurnaan alat untuk memastikan kinerjanya lebih unggul dibanding sistem konvensional. Hasilnya, *Solar Tracking System* mampu menghasilkan daya sebesar 1000watt yang stabil selama 2 jam pada beban maksimal, dengan keunggulan selisih daya mencapai 100,26 Wp/hari lebih besar daripada sistem statis. Dari aspek ekonomi, penggunaan teknologi pelacak matahari ini terbukti lebih efektif dan efisien dengan penghematan biaya operasional sebesar Rp90.000 per bulan. Guna mencapai performa yang lebih optimal di masa depan, penelitian ini merekomendasikan peningkatan kapasitas panel surya hingga 600 Wp dan penggunaan inverter sebesar 4000watt agar konversi energi matahari menjadi listrik dapat dimanfaatkan secara maksimal untuk kebutuhan masyarakat.

Kata Kunci: *Internet Of Things*, PLTS, *Solar Tracking System*

Abstract

Electricity has become a crucial necessity that supports all human activities, making innovations in alternative energy sources such as Solar Power Plants (SPP) highly relevant, especially in Indonesia, which has abundant solar potential with an average intensity of 4.8 kWh/m². However, the use of existing static PLTS systems is considered unable to absorb energy optimally. Therefore, this research developed a solution in the form of an Internet of Things (IoT)-based Solar Tracking System through the Research and Development (R&D) method. This system was designed through systematic stages, starting from literature review to tool refinement, to ensure its performance is superior to conventional systems. As a result, the Solar Tracking System is capable of producing a stable power of 1000 watts for 2 hours at maximum load, with the advantage of a power difference of 100.26 Wp/day greater than static systems. From an economic perspective, the use of this solar tracking technology has proven to be more effective and efficient, with operational cost savings of IDR 90,000 per month. To achieve more optimal performance in the future, this research recommends increasing the capacity of solar panels to 600 Wp and using a 4000-watt inverter so that the conversion of solar energy into electricity can be maximized for community needs.

Keywords: *Internet of Things*, *Solar Panel Generator*, *Solar Tracking System*

I. PENDAHULUAN

Tenaga listrik adalah salah satu jenis energi yang sangat penting untuk pembangunan. Dengan pertumbuhan ekonomi yang diperkirakan mencapai 7%-10% per tahun hingga tahun 2025, konsumsi listrik di Indonesia diprediksi akan meningkat dengan cepat. Pada tahun 2025 kapasitas penyediaan tenaga listrik di Indonesia diharapkan mencapai sekitar 120 gw. Untuk memenuhi kebutuhan ini sesuai dengan kebijakan energi nasional (kepres no. 5 tahun 2006), perlu dikembangkan berbagai sumber energi alternatif termasuk panas bumi, mikrohidro, energi surya, angin, energi dari samudera, biomasa, dan nuklir. Sumber-sumber energi ini ditargetkan dapat menyumbang lebih dari 17% dari total energi primer nasional (Boedoyo, M. S. 2013).

Pemanfaatan energi di Indonesia saat ini didominasi oleh penggunaan energi fosil yang

jumlahnya sangat terbatas, apabila digunakan secara terus menerus akan mengakibatkan energi tersebut habis. Maka dipandang perlu untuk segera mengoptimalkan pemanfaatan sumber energi baru terbarukan. Selain itu penggunaan energi fosil juga berdampak pada meningkatnya angka emisi gas rumah kaca (Haryanto, I, dkk., 2022).

Letak geografis Indonesia yang berada di garis khatulistiwa memberikan Indonesia potensi sumber energi matahari yang melimpah dengan intensitas matahari rata-rata sekitar 4,8 kWh/m². Menurut data survei terbaru, total potensi Indonesia sekitar 2.000 gigawatt. Angka tersebut sangat besar bagi pengembangan energi surya di tanah air. Namun mengacu dari data *Institute for Essential Service Reform* (IESR), kapasitas PLTS (pembangkit listrik tenaga surya) yang telah terpasang di Indonesia baru mencapai sekitar 100 megawatt (MW) (Haryanto, I, dkk., 2022).

Pemanfaatan energi matahari sebagai pembangkit listrik tenaga surya telah marak dilakukan dengan menggunakan panel surya. Saat ini panel surya yang terpasang yaitu panel surya statis (tidak mengikuti pergerakan laju matahari). Berdasarkan fenomena ini, panel surya tidak dapat menangkap cahaya secara maksimal terhadap pancaran sinar matahari sepanjang siang hari. Akibatnya pembangkitan energi listrik tidak maksimal. Keterbatasan pada panel surya yang statis tersebut dapat diatasi dengan mengikuti pergerakan matahari (Fajaryanto, W., & Prayitno, A., 2017).

Pada sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) sudah terdapat pemantauan tegangan yang dapat menampilkan jumlah tegangan yang dihasilkan secara langsung, namun masih memiliki keterbatasan, yaitu tidak memiliki sistem kendali dan pemantauan kinerja solar panel tidak dapat dilakukan secara komunikasi jarak jauh atau tidak dapat menggunakan internet sebagai media pengirim data.

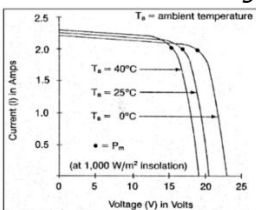
Permasalahan penelitian pada artikel ini mengkaji beberapa pertanyaan penting yang menjadi dasar penelitian, termasuk integrasi potensi energi surya ke dalam sistem *internet of things* untuk meningkatkan kinerja dengan menggunakan sistem pelacakan solar panel agar mampu mengikuti pergerakan matahari pada pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), serta dampak ekonomi dan keamanan sistem yang mungkin timbul dari pemanfaatannya.

Tujuan utama artikel ini adalah untuk mengidentifikasi hambatan utama dalam adopsi energi surya di Indonesia sebagai sumber energi alternatif, serta merumuskan rekomendasi strategis dalam pembuatan sistem dan kebijakan yang relevan untuk mendukung pengembangan energi di Indonesia. Dengan demikian kajian ini diharapkan dapat memberikan solusi masa depan untuk memperkuat ketahanan energi nasional, serta memberikan panduan untuk tindakan konkret dalam mengatasi tantangan-tantangan yang ada. Rumusan masalah pada penelitian ini : 1) Bagaimana perancangan dari alat *Solar Tracking System*?; 2) Seberapa besar peningkatan daya yang dihasilkan oleh alat *Solar Tracking System*?; 3) Bagaimana efektifitas dan efisiensi terhadap daya penggunaan alat *Solar Tracking System*?; 4) Bagaimana pemeriksaan keamanan pada alat *Solar Tracking System* Pembangkit Listrik T

II. LANDASAN TEORI

A. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit listrik tenaga surya yang mengubah energi matahari menjadi listrik. Ada dua metode utama pembangkitan listrik dari energi surya. Pertama, dengan menggunakan teknologi fotovoltaik, energi cahaya langsung diubah menjadi listrik melalui efek fotoelektrik. Metode kedua, yang disebut pemusatan energi surya, melibatkan penggunaan lensa atau cermin yang dikombinasikan dengan sistem pelacak untuk memusatkan energi matahari ke satu titik



tertentu. Energi ini kemudian digunakan untuk menggerakkan mesin kalor (Julianto, E, dkk., 2022).

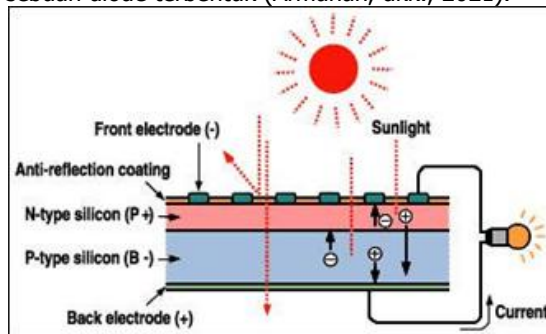


Gambar 1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

B. Sel Surya

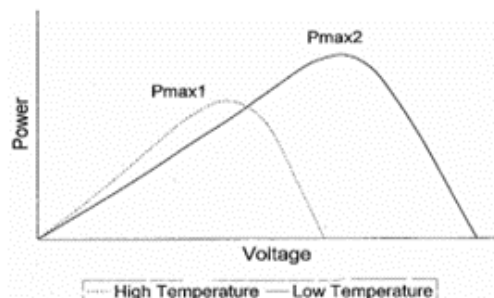
Sel surya terdiri dari lapisan semikonduktor yang didoping dengan doping-n dan doping-p untuk membentuk p-n junction, lapisan anti-refleksi atau anti-pantulan, dan substrat logam yang berfungsi sebagai jalur arus dari lapisan tipe-n (sistem) dan tipe-p (*hole*). Cara kerja sel surya didasarkan pada konsep p-n junction pada semikonduktor.

Sebagai hasilnya, area doping-n akan memiliki muatan positif, sementara area doping-p akan memiliki muatan negatif. Medan listrik yang dihasilkan oleh kedua area ini mendorong aliran elektron kembali ke daerah-n dan hole ke daerah-p. Proses ini membentuk area p-n junction. Dengan menambahkan kontak logam pada area p dan n, sebuah diode terbentuk (Armanah, dkk., 2021).



Gambar 2. Proses Pengubah Energi Matahari

Hal ini berarti penurunan dua kali lipat untuk kenaikan suhu panel surya sebesar 10°C. Kecepatan angin di sekitar lokasi panel surya dapat membantu menurunkan suhu permukaan panel surya (Mintorogo, 2000).



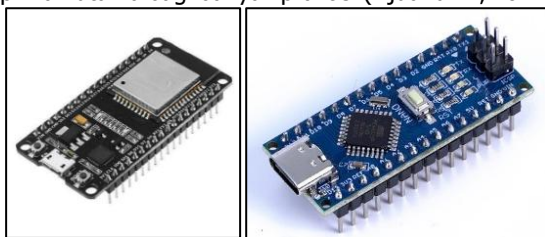
Gambar 3. Karakteristik Temperatur Sel Surya Terhadap Tegangan Keluaran

C. Internet Of Things

Internet Of Things (IoT) adalah konsep di mana perangkat elektronik memiliki kemampuan untuk berkomunikasi secara mandiri, saling bertukar data melalui koneksi jaringan. Penerapan IoT memungkinkan integrasi aktivitas di berbagai bidang melalui internet, meningkatkan keterhubungan dan efisiensi. Istilah IoT pertama kali diusulkan oleh Kevin Ashton dalam presentasinya di Procter & Gamble pada tahun 1999. Dalam presentasinya, Ashton menggambarkan potensi IoT dengan menyatakan, "Internet of Things memiliki potensi untuk mengubah dunia, sebagaimana yang telah dilakukan oleh internet. Bahkan mungkin potensinya lebih besar (Ilhami,dkk., 2019).

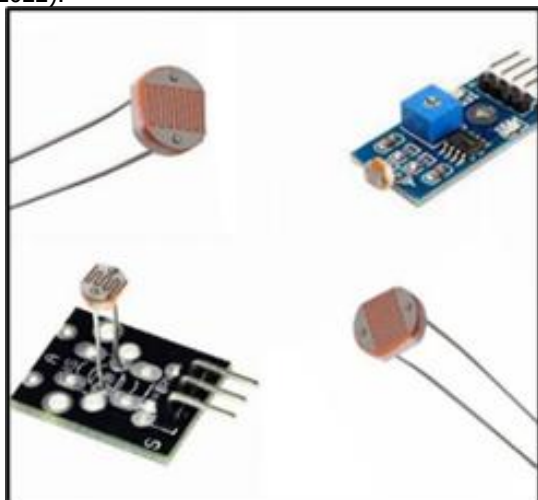
D. Komponen Dasar Rancang Bangun Sistem

Arduino adalah sebuah *platform physical computing* yang bersifat *open source*. Istilah "platform" disini tepat karena arduino bukan hanya sekedar alat pengembangan, tetapi merupakan kombinasi dari *hardware*, bahasa pemrograman, dan *Integrated Development Environment* (IDE) yang canggih. Dibuat oleh pihak lain yang dapat dihubungkan dengan arduino. Arduino telah berevolusi menjadi sebuah platform karena menjadi pilihan utama bagi banyak praktisi (Djuandi F., 2011).



Gambar 4. Arduino

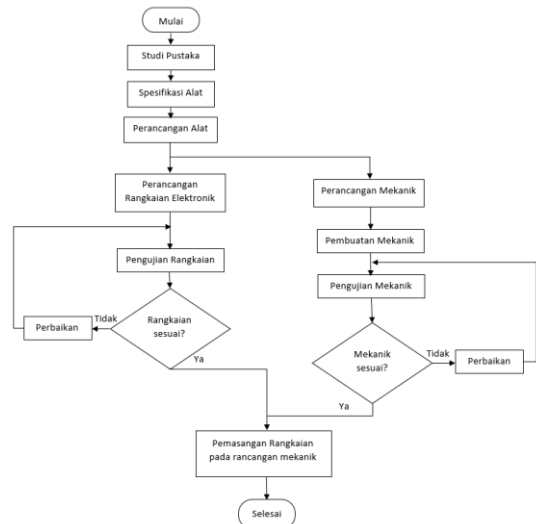
Light Dependent Resistor (LDR) adalah jenis resistor yang mengubah hambatannya berdasarkan pengaruh cahaya. Nilai resistansi pada pada intensitas cahaya yang diterimanya. Saat cahaya gelap resistansi LDR meningkat, sedangkan saat cahaya terang resistansinya menurun. (Desmira, 2022).



Gambar 5. LDR

III. METODE PENELITIAN

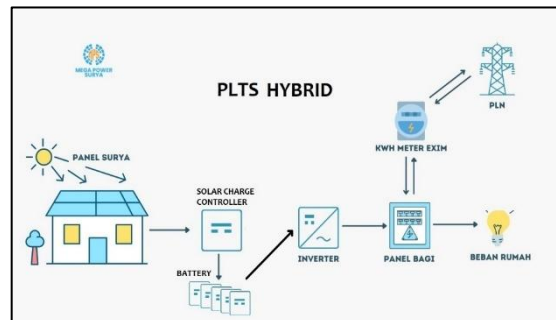
Research and development (R&D) merupakan proses atau langkah-langkah untuk mengembangkan suatu produk baru atau menyempurnakan produk yang telah ada. Penelitian pengembangan merupakan salah satu jenis penelitian yang dapat menjadi penghubung atau pemutus kesenjangan antara penelitian dasar dengan penelitian terapan (Okpatrioka, O. 2023).



Gambar 6. Flow Chart Perancangan Sistem

Pada *flowchart* dapat dilihat bahwa perancangan sistem diawali dengan studi pustaka setiap komponen dan rencana desain dari alat dan dilanjutkan dengan membaca dan mempelajari referensi dari spesifikasi alat yang akan digunakan. Pada bagian perancangan alat tahapan yang dirancang terlebih dahulu adalah perancangan mekanik membuat desain pada *software* pendukung pada proyek kali ini penulis menggunakan *software* catia dan setelah selesai maka dilakukanlah pembuatan mekanik sesuai dengan desain yang telah direncanakan.

Solar Tracking System diuji di daerah PLTA Bengkulu Jl. Ir. H. Juanda, Ciburial, Kecamatan Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat 40135. dengan titik koordinat 6°51'43.5"S 107°37'28.1"E.

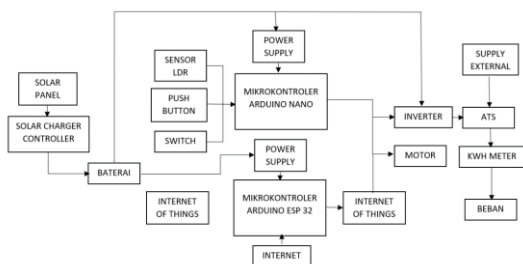


Gambar 7. Sistem Kerja PLTS Hybrid

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa sistem kerja PLTS *hybrid* yang berawal dari panel surya yang menghasilkan energi listrik DC berkisar 14 - 20

vdc lalu dihubungkan pada *solar charge controller* yang berfungsi sebagai regulator penstabilan tegangan keluaran yang fluktuatif dari panel surya menjadi tegangan berkisar 12-13 vdc sesuai tegangan baterai yang digunakan. Energi listrik yang dihasilkan panel surya akan disimpan pada baterai. Baterai berfungsi untuk menyimpan daya listrik yang dihasilkan panel surya dikarenakan panel surya beroperasi hanya pada siang hari maka baterai akan diisi daya pada siang hari dan mampu digunakan sepanjang hari sesuai penggunaan dan kapasitas baterai.

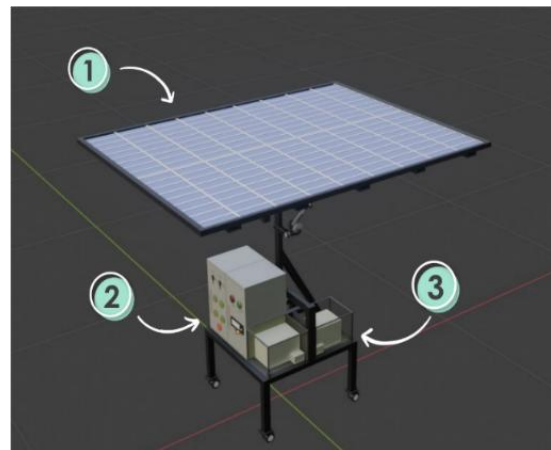
Penggunaan listrik rata-rata adalah pada penggunaan listrik AC yang dimana solar panel dan baterai menghasilkan tegangan DC. Untuk merubah tegangan DC menjadi tegangan AC maka diperlukan alat *inverter* yang mampu merubah listrik dc menjadi ac dan siap untuk digunakan. Pada sistem ini daya listrik bergantung pada baterai yang dimana jika baterai habis alat ini mampu memindahkan suplai energi listrik secara otomatis maupun manual menuju energi listrik cadangan bisa berupa mesin diesel ataupun langsung dari listrik konvensional dari PT. PLN menggunakan alat *automatic transfer switch*. Alat ini mampu memilih suplai energi listrik secara otomatis ataupun dikendalikan oleh pengguna lewat panel ataupun lewat internet menggunakan aplikasi Blynk.



Gambar 8. Diagram Blok Sistem Alat

Pada gambar 8 dapat dilihat *output* yang dihasilkan solar panel di regulasi oleh *solar charger controller* untuk mengisi daya baterai lalu dihubungkan pada baterai. Baterai memberikan daya pada mikrokontroler dan komponen pendukung. Setelah mikrokontroler menerima daya, setiap *input* sensor maupun saklar dan *button* akan memberikan data pada mikrokontroler. Mikrokontroler memberikan *output* pada *inverter* dan motor lalu menjalankan perintah sesuai *input* dari sensor. *Internet of Things* berfungsi sebagai penerima *input* dari sensor yang ditampilkan langsung pada smartphone ataupun komputer pengguna dan mampu memerintah langsung dan bertindak sebagai *input* pada mikrokontroler, mengendalikan *output* dan memantau parameter pada kWh meter. Setelah *automatic transfer switch* menerima input dari inverter ataupun dari sumber eksternal maka daya siap disalurkan menuju beban.

Pada perancangan tugas akhir ini penulis akan merancang keseluruhan perangkat mekanik dan kontroler yang akan digunakan.



Gambar 9. Desain Rancangan Mekanik

Keterangan gambar :

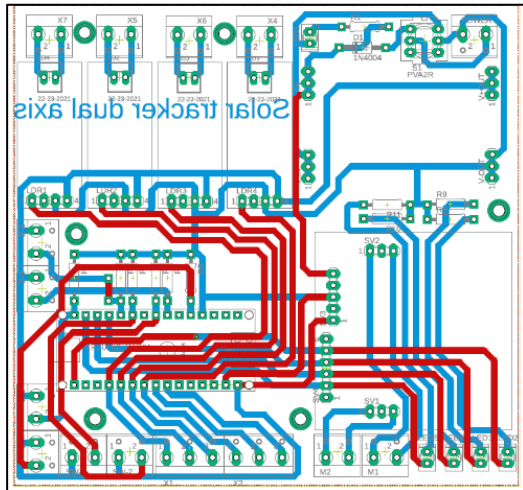
1. Solar panel (solar cell) 200 wp
2. Panel komponen
3. Baterai 100 ah

Desain rancangan ini dengan berbahan material besi holo dengan dimensi panjang 111 cm, lebar 111 cm dan tinggi 180 cm dengan berat berkisar 75 kg yang dilengkapi roda diharapkan mampu menopang komponen dan mampu dioperasikan secara *portable*.

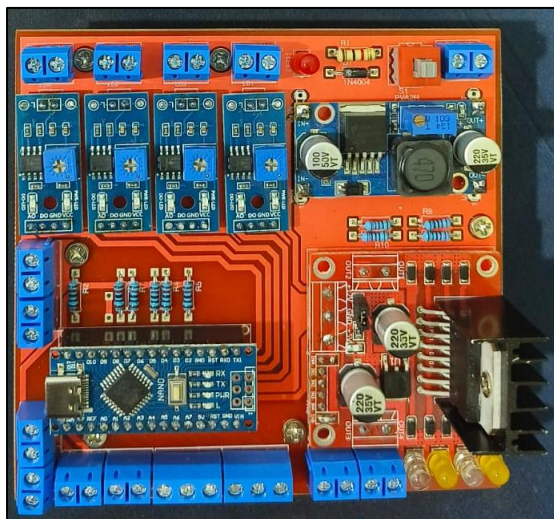


Gambar 10. Proses Pembuatan Rancangan Mekanik

Pada kontroler akan dibuat 2 modul perangkat *Portable Circuit Board (PCB)* pada *software eagle* yang dimana berfungsi untuk memudahkan penyambungan antar komponen agar tidak terlalu banyak penggunaan kabel. 2 PCB ini akan berkomunikasi sesuai fungsinya dan mengeluarkan *output* sesuai yang diperintahkan.



Gambar 11. Lay Out PCB Kontroler



Gambar 12. PCB Kontroler

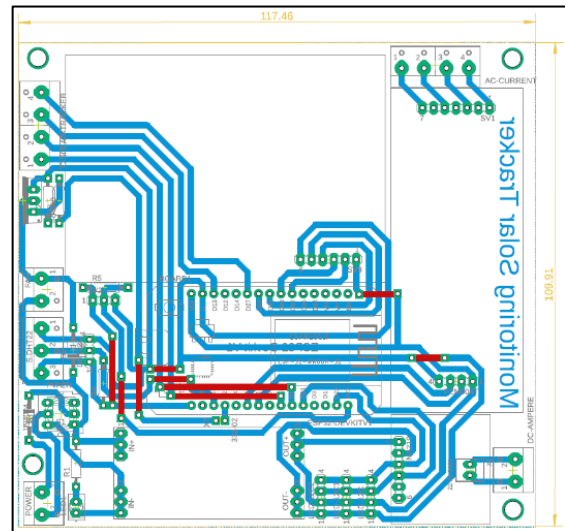
PCB kontroler pada sistem solar *tracker* dengan mikrokontroler arduino nano v3. Dengan spesifikasi pada tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi PCB Kontroler

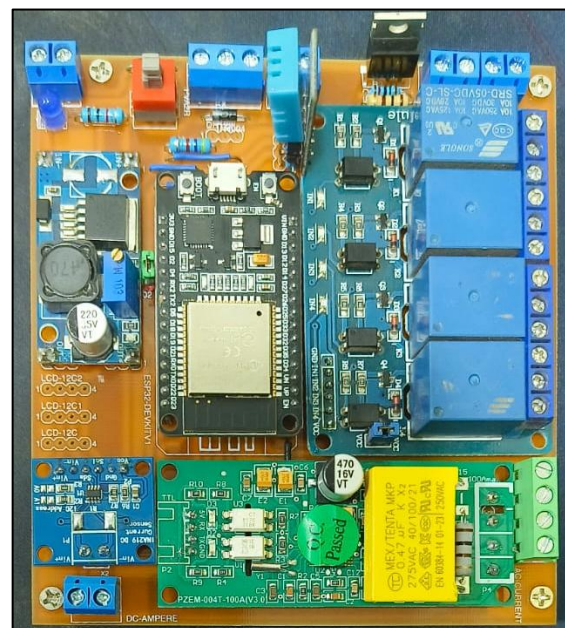
No	Nama Komponen	Jumlah
1	Arduino Nano	1
2	DC to DC Supply	1
3	Modul LDR	4
4	Modul L293D	1
5	LED	5
6	Terminal Block 2 Pin	13
7	Terminal Block 3 Pin	2
8	Dioda 1n4007	1
9	Resistor 220	1
10	Resistor 330	10

No	Nama Komponen	Jumlah
11	Saklar 6 kaki	1

PCB Kontroler pada sistem *solar tracker* dengan mikrokontroler ESP 32. Dengan spesifikasi sebagai tabel 2.



Gambar 13. Lay Out PCB Monitoring



Gambar 14. PCB Monitoring

PCB Monitoring pada sistem solar *tracker* dengan mikrokontroler arduino ESP 32. Dengan spesifikasi pada tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi PCB Solar Tracker

No	Nama Komponen	Jumlah
1	ESP 32	1
2	DC to DC Supply	1

No	Nama Komponen	Jumlah
3	Modul Sensor AC PZEM 004-T	1
4	Modul Sensor DC INA 219	1
5	Modul Relay 4 Channel	1
6	DHT 11	2
7	Dioda 1n4007	1
8	Resistor 10K	2
9	Resistor 220	2
10	Resistor 47K	1
11	Terminal Block 2 Pin	5
12	Terminal Block 3 Pin	1

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari perancangan dan pembuatan alat Solar Tracking System Untuk Meningkatkan Daya Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Internet of Things dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Solar Tracking System

Keterangan gambar:

1. Solar Panel (Solar Cell) 200 Wp
2. Panel Komponen
3. Baterai 100 Ah (2 baterai)

Berdasarkan gambar 15 alat tersebut dapat menghasilkan daya maksimal sebesar 1000 watt dari kapasitas inverter dan tegangan AC sebesar 220 V.

Berdasarkan hasil pengujian pada BAB III alat ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

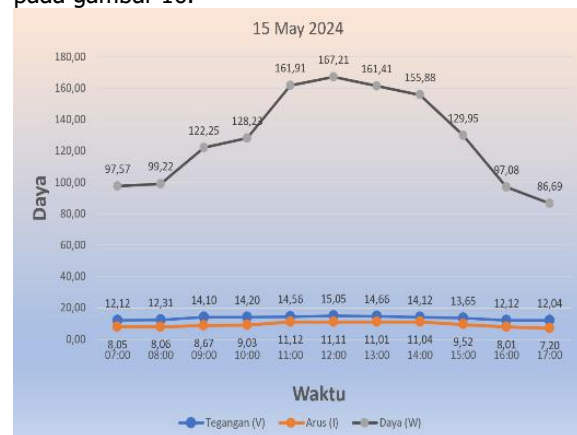
Hasil Pengukuran pada tanggal 15 mei 2024 dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran 15 Mei 2024
Rabu, 15 mei 2024

Jam	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (I)
07:00	97,57	12,12	8,05
08:00	99,22	12,31	8,06
09:00	122,25	14,10	8,67
10:00	128,23	14,20	9,03
11:00	161,91	14,56	11,12
12:00	167,21	15,05	11,11
13:00	161,41	14,66	11,01
14:00	155,88	14,12	11,04
15:00	129,95	13,65	9,52
16:00	97,08	12,12	8,01
17:00	86,69	12,04	7,20
Total	1407,38	148,93	102,82

Berdasarkan tabel 3 dapat dijelaskan bahwa kondisi cerah berawan didapatkan hasil pembangkitan pada pukul 07.00 – 17.00 WIB (11 jam) sebesar 1407,38 Watt (Wp) dengan titik tertinggi pembangkitan pada pukul 12.00 dengan nilai sebesar 167,21 Wp dengan tegangan 15,05 VDC dan arus sebesar 11,11 A.

Berikut grafik berdasarkan tabel 3 dapat dilihat pada gambar 16.



Gambar 16. Grafik Pembangkit 15 Mei 2024

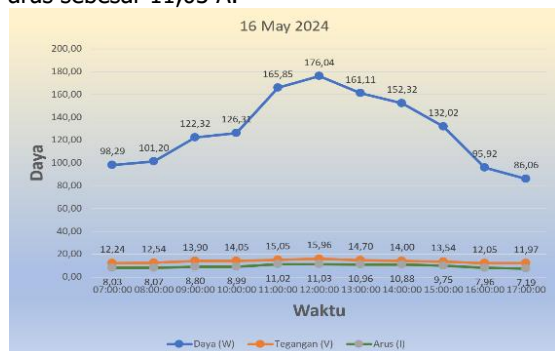
Berdasarkan gambar 16 pembangkitan energi Listrik dimulai pukul 07.00 dengan hasil sebesar 97,57 Wp dengan puncak tertinggi pembangkitan energi listrik pada pukul 12.00 dengan hasil 167,21 Wp dan berakhir pada pukul 17.00 dengan hasil sebesar 86,69 Wp.

Hasil Pengukuran pada tanggal 16 mei 2024 dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengukuran 16 Mei 2024

Kamis, 16 Mei 2024			
Jam	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (I)
07:00	98,29	12,24	8,03
08:00	101,20	12,54	8,07
09:00	122,32	13,90	8,80
10:00	126,31	14,05	8,99
11:00	165,85	15,05	11,02
12:00	176,04	15,96	11,03
13:00	161,11	14,70	10,96
14:00	152,32	14,00	10,88
15:00	132,02	13,54	9,75
16:00	95,92	12,05	7,96
17:00	86,06	11,97	7,19
Total	1417,43	150,00	102,68

Berdasarkan tabel 4 dapat dijelaskan bahwa kondisi cerah berawan didapatkan hasil pembangkitan pada pukul 07.00 – 17.00 WIB (11 jam) sebesar 1417,43 Wp dengan titik tertinggi pembangkitan pada pukul 12.00 dengan nilai sebesar 176,04 Wp dengan tegangan 15,96 VDC dan arus sebesar 11,03 A.



Gambar 17. Grafik Pembangkitan 16 Mei 2024

Berdasarkan gambar 17 pembangkitan energi Listrik dimulai pukul 07.00 dengan hasil sebesar 98,29 Wp dengan puncak tertinggi pembangkitan energi listrik pada pukul 12.00 dengan hasil 176,04 Wp dan berakhir pada pukul 17.00 dengan hasil sebesar 86,06 Wp.

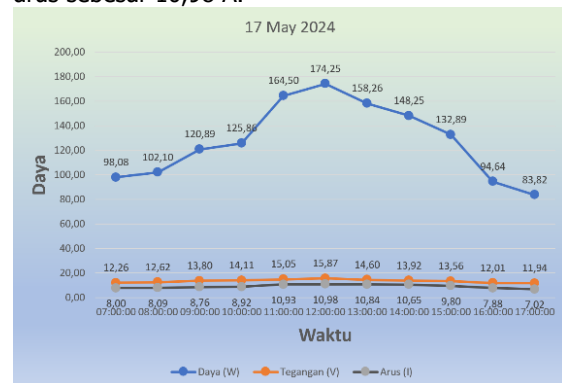
Hasil Pengukuran pada tanggal 17 Mei 2024 dapat dilihat pada tabel 5 di bawah ini

Tabel 5. Hasil Pengukuran 17 Mei 2024

Jumat, 17 Mei 2024			
Jam	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (I)
07:00	98,08	12,26	8,00
08:00	102,10	12,62	8,09
09:00	120,89	13,80	8,76
10:00	125,86	14,11	8,92
11:00	164,50	15,05	10,93
12:00	174,25	15,87	10,98
13:00	158,26	14,60	10,84

Jumat, 17 Mei 2024			
Jam	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (I)
14:00	148,25	13,92	10,65
15:00	132,89	13,56	9,80
16:00	94,64	12,01	7,88
17:00	83,82	11,94	7,02
Total	1403,53	149,74	101,87

Berdasarkan tabel 5 dapat dijelaskan bahwa kondisi cerah berawan didapatkan hasil pembangkitan pada pukul 07.00 – 17.00 WIB (11 jam) sebesar 1403,53 Wp dengan titik tertinggi pembangkitan pada pukul 12.00 dengan nilai sebesar 174,25 Wp dengan tegangan 15,87 VDC dan arus sebesar 10,98 A.



Gambar 18. Grafik Pembangkitan 17 Mei 2024

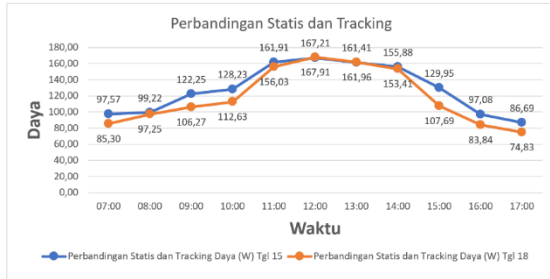
Berdasarkan gambar 18 pembangkitan energi Listrik dimulai pukul 07.00 dengan hasil sebesar 98,08 Wp dengan puncak tertinggi pembangkitan energi listrik pada pukul 12.00 dengan hasil 174,25 Wp dan berakhir pada pukul 17.00 dengan hasil sebesar 83,82 Wp.

Perbandingan panel surya dengan sistem *tracking* dan panel surya tidak mengikuti matahari (*statis*) terdapat dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel 6. Perbandingan Daya Statis Dan *Tracking*

Perbandingan Statis dan <i>Tracking</i>		
Jam	Daya (W) Tgl 15	Daya (W) Tgl 18
07:00	97,57	85,30
08:00	99,22	97,25
09:00	122,25	106,27
10:00	128,23	112,63
11:00	161,91	156,03
12:00	167,21	167,91
13:00	161,41	161,96
14:00	155,88	153,41
15:00	129,95	107,69
16:00	97,08	83,84
17:00	86,69	74,83
Total	1407,38	1307,12

Berdasarkan tabel 6 perbedaan nilai pembangkitan yang dihasilkan. Panel surya sistem *tracking* memiliki efektifitas pembangkitan energi listrik lebih baik dikarenakan panel surya selalu dalam posisi optimal untuk menerima cahaya matahari.



Gambar 19. Grafik Perbedaan Sistem Statis dan *Tracking*

Berdasarkan gambar 19 Nilai daya yang dihasilkan sistem *tracking* pada tgl 15 mei 2024 sebesar 1407,38 Wp sedangkan daya yang dihasilkan sistem statis sebesar 1307,12. Nilai perbedaan daya yang dihasilkan sistem *tracking* dengan sistem statis sebesar 100,26 Wp.

Efektifitas pembangkitan daya *tracking* lebih efektif peningkatan dayanya dibandingkan dengan sistem statis, hal ini dapat dibuktikan bahwa pada alat sistem PLTS statis yang pada pengujian ini menghasilkan daya harian rata-rata sebesar 1300 Watt/Hari. PLTS sistem *tracking* menghasilkan daya harian rata-rata 1400 Watt/Hari. Berdasarkan hal tersebut bahwa peningkatan daya dengan *tracking* lebih besar peningkatan dayanya sebesar ± 100 Watt/Hari, dimana sistem *tracking* mampu menghasilkan energi listrik lebih besar dibandingkan dengan sistem statis.

Efisiensi pembangkitan listrik alat *Solar Tracking System* meningkatkan pembangkitan daya energi listrik sebesar 100,26 Wp/Hari dibandingkan dengan alat solar panel pada umumnya. Efisiensi penggunaan energi listrik dalam segi ekonomi untuk penghematan penggunaan alat solar panel pada umumnya. Energi yang dapat dihasilkan sebesar 1000 Watt dengan lama penggunaan selama ± 2 jam, Energi yang mampu digunakan selama 2 jam sebesar 2000 watt, dalam sebulan atau 30 hari penggunaan energi Listrik sebesar 60.000 watt (60 kWh). Asumsi harga listrik energi konvensional sebesar Rp. 1500/kWh. Secara matematis penghematan yang didapatkan sebesar 60 kWh dikali dengan harga listrik konvensional sebesar Rp. 1500/kWh = Rp. 90.000. Penghematan penggunaan alat ini menghemat energi listrik sebesar 60.000 watt dalam daya dan Rp. 90.000 dalam rupiah dalam kurun waktu 1 bulan penggunaan selama satu siklus pengisian dan penggunaan baterai. Jika digunakan lebih dari 2 jam maka penghematan dalam segi ekonomis akan lebih tinggi.

Safety penggunaan alat solar panel tidak membawa dampak bahaya pada pengguna, seperti suhu, tegangan dan arus. Untuk menjamin faktor

safety semua alat komponen pengukuran telah dilakukan kalibrasi sesuai dengan hasil yang telah dibuktikan pada BAB III. Hal ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Dapat dipastikan hasil pengukuran suhu maksimal pada panel adalah $44,4^{\circ}\text{C}$ dengan menggunakan alat manufaktur FLIR *thermal imager* didapatkan hasil pengukuran yang baik dan masih diambang batas normal penggunaan atau pengoperasian. Kalibrasi alat instrumen pengukuran pada panel telah dibandingkan ataupun dikalibrasi dengan alat kalibrator FLUKE 179 didapatkan hasil deviasi 0,6 VAC pada pengukuran listrik AC (*Alternating Current*) dan 0,02 VDC pada pengukuran listrik DC (*Direct Current*), berdasarkan hasil tersebut pengukuran dapat dipastikan akurat dan masih termasuk ambang batas toleransi dalam pengukuran.
2. SNI PUIL 0225:2011 2011 adalah salah satu Standar Nasional Indonesia tentang persyaratan umum instalasi listrik yang berlaku di Indonesia. Berdasarkan PUIL 2011 kondisi panel listrik harus sesuai dengan persyaratan dan ketentuan yang berlaku, dimana pemilihan dan pemasangan perlengkapan serta komponen harus tertata dengan rapi dan penempatan yang sesuai. Oleh karena itu sangat penting dilakukan uji kelayakan dari panel sesuai dengan PUIL 2011. Pengujian *infrared thermography test* dilakukan untuk memeriksa komponen sebagai upaya pencegahan terjadinya kegagalan komponen. Standar yang digunakan yaitu *Standar for Infrared Inspection of Electrical System and Rotating Equipment* tahun 2018. Ramadhani, A. T., Setiyoko, A. S., & Khairansyah, M. D. (2022).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Perancangan sistem alat *Solar Tracking System* dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Alat di desain dengan *portable* dapat bekerja sesuai yang diharapkan dimulai dari sensor LDR dapat membaca arah matahari dengan baik, sensor instrumen pengukuran kelistrikan berfungsi dengan baik dan akurat, kontroler bekerja sesuai dengan perintah pemrograman, *Internet of things* mengambil data dan menampilkan data secara akurat dari nilai pembacaan sensor.
2. Solar panel mampu menghasilkan energi listrik sebesar 1400 watt/hari pada sistem *tracking* dan sistem statis menghasilkan daya sebesar 1300 Watt/Hari. Solar panel dengan sistem *tracking* menghasilkan daya lebih besar 100,26 Wp/Hari dibandingkan dengan sistem statis.
3. Efektifitas penggunaan sistem *tracking* pada PLTS menghasilkan energi listrik lebih efektif dibandingkan dengan sistem statis. Demikian juga, Efisiensi pada sistem *tracking* lebih efisien dibandingkan dengan sistem statis yaitu

- sebesar Rp.90.000 selama 2 jam pemakaian dan satu siklus pengisian pada beban 1000 watt.
- Keamanan (*safety*) *Solar Tracking System* tidak memberikan dampak terhadap pengguna. Suhu pada solar panel Ketika dioperasikan mencapai 44,4°C suhu ini dalam kategori aman (*safety*).
- B. Saran
- Saran pada perancangan alat *Solar Tracking System* ini sebagai berikut:
- Untuk menghasilkan kapasitas panel surya yang lebih optimal dibutuhkan penambahan kapasitas pada solar panel sebesar 600 Wp dan inverter sebesar 4000 watt.
 - Untuk meminimalisir guncangan atau getaran pada saat pengoperasian motor sebaiknya menggunakan *shock absorber*.
 - Perlu dilakukan pengujian secara reguler Indeks Proteksi (IP *Rating*) pada lembaga terkait seperti Standar Nasional Indonesia (SNI).
 - Perlu dilakukan kalibrasi instrument pengukuran secara periodik pada lembaga yang sudah terstandar Komite Akreditasi Nasional (KAN) untuk menjaga keakuratan pengukuran.
- DAFTAR PUSTAKA**
- Amin, M., & Ananda, R. (2021). Sistem Kendali Jarak Jauh Robot Pemadam Api Dengan Menggunakan Sensor Flam Dan Sensor Mq Berbasis Motor Pompa. *Journal of Science and Social Research*, 4(2), 136-141.
- Armanah, J. D., Herliambang, Y. D., Emzain, Z., Su'udy, A. H., & Arifin, F. (2021, December). Unjuk kerja Karakteristik Tegangan Arus dan Daya pada Panel Surya Terhadap Variasi Radiasi Surya Menggunakan Matlab Simulink. In *Prosiding Seminar Nasional NCIET* (Vol. 2, No. 1, pp. 194-204).
- Baehaqi, M., Rosyid, A., Siswanto, A., & Subiyanta, E. (2023). Performance Testing of DHT11 and DS18B20 Sensors as Server Room Temperature Sensors. *Mestro*, 5(02), 6-11.
- Boedoyo, M. S. (2013). Potensi dan peranan plts sebagai energi alternatif masa depan di indonesia. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, 14(2), 146-152.
- Boldea, I. (2004). Linear electromagnetic actuators and their control: A review. *EPE Journal*, 14(1), 43-50.
- Fajaryanto, W., & Prayitno, A. (2017). Pengujian Panel Surya Dinamik dan Statik dengan Melakukan Perbandingan Daya Output (Doctoral dissertation, Riau University).
- Gunoto, P., & Sofyan, S. (2020). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya 100 Wp Untuk Penerangan Lampu Di Ruang Selasar Fakultas Teknik Universitas Riau Kepulauan. *Sigma Teknika*, 3(2), 96-106.
- Hamidah, T., Setyawan, Y. D., Basyarach, N. A., & Budiono, G. (2019). Pemanfaatan Solar Cell sebagai Sumber Daya Pengendali Ekosistem Tambak Udang. *SinarFe7*, 2(1), 307-312.
- Haryanto, I., Sakti, M., Bhagaskara, H. I., Puteri, S. N., & Tobing, Y. E. L. (2022). Rekonstruksi Hukum Pembangkit Listrik Tenaga Surya berdasarkan Analisis Ekonomi. *Bina Hukum Lingkungan*, 6(3), 317-334.
- Hasan, H. (2012). perancangan pembangkit listrik tenaga surya di pulau Saugi. *Jurnal riset dan teknologi kelautan*, 10(2), 169-180.
- Hermawan, P., & Kiswantono, A. (2020). Rancang Bangun Automatic Transfer Switch (ATS) Dan Automatic Main Failure (AMF) Berbasis Arduino Uno R328P Pada Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) 220VAC. *SinarFe7*, 3(1).
- Ilhami, F., Sokibi, P., & Amroni, A. (2019). Perancangan dan implementasi prototype kontrol peralatan elektronik berbasis internet of things menggunakan nodemcu. *Jurnal Digit: Digital of Information Technology*, 9(2), 143-155.
- Indonesia, S. N. (2011). Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011). *DirJen Ketenagalistrikan*, 2011, 1-133.
- Indrayani, H. (2012). Penerapan teknologi informasi dalam peningkatan efektivitas, efisiensi dan produktivitas perusahaan. *Jurnal El-Riyasah*, 3(1), 48-56.
- Julianto, E., Nasution, A. Y., Sasmeidy, R., Sarwono, E., & Irawan, D. (2022). Pembangkit Listrik Tenaga Surya Tipe Monocrystalline Dengan Memanfaatkan Atap Gedung Sebagai Media Pemantul Panas Matahari. *DINAMIS*, 10(1), 1-7.
- Kaloko, B. S. (2009). Lead Acid Battery Modeling for Electric Car Power Sources. *Indonesian Journal of Chemistry*, 9(3), 414-419.
- Mintorogo, D. S. (2000). Strategi aplikasi sel surya (photovoltaic cells) pada Perumahan dan bangunan komersial. *DIMENSI (Journal of Architecture and Built Environment)*, 28(2).
- Mungkin, M., Satria, H., Yanti, J., Turnip, G. B. A., & Suwarno, S. (2020). Perancangan Sistem Pemantauan Panel Surya Polycrystalline Menggunakan Teknologi Web Firebase Berbasis IoT. *INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science*, 3(2), 319-327.
- Nasution, M. (2021). Karakteristik Baterai Sebagai Penyimpan Energi Listrik Secara Spesifik. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 6(1), 35-40.
- Nofrialdi, R., Saputra, E. B., & Saputra, F. (2023). Pengaruh Internet of Things: Analisis Efektivitas Kerja, Perilaku Individu dan Supply Chain. *Jurnal Manajemen Dan Pemasaran Digital*, 1(1), 1-13.
- Okpatrioka, O. (2023). Research and development (R&D) penelitian yang inovatif dalam pendidikan. *Dharma Acariya Nusantara: Jurnal Pendidikan, Bahasa dan Budaya*, 1(1), 86-100.
- Pahlevi, R. (2015). Pengujian karakteristik panel surya berdasarkan intensitas tenaga surya (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).

- Putra, A. M., & Aslimeri, A. (2020). Sistem Kendali Solar Tracker Satu Sumbu berbasis Arduino dengan sensor LDR. *Jtev (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, 6(1), 322-327.
- Putra, A. W., Nuryanto, R., & Tafrikhatin, A. (2021). Fitur Pengingat Kegiatan Masjid Dengan Kontrol Wi-Fi Berbasis ESP-32 Pada Jam Digital Mosque Activity Reminder Feature With ESP-32 Based Wi-Fi Control On Digital Clock. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 5(3), 6177-6187.
- Ramadhani, A. T., Setiyoko, A. S., & Khairansyah, M. D. (2022). ANALISA BAHAYA LISTRIK YANG DIDUKUNG DENGAN INFRARED THERMOGRAPHY TEST PADA PANEL SDP DI WORKSHOP 1 PERUSAHAAN FABRIKASI BAJA. In *Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV)* (Vol. 8, No. 1, pp. 171-180). Sabillah, L., & Hidayat, R. (2023). Sistem Monitoring Pemakaian Energi Listrik Pada Kamar Kost Menggunakan Aplikasi Blynk Berbasis Internet of Things. *Jurnal Komputer dan Elektro Sains*, 1(2), 25-29.
- Sampeallo, A. S., Galla, W. F., & Mbakurawang, F. (2018). Analisis kinerja plts 25 kwp di gedung laboratorium riset terpadu lahan kering kepulauan undana terhadap variasi beban. *Jurnal Media Elektro*, 13-21.
- Santoso, L., Imron, A. M. N., & Kaloko, B. S. (2023). Perancangan Inverter Satu Fasa Berbasis Arduino Menggunakan Metode SPWM. *Techné: Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 22(1), 85-96.
- Sulistiyorini, T., Sofi, N., & Sova, E. (2022). Pemanfaatan Nodemcu Esp8266 Berbasis Android (Blynk) Sebagai Alat Alat Mematikan Dan Menghidupkan Lampu. *Jurnal Ilmiah Teknik*, 1(3), 40-53.
- Supriatna, W. (2023). Implementasi Software Pvsyst Untuk Perancangan PLTS Offgrid Di Kecamatan Binong Kabupaten Subang. *Jurnal Kendali Teknik dan Sains*, 1(3), 228-235.
- Turang, D. A. O. (2015, December). Pengembangan sistem relay pengendalian dan penghematan pemakaian lampu berbasis mobile. In *Seminar Nasional Informatika (SEMNASIF)* (Vol. 1, No. 1).
- Wijaya, M. A., Boedi, A., & Saputra, J. (2018). Instrumentasi Elektronis terhadap Pengukuran Kecepatan dan Arah Angin Berbasis Arduino Nano 1Mahar Adi Wijaya, 2Aries Boedi, 3Jeki Saputra. *SinarFe7*, 1(1), 146-151.