

RANCANG BANGUN *TRACKING PANEL SURYA BERBASIS ARDUINO*



LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Pendidikan Diploma Tiga (D-3) Program Studi Teknik Telekomunikasi
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Ujung Pandang

A. Ahmad Fadhel Palongengi

322 20 053

Aufa Nur Faiz Haedar

322 20 057

PROGRAM STUDI D-3 TEKNIK TELEKOMUNIKASI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2023

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan tugas akhir dengan judul “ **Rancang Bangun Tracking Panel Surya Berbasis Arduino** ” oleh A. Ahmad Fadhel Palongengi NIM 322 20 053 dan Aufa Nur Faiz Haedar NIM 322 20 057 dinyatakan layak untuk diseminarkan.

Makassar, September 2023

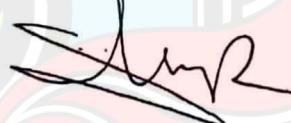
Menyetujui,

Pembimbing I



Dr. Ir. Hafsa Nirwana, S.T., M.T.
NIP 19640405 199003 2 002

Pembimbing II



Dr. Umar Katu, S.T., M.T.
NIP 19730820 200801 1 005

Mengetahui,

Koordinator Program Studi D-3 Teknik Telekomunikasi



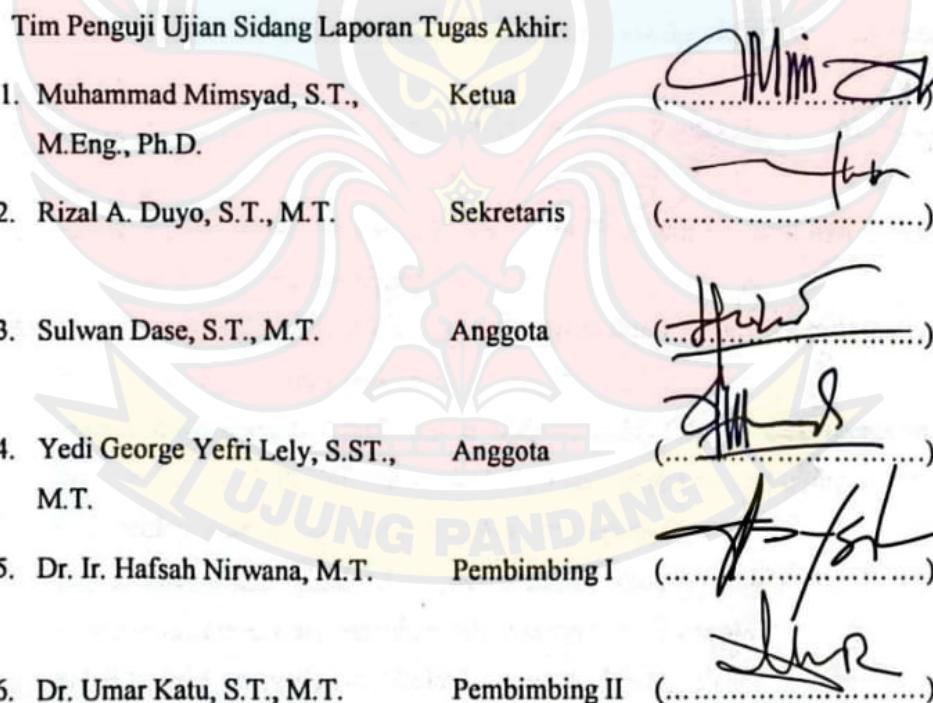
Yaniati, S.S.T., M.T.
NIP 19770603 200212 2 002

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Jum'at tim penguji ujian sidang Laporan Tugas Akhir telah menerima hasil ujian sidang Laporan Tugas Akhir oleh mahasiswa A.Ahmad Fadhel Palongengi NIM 322 20 053 dan Aufa Nur Faiz Haedar NIM 322 20 057 dengan judul "Rancang Bangun *Tracking Panel Surya Berbasis Arduino*".

Makassar, September 2023

Tim Penguji Ujian Sidang Laporan Tugas Akhir:

- | | | |
|---|---------------|---------|
| 1. Muhammad Mimsyad, S.T.,
M.Eng., Ph.D. | Ketua | (.....) |
| 2. Rizal A. Duyo, S.T., M.T. | Sekretaris | (.....) |
| 3. Sulwan Dase, S.T., M.T. | Anggota | (.....) |
| 4. Yedi George Yefri Lely, S.ST.,
M.T. | Anggota | (.....) |
| 5. Dr. Ir. Hafsa Nirwana, M.T. | Pembimbing I | (.....) |
| 6. Dr. Umar Katu, S.T., M.T. | Pembimbing II | (.....) |
- 

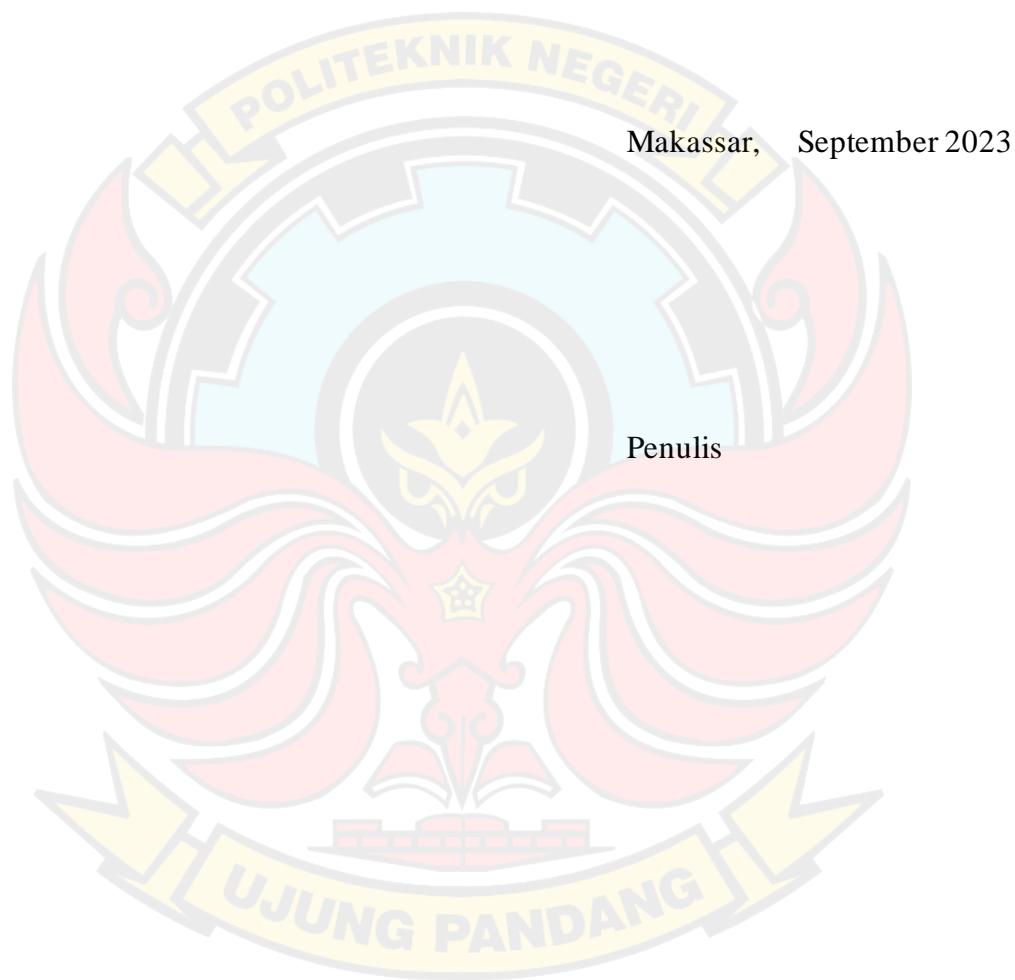
KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya, penulisan laporan tugas akhir ini yang berjudul “ **Rancang Bangun Tracking Panel Surya berbasis Arduino** ” dapat diselesaikan dengan baik.

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini tidak sedikit hambatan yang penulis alami. Namun, berkat bantuan berbagai pihak terutama pembimbing, hambatan tersebut dapat teratasi. Sehubungan dengan itu, pada kesempatan dan melalui lembaran ini penulis menyampaikan terimakasih dan penghargaan kepada:

1. Allah Subhanahu Wa Ta'ala, Sang Maha Pencipta yang telah memberikan kekuatan, pengetahuan kesehatan, serta lindungan pada hamba-Nya.
2. Kedua orang tua penulis yang telah memberikan doa dan dukungan yang besar kepada penulis.
3. Bapak Ir. Ilyas Mansur, M.T. selaku direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang,
4. Bapak Ahmad Rizal Sultan, S.T., M.T., Ph.D. selaku ketua jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang.
5. Ibu Yuniarti, S.T., M.T. selaku ketua Program Studi Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Ujung Pandang.
6. Ibu Nurul Khaerani, S.T.,M.T selaku Wali Kelas 3C Teknik Telekomunikasi.
7. Ibu Dr. Ir. Hafsa Nirwana, M.T. selaku dosen pembimbing I yang memberikan arahan dan masukan dalam penggerjaan tugas akhir ini.
8. Bapak DR. Umar Katu, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II yang memberikan arahan dan masukan dalam penggerjaan tugas akhir ini.
9. Seluruh staf pengajar Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah membimbing dan memberikan materi perkuliahan kepada penulis.
10. Rekan-rekan sejawat dan juga rekan di luar kampus, dan seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyusunan laporan baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan tugas akhir ini dan demi perbaikan pada masa mendatang. Semoga laporan tugas akhir ini bermanfaat bagi pembacanya.



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENERIMAAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	x
SURAT PERNYATAAN.....	xi
SURAT PERNYATAAN.....	xii
RINGKASAN.....	xiii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Masalah.....	3
1.4. Ruang Lingkup Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II.....	5
2.1. Solar Tracking dan Non Tracking	5
2.2. Solar Electrical Converter.....	5
2.2.1. Prinsip kerja Solar Electrical Converter	6
2.2.2. Jenis Solar Electrical Converter	7
2.3. Arduino.....	8
2.4. Light Dependent Resistant (LDR).....	9
2.5. Motor Servo.....	9
2.6. Baterai	10
2.7. Inverter	11
2.2.3. Cara kerja Inverter.....	12
BAB III	14
METODE KEGIATAN	14
3.1. Tempat dan Waktu Kegiatan	14

3.2. Alat dan Bahan.....	14
3.3. Prosedur Langkah Kerja.....	16
3.3.1. Perancangan Mekanik.....	16
3.3.2. Perancangan Rangkaian.....	16
3.3. Langkah-Langkah Pengujian Sistem.....	22
3.4. Teknik Analisis Data	22
BAB IV	24
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1 Hasil Perancangan Alat	24
4.2 Hasil Pengujian Alat.....	26
BAB V.....	40
PENUTUP.....	40
5.1 Kesimpulan.....	40
5.2 Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA.....	42
LAMPIRAN	45

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan tracking panel surya berbasis Arduino	15
Tabel 4. 1 Data hasil pengujian panel surya tanpa penjejak matahari tanpa beban	27
Tabel 4. 2 Data hasil pengujian panel surya tanpa penjejak matahari dengan beban	28
Tabel 4. 3 Data hasil pengujian panel surya menggunakan penjejak matahari tanpa beban	30
Tabel 4. 4 Data hasil pengujian panel surya menggunakan penjejak matahari dengan pengisian aki	31
Tabel 4. 5 Data hasil pengujian Alat PZEM-004T yang menggunakan beban lampu listrik sebagai objek pengujian.	39
Tabel 4. 6 Data hasil pengujian Alat PZEM-004T yang menggunakan beban Charger Handphone yang sedang mengisi daya sebagai objek pengujian.	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Dasar Sel Surya (Solar Cell).	6
Gambar 2. 2 Ilustrasi prinsip kerja panel surya	7
Gambar 2. 3 Arduino UNO	9
Gambar 2. 4 Sensor Cahaya (LDR)	10
Gambar 2. 5 Motor DC	10
Gambar 2. 6 Baterai	12
Gambar 2. 7 Inverter	13
Gambar 2. 8 Cara kerja inverter	14
Gambar 3. 1 Tampak Depan dari Tiang Penyangga Panel Surya	17
Gambar 3. 2 Tampak Samping Tiang Penyangga Panel Surya	17
Gambar 3. 3 Diagram Perancangan Tracking Panel Surya berbasis Arduino	18
Gambar 3. 4 Flowchart Perancangan	20
Gambar 3. 5 Flowchart Monitoring Ppanel Surya	21
Gambar 3. 6 Flowchart Kontrol Otomatis Lampu Berbasis Aplikasi	22
Gambar 4. 1 Gambar Hasil Perancangan Mekanik	25

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

PLN	= Perusahaan Listrik Negara
IoT	= <i>Internet of Things</i>
LDR	= <i>Light Dependent Resistor</i>
°	= Derajat
PV	= <i>Photovoltaic</i>
p	= positif
n	= negatif
Ω	= Ohm
AC	= <i>Alternating Current</i>
DC	= <i>Direct Current</i>
H ₂ SO ₄	= Asam Sulfat
Pb	= Timbal
%	= Persen
WP	= Watt Peak
A	= Ampere
mm	= milimeter
km	= kilometer
PID	= <i>Proportional Integral Derivative</i>
PWM	= <i>Pulse With Modulation</i>
P	= Daya

SURAT PERNYATAAN

Kami yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : A. Ahmad Fadhel Palongengi

NIM : 32220053

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul "Rancang Bangun *Tracking Panel Surya Berbasis Arduino*" merupakan gagasan dan hasil karya kami sendiri dengan arahan komisi pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang telah diterbitkan dari penulis telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam Laporan Tugas Akhir ini.

Jika pernyataan kami tersebut tidak benar, kami siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, November 2023



SURAT PERNYATAAN

Kami yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Aufa Nur Faiz Haedar

NIM : 32220057

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul "Rancang Bangun Tracking Panel Surya Berbasis Arduino" merupakan gagasan dan hasil karya kami sendiri dengan arahan komisi pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang telah diterbitkan dari penulis telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam Laporan Tugas Akhir ini.

Jika pernyataan kami tersebut tidak benar, kami siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, November 2023



Aufa Nur Faiz Haedar

322 20 057

RANCANG BANGUN *TRACKING PANEL SURYA BERBASIS ARDUINO*

RINGKASAN

Indonesia mengalami dua musim, hujan dan kemarau, dengan musim kemarau menjadi peluang untuk menggunakan energi matahari melalui panel surya. Tantangannya adalah menghadap langsung ke matahari yang terus bergerak karena rotasi Bumi. Meskipun listrik sangat penting, PLN masih banyak menggunakan batubara dengan cadangan yang terbatas. Energi terbarukan, terutama matahari, memiliki potensi besar, meski memerlukan investasi tinggi. Penelitian terkini fokus pada pengembangan pelacak panel surya berbasis Arduino dengan sensor LDR dan motor untuk optimalisasi pemanfaatan energi matahari.

Pada penelitian ini dirancang panel surya penjejak matahari menggunakan Arduino dengan motor servo sebagai penggerak panel surya. Perhitungan dilakukan dengan membandingkan output yang dihasilkan menggunakan penjejak matahari dan tanpa menggunakan penjejak matahari di dua hari berbeda.

Hasil perancangan didapatkan nilai dari output panel surya, dengan menggunakan penjejak matahari dan tanpa penjejak matahari. Panel surya penjejak matahari mengikuti arah matahari dari pukul 09:00-16:00 dimulai dari sudut 45° , pada pukul 09:00 menghasilkan daya 44.55 W, hingga sudut 169° pada pukul 16:00 menghasilkan daya 28.9 W. Panel surya tanpa penjejak matahari mengikuti arah matahari dari pukul 09:00-16:00 dengan sudut 90° , pada pukul 09:00 menghasilkan daya 32.48 W, pada pukul 16:00 menghasilkan daya 18.706 W. Penelitian kali ini didapatkan bahwa menggunakan penjejak matahari lebih efektif dibanding tanpa menggunakan penjejak panel surya.

Kata Kunci : Panel Surya, *Tracking Panel*, Arduino, Daya, Sudut

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia berada di lintas garis khatulistiwa, sehingga mengalami dua musim dalam satu tahun, yaitu musim hujan dan musim kemarau. Karena letaknya yang berada di garis khatulistiwa, Indonesia menerima sinar matahari yang cukup pada musim kemarau. Energi yang dihasilkan oleh matahari merupakan salah satu dari energi yang dapat dikonversi menjadi energi listrik dengan sebuah alat yang berupa panel surya dan merupakan energi terbarukan. Untuk mendapatkan hasil maksimal, panel surya harus berhadapan langsung dengan sinar matahari, dikarenakan posisi matahari tidak selalu berada pada posisi yang sama sebab adanya rotasi bumi, maka daya serap panel surya tidak maksimal.

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok bagi masyarakat yang sangat penting dan sebagai sumber daya ekonomis yang paling utama yang dibutuhkan dalam berbagai kegiatan. Di masa yang akan mendatang kebutuhan listrik akan meningkat seiring dengan adanya peningkatan dan perkembangan baik dari jumlah penduduk, jumlah investasi, perkembangan teknologi termasuk didalamnya perkembangan dunia pendidikan untuk semua jenjang pendidikan. Perusahaan Listrik Negara (PLN) yang merupakan lembaga yang menjamin ketersediaan energi listrik di Indonesia, sebagian besar sumber pembangkitnya masih menggunakan batubara, yang dimana sesuai perkiraan, cadangan batubara global akan habis sekitar 112 tahun ke depan.

Energi terbarukan adalah sumber energi yang tersedia oleh alam dan pemanfaatannya bisa dilakukan secara terus-menerus. Hal ini selaras dengan pernyataan *International Energy Agency* (IEA) yang juga menyatakan bahwa energi terbarukan adalah energi yang berasal dari proses alam yang diisi ulang terus menerus. Salah satu energi baru dan terbarukan yang tidak habis pakai yaitu energi matahari. Matahari adalah sumber energi terbesar dan bersifat lanjutan, terkhusus

elektromagnetik yang dipancarkan matahari. Akan tetapi, biaya investasi yang tidak sedikit membuat pemanfaatan energi matahari masih sangat sedikit. Beberapa cara dari sisi teknologi dan penekanan biaya investasi yang terus dan masih dilakukan oleh para peneliti dan ilmuwan agar energi ini dapat dirasakan oleh semua orang dan untuk mengurangi emisi karbon yang dihasilkan bahan bakar fosil. Pemanfaatan energi matahari sebagai sumber energi alternatif untuk mengatasi krisis energi, khususnya minyak bumi, yang terjadi sejak tahun 1970-an mendapat perhatian yang cukup besar dari banyak negara di dunia. Di samping jumlahnya yang tidak terbatas, pemanfaatannya juga tidak menimbulkan polusi yang dapat merusak lingkungan. Cahaya atau sinar matahari dapat dikonversi menjadi listrik dengan menggunakan teknologi sel surya.

Internet of things merupakan sebuah konsep di mana suatu benda atau objek ditanamkan teknologi-teknologi seperti sensor dan software dengan tujuan untuk berkomunikasi, mengendalikan, menghubungkan, dan bertukar data melalui perangkat lain selama masih terhubung ke internet. *Internet of things* sangat berpengaruh bagi kelangsungan hidup manusia, terutama dalam hal efisiensi waktu. Sistem kontrol perangkat elektronik secara manual, termasuk menyalaakan lampu biasanya orang malas melakukannya. Apabila dalam keadaan tersebut, IoT sangat membantu dalam pengontrolan perangkat elektronik.

Penelitian-penelitian yang terkait dengan perancangan dan penerapan IoT telah banyak dilakukan, seperti yang dilakukan oleh Kusuma dan Muhammad Andi Ubaidillah (2022) yang melakukan penelitian mengenai IoT tapi masih menggunakan listrik berbayar. Terdapat juga penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Firdaus dan Ahmad Yani (2019) yang melakukan penelitian penjejak matahari menggunakan Arduino ATMEGA 2560 sebagai mikrokontroler dan sensor LDR sebagai pendekksi cahaya namun hanya sebatas melakukan pengisian baterai.

Oleh karena itu, pada penelitian kali ini penulis akan merancang *tracking* panel surya berbasis Arduino. *Tracking* matahari ini bekerja dengan pendekksi cahaya matahari menggunakan mikrokontroler Arduino dan sensor LDR yang dipasang di bagian sisi pada tiang penyangga panel sel surya serta motor sebagai

penggerak untuk mengikuti arah sinar matahari. Dengan alat monitoring panel surya yang bisa diakses dimana saja selama *smartphone* masih terhubung dengan koneksi internet, serta menyalakan lampu berbasis IoT dengan sumber energi listrik dari panel surya.

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana cara merancang dan membuat *tracking* panel surya berbasis Arduino?
2. Bagaimana prinsip kerja dari *tracking* panel surya?
3. Bagaimana cara memonitoring penggunaan listrik yang berasal dari panel surya?
4. Bagaimana cara menyalakan dan mematikan lampu menggunakan aplikasi *blynk*?

1.3. Tujuan Masalah

Adapun tujuan masalah yang ingin dicapai adalah :

1. Dapat merancang dan membuat *tracking* pada panel surya berbasis Arduino.
2. Dapat mengetahui prinsip kerja dari *tracking* panel surya.
3. Dapat memonitoring penggunaan listrik yang berasal dari panel surya.
4. Dapat menyalakan dan mematikan lampu menggunakan aplikasi.

1.4. Ruang Lingkup Masalah

Yang menjadi ruang lingkup masalah penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini menggunakan Arduino, sensor LDR dan motor servo sebagai alat *tracking* matahari.
2. Pengambilan data dilakukan dengan *tracking* solar dan non *tracking* solar.
3. Monitoring penggunaan listrik menggunakan Sensor PZEM hanya untuk mengukur arus, tegangan, dan daya.

4. Pengujian dilakukan hanya untuk menyalakan dan mematikan lampu menggunakan aplikasi *blynk*.
5. Penelitian ini dilakukan di Jalan Racing Centre, Kecamatan Panakkukang, Kota Makassar.

1.5. Manfaat Penelitian

Dengan adanya pemakaian dari alat *tracking* panel surya berbasis Arduino, nantinya dapat mempunyai manfaat bagi:

1. Masyarakat

Manfaat dari alat *tracking* matahari pada sel surya berbasis Arduino bagi masyarakat adalah mempermudah dalam memaksimalkan daya masukan dari panel surya tanpa memindahkannya secara manual untuk mengikuti arah sinar matahari dan memonitoring daya yang dihasilkan oleh panel surya.

2. Perguruan Tinggi

Manfaat dari alat *tracking* matahari pada sel surya berbasis Arduino bagi universitas adalah untuk menjadi referensi pengembangan bahan penelitian dalam bidang teknologi.

3. Mahasiswa

Manfaat dari penggunaan alat *tracking* panel surya berbasis Arduino ini bagi mahasiswa agar dapat dijadikan bahan penelitian lanjutan untuk meningkatkan ilmu pengetahuan teknologi dimasa yang akan datang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

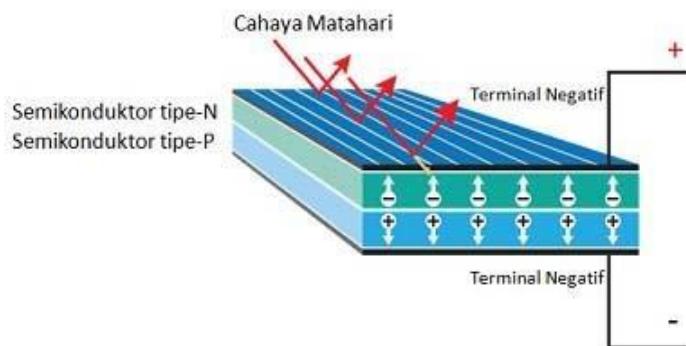
2.1. Solar Tracking dan Non Tracking

Tracking adalah proses penelusuran yang dapat digunakan untuk menelusuri suatu objek, warna, garis, dan lain-lain. Salah satu contoh pelacakan adalah pelacakan objek. Pelacakan objek adalah proses pelacakan dan pendekripsi objek tertentu. Contoh penerapan pelacakan objek dapat diterapkan pada robot sepak bola beroda, dimana nantinya robot melacak pergerakan setiap bola dan saat robot mendekripsi bola tersebut, robot menuju ke arah bola.

Solar Tracking System adalah alat yang membuat solar panel bergerak secara otomatis dari 5° ke 100° dan digerakkan oleh motor servo yang mengikuti input dari sensor LDR. Model solar tracking yang dihasilkan merupakan prototipe yang menggunakan sensor cahaya berupa DT Sense Light Sensor dan modul yang bekerja dengan sistem operasi Arduino. Sedangkan *Non Tracking* tanpa menggunakan penjejuk matahari berbasis Arduino. *Non Tracking* hanya menggunakan panel surya tanpa mengikuti arah datangnya sinar matahari.

2.2. Solar Electrical Converter

Solar Electrical Converter atau Panel Surya adalah suatu perangkat atau komponen yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek Photovoltaic. Efek Photovoltaic adalah suatu fenomena dimana munculnya tegangan listrik karena adanya hubungan atau kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat mendapatkan energi cahaya. Oleh karena itu, sel surya sering disebut juga dengan Sel *Photovoltaic* (PV). Efek PV ini ditemukan oleh Henry Becquerel pada tahun 1839. seperti yang diilustrasikan pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Struktur Dasar Sel Surya (Solar Cell)

2.2.1.Prinsip kerja Solar Electrical Converter

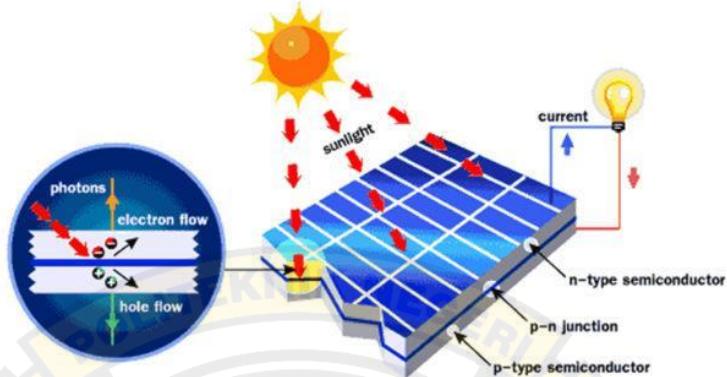
Prinsip kerja Solar Electrical Converter atau panel surya dimulai ketika radiasi matahari yang terdiri dari foton mengenai atom semikonduktor silikon dari panel surya, sehingga menghasilkan energi yang besar untuk memisahkan elektron dari struktur atom. Elektron yang terpisah dan bermuatan negatif bergerak di daerah konduktor dari material semikonduktor dan atom yang kehilangan elektronnya, maka strukturnya akan kosong, yang disebut hole yang bermuatan positif.

Jika ada elektron bebas yang sifatnya negatif, maka bisa menjadi pendoron elektron atau disebut dengan semikonduktor tipe "n" sedangkan untuk semikonduktor dengan hole bermuatan positif akan menjadi penerima elektron atau semikonduktor tipe "p". Daerah positif dan negatif itulah bisa memunculkan energi yang kemudian mendorong elektron dan hole menjadi berlawanan. Di mana elektron akan jauh dari daerah negatif dan hole akan jauh dari daerah positif.

Jika ada elektron bebas yang bersifat negatif, maka bisa menjadi penyalur elektron atau semikonduktor tipe "n". Dan untuk semikonduktor dengan hole bermuatan positif, itu akan menjadi penerima elektron atau semikonduktor tipe "p". Antara daerah yang bermuatan positif dan negatif bisa memunculkan energi kemudian mendorong elektron dan hole berlawanan. Oleh karena itu elektron jauh dari daerah negatif dan hole jauh dari daerah positif.

Saat Anda memberikan alat-alat listrik, seperti lampu maupun televisi di antara daerah positif dan negatif tersebut, maka arus listrik yang terjadi bisa Anda

manfaatkan untuk menerangi rumah Anda atau untuk menonton televisi. Pada Gambar 2.2 adalah bentuk dari prinsip kerja solar panel.



Gambar 2. 2 Ilustrasi prinsip kerja panel surya

2.2.2.Jenis Solar Electrical Converter

Solar Electrical Converter atau panel surya mempunyai tiga jenis variasi yang berbeda dari cara pembuatan, penampilan, kinerja, proses pemasangan hingga biayanya. Masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing. Berikut tiga jenis utama solar panel berdasarkan jenisnya;

a. *Monocrystalline Silicon*

Jenis panel surya yang pertama adalah *Monocrystalline Silicon*. Panel surya tipe ini menggunakan material silikon sebagai bahan utama penyusun sel surya. Material silicon ini diiris tipis menggunakan teknologi khusus. Dengan digunakannya teknologi inilah, kepingan sel surya yang dihasilkan akan identik satu sama lainnya dan juga memiliki kinerja tinggi.

Tipe panel surya ini menggunakan sel surya jenis *crystalline* tunggal yang memiliki efisiensi yang tinggi. Secara fisik, tipe panel surya ini dapat dikenali dari warna sel hitam gelap dengan model terpotong pada tiap sudutnya.

b. *Polycrystalline*

Jenis panel surya ini terbuat dari beberapa batang kristal silikon yang dicairkan, setelah itu dituangkan dalam cetakan yang berbentuk persegi. Kristal silikon dalam jenis panel surya ini tidak semurni pada sel surya *monocrystalline*.

Jadi, sel surya yang dihasilkan tidak identik antara satu sama lainnya. Efisiensinya pun lebih rendah dari *monocrystalline*.

Tampilan dari jenis panel surya ini tampak seperti ada motif pecahan kaca di dalamnya. Bentuknya adalah persegi, jadi kalau panel surya ini disusun, susunannya akan rapat dan tidak ada ruangan kosong yang sia-sia.

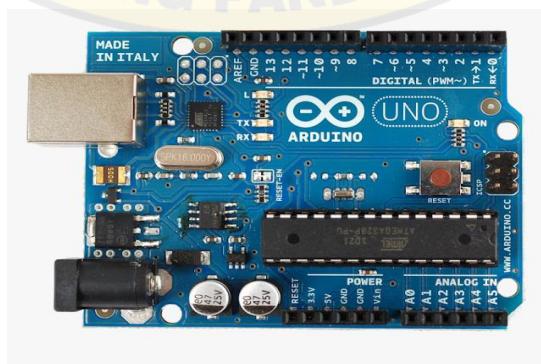
c. *Thin Film Solar Cell (TFSC)*

Jenis-jenis panel surya yang terakhir adalah *thin film solar cell*. Jenis panel surya ini dibuat dengan cara menambahkan sel surya yang tipis ke dalam sebuah lapisan dasar. Karena bentuk dari TFSC ini tipis, jadi panel surya ini sangat ringan dan fleksibel. Ketebalan lapisannya bisa diukur mulai dari nanometers hingga micrometers.

Begitulah beberapa jenis-jenis panel surya yang perlu Anda ketahui. Semoga bermanfaat bagi semuanya, khususnya yang ingin mengetahui tentang jenis-jenis panel surya.

2.3. Arduino

Arduino adalah mikrokontroler / pengendali mikro papan tunggal (single board) yang bersifat sumber terbuka dan menjadi salah satu proyek Open Source Hardware yang paling populer. Dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Perangkat kerasnya memiliki prosesor Atmel AVR . Softwarenya terdiri dari beberapa alat yakni Integrated Development Environment(IDE), Text-Editor, Compiler, Serial Monitor, dan Serial ISP Programmer. Pada gambar ini adalah bentuk dari Arduino.



Gambar 2. 3 Arduino UNO

2.4. Light Dependent Resistant (LDR)

LDR adalah komponen elektronik dengan resistansi yang dapat berubah sesuai intensitas cahaya. Prinsip kerja LDR adalah ketika cahaya mencapai LDR, hambatan LDR berkurang, sehingga arus yang mengalir melalui LDR meningkat. Saat gelap, resistansi LDR meningkat dan arus yang mengalir melalui LDR berkurang. Fenomena inilah yang dimanfaatkan sebagai sensor cahaya. Adanya perbedaan nilai arus dari sensor digunakan sebagai masukan analog pada Arduino.

Besarnya hambatan LDR itu sendiri berbeda-beda tergantung dari ukuran dan bentuknya. Semakin rapat pola garis pada permukaan, semakin besar perubahan resistansinya (lebih sensitif terhadap cahaya). Naik turunnya resistansi sebanding dengan jumlah cahaya yang diterima. Nilai resistansi LDR mencapai $200\text{ k}\Omega$ pada kondisi gelap dan turun menjadi $500\text{ }\Omega$ pada kondisi terang. Sebelum ditempatkan pada mikrokontroler, LDR hadir pada rangkaian pembagi tegangan pada. Ini karena resistansi diubah oleh LDR menjadi tegangan yang sesuai dengan persyaratan input mikrokontroler. Pada Gambar 2.4 adalah bentuk dari *Light Dependent Resistance* (LDR)



Gambar 2. 4 Sensor Cahaya (LDR)

2.5. Motor Servo

Motor servo adalah jenis motor listrik yang dirancang khusus untuk menghasilkan gerakan presisi dan terkontrol dengan tepat. Motor ini bekerja berdasarkan prinsip umpan balik, yang berarti motor menerima sinyal dari sensor posisi dan berusaha untuk mencapai atau mempertahankan posisi tertentu sesuai

dengan perintah yang diberikan. Motor servo umumnya digunakan dalam aplikasi di mana presisi dan akurasi sangat penting, seperti robotika, otomasi industri, kendali penerbangan, kamera digital, dan perangkat CNC (Computer Numerical Control). Mereka dapat menggerakkan mekanisme dengan cepat dan dengan tingkat ketepatan yang tinggi, serta mampu menghentikan atau memperlambat pergerakan dengan presisi yang luar biasa. Motor servo sering dihubungkan dengan kontroler atau mikrokontroler untuk mengatur posisi dan kecepatan gerakan, dan umumnya digunakan dalam kombinasi dengan mekanisme penggerak seperti roda gigi atau batang sekrup untuk mentransfer gerakan menjadi tugas mekanis yang diinginkan. Hal ini membuat motor servo menjadi komponen kunci dalam banyak sistem otomasi yang memerlukan kendali yang tepat dan handal atas posisi dan pergerakan. Pada gambar 2.5 adalah bentuk dari Motor Servo.



Gambar 2. 5 Motor Servo

2.6. Baterai

Baterai adalah perangkat penyimpanan arus searah (DC) untuk energi listrik. Ada banyak jenis aki/baterai yang tersedia di pasaran, termasuk baterai basah/konvensional, hybrid, dan MF (*maintenance free*). Aki basah/konvensional mengacu pada penggunaan asam sulfat (H_2SO_4) dalam bentuk cair. Sedangkan aki MF juga sering disebut aki kering karena asam sulfatnya sudah dalam bentuk gel/selai. Untuk posisi penempatannya tidak ada masalah dengan aki kering, berbeda dengan aki basah.

Aki konvensional juga memiliki kandungan timbal (Pb) yang tinggi sekitar 2,5% untuk setiap sel positif dan negatif. Sedangkan tipe hybrid menghasilkan penurunan masing-masing menjadi 1,7%, hanya sel negatif yang ditambahkan

kalsium. Sedangkan sel positif aki MF/aki kering masih menggunakan timbal 1,7%, namun sel negatifnya tidak lagi menggunakan timbal, melainkan menggunakan kalsium 1,7%. Asam sulfat (H_2SO_4) masih bentuk cair dalam baterai Kalsium, tetapi hampir bebas perawatan karena laju penguapan sangat rendah dan dikondensasi kembali. Teknologi saat ini bahkan menggunakan silver sebagai senyawa sel negatif. Pada gambar 2.6 adalah bentuk dari Light baterai.



Gambar 2. 6 Baterai

2.7. Inverter

Inverter pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah sebuah komponen atau alat pada sistem solar panel yang berfungsi untuk merubah arus DC (Direct Current) yang dihasilkan oleh panel surya menjadi arus listrik AC (Alternating Current).

Hampir semua peralatan rumah tangga seperti AC, TV, Kulkas, Charger HP, Charger Laptop, Komputer, Pompa Air, Lampu dll menggunakan Arus Listrik AC.

Solar panel pada sistem panel surya menghasilkan arus listrik DC, untuk dapat digunakan untuk kebutuhan sehari-hari harus diubah menjadi arus listrik AC menggunakan alat yang bernama inverter.

Selain bisa digunakan untuk kebutuhan rumah tangga, listrik AC yang dihasilkan inverter juga berguna untuk mengimpor kelebihan daya yang dihasilkan

sistem panel surya yang dihasilkan ke jaringan PLN untuk dapat dimanfaatkan kembali sebagai kredit jika sistem panel surya berhenti bekerja di malam hari.

Beberapa inverter dilengkapi dengan komponen charger untuk melakukan charge ke baterai pada sistem panel surya On-Grid dengan baterai & Off-Grid / Stand Alone. Pada gambar 2.7 adalah bentuk dari inverter.



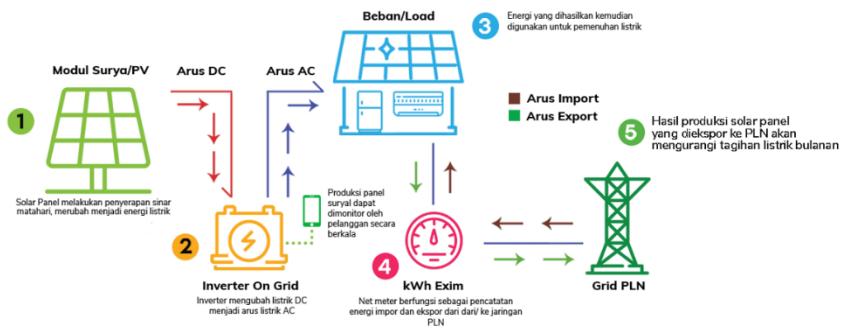
Gambar 2. 7 Inverter

2.2.3.Cara kerja Inverter

Panel surya menyerap cahaya matahari dan menghasilkan energi listrik DC. Untuk kebutuhan elektronik di rumah, umumnya menggunakan energi listrik AC bukan DC.

Panel surya menyerap energi radiasi dari cahaya matahari dan menghasilkan energi listrik DC, kemudian Solar Inverter berperan untuk mengubah energi listrik DC menjadi energi AC untuk suplai ke arah beban. Hal ini menjadikan inverter sebagai hal yang esensial pada sistem PLTS.

Alur panel surya On Grid Solar Inverter pada dasarnya mempunyai fungsi yang sama, yaitu mengubah arus listrik DC menjadi arus listrik AC. Selain fungsi dasar yang sama, inverter dapat dibagi menjadi beberapa jenis berdasarkan teknologi yang digunakan, yaitu Power Optimizer, Microinverter, dan String Inverter. Pada gambar ini adalah bentuk dari cara kerja inverter.



Gambar 2. 8 Cara kerja inverter



BAB III

METODE KEGIATAN

3.1. Tempat dan Waktu Kegiatan

Perancangan *tracking* panel surya berbasis arduino dilakukan di Laboratorium Mikroprosesor dan Mikrokontroler Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang Jalan Perintis Kemerdekaan KM.10 Tamalanrea, Makassar yang berlangsung pada bulan Februari sampai dengan Agustus 2023. Pengambilan data akan dilakukan pada pukul 09:00 WITA sampai dengan 15:00 WITA.

3.2. Alat dan Bahan

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan tracking panel surya berbasis Arduino

No.	Alat dan Bahan	Jumlah	Fungsi
1	Laptop	1	Perancangan
2.	Handphone	1	Mengetes aplikasi <i>blynk</i>
3.	Voltmeter	1	Pengukur tegangan
3.	Amperemeter	1	Pengukur arus
4.	Meteran	1	Pengukur panjang dari bidang datar
5.	Obeng	1	Mengencangkan dan melepaskan sekrup
6.	Gerinda	1	Pemotong besi
7.	Mesin las	1	Menyambungkan besi
8.	Mesin bor	1	Melubangi kayu/besi
9.	Solder	1	Penyambung dua material logam
10.	Penyedot timah	1	Menyedot timah
11.	Tang potong	1	Memotong kawat/kabel

12.	Busur derajat	1	Mengukur sudut
13.	Gunting	1	Pengupas kabel atau bahan tipis lainnya
14.	Panel surya 50 WP	1	Pengubah energi cahaya menjadi listrik
15.	Arduino UNO	1	Mikrokontroler
16.	Sensor LDR	4	Sensor cahaya
17.	<i>Solar charge controller</i>	1	Mencegah pengisian baterai yang berlebihan
18.	Baterai aki 10A	1	Penyimpanan energi listrik
19.	Kabel jumper arduino 30mm	20	Menghubungkan dua titik atau komponen elektronika
20.	Kabel jepit buaya	2	Menghubungkan aki dengan <i>solar charge</i>
21.	Besi hollow 4x4 6 meter	1	Tiang penyangga panel surya
22.	Besi hollow 2x2 3 meter	1	Tiang penyangga panel surya
23.	Motor	2	Penggerak panel surya
24.	Inverter	1	Pengubah arus DC ke AC
25.	Lampu	1	Alat penerangan
26.	Stop kontak	2	Alat pendistribusian listrik
27.	Relay	1	Pengontrol beban
28.	NodeMCU ESP32	2	Modul penunjang pembuatan alat IoT
29.	PZEM 004t	1	Sensor tegangan, arus dan daya.
30.	Lem	1	Perekat

3.3. Prosedur Langkah Kerja

Prosedur langkah kerja pada penelitian kali ini mencakup beberapa parameter sebagai berikut:

3.3.1. Perancangan Mekanik

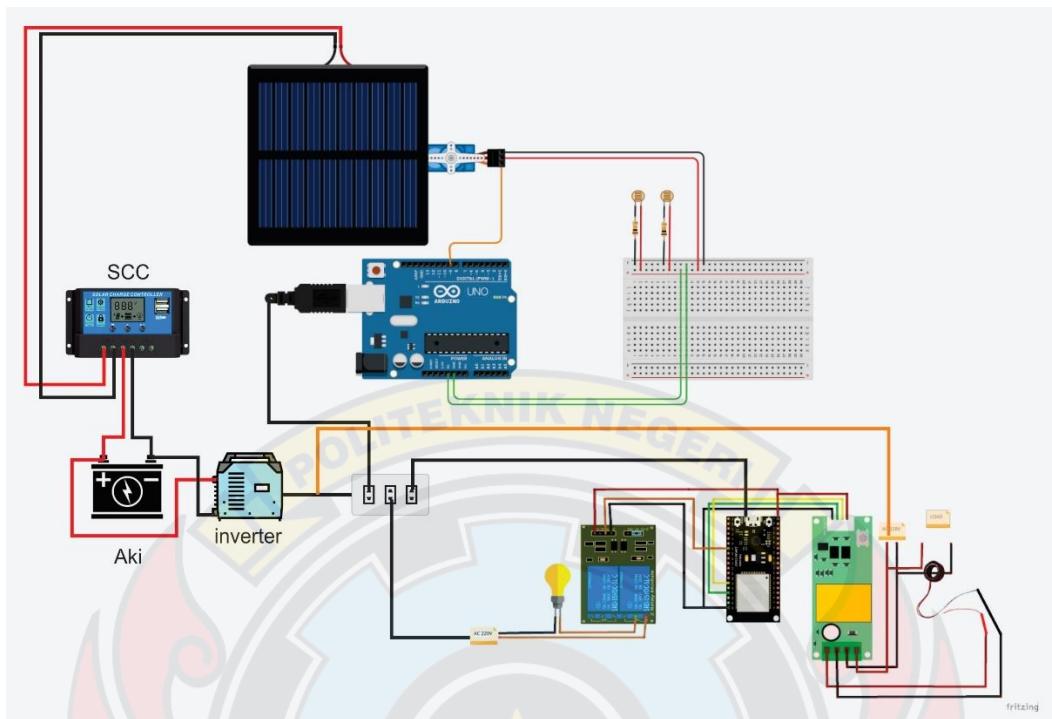
Perancangan mekanik *Tracking Panel Surya* berbasis Arduino menggunakan microsoft excel sebagai *software design*. Pemilihan rangka *tracking panel surya* menggunakan besi hollow dan besi siku hollow. Desain yang digunakan menggunakan *single axis* yang bisa bergerak kearah timur ke barat. Perancangan dapat dilihat pada Gambar 3.1.



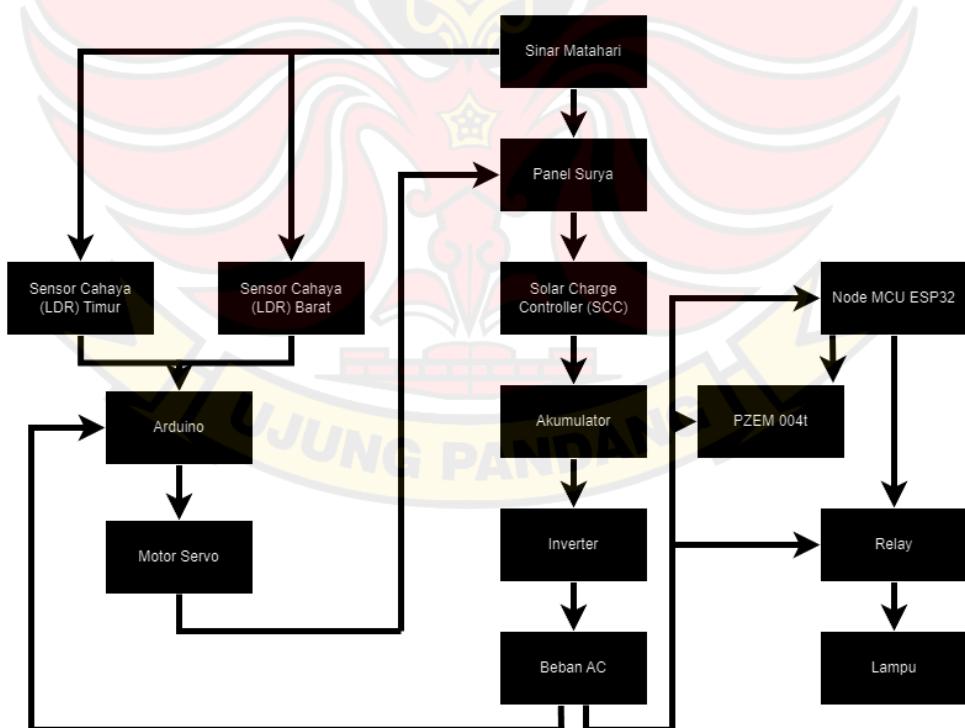
Gambar 3.1 Tampak Depan dari *Tracking Panel Surya*

3.3.2. Perancangan Rangkaian

Perancangan rangkaian *Tracking Panel surya* berbasis Arduino bisa digambarkan seperti Gambar 3.2 dan Gambar 3.3.



Gambar 3.2 Rangkaian Penjejak Matahari



Gambar 3.2 Diagram Perancangan Tracking Panel Surya berbasis Arduino

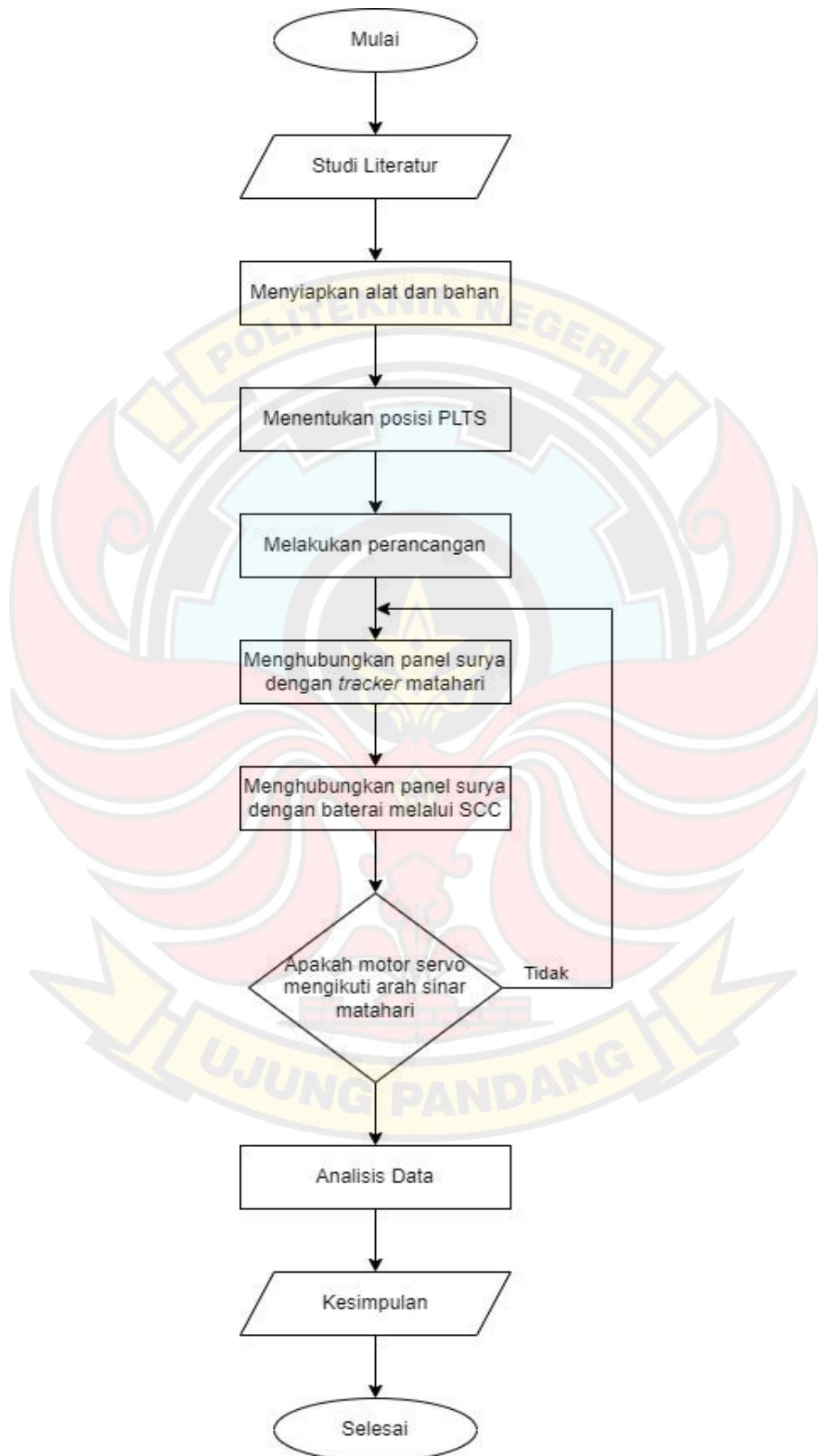
Prinsip kerja dari *tracking* panel surya berbasis Arduino dengan mencari titik jatuh dari sinar matahari menggunakan sensor LDR. Pada saat sensor LDR dari *tracking* panel surya terkena sinar matahari maka akan mengubah hambatan menjadi kecil. Akibatnya arus yang lewat semakin besar. Arus tersebut akan bertemu dengan resistor dan menghasilkan tegangan. Tegangan inilah yang dijadikan sebagai input arduino. Arduino disini berfungsi sebagai mikrokontroler, bertugas dalam mengatur motor sesuai inputan dari sensor. Arduino akan bekerja sesuai dengan perintah yang diberikan. Perintah tersebut ditulis dalam bahasa C. Dalam arduino juga diberikan coding kontrol PID. Jadi tugas kontrol PID disini adalah memperbaiki respon sistem dari hasil coding konvensional yang ditulis sebelumnya. Pada *tracking* panel surya menggunakan *single axis* yang dimana motor akan bergerak satu arah. Dengan arah timur ke barat bergerak lebih *flexible* untuk mengikuti sinar matahari yang bergerak akibat rotasi.

Output yang dipakai arduino untuk menggerakkan motor lewat pin PWM 9. Output ini akan menghasilkan data berupa digital. Dengan adanya output tersebut, motor yang berperan sebagai penggerak akan bergerak sesuai input dari LDR yang telah dikontrol oleh arduino. Dengan bergeraknya motor, maka akan menggerakkan sudut azimuth ke arah cahaya datang. Perancangan dari *tracking* panel surya berbasis Arduino dapat dilihat pada Gambar 3.3.

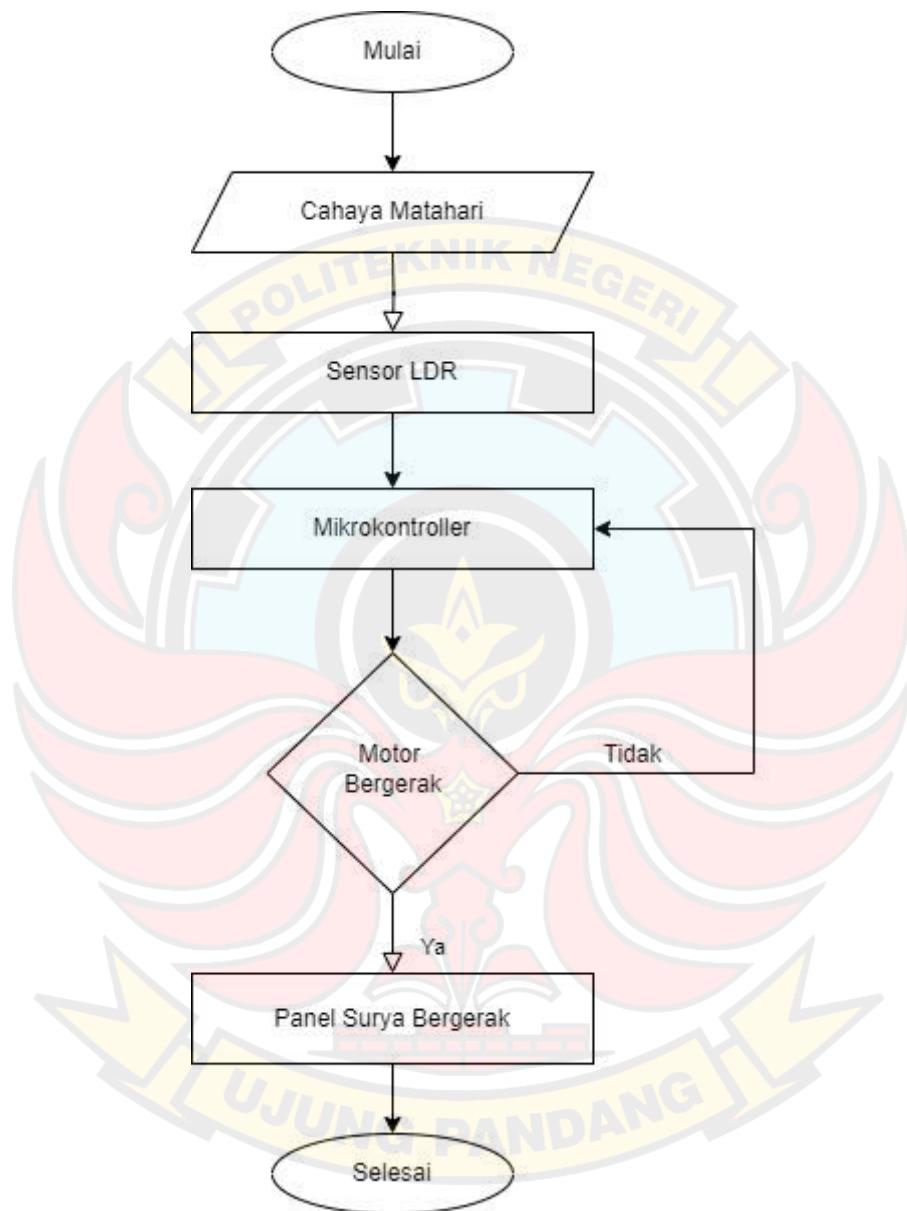
Listrik dari panel surya yang akan melalui *solar charge controller* akan diteruskan menuju aki untuk menyimpan listrik yang dihasilkan dari panel surya.

Beban AC yang berasal dari aki melalui inverter dipasangkan sebuah sensor PZEM yang merupakan sensor untuk mengukur tegangan, arus, dan daya. Output dari sensor PZEM ditransmisikan menuju modul nodeMCU sebagai monitoring yang bisa diakses melalui *handphone*. NodeMCU akan diberikan perintah yang bisa diakses melalui arduino IDE. Untuk mengontrol lampu digunakan sebuah modul relay yang berfungsi sebagai pengontrol beban dan nodeMCU sebagai modul yang akan mengontrol nyala matinya lampu. NodeMCU diberikan perintah pemrograman melalui arduino IDE. Setelah itu nodeMCU, relay dan beban AC akan dirangkai sampai bisa terkoneksi.

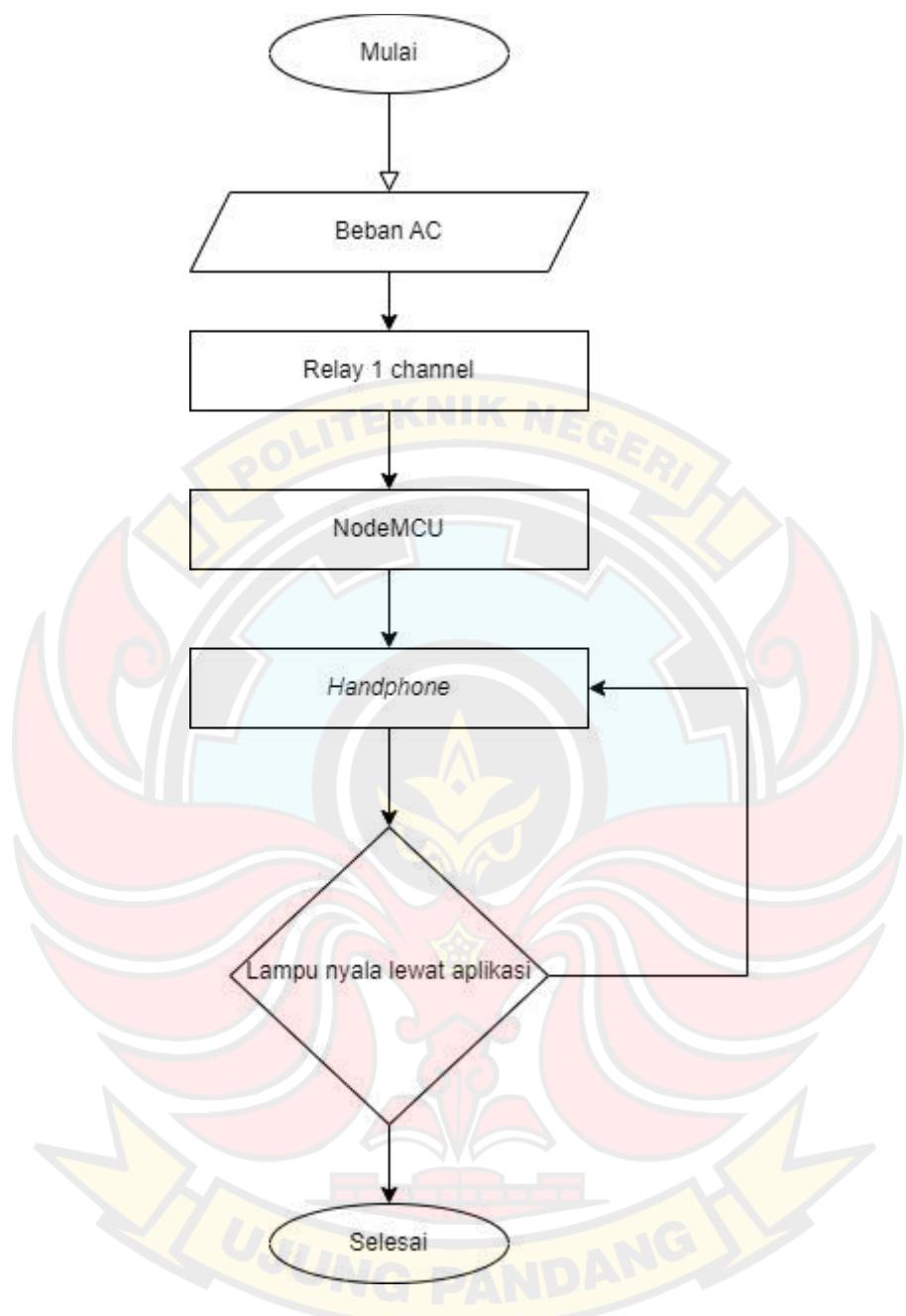
Algoritma perancangan dapat dilihat melalui flowchart dibawah ini:



Gambar 3. 4 Flowchart Perancangan



Gambar 3. 5 Flowchart Monitoring Panel Surya



Gambar 3. 6 Flowchart Kontrol Otomatis Lampu Berbasis Aplikasi

3.3. Langkah-Langkah Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan setelah proses pembuatan dari rancangan *tracking panel surya* berbasis Arduino sudah berhasil. Ada beberapa parameter yang akan diuji pada penelitian kali ini yaitu:

- 1) Pengujian panel surya

Pengujian ini akan menghitung berapa daya yang dihasilkan dari panel surya ketika mendapatkan sinar matahari.

- 2) Pengujian respon

Pengujian dilakukan untuk melihat respon dari motor yang terhubung dengan LDR ketika mendapatkan sinar matahari.

- 3) Pengujian aplikasi *Blynk*

Pengujian ini berupa mengontrol secara otomatis lampu yang terhubung dengan nodeMCU melalui aplikasi *Blynk*. Pada aplikasi ini juga dapat dilakukan pengujian untuk memonitoring daya dari konsumsi listrik yang dihasilkan oleh panel surya.

3.4. Teknik Analisis Data

Setelah proses pembuatan dan pengujian dari *tracking panel surya* berbasis Arduino berhasil, maka selanjutnya akan dilakukan proses analisis data. Adapun data yang dikumpulkan yaitu:

- 1) Menyiapkan alat ukur seperti busur derajat, amperemeter, voltmeter dan *stopwatch*.
- 2) Mengukur sudut panel surya setiap 30 menit dengan menggunakan busur derajat.
- 3) Mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan panel surya setiap 30 menit dengan menggunakan multimeter.
- 4) Mengukur tegangan aki pada saat pengisian daya.
- 5) Melakukan monitoring panel surya dengan jarak >1KM.
- 6) Melakukan kontrol lampu dengan menggunakan aplikasi *blynk*.

- 7) Setelah melakukan pengambilan data dengan menggunakan *tracking* panel surya, lakukan pengambilan data tanpa *tracking* panel surya dihari selanjutnya.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan Alat

4.1.1 Hasil Perancangan Mekanik

Menurut langkah-langkah dalam proses perancangan, alat penjejak matahari ini telah berhasil direncanakan sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan dan saat ini mampu mengarahkan panel surya dengan akurasi ke titik matahari yang sesuai. Dalam rancangan penjejak matahari ini, untuk mengoptimalkan kinerja panel surya, digunakan sebuah konstruksi mekanik yang memberikan kemampuan pergerakan vertikal yang lebih fleksibel. Ini disebabkan oleh kemampuan panel surya untuk bergerak secara vertikal hingga 100° , yang dijalankan oleh sebuah motor servo sebagai penggerak panel surya dengan satu sumbu atau *single axis*.

Hasil dari perancangan *solar tracker* ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.1 Gambar Hasil Perancangan Mekanik

Adapun penjelasan pada gambar di atas sebagai berikut:

1. Motor servo berperan dalam mengubah posisi panel agar mengikuti pergerakan semu matahari.
2. Mikrokontroler (Arduino UNO) digunakan sebagai mikrokontroler yang mengendalikan semua perangkat sesuai dengan kebutuhan penelitian.
3. ESP32 digunakan sebagai kontroler untuk mengontrol lampu dan memonitor konsumsi daya dengan menggunakan PZEM-004T. Yang terhubung ke internet sebagai perangkat pengirim dan penerima data.
4. Relay digunakan untuk mengontrol daya listrik yang mengalir ke lampu, sehingga memungkinkan pengguna untuk menghidupkan atau mematikan lampu secara nirkabel melalui aplikasi Blynk di perangkat seluler.
5. Sensor cahaya LDR berfungsi untuk mengukur tingkat intensitas cahaya yang dipancarkan oleh matahari.
6. SCC (Solar Charge Controller) pada panel surya berfungsi untuk mengatur aliran arus dari panel surya ke baterai penyimpanan dengan mengontrol tegangan, arus, dan proses pengisian baterai, sehingga menjaga keandalan, efisiensi, dan umur panjang sistem panel surya serta mencegah overcharging dan over discharging pada baterai.
7. Panel Photovoltaic berperan dalam menyerap energi cahaya matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik.
8. PZEM-004T adalah modul pengukuran energi listrik yang digunakan untuk mengukur dan memantau parameter seperti tegangan, arus, daya, dan energi dalam berbagai komponen listrik.
9. Inverter pada panel surya berfungsi untuk mengubah arus searah (DC) yang dihasilkan oleh panel surya menjadi arus bolak-balik (AC) yang dapat digunakan untuk mengoperasikan perangkat dan alat listrik rumah tangga, sehingga memungkinkan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat digunakan oleh sistem atau grid listrik rumah tangga.
10. Besi penyangga digunakan sebagai penyangga untuk semua komponen alat penelitian.

4.1.2 Hasil Perancangan Kontrol

Proses perancangan alat ini mengikutsertakan beberapa komponen kunci yang memegang peran vital dalam fungsinya. Pada tahap perancangan kendali, digunakan Arduino UNO sebagai mikrokontroler yang mengatur berbagai operasi alat. Terdapat juga 4 sensor LDR yang berfungsi sebagai sensor cahaya, bertugas untuk akurat melacak pergerakan matahari. Selain itu, terdapat sebuah motor servo yang digunakan untuk menggerakkan panel surya secara vertikal.

Pada sisi penyedia daya, aki digunakan sebagai sumber daya yang menyimpan tenaga yang diperoleh dari panel surya. Selain itu, dalam rangkaian ini disertakan pula sebuah modul IoT yang berperan sebagai kontrol lampu otomatis menggunakan platform Blynk. Modul ini memungkinkan penggunaan sumber daya dengan lebih cerdas dan efisien, sehingga menjadikan penggunaan listrik menjadi lebih adaptif dan sesuai dengan kebutuhan. Terakhir, terdapat juga sensor arus dan tegangan PZEM-004t yang berfungsi sebagai alat pendekripsi arus dan tegangan untuk memonitoring penggunaan listrik yang bisa diakses dengan menghubungkan PZEM-004t ke *blynk*.

4.2 Hasil Pengujian Alat

4.2.1 Pengujian Penjejak Matahari

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan penjejak matahari dengan *single axis* terhadap efisiensi panel surya. Pengukuran dilakukan selama dua hari yang berbeda: hari pertama tanpa menggunakan penjejak matahari dan hari kedua dengan penggunaan penjejak matahari. Penulis menggunakan Arduino sebagai perangkat pengontrol dan alat pengumpulan data yang menggerakkan penjejak matahari.

Tabel 4. 1 Data hasil pengujian panel surya tanpa penjejak matahari tanpa beban

No.	Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Watt (W)	Sudut Elevasi (°)	Sudut Azimut (°)
1	09.00	22.4	1.45	32.48	90	0
2	09.30	21.9	1.55	33.945	90	0
3	10.00	22.3	1.82	40.726	90	0
4	10.30	22.3	1.82	40.726	90	0
5	11.00	22.6	1.87	42.322	90	0
6	11.30	23.5	1.9	44.65	90	0
7	12.00	22.3	2.24	50.032	90	0
8	12.30	23.2	2.09	48.488	90	0
9	13.00	22.5	2.11	47.6975	90	0
10	13.30	22.2	1.94	42.948	90	0
11	14.00	22.7	1.58	35.786	90	0
12	14.30	22.5	1.58	35.535	90	0
13	15.00	22.3	1.16	25.868	90	0
14	15.30	22.6	1.04	23.544	90	0
15	16.00	22.1	0.86	18.706	90	0

Tabel 4. 2 Data hasil pengujian panel surya tanpa penjejak matahari dengan beban

No.	Waktu	Tegangan (V)	Sudut Elevasi ($^{\circ}$)	Sudut Azimut ($^{\circ}$)
1	09.00	12.5	90	0
2	09.30	12.4	90	0
3	10.00	12.53	90	0
4	10.30	12.6	90	0
5	11.00	12.76	90	0
6	11.30	12.7	90	0
7	12.00	13.3	90	0
8	12.30	12.54	90	0
9	13.00	13	90	0
10	13.30	13	90	0
11	14.00	12.82	90	0
12	14.30	12.8	90	0
13	15.00	12.7	90	0
14	15.30	12.6	90	0
15	16.00	12.41	90	0

Dari tabel tersebut, dapat diamati bahwa tegangan, arus, dan daya panel surya bervariasi selama hari, terutama karena perubahan kondisi pencahayaan matahari. Puncak produksi daya terjadi sekitar pukul 12:00, di mana tegangan mencapai 22.3 V, arus mencapai 2.24 A, dan daya mencapai 50.032 W. Sedangkan untuk tabel 4.2 puncak produksi daya terjadi pada pukul 12.00, di mana tegangan mencapai 13.3 V. Ini mengindikasikan bahwa panel surya mencapai produksi daya maksimum ketika matahari berada di titik tertinggi di langit.

Namun, penting untuk dicatat bahwa pada hari tanpa penjejak matahari, panel surya tidak dapat mengikuti pergerakan matahari, sehingga sudut vertikal dan sudut horizontalnya tetap pada 90° dan 0° selama hari itu. Ini dapat menyebabkan potensi pengumpulan energi matahari yang tidak maksimal, terutama ketika matahari bergerak dalam langit. Dengan menggunakan penjejak matahari, panel

surya dapat diatur untuk selalu menghadap ke arah matahari, yang dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi matahari.

Adapun penjelasan mengenai informasi identifikasi tabel sebagai berikut:

1. Waktu: Waktu pengukuran dicatat dalam interval yang berbeda sepanjang hari, dimulai dari pukul 09:00 hingga 16:00 dengan pengambilan data setiap 30 menit sekali.
2. Tegangan (V): Tegangan yang diukur pada panel surya pada berbagai waktu dalam volt (V). Tegangan mengukur potensial listrik yang dihasilkan oleh panel surya.
3. Arus (A): Arus listrik yang diukur pada panel surya pada berbagai waktu dalam ampere (A). Arus mengukur jumlah listrik yang dihasilkan oleh panel surya saat menghadapi sinar matahari
4. Daya (W): Daya listrik yang dihitung berdasarkan tegangan dan arus pada berbagai waktu dalam watt (W). Ini merupakan hasil perkalian antara tegangan dan arus, yang menggambarkan jumlah energi listrik yang dihasilkan panel surya pada saat itu.
5. Sudut Vertikal ($^{\circ}$): Sudut vertikal panel surya yang tetap sepanjang hari. Pada hari pertama, panel surya tidak bergerak secara otomatis, sehingga sudut vertikalnya tetap pada 90° , yang mungkin merupakan sudut tetap yang telah dipilih sebelumnya.
6. Sudut Horizontal ($^{\circ}$): Sudut horizontal panel surya yang juga tetap sepanjang hari. Pada hari pertama, panel surya tidak bergerak, sehingga sudut horizontalnya tetap pada 0° , yang mungkin merupakan sudut tetap yang telah dipilih sebelumnya.

Dari data yang diberikan, dapat disimpulkan bahwa pada hari pertama, panel surya tidak mampu mengikuti pergerakan matahari karena tidak ada penjejak matahari yang digunakan. Oleh karena itu, panel surya tetap pada sudut yang telah ditentukan sepanjang hari (90° vertikal dan 0° horizontal). Meskipun masih

menghasilkan daya, penggunaan sudut tetap ini mungkin tidak mengoptimalkan pengumpulan energi matahari sepanjang hari, terutama ketika matahari bergerak dalam langit.

Tabel 4. 3 Data hasil pengujian panel surya menggunakan penjejak matahari tanpa beban

No.	Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Watt (W)	Sudut Elevasi (°)	Sudut Azimut (°)
1	09.00	22.5	1.98	44.55	45	0
2	09.30	22.3	2.03	45.35	54	0
3	10.00	22.7	2.23	50.821	59	0
4	10.30	22.7	2.23	50.821	65	0
5	11.00	22.5	2.23	50.175	76	0
6	11.30	23	2.2	50.6	91	0
7	12.00	23	2.21	50.83	93	0
8	12.30	23.1	2.25	51.975	101	0
9	13.00	22.5	2.24	50.4	112	0
10	13.30	22.3	2.21	49.283	120	0
11	14.00	22.4	2.24	50.176	129	0
12	14.30	23.2	2.12	49.824	139	0
13	15.00	23	1.85	42.55	153	0
14	15.30	23	1.94	44.62	162	0
15	16.00	23	1.26	28.9	169	0

Tabel 4. 4 Data hasil pengujian panel surya menggunakan penjejak matahari dengan pengisian Akumulator

No.	Waktu	Tegangan (V)	Sudut Elevasi (°)	Sudut Azimut (°)
1	09.00	12.8	45	0
2	09.30	12.8	54	0
3	10.00	12.9	59	0
4	10.30	12.9	65	0
5	11.00	13.2	76	0
6	11.30	12.8	91	0
7	12.00	12.9	93	0
8	12.30	12.8	101	0
9	13.00	12.8	112	0
10	13.30	12.9	120	0
11	14.00	12.3	129	0
12	14.30	13.2	139	0
13	15.00	13	153	0
14	15.30	12.46	162	0
15	16.00	12.7	169	0

Dari perbandingan antara dua set data pengukuran panel surya menggunakan penjejak matahari (tanpa beban dan dengan pengisian beban) yang telah diberikan, dapat dilihat perbedaan kinerja panel surya dalam dua situasi berbeda.

Pengukuran menggunakan Penjejak Matahari tanpa Mengisi Aki:

Tabel pertama menunjukkan pengukuran panel surya dengan penjejak matahari tanpa beban. Beberapa hasil pengukuran penting dari tabel ini adalah:

- Tegangan (V) pada panel surya bervariasi sepanjang hari, mulai dari sekitar 22.3 V hingga 23.2 V.
- Arus (A) juga bervariasi dalam rentang yang cukup besar, dari 1.24 A hingga 2.25 A.
- Daya (W) yang dihasilkan oleh panel surya berkisar antara 27.776 W hingga 51.975 W.
- Sudut vertikal ($^{\circ}$) panel surya bervariasi dari 45° hingga 169° sepanjang pengamatan.
- Sudut horizontal ($^{\circ}$) tetap konstan pada 0° sepanjang pengamatan.

Pengukuran menggunakan Penjejak Matahari dengan Pengisian Beban:

Tabel kedua menunjukkan pengukuran panel surya dengan penjejak matahari yang terhubung dengan pengisian beban. Beberapa hasil pengukuran penting dari tabel ini adalah:

- Tegangan (V) pada panel surya lebih rendah dan relatif konstan, dengan rentang antara 12.3 V hingga 13.2 V sepanjang pengamatan.
- Sudut vertikal ($^{\circ}$) panel surya berada pada sudut $45-169^{\circ}$ sepanjang pengamatan.
- Sudut horizontal ($^{\circ}$) tetap konstan pada 0° sepanjang pengamatan.

Analisis dan Perbandingan:

Dari perbandingan kedua tabel di atas, dapat disimpulkan beberapa hal:

- Daya yang Dihasilkan: Panel surya dengan penjejak matahari tanpa beban menghasilkan daya yang bervariasi lebih tinggi dibandingkan dengan panel surya dengan pengisian beban, terutama pada pukul 12:30 (51.975 W) dibandingkan dengan pukul 12:30 pada tabel kedua (12.54 V). Hal ini menunjukkan bahwa pengisian beban membatasi daya yang dapat dihasilkan oleh panel surya.

- Variasi Tegangan dan Arus: Panel surya tanpa beban memiliki variasi yang lebih besar dalam tegangan dan arusnya sepanjang hari, yang disebabkan oleh perubahan sudut panel yang mengikuti pergerakan matahari. Panel surya dengan pengisian beban memiliki tegangan yang lebih rendah dan kurang variasi karena sudutnya tetap.
- Pengaruh Sudut: Panel surya tanpa beban menyesuaikan sudutnya sepanjang hari, yang memungkinkan untuk mengoptimalkan penangkapan energi matahari pada berbagai sudut. Panel surya dengan pengisian beban memiliki sudut yang tetap, yang dapat memengaruhi penangkapan energi matahari terutama ketika sudutnya tidak cocok dengan pergerakan matahari.

Dalam konteks analisis sebelumnya, perbedaan-perbedaan ini menyoroti pentingnya penjejak matahari dalam mengoptimalkan penangkapan energi matahari dan daya yang dihasilkan oleh panel surya. Panel surya dengan penjejak matahari dapat mengikuti pergerakan matahari, mengatur sudutnya untuk mengoptimalkan penangkapan energi matahari, dan menghasilkan daya yang lebih tinggi dibandingkan dengan panel statis, terutama ketika digunakan tanpa beban. Hal ini menunjukkan bahwa penjejak matahari adalah teknologi yang efektif dalam meningkatkan efisiensi penggunaan energi matahari dan mengoptimalkan produksi energi panel surya.

Panel surya dengan penjejak matahari memiliki kemampuan untuk mengikuti pergerakan matahari sepanjang hari. Pada pukul 10:00, panel ini diatur pada sudut vertikal 59° dan sudut horizontal 0° , yang merupakan sudut yang lebih efisien untuk menangkap sinar matahari, menghasilkan peningkatan daya (50.821 W) dibandingkan dengan panel statis.

Kemudian, pada pukul 12:00, panel surya menggunakan penjejak matahari hampir sejajar dengan sinar matahari pada sudut vertikal 93° dan sudut horizontal 0° , yang adalah sudut ideal untuk mengumpulkan energi maksimum dari matahari, mencapai daya puncak (51.975 W) pada saat ini, yang lebih tinggi daripada panel statis. Selain itu, panel dengan penjejak matahari juga menghasilkan daya yang

lebih tinggi pada pukul 16:00 (28.9 W) dibandingkan dengan panel statis (18.706 W), meskipun intensitas matahari lebih rendah.

Hasil ini menunjukkan bahwa penjejak matahari dapat memaksimalkan pengumpulan energi matahari bahkan pada kondisi cahaya yang kurang optimal. Dengan demikian, penggunaan penjejak matahari pada panel surya pada hari kedua secara signifikan meningkatkan efisiensi pengumpulan energi matahari dibandingkan dengan panel statis pada hari pertama. Panel dengan penjejak matahari dapat mengikuti pergerakan matahari dan mengatur sudutnya untuk mengoptimalkan penangkapan energi matahari, yang menghasilkan peningkatan produksi energi pada hampir semua titik waktu selama pengamatan. Ini membuktikan bahwa penjejak matahari adalah teknologi yang efektif dalam meningkatkan efisiensi penggunaan energi matahari dan mengoptimalkan produksi energi panel surya.

Perhitungan Daya Listrik Berdasarkan Pengukuran Tegangan dan Arus

Untuk menghitung daya (Watt) pada hasil pengambilan data di atas, dapat menggunakan rumus daya listrik:

$$P = V \cdot I$$

Di mana:

- P adalah daya listrik dalam watt (W).
- V adalah tegangan dalam volt (V).
- I adalah arus dalam ampere (A).

Hasil perhitungan pada tabel 4.1 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}1. \quad P_1 &= V_1 \cdot I_1 \\&= 22.4 \text{ V} \times 1.45 \text{ A} = 32.48 \text{ W}\end{aligned}$$

2. $P_2 = V_2 \cdot I_2$
= 21.9 V x 1.55 A = 33.945 W
3. $P_3 = V_3 \cdot I_3$
= 22.3 V x 1.82 A = 40.726 W
4. $P_4 = V_4 \cdot I_4$
= 22.3 V x 1.82 A = 40.726 W
5. $P_5 = V_5 \cdot I_5$
= 22.6 V x 1.87 A = 42.322 W
6. $P_6 = V_6 \cdot I_6$
= 23.5 V x 1.9 A = 44.65 W
7. $P_7 = V_7 \cdot I_7$
= 22.3 V x 2.24 A = 50.032
8. $P_8 = V_8 \cdot I_8$
= 23.2 V x 2.09 A = 48.488 W
9. $P_9 = V_9 \cdot I_9$
= 22.5 V x 2.11 A = 47.6975 W
10. $P_{10} = V_{10} \cdot I_{10}$
= 22.2 V x 1.94 A = 42.948 W
11. $P_{11} = V_{11} \cdot I_{11}$
= 22.7 V x 1.58 A = 35.786 W
12. $P_{12} = V_{12} \cdot I_{12}$
= 22.5 V x 1.58 A = 35.535 W
13. $P_{13} = V_{13} \cdot I_{13}$
= 22.3 V x 1.16 A = 25.868 W
14. $P_{14} = V_{14} \cdot I_{14}$
= 22.6 V x 1.04 A = 23.544 W
15. $P_{15} = V_{15} \cdot I_{15}$
= 22.1 V x 0.86 A = 18.706 W

Hasil perhitungan pada tabel 4.3 sebagai berikut:

$$1. P_1 = V_1 \cdot I_1 \\ = 22.5 \text{ V} \times 1.98 \text{ A} = 44.55 \text{ W}$$

$$2. P_2 = V_2 \cdot I_2 \\ = 22.3 \text{ V} \times 2.03 \text{ A} = 45.35 \text{ W}$$

$$3. P_3 = V_3 \cdot I_3 \\ = 22.7 \text{ V} \times 2.23 \text{ A} = 50.821 \text{ W}$$

$$4. P_4 = V_4 \cdot I_4 \\ = 22.7 \text{ V} \times 2.23 \text{ A} = 50.821 \text{ W}$$

$$5. P_5 = V_5 \cdot I_5 \\ = 22.5 \text{ V} \times 2.23 \text{ A} = 50.175 \text{ W}$$

$$6. P_6 = V_6 \cdot I_6 \\ = 23 \text{ V} \times 2.2 \text{ A} = 50.6 \text{ W}$$

$$7. P_7 = V_7 \cdot I_7 \\ =$$

$$8. P_8 = V_8 \cdot I_8 \\ = 23.1 \text{ V} \times 2.25 \text{ A} = 51.975 \text{ W}$$

$$9. P_9 = V_9 \cdot I_9 \\ = 22.5 \text{ V} \times 2.24 \text{ A} = 50.4 \text{ W}$$

$$10. P_{10} = V_{10} \cdot I_{10} \\ = 22.3 \text{ V} \times 2.21 \text{ A} = 49.283 \text{ W}$$

$$11. P_{11} = V_{11} \cdot I_{11} \\ = 22.4 \text{ V} \times 1.24 \text{ A} = 27.776 \text{ W}$$

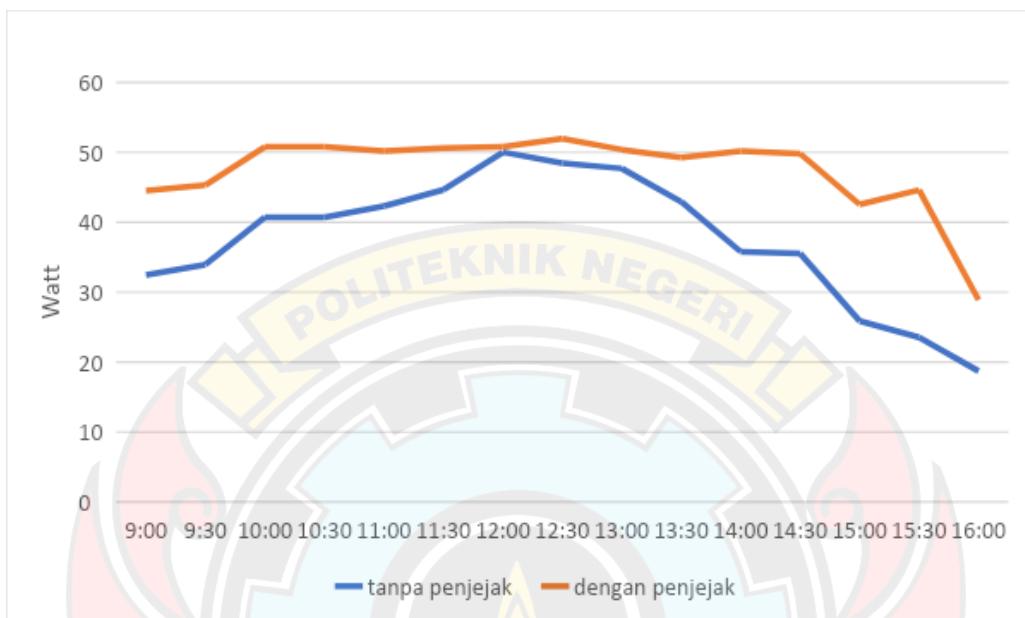
$$12. P_{12} = V_{12} \cdot I_{12} \\ = 23.2 \text{ V} \times 2.12 \text{ A} = 49.824 \text{ W}$$

$$13. P_{13} = V_{13} \cdot I_{13} \\ = 23 \text{ V} \times 1.85 \text{ A} = 42.55 \text{ W}$$

$$14. P_{14} = V_{14} \cdot I_{14} \\ = 23 \text{ V} \times 1.94 \text{ A} = 44.62 \text{ W}$$

$$15. P_{15} = V_{15} \cdot I_{15}$$

$$= 23 \text{ V} \times 1.26 \text{ A} = 28.98$$



Grafik 4.1 Perbandingan Daya (W) pada panel surya tanpa penjejakan dan menggunakan penjejakan matahari

Grafik 4.1 mencantumkan dua set data yang mencatat hasil pengukuran pada dua kondisi yang berbeda, yaitu tanpa penjejakan dan "dengan penjejakan," serta waktu pengukuran. Waktu pengukuran dimulai pukul 09:00-16:00 WITA dengan interval pengambilan data setiap 30 menit sekali. Dapat dilihat bahwa dengan penjejakan matahari menghasilkan nilai yang lebih tinggi daripada data dalam tanpa penjejakan matahari. Ini menunjukkan bahwa penggunaan penjejakan meningkatkan Daya yang dihasilkan oleh panel surya.



Grafik 4.2 Perbandingan sudut pada panel surya tanpa penjejak dan menggunakan penjejak matahari

Grafik 4.2 mencantumkan dua set data yang mencatat hasil perbedaan sudut pada dua kondisi yang berbeda dalam , yaitu tanpa penjejak dan "dengan penjejak," serta waktu pengukuran. Waktu pengukuran dimulai pukul 09:00-16:00 WITA dengan interval pengambilan data setiap 30 menit sekali. Dapat dilihat bahwa dengan penjejak matahari setiap pengambilan data sudutnya berubah dikarenakan mengikuti arah datang sinar matahari, sedangkan tanpa penjejak tidak terjadi perubahan sudut tetap pada posisi 90° .

4.2.1 Pengujian Alat PZEM-004T

Alat ini berfungsi untuk memonitoring daya pada sebuah jaringan listrik, sehingga memungkinkan pengguna untuk mengamati dan menganalisis parameter listrik seperti tegangan, arus, daya aktif, daya reaktif, dan daya semu dalam jaringan tersebut secara real-time."

Tabel 4.5 Data hasil pengujian Alat PZEM-004T yang menggunakan beban lampu listrik sebagai objek pengujian.

No.	Waktu Pengukuran	Data Pengukuran Arus	Data Pengukuran Daya	Data Pengukuran Tegangan	Data Pengukuran Energi
1	21.00	00.4 A	3.8 W	220.8 V	0.26 kWh
2	21.10	00.4 A	3.8 W	221.9 V	0.26 kWh
3	21.20	00.4 A	3.8 W	221.1 V	0.26 kWh
4	21.30	00.4 A	3.8 W	221.1 V	0.27 kWh
5	21.40	00.4 A	3.7 W	221.2 V	0.27 kWh
6	21.50	00.4 A	3.8 W	220.8 V	0.27 kWh
7	22.00	00.4 A	3.8 W	221.1 V	0.27 kWh

Tabel 4.6 Data hasil pengujian Alat PZEM-004T yang menggunakan beban Charger Handphone yang sedang mengisi daya sebagai objek pengujian.

No.	Waktu Pengukuran	Data Pengukuran Arus	Data Pengukuran Daya	Data Pengukuran Tegangan	Data Pengukuran Energi
1	16.00	0.13 A	15.1 W	218.5 V	0.27 kWh
2	16.10	0.12 A	14.4 W	218.4 V	0.27 kWh
3	16.20	00.9 A	9.5 W	218.4 V	0.27 kWh
4	16.30	0.1 A	10.9 W	218.3 V	0.27 kWh
5	16.40	00.7 A	6.4 W	218.2 V	0.27 kWh
6	16.50	00.6 A	5.2 W	218 V	0.27 kWh
7	17.00	00.8 A	7.9 W	217.9 V	0.27 kWh

4.2.2 Pengujian cara menyalakan dan mematikan lampu menggunakan aplikasi blynk

Setelah melakukan pengujian hasil pengujinya menunjukkan bahwa penggunaan aplikasi Blynk untuk mengendalikan lampu berjalan dengan baik dan sesuai harapan. Lampu menyala dan mati dengan respons yang cepat, dan tidak ada masalah teknis yang ditemukan selama pengujian. Namun, penting untuk tetap menjaga keamanan sistem. Secara keseluruhan, aplikasi Blynk terbukti menjadi solusi yang handal dan efisien untuk pengendalian lampu jarak jauh.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diatas, dapat disimpulkan:

1. Berdasarkan hasil penelitian, telah berhasil merancang dan membuat penjejak matahari pada panel surya berbasis arduino. Panel surya penjejak matahari mengikuti arah matahari dari pukul 09:00-16:00 dimulai dari sudut 45° pada pukul 09:00 hingga sudut 169° pada pukul 16:00.
2. Setelah melakukan penelitian, dapat diketahui prinsip kerja tracking panel surya. Penelitian ini menggunakan penjejak matahari *single axis* yang menggerakkan panel surya secara otomatis mengikuti pergerakan matahari sepanjang hari hanya dalam satu sumbu (timur-barat), sehingga panel surya selalu menghadap ke arah matahari secara optimal untuk meningkatkan efisiensi pengumpulan energi surya. Dengan menggunakan penjejak matahari mendapatkan puncak daya tertinggi 51.975 watt pada pukul 12:30 sedangkan puncak daya tertinggi tanpa penjejak matahari 50.032 watt pada pukul 12:00.
3. PZEM-004T telah terbukti sebagai alat yang sangat efektif dalam memonitor penggunaan listrik yang berasal dari panel surya. Dapat dilihat hasil monitoring penggunaan listrik pada tabel 4.5 dan tabel 4.6 Alat ini mampu memberikan data yang akurat dan terperinci tentang produksi energi surya dan konsumsi listrik, memungkinkan pemilik panel surya untuk mengoptimalkan penggunaan energi, menghemat biaya listrik, dan mengidentifikasi masalah dalam sistem dengan cepat.
4. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kontrol lampu menggunakan ESP32, relay, dan Blynk dapat menyalakan dan mematikan lampu secara otomatis. Kontrol lampu menggunakan ESP32 merupakan solusi yang efektif dan responsif untuk mengotomatisasi dan meningkatkan pengendalian pencahayaan ruangan. Dengan kemampuan ini, pengguna dapat mengoptimalkan penggunaan energi dan kenyamanan di dalam rumah.

5.2 Saran

Adapun saran dari penulis dalam pengembangan tugas akhir ini adalah:

1. Gunakanlah penggerak selain motor servo untuk mengangkat panel surya dengan beban yang berat.
2. Penulis berharap agar penilitian ini bisa diimplementasikan secara langsung agar berguna bagi masyarakat



DAFTAR PUSTAKA

ATONENERGI. 3 Jenis Panel Surya, Mana Yang Terbaik?. <https://atonergi.com/3-jenis-panel-surya-mana-yang-terbaik/>. Diakses pada tanggal 3 Januari.

Dickson Kho. 2022. Pengertian Motor DC dan Prinsip Kerjanya. <https://teknikelektronika.com/pengertian-motor-dc-prinsip-kerja-dc-motor/>. Diakses pada tanggal 24 Desember 2022

Dickson Kho. 2022. Pengertian Sel Surya (Solar Cell) dan Prinsip Kerjanya. <https://teknikelektronika.com/?s=Sel+Surya+%28Solar+Cell%29%2C+Pengertian+dan+Prinsip+Kerjanya>. Diakses pada tanggal 25 Desember 2022

Firdaus dan Ahmad Yani. 2019. Rancang Bangun Penjejak Matahari untuk Optimasi Panel Surya. <http://digilib.poliupg.ac.id>

Hicell. Apa itu inverter pada sistem PLTS? Dan apa fungsinya?. <https://hicell.co.id/apa-itu-inverter-pada-sistem-plts-dan-apa-fungsinya/>. Diakses pada tanggal 9 Januari 2023.

Kementerian ESDM. Matahari untuk PLTS di Indonesia. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/matahari-untuk-plts-di-indonesia> Diakses 8 Januari 2023

Kusuma dan Muhammad Andi Ubaidillah. 2022. Rancang dan Implementasi Smart Home System Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan LORA, <http://digilib.poliupg.ac.id/view/year/2022.html>

Mahardika,Gema. 2021. Perancangan *Solar Angle Tracking* sebagai Penentu Kemiringan *Photovoltaic* menggunakan Sensor LDR berbasis *Internet of Things*.

Rizky, Bagus M. 2020. Penggunaan Arduino UNO sebagai Alat *Tracking Matahari* pada PLTS 200 WP dengan Sistem *Solar charge*. Medan: Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Sanspower. 2020. Penuhi Kebutuhan Listrik Dengan Panel Surya Dan Dapatkan Segudang Manfaatnya. <https://www.sanspower.com/panel-surya-prinsip-kerja-dan-kegunaan-yang-bisa-didapatkan.html>. Diakses pada 26 Desember 2022.

SUN TERRA. APA ITU INVERTER PANEL SURYA?.
<https://www.sunterra.id/apa-itu-inverter-panel-surya/>. Diakses pada tanggal 5 Januari 2023.

Wikipedia. Pengertian Arduino. <https://id.wikipedia.org/wiki/Arduino>. Diakses pada 8 Januari 2023.

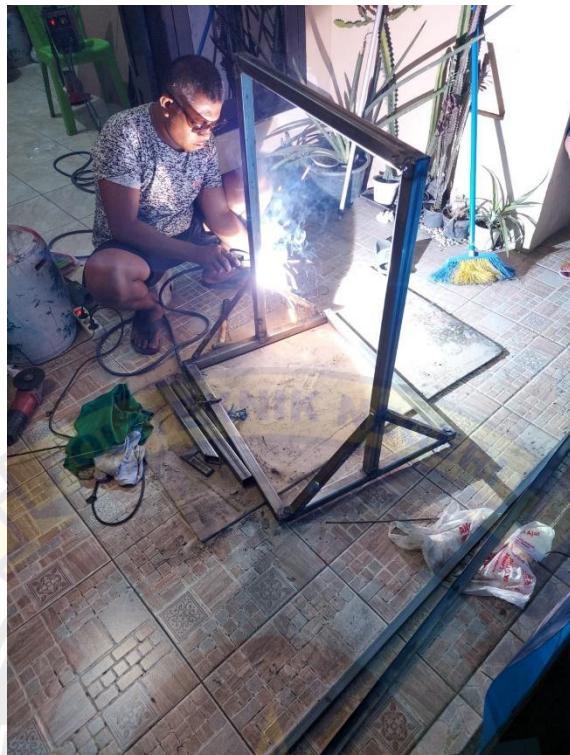
2020. JUAL SOLAR CELL / PANEL SURYA HARGA MURAH
TERLENGKAP. <https://www.solarcellsurya.com/jenis-panel-surya/>.
Diakses pada 23 Desember 2022.



LAMPIRAN

Pengerjaan Alat

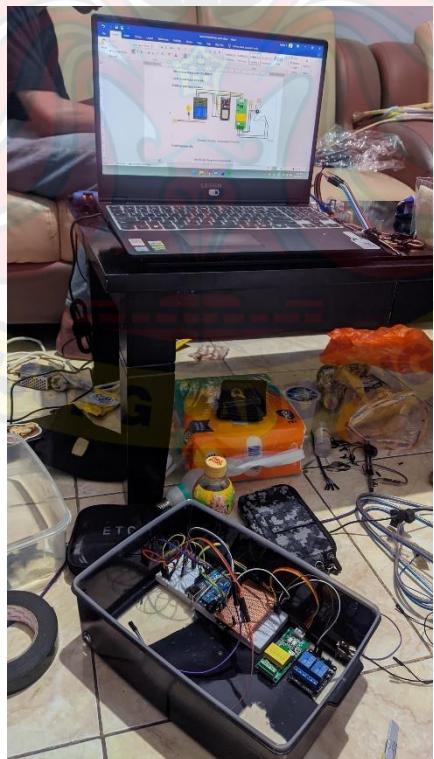














Pengujian Alat



Lampiran Program Kontroller Arduino

```
#include <Servo.h>

Servo myservo; // Membuat objek dari kelas Servo
int ldr1Pin = A0; // Pin analog LDR pertama
int ldr2Pin = A1; // Pin analog LDR kedua
int initialPosition = 45; // Posisi awal servo (45 derajat)
int minPosition = 5; // Posisi minimum servo (20 derajat)
int maxPosition = 100; // Posisi maksimum servo (80 derajat)

void setup() {
    myservo.attach(9); // Motor servo terhubung ke pin 9
    myservo.write(initialPosition); // Mengatur posisi awal servo
}

void loop() {
    int ldr1Value = analogRead(ldr1Pin); // Membaca nilai LDR pertama
    int ldr2Value = analogRead(ldr2Pin); // Membaca nilai LDR kedua

    // Menghitung perbedaan intensitas cahaya antara dua LDR
    int lightDifference = ldr1Value - ldr2Value;

    // Menghitung sudut untuk menggerakkan motor servo
    int servoAngle = map(lightDifference, -1023, 1023, minPosition,
    maxPosition);

    // Menggerakkan motor servo
    myservo.write(servoAngle);

    delay(1000); // Delay agar tidak bergerak terlalu cepat
}
```

Lampiran Program Kontroller Sensor PZEM-004T dan Kontrol Nyala Lampu

```
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL6fAHPMHGQ"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "Quickstart Template"
#include <Arduino.h>
#include <WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>
#include <PZEM004Tv30.h>

#if defined(ESP32)
PZEM004Tv30 pzem(Serial2, 16, 17);
#else
PZEM004Tv30 pzem(Serial2);
```

```

#endif

char auth[] = "ayKcoMDeHBD87x-nAUVViIkiRRA0VBPv";
char ssid[] = "Fly";
char pass[] = "12345678";

const int relayPin = 4;

BlynkTimer timer;

void setup() {
    Serial.begin(115200);
    Serial2.begin(9600); // Initialize Serial2 for PZEM-004Tv30
    Blynk.begin(auth, ssid, pass);

    pinMode(relayPin, OUTPUT);
    digitalWrite(relayPin, LOW); // Matikan relay saat booting

    timer.setInterval(1000L, toggleRelay); // Periode pengulangan 1000ms (1
detik)
}

void loop() {
    Blynk.run();
    timer.run();

    float voltage = pzem.voltage();
    float current = pzem.current();
    float power = pzem.power();
    float energy = pzem.energy();
    float frequency = pzem.frequency();

    Serial.println("Voltage: " + String(voltage) + " V");
    Serial.println("Current: " + String(current) + " A");
    Serial.println("Power: " + String(power) + " W");
    Serial.println("Energy: " + String(energy) + " Wh");
    Serial.println("Frequency: " + String(frequency) + " Hz");

    // Kirim data ke widget Blynk
    Blynk.virtualWrite(V1, voltage); // V1 adalah ID widget di proyek Blynk
Anda
    Blynk.virtualWrite(V2, current); // V2 adalah ID widget di proyek Blynk
Anda
    Blynk.virtualWrite(V3, power); // V3 adalah ID widget di proyek Blynk
Anda
    Blynk.virtualWrite(V4, energy); // V4 adalah ID widget di proyek Blynk
Anda
    Blynk.virtualWrite(V5, frequency); // V5 adalah ID widget di proyek Blynk
Anda
}

```

```
}

void toggleRelay() {
    int pinValue = digitalRead(relayPin);
    Blynk.virtualWrite(V0, pinValue);
}

BLYNK_WRITE(V6) {
    int pinValue = param.asInt(); // Mendapatkan nilai dari tombol di widget
    Blynk
    digitalWrite(relayPin, pinValue); // Mengendalikan relay berdasarkan nilai
    tombol
    Blynk.virtualWrite(V0, pinValue); // Mengirim status relay ke widget Blynk
}
```



LEMBAR REVISI JUDUL PROYEK / TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA : A. Ahmad Fadhel P / Afza Nur Faiz Haedar
 STAMBUK : 3222005 / 3222057

Catatan Penguji :

No	Nama	Uraian	Tanda Tangan
1	Yedi	<ul style="list-style-type: none"> - flowchart - bantuan, defter pustaka, gaulan rumah mesjid, defter pustaka, buku 	
2	Rival A Duy	<ul style="list-style-type: none"> - jawaban tigan - grafik sifat fungsi trigon 	

Makassar,
 Ketua / Sekretaris Penguji,


 Yedi Gagay Syafii, Lc., M.Si

Catatan: Jika ada perubahan Judul Tugas Akhir konfirmasikan secepatnya ke bagian Akademik.

FM-Q 42.ed.A rev.0