

LAPORAN PROYEK AKHIR

ANALISIS PERBANDINGAN OUTPUT PANEL SURYA MENGUNAKAN METODE PENDETEKSIAN CAHAYA DAN PENDETEKSIAN OUTPUT TEGANGAN PANEL SURYA

Mishael Jehoshua
NIM. 2021312018

Pembimbing
Edilla, S.S.T., M.T.

PROGRAM STUDI
TEKNOLOGI REKAYASA MEKATRONIKA
POLITEKNIK CALTEX RIAU

LAPORAN PROYEK AKHIR

ANALISIS PERBANDINGAN OUTPUT PANEL SURYA MENGUNAKAN METODE PENDETEKSIAN CAHAYA DAN PENDETEKSIAN OUTPUT TEGANGAN PANEL SURYA

Mishael Jehoshua
NIM. 2021312018

Pembimbing
Edilla, S.S.T., M.T.

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA MEKATRONIKA
POLITEKNIK CALTEX RIAU
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PERBANDINGAN OUTPUT PANEL SURYA MENGUNAKAN METODE PENDETEKSIAN CAHAYA DAN PENDETEKSIAN OUTPUT TEGANGAN PANEL SURYA

Mishael Jehoshua
NIM. 2021312018

Proyek Akhir ini diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk
memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T)
di Politeknik Caltex Riau
Pekanbaru, 29 Juli 2024

Disetujui Oleh:

Pembimbing,

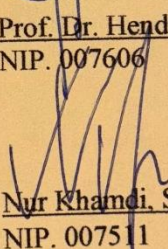


Edilla, S.S.T., M.T.
NIP.038004

Penguji,



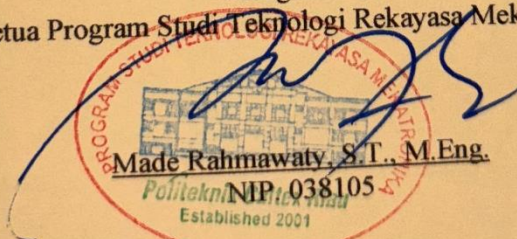
Prof. Dr. Hendriko, S.T., M.Eng.
NIP. 007606



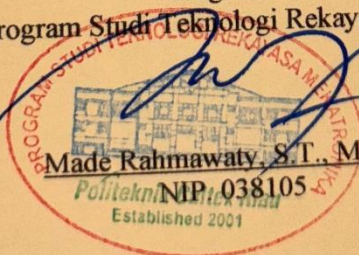
Nur Khamdi, S.Si., M.T.
NIP. 007511

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika



Made Rahmawaty, S.T., M.Eng.
NIP. 038105



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam proyek akhir yang berjudul:

“Analisis Perbandingan Output Panel Surya Menggunakan Metode Pendeteksian Cahaya Dan Pendeteksian Output Tegangan Panel Surya”

Adalah benar hasil karya saya, dan tidak mengandung karya ilmiah atau tulisan yang pernah diajukan di suatu Perguruan Tinggi.

Setiap kata yang dituliskan tidak mengandung plagiat, pernah ditulis maupun diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis yang diacu dalam laporan proyek akhir ini dan disebutkan pada Daftar Pustaka. Saya siap menanggung seluruh akibat apabila terbukti melakukan plagiat.

Pekanbaru, 29 Juli 2024

Mishael Jehoshua

ABSTRAK

Penggunaan panel surya sebagai pembangkit listrik merupakan salah satu inovasi dalam memanfaatkan sumber daya terbarukan dengan emisi rendah. Namun, efisiensi panel surya dalam menerima cahaya matahari masih dapat ditingkatkan, salah satunya melalui penggunaan sistem penjejak matahari. Umumnya, sistem ini menggunakan sensor cahaya seperti Light Dependent Resistor (LDR) untuk melacak keberadaan sumber cahaya matahari, namun penambahan perangkat seperti ini berpotensi meningkatkan kesalahan serta biaya perawatan. Dalam penelitian ini mengembangkan sistem penjejak matahari yang memanfaatkan tegangan keluaran dari panel surya itu sendiri sebagai parameter untuk mengarahkan posisi panel. Tegangan keluaran ini diukur oleh sensor tegangan dan diproses oleh Arduino untuk mengoptimalkan arah pergerakan panel surya, sehingga meningkatkan efisiensi penyerapan energi tanpa memerlukan perangkat tambahan yang kompleks.

Kata Kunci : Panel Surya, Penjejak Matahari, Sensor Tegangan, Mikrokontroler Arduino UNO.

ABSTRACT

The use of solar panels as a power source is an innovation in harnessing renewable energy with low emissions. However, the efficiency of solar panels in capturing sunlight can still be improved, one approach being the use of solar tracking systems. Typically, such systems employ light sensors like Light Dependent Resistors (LDR) to track the position of the sunlight, but the addition of such devices can increase potential errors and maintenance costs. This research develops a solar tracking system that utilizes the output voltage from the solar panel itself as a parameter for adjusting the panel's orientation. This output voltage is measured by a voltage sensor and processed by an Arduino to optimize the panel's movement direction, thereby enhancing energy absorption efficiency without the need for complex additional devices.

Keywords: *Solar Panels, Solar Tracker, Voltage Sensor, Arduino UNO Microcontroller*

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur atas kehadiran Tuhan YME karena berkat rahmat dan kekuatan-Nya penulis dapat menyelesaikan proyek akhir yang berjudul “Analisis Perbandingan Output Panel Surya Menggunakan Metode Pendeteksian Cahaya Dan Pendeteksian Output Tegangan Panel Surya”. Laporan proyek akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan jenjang Pendidikan Diploma IV pada Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika Politeknik Caltex Riau.

Pada kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak memberikan bantuan, motivasi, dan dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung. Ucapan terima kasih tersebut penulis tujukan kepada:

1. Tuhan YME dengan rahmat dan kekuatan-Nya kepada penulis dari awal pengerjaan proyek akhir sampai selesai.
2. Bapak Dr. Dadang Syarif Sihabudin Sahid, S.Si.,M.Sc., selaku Direktur Politeknik Caltex Riau.
3. Bapak Edilla S.ST., M.T. Selaku pembimbing Proyek Akhir yang telah memberikan banyak ilmu, bantuan, dan dukungan selama masa pengerjaan Proyek Akhir.
4. Bapak Dr. Hendriko, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji I yang sudah memberikan arahan dan ilmu untuk Proyek Akhir ini.
5. Bapak Nur Khamdi, S.Si., M.T. selaku Dosen Penguji II yang sudah memberikan arahan dan ilmu untuk Proyek Akhir ini.
6. Seluruh keluarga yang selalu memberikan dukungan, motivasi, dan doa kepada penulis selama pengerjaan proyek akhir ini.
7. Teman-teman Mekatronika G20 Politeknik Caltex Riau seperjuangan dalam penyelesaian proyek akhir ini.

Penulis menyadari bahwa pada laporan proyek akhir masih jauh dari kata sempurna sehingga penulis sangat mengharapkan segala kritik, saran, dan masukan yang bersifat membangun. Penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Pekanbaru, 29 Juli 2024

Mishael Jehoshua

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan dan Manfaat.....	4
1.4.1 Tujuan.....	4
1.4.2 Manfaat.....	4
1.5 Metodologi Penelitian.....	4
1.5.1 Studi Literatur.....	4
1.5.2 Identifikasi Masalah.....	5
1.5.3 Perancangan.....	6
1.5.4 Laporan.....	6
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Penelitian Terdahulu.....	8
2.2 Landasan Teori.....	10
BAB III PERANCANGAN.....	23
3.1 Perancangan Sistem.....	23
3.1.1 Diagram Blok.....	23
3.2 Perancangan Mekanik.....	24
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS.....	29
4.1 Implementasi <i>design</i>	29
4.1 Pengujian nilai tegangan panel surya berdasarkan intensitas cahaya matahari.....	34
4.2 Pengujian nilai tegangan keluaran panel surya tertinggi.....	37
4.3 Pengujian Proses Siklus Penjejukan Cahaya Matahari.....	39
4.4 Analisis nilai tegangan panel surya berdasarkan nilai tegangan tertinggi dan nilai intensitas cahaya tertinggi.....	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	55

5.1	KESIMPULAN	55
5.2	Saran.....	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Jenis-Jenis Panel Surya	11
Gambar 2. 2 Spektrum Cahaya Matahari	12
Gambar 2. 3 Spektrum Cahaya Matahari yang Dapat Diterima Oleh Silikon	12
Gambar 2. 4 Sensor Tegangan	13
Gambar 2. 5 Sensor Tegangan Bagian Bawah	13
Gambar 2. 6 Sensor Tegangan Bagian Atas	14
Gambar 2. 7 Rangkaian Pada Sensor Tegangan	14
Gambar 2. 8 Motor DC	15
Gambar 2. 9 Motor DC Linear	15
Gambar 2. 10 Motor Driver	16
Gambar 2. 11 Motor Driver L298N	16
Gambar 2. 12 Real Time Clocking	17
Gambar 2. 13 Baterai CR2032	18
Gambar 2. 14 Solar Charge Controller	19
Gambar 2. 15 Baterai Penyimpanan 12v	20
Gambar 2. 16 Arduino Uno	21
Gambar 2. 17 Arduino UNO Pinout	21
Gambar 3. 1 Diagram Blok Sistem	23
Gambar 3. 2 Flowchart Sistem	24
Gambar 3. 3 Tampak Isometrik	24
Gambar 3. 4 Tampak Samping	25
Gambar 3. 5 Panel Box	25
Gambar 3. 6 Perancangan Rangkaian Elektronika	27

Gambar 4. 1 Hasil Implementasi Design	29
Gambar 4. 2 Tampak Depan dan Tampak Samping Alat.....	30
Gambar 4. 3 Panel Box.....	30
Gambar 4. 4 Tampilan LCD	31
Gambar 4. 5 Tampilan LCD Before dan Now	32
Gambar 4. 6 Tampilan LCD Comparing	32
Gambar 4. 7. Tampilan LCD System Off, Waiting...”	33
Gambar 4. 8 Pengukuran Nilai Tegangan Berdasarkan Intensitas Cahaya Matahari Tertinggi.....	34
Gambar 4. 9 Grafik Intensitas Rata-rata Cahaya Matahari	37
Gambar 4. 10 Pengukuran Tegangan Output Panel Surya	38
Gambar 4. 11 Posisi Benang Sebelum dan Sesudah Motor Dijalankan	40
Gambar 4. 12 Tampilan LCD Non-Aktif dan Tampilan LCD	42
Gambar 4. 13 Program Pembacaan Tegangan	42
Gambar 4. 14 Program Menjalankan Motor/ Menggerakkan Panel Surya	43
Gambar 4. 15 Program Menjalankan Motor Kedua Kalinya	43
Gambar 4. 16 Program untuk membandingkan tegangan yang didapatkan	44
Gambar 4. 17 Tampilan Serial Monitor Tegangan di posisi Ke 3 Tertinggi.....	44
Gambar 4. 18 Tampilan Serial Monitor Tegangan Tertinggi Berada pada Posisi Ke 2	45
Gambar 4. 19 Tampilan Pada Serial Monitor Kembali menuju Titik Awal.....	45
Gambar 4. 20 Tampilan Serial Monitor Motor Reset	45
Gambar 4. 21 Grafik Rata-Rata Tegangan Keluaran Panel Surya dan Intensitas Cahaya Matahari	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel Penelitian Terdahulu.....	9
Tabel 2. 2 Spesifikasi Sel Surya	11
Tabel 4. 1 Tabel Nilai Tegangan dan Intensitas Cahaya Dengan Metode Pengukuran Intensitas Cahaya Tertinggi	35
Tabel 4. 2 Nilai Tegangan Panel Surya Berdasarkan Metode Pengukuran Nilai Tegangan Panel Surya Tertinggi.....	38
Tabel 4. 3 Pengujian waktu pergerakan panel surya terhadap respon tegangan panel surya tertinggi.....	41
Tabel 4. 4 Tabel Perbandingan nilai tegangan dengan kedua metode yang berbeda pada Hari Pertama	46
Tabel 4. 5 Tabel Perbandingan nilai tegangan dengan kedua metode yang berbeda pada Hari Kedua.....	47
Tabel 4. 6 Tabel Perbandingan nilai tegangan dengan kedua metode yang berbeda pada Hari ketiga	49
Tabel 4. 7 Analisa Nilai Tegangan Dengan Menggunakan Metode 1 dan Metode 2	51

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini, penggunaan sumber daya terbarukan telah menjadi salah satu langkah maju yang signifikan dalam ranah teknologi. Ini menandakan sebuah perubahan pandangan yang menekankan pada pemanfaatan sumber daya yang tak terbatas dan ramah lingkungan. Perbedaannya jelas terlihat jika dibandingkan dengan ketergantungan pada sumber daya fosil yang tidak hanya terbatas dalam ketersediaannya tetapi juga menyebabkan dampak negatif yang serius terhadap lingkungan, seperti polusi udara dan kerusakan lahan. Dalam konteks ini, penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) memainkan peran yang sangat penting dan berdampak besar. PLTS tidak hanya menawarkan sumber energi yang bersih dan tak terbatas, tetapi juga memberikan solusi yang efektif untuk mengatasi masalah-masalah lingkungan yang dihadapi oleh pembangkit energi tradisional. Dengan demikian, PLTS tidak hanya membantu mengurangi emisi karbon tetapi juga membantu mengurangi tekanan terhadap sumber daya alam yang terbatas, serta meminimalkan risiko kerusakan lingkungan yang lebih lanjut. Oleh karena itu, pergeseran menuju penggunaan energi terbarukan seperti PLTS telah menjadi salah satu langkah penting dalam menjaga keberlanjutan lingkungan hidup kita serta menciptakan masa depan yang lebih bersih dan berkelanjutan bagi generasi mendatang.

Dalam penggunaan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) komponen utama yang paling penting dalam perubahan cahaya matahari menjadi energi listrik adalah panel surya. Di dalam panel surya terdapat beberapa sel surya yang dapat mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Sel surya ini bersifat photovoltaic oleh karena itu setiap kali sel surya ini menerima cahaya matahari, maka akan secara langsung mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik tanpa adanya proses mekanisme.

Tegangan listrik yang dihasilkan oleh sebuah panel surya adalah relatif kecil, sekitar 0,6V tanpa beban atau 0,45V dengan beban. Untuk mencapai tegangan listrik yang besar, diperlukan beberapa sel surya yang diatur secara seri. Misalnya, dengan menyusun 36 keping sel surya secara seri, kita dapat menghasilkan tegangan sekitar 16V. Tegangan ini sudah

cukup untuk menghidupkan aki 12V. Dengan demikian, dengan menyusun sekitar 10 hingga 20 atau bahkan lebih banyak panel surya, kita dapat menghasilkan arus dan tegangan yang cukup tinggi untuk memenuhi kebutuhan energi sehari-hari. (Bambang Hari Purwoto, 2018)

Umumnya di Indonesia, pemasangan panel surya masih dipasangkan secara konvensional yang dimana panel surya dipasangkan secara statis menghadap ke langit. Cara ini merupakan cara dasar dalam pemasangan sebuah panel surya. Dikarenakan pemasangan panel surya yang dibuat statis maka hal ini akan berpengaruh terhadap cahaya matahari yang dapat diterima oleh panel surya. Tegangan maksimum yang dapat dikeluarkan oleh panel surya adalah ketika sinar matahari berada tepat tegak lurus dengan posisi panel surya. Pemasangan panel surya biasanya memperhitungkan panel surya berada tegak lurus dengan cahaya matahari pukul 12:00 hingga 13:00. Oleh karena itu ketika cahaya matahari tidak berada tepat lurus dengan panel surya dapat membuat panel surya tidak mengeluarkan tegangan maksimal dari sel surya.

Dikarenakan kebutuhan energi listrik yang meningkat serta perlu dinaikkannya tingkat keefektifan dari sebuah panel surya, maka dengan dibuatnya panel surya yang dapat terus menerus mengikuti pergerakan sinar matahari sehingga dapat membuat panel surya berada tegak lurus dengan sinar matahari setiap harinya diharapkan dapat membuat performa dari sebuah panel surya dapat terus digunakan dengan maksimal karena cahaya matahari dapat terus berada tegak lurus dengan panel surya.

Sistem penjejak matahari merupakan salah satu jawaban atas permasalahan tersebut. Sistem ini menggunakan sensor cahaya sebagai alat pendeteksi keberadaan sumber cahaya matahari. Umumnya terdapat 2 atau lebih sensor cahaya yang menjadi penentu arah gerak panel surya. Ketika salah satu sensor cahaya menerima cahaya yang intensitasnya lebih besar dibandingkan sensor lainnya, maka panel surya akan secara otomatis bergerak ke arah sensor yang mendeteksi sumber cahaya matahari yang lebih besar sampai di kondisi ketika masing-masing sensor mendapatkan intensitas cahaya matahari yang sama.

Berdasarkan pembahasan mengenai sistem ini yang menggunakan sensor cahaya, maka yang menjadi acuannya adalah sensor tersebut dikarenakan peran panel surya hanya menjadi pengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Sedangkan, cahaya matahari memiliki spektrum yang sangat luas dan panel surya yang berbahan dasar silikon dapat

mencakup cahaya tampak hingga tak tampak. Akan tetapi, pada sensor cahaya (Light Dependent Resistor) hanya dapat mendeteksi cahaya tampak saja.

Dalam beberapa penelitian yang telah dilakukan beberapa peneliti terdahulu, spektrum warna yang diterima oleh panel surya sangat berpengaruh dalam penghasilan energi listrik dari panel surya. Pada panel surya yang berbahan dasar silikon mampu merespon spektrum cahaya mulai dari 380nm yaitu warna ungu hingga panjang gelombang 1125nm yang merupakan gelombang cahaya tak tampak yaitu near infrared dan respon peak dari spektrum cahaya matahari di sekitar 750-1000 nm yang dimana merupakan spektrum cahaya tak tampak. (Science, 2019)

Beberapa peneliti juga membuktikan ketika warna cahaya yang diterima oleh panel surya dapat mempengaruhi kekuatan sel surya dalam menghasilkan energi listrik. Oleh karena itu pada-poin poin yang disebutkan ini dapat menjadi salah satu cara memaksimalkan kekuatan panel surya dalam menghasilkan energi listrik.

Oleh karena itu, dapat dilihat bahwa apabila menggunakan panel surya itu sendiri sebagai alat penjejak cahaya matahari dapat lebih menaikkan tingkat keefektifan penghasilan energi listrik dari cahaya matahari. Dan melalui proyek ini akan dibangun sebuah mekanisme alat yang dapat menggerakkan sel surya agar terus mengikuti arah sumber cahaya matahari dengan menggunakan nilai output tegangan pada panel surya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada di atas:

1. Bagaimana menjejak matahari dengan menggunakan output panel surya
2. Bagaimana membuat algoritma pemrograman agar dapat menjejak keberadaan matahari?

1.3 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah dalam pembuatan proyek akhir ini adalah:

1. Alat ini akan menggunakan arduino UNO sebagai mikrokontroler
2. Tegangan yang dihasilkan untuk sel surya ini sekitar 0-24 volt
3. Alat ini akan menggunakan motor DC linear sebagai penggerak.
4. Rangkaian ini akan menggunakan sensor tegangan untuk

- mendeteksi posisi keberadaan dari sinar matahari dan menggunakan *RealTime Clocking* sebagai pewaktu dalam mikrokontroler
5. Alat ini diuji di jalan Garuda, Payung Sekaki, Pekanbaru, Riau, Indonesia.
 6. Pengujian nilai tegangan dan intensitas cahaya matahari dilaksanakan pada hari yang sama selama 10 hari dalam rentang waktu setiap 15 menit

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan nilai tegangan keluaran panel surya dengan menggunakan metode pengukuran intensitas cahaya matahari dan tegangan keluaran tertinggi panel surya itu sendiri

1.4.2 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah menjadi referensi sistem penjejak matahari dengan output tegangan panel surya.

1.5 Metodologi Penelitian

1.5.1 Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan meliputi pencarian bahan dan komponen lainnya dengan cara mempelajari buku-buku yang relevan dengan proyek akhir. Memahami perancangan mengenai Solar Tracking Panel. Melakukan sharing pendapat dengan dosen serta teman-teman pada pembuatan proyek akhir. Serta mencari jurnal ilmiah atau buku yang terkait dengan proyek akhir di internet.

Dalam tahap awal proyek ini, penulis sedang aktif berusaha untuk memperdalam pemahaman tentang berbagai komponen yang akan digunakan. Ini mencakup studi dari berbagai sumber yang tersedia tentang sel surya, Arduino Uno sebagai mikrokontroler, dan Sensor tegangan sebagai pengukur tegangan output solar panel. Penulis berkomitmen untuk memahami secara menyeluruh setiap

aspek teknis dari komponen-komponen ini agar dapat mengintegrasikannya dengan baik dalam proyek yang sedang dilakukan. Selanjutnya, penulis juga tengah fokus pada pemahaman mendalam tentang prinsip dan mekanisme yang terlibat dalam operasi dari sebuah sistem pembersihan permukaan panel surya secara otomatis. Langkah ini diambil agar penulis mampu merancang solusi yang tidak hanya efektif tetapi juga efisien dalam menjalankan tugasnya. Dengan kombinasi pemahaman yang kuat tentang komponen-komponen inti serta prinsip-prinsip yang mendasari fungsi sistem, diharapkan proyek ini dapat menghasilkan hasil yang memuaskan dan relevan.

1.5.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan studi literatur yang dilakukan, maka identifikasi masalah yang didapat adalah pengontrolan keseluruhan sistem menggunakan mikrocontroller.

1.5.3 Perancangan

1.5.3.1 Perancangan Mekanik

Merancang desain mekanik pergerakan dan model Solar Tracker Panel dengan menggunakan software SolidWorks. Desain alat ini meliputi posisi letak dari sensor, letak dari mikrocontroller dan posisi tiap-tiap komponen seperti panel surya, solar charging, dll.

1.5.3.2 Perancangan Kontrol

Perancangan kontrol yang dilakukan dengan merancang program pada software Proteus untuk pengontrolan menggunakan mikrocontroller. Membuat laporan hasil penelitian yang sudah dilakukan pada “Solar Tracker Panel”.

1.5.4 Laporan

Membuat laporan hasil penelitian yang sudah dilakukan pada “SOLAR TRACKER PANEL BERDASARKAN PENGUKURAN OUTPUT TEGANGAN PANEL SURYA”

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan proposal proyek akhir ini secara keseluruhan terdiri dari empat bagian, masing-masing terdiri dari beberapa sub bagian. Adapun pokok pembahasan dari masing-masing bagian tersebut secara garis besar sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bagian ini menguraikan tentang latar belakang masalah, perumusan masalah dan ruang lingkup masalah, tujuan dan manfaat penelitian, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bagian ini menguraikan beberapa hasil penelitian terdahulu dan landasan teori yang diperlukan untuk merancang sistem.

BAB III PERANCANGAN

Bagian ini menjelaskan tentang perancangan sistem terdiri dari perancangan sistem yang akan dibangun.

BAB IV JADWAL DAN PERKIRAAN BIAYA

Bagian ini berisi informasi mengenai jadwal pengerjaan proyek akhir dan perkiraan biaya yang dibutuhkan untuk pengerjaan proyek akhir.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Pada skripsi yang ditulis oleh Aprizal Faruchi yang berjudul "PENGARUH VARIASI SPEKTRUM CAHAYA TAMPAK TERHADAP KARAKTERISTIK RAPAT ARUS -TEGANGAN SEL SURYA BERBASIS GALIUM ARSENIDA" menjelaskan bahwa sebuah panel surya yang berbahan dasar Galium Arsenida (GaAs) ketika diberikan spektrum warna yang berbeda maka rapat arus yang dihasilkan juga berbeda akan tetapi tegangan yang didapatkan tetap pada nilai 0,4 volt. Semakin panjang sebuah nilai gelombang spektrum warna maka nilai Rapat Arus yang dihasilkan akan semakin rendah dan rapat arus yang paling tinggi dihasilkan pada gelombang yang panjangnya paling rendah memberikan rapat arus yang paling tinggi. (Faruchi, 2018)

Dalam jurnal internasional yang ditulis oleh Ogherohwo E. P yang berjudul *Investigating the Wavelength of Light and Its Effects on the Performance of a Solar Photovoltaic Module*. Menjelaskan Ketika dilakukan percobaan memberi sebuah filter warna pada bagian penutup panel surya. Filter warna yang digunakan yakni merah, biru, hijau, kuning, dan oranye. Dan didapatkan kesimpulan bahwa filter warna merah dapat memberikan nilai efisiensi yang lebih tinggi dibanding filter warna lainnya dan filter warna yang memiliki Tingkat efisiensi paling rendah adalah warna biru. Oleh karena itu menurut penulis jurnal ini, untuk menaikkan tingkat keefektifan panel surya dapat menambahkan lebih banyak cahaya berwarna merah pada panel surya. (Pius, 2015)

Dalam jurnal yang berjudul *Efektivitas Sel Photovoltaic Sel Surya Metoda Perlakuan Penyinaran Cahaya Lampu R-G-B pada Permukaan Sampel Sel Surya*. Menjelaskan bahwa peneliti melakukan percobaan untuk menyinari sel surya dengan lampu yang memiliki warna berbeda, yaitu merah, hijau, dan biru. Dan dalam hasil yang diberikan, ketika sel surya diberikan sinar berwarna biru memiliki nilai daya yang paling tinggi kemudian dilanjutkan dengan warna merah dan warna hijau berada pada posisi terakhir. Berdasarkan percobaan ini memiliki kesimpulan bahwa gelombang warna yang diterima oleh panel surya berpengaruh terhadap daya yang mampu dikeluarkan oleh panel surya. (Marpaung,

2014)

Berdasarkan referensi yang ada di atas, pada proyek akhir ini penulis ingin membuat sebuah controller panel surya yang memanfaatkan output tegangan panel surya untuk memaksimalkan panel surya dalam menghasilkan daya yang maksimal. Dan penggunaan nilai tegangan panel surya sebagai referensi terhadap sistem penjejak matahari.

Tabel 2. 1 Tabel Penelitian Terdahulu

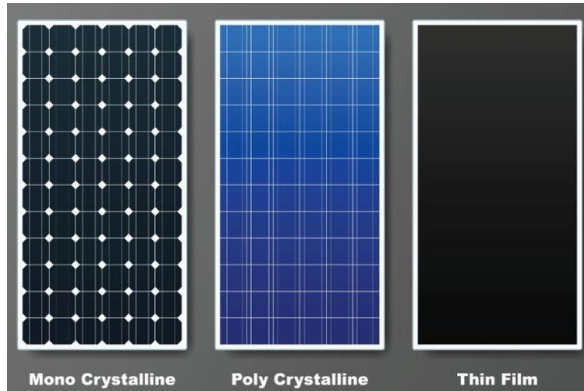
No	Peneliti	Judul	Kelebihan	Kekurangan
1	Aprizal Faruchi	Pengaruh Variasi Spektrum Cahaya Tampak Terhadap Karakteristik Rapat Arus-Tegangan Sel Surya Berbasis Galium Arsenida	Menjelaskan dengan rinci pengaruh tiap-tiap spektrum warna dengan Panjang gelombang yang berbeda terhadap nilai Rapat Arus yang mampu dihasilkan oleh panel surya tipe (GaAs)	Menggunakan panel surya berbahan dasar Galium Arsenida yang memiliki harga yang cukup tinggi serta pengujian yang dilakukan menggunakan program simulasi
2	Ogherohwo E. P	<i>Investigating the Wavelength of Light and Its Effects on the Performance of a Solar Photovoltaic Module.</i>	Menggunakan beberapa filter warna dan menjelaskan bahwa semakin tinggi spektrum warna maka akan semakin menghasilkan daya yang lebih besar	Percobaan dilakukan manual dan panel surya tidak dilengkapi dengan penjejak matahari

No	Peneliti	Judul	Kelebihan	Kekurangan
3	Parlindungan Pandapotan Marpaung, Adi Setiawan	<i>Efektivitas Sel Photovoltaic Sel Surya Metoda Perlakuan Penyinaran Cahaya Lampu R-G-B pada Permukaan Sampel Sel Surya</i>	Memberikan penjelasan spektrum warna dan panjang gelombang cahaya dapat mempengaruhi daya listrik yang dikeluarkan oleh panel surya.	Nilai arus yang dapat dihasilkan oleh sinar berwarna biru justru memiliki nilai yang paling tinggi dibandingkan warna merah dan biru

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Sel Surya

Sel surya merupakan sebuah panel yang dapat menyerap cahaya matahari dan kemudian memprosesnya menjadi elektron-elektron dan kemudian menjadi energi listrik. Cahaya matahari sebagai sumber energi dapat membantu mengatasi masalah krisis terhadap bahan bakar konvensional dikarenakan persediaan energi ini sangatlah besar dan merupakan salah satu sumber energi berkelanjutan. Terdapat sambungan dari beberapa bahan semikonduktor yang dimana ketika terkena cahaya matahari akan menghasilkan aliran electron atau yang biasa diketahui sebagai arus listrik. Pada panel surya yang digunakan ini dapat menampung daya hingga 50W dengan tegangan maksimal yang dihasilkan adalah 22,5 Volt dan Arus maksimal 2,85A. Dalam 1 buah panel surya terdapat 36 buah sel surya. Angka ini dapat berubah tergantung dengan panel surya yang digunakan.



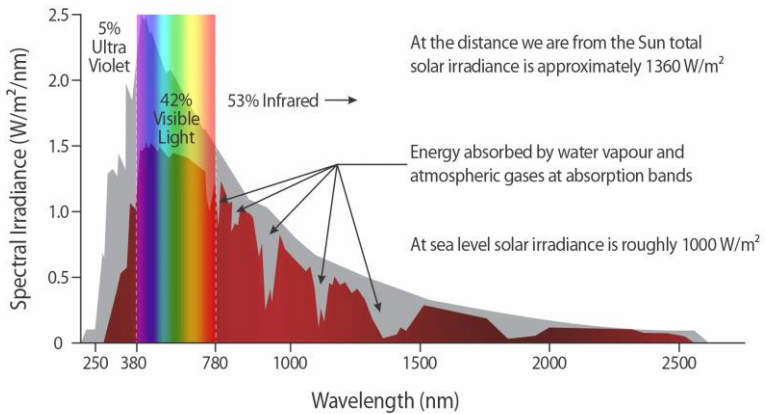
Gambar 2. 1 Jenis-Jenis Panel Surya

Secara umum, panel surya yang banyak digunakan terdiri dari 3 jenis yaitu; Mono Crystalline, Poly Crystalline, dan Thin Film. Ketiga panel surya ini memiliki bahan dasar silikon yang dimana pada Mono Crystalline memiliki Tingkat efektifitas penyerapan cahaya matahari yang paling besar dari ketiganya yakni dapat mencapai sekitar 15%. Oleh karena itu pada penelitian yang dilakukan, penulis menggunakan panel surya tipe mono crystalline sebagai penerapan sistem ini.

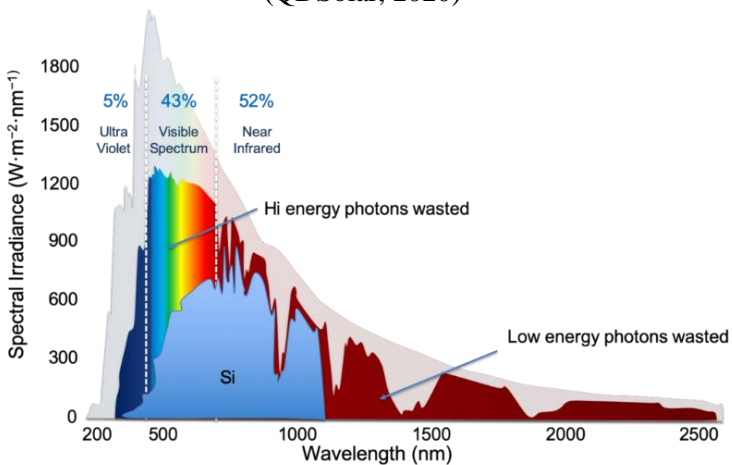
Tabel 2. 2 Spesifikasi Sel Surya

<i>No.</i>	<i>Simbol</i>	<i>Keterangan</i>
1.	<i>Maximal Power</i>	50 W
2.	<i>Current at Pmax</i>	2,85 A
3.	<i>Voltage at Pmax</i>	17,6 V
4.	<i>Current Maximal</i>	3,04 A
5.	<i>Voltage Maximal</i>	22,5 V
6.	<i>Number of Cells</i>	36
7.	<i>Dimension</i>	700*510*30

Solar Radiation Spectrum



Gambar 2. 2 Spektrum Cahaya Matahari (QDSolar, 2020)

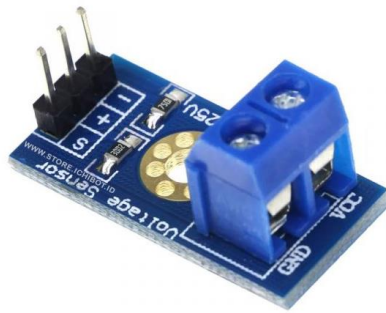


Gambar 2. 3 Spektrum Cahaya Matahari yang Dapat Diterima Oleh Silikon

Berdasarkan Gambar 2.3, 43 dari 100 persen cahaya matahari yang diterima bumi merupakan spektrum cahaya yang tampak oleh mata mulai dari warna violet hingga merah. Kemudian 5% nya adalah UltraViolet dan 52 persennya adalah cahaya tak tampak NIR (Near Infra Red). Pada Gambar 2.3, dapat dilihat bahwa bahan silicon dapat

menerima cahaya mulai dari 300nm hingga 1150nm yang dimana cahaya tampak hanya mulai dari 380nm – 780nm. Oleh karena itu, parameter tegangan keluaran yang dihasilkan oleh panel surya menjadi parameter yang baik untuk menaikkan tingkat keefektifan panel surya dalam mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik.

2.2.2 Modul Sensor Tegangan DC 0-25v



Gambar 2. 4 Sensor Tegangan



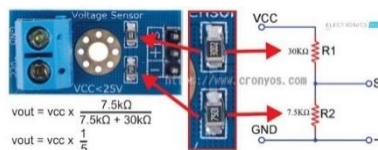
Gambar 2. 5 Sensor Tegangan Bagian Bawah



Gambar 2. 6 Sensor Tegangan Bagian Atas

Modul sensor tegangan merupakan sebuah rangkaian elektronika yang menggunakan prinsip rangkaian pembagi tegangan. Pada modul ini terdapat 2 buah resistor yang dirangkai secara seri. R1 pada modul ini sebesar 30 Kohm yang terhubung pada VCC dan kaki yang satunya terhubung dengan PinOut yang menghasilkan nilai pembagi tegangan yang kemudian dapat dibaca oleh Arduino serta R2 sebesar 7.5 Kohm yang terhubung langsung dengan GND

Modul ini dapat secara efektif membaca tegangan mulai dari 0 – 25 V. Untuk mengaktifkan modul ini memerlukan tegangan sebesar 5v yang bisa didapatkan dari pin 5V pada Arduino kemudian dihubungkan pada header dengan simbol (+). Kemudian pada pin header (-) dihubungkan dengan GND yang terdapat pada Arduino. Terdapat header yang memiliki simbol (S), pin ini dihubungkan dengan Arduino yang memiliki kemampuan pembacaan PWM (Pulse Width Modulation). Pada pengaplikasiannya dengan panel surya, keluaran tegangan panel surya yang bernilai positif akan dihubungkan pada socket VCC pada modul ini dan negatifnya pada bagian GND.



Gambar 2. 7 Rangkaian Pada Sensor Tegangan

Ketika seluruh rangkaian telah terhubung, maka selanjutnya akan masuk pada tahap pemrograman.

2.2.3 Motor DC

Motor Listrik DC atau DC Motor adalah suatu perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi kinetik atau gerakan (motion). Motor DC ini juga dapat disebut sebagai Motor Arus Searah. Seperti namanya, DC Motor memiliki dua terminal dan memerlukan tegangan arus searah atau DC (Direct Current) untuk dapat menggerakannya.



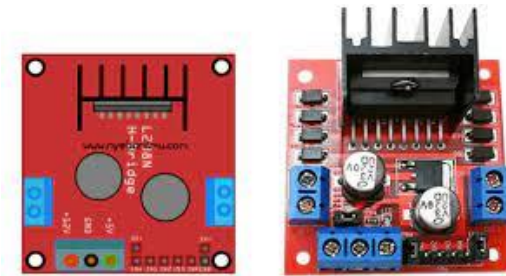
Gambar 2. 8 Motor DC



Gambar 2. 9 Motor DC Linear

2.2.4 L9110S Motor Driver

Modul Motor Driver L298N adalah sebuah komponen elektronik yang dirancang untuk mengatur baik kecepatan maupun arah perputaran motor DC. Penggunaan modul ini umumnya ditemukan dalam berbagai proyek elektronika, terutama yang terhubung dengan mikrokontroler seperti Arduino. IC L298N yang terdapat dalam modul ini adalah tipe H-bridge yang dapat mengontrol perangkat induktif seperti solenoid, relay, motor DC, dan motor stepper. Sebagaimana diketahui, motor listrik memiliki kumparan lilitan yang menyebabkan beban induktif yang signifikan. Di dalam IC L298N, terdapat logika transistor-transistor (TTL) NAND yang berperan penting dalam mengatur arah putaran motor, baik itu motor DC ataupun motor stepper. Motor Driver ini dapat menerima tegangan input sebesar 5v-35v. Dan arus maksimal untuk keluaran per output A dan B sebesar 2A.

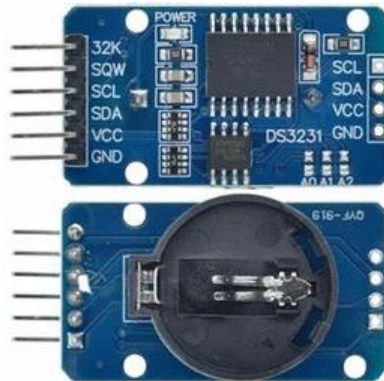


Gambar 2. 10 Motor Driver



Gambar 2. 11 Motor Driver L298N

2.2.5 Real Time Clocking DS3231



Gambar 2. 12 Real Time Clocking

DS3231 adalah jenis real-time clock (RTC) yang menggunakan protokol komunikasi I2C yang dapat diandalkan, dan yang menonjol karena kombinasi nilai terjangkau dan akurasi tinggi. Dilengkapi dengan Temperature Compensated Crystal Oscillator (TCXO) serta kristal yang sudah terintegrasi, perangkat ini mampu menyediakan keakuratan waktu yang konsisten dan handal. Fitur input untuk baterai memungkinkan DS3231 untuk mempertahankan ketepatan waktu yang akurat bahkan saat sumber daya utama terputus, memberikan kontinuitas dan keandalan dalam pengukuran waktu. (Islam, 2018)

Baterai Cr2032

Tegangan 3V
220mAh
Lithium Cell



Gambar 2. 13 Baterai CR2032

Integrasi resonator kristal dalam desain ini bukan hanya untuk meningkatkan keakuratan jangka panjang perangkat, tetapi juga untuk mengurangi jumlah komponen yang diperlukan dalam jalur manufaktur. Hal ini tidak hanya meningkatkan efisiensi produksi, tetapi juga menambah kehandalan perangkat dengan mengurangi kemungkinan kegagalan komponen

Selain itu, DS3231 tersedia dalam rentang suhu yang luas, mulai dari komersial hingga industri, sehingga cocok untuk berbagai lingkungan operasional. Paketnya juga tersedia dalam dua ukuran, yaitu SO 800-mil dan 300 mil, memberikan fleksibilitas dalam integrasi dan memungkinkan penggunaan dalam berbagai desain yang berbeda. Dengan fitur-fitur ini, DS3231 menjadi pilihan yang sangat populer di berbagai aplikasi yang membutuhkan RTC yang handal, akurat, dan terjangkau.

2.2.6 Solar Charge Controller

Solar Charge Controller adalah sebuah perangkat yang memiliki peran yang cukup penting dalam sistem energi surya, bertanggung jawab atas pengaturan aliran daya dari panel surya menuju baterai. Dengan kapasitas arus yang mencapai hingga 30 Ampere, perangkat ini mampu menangani aliran daya yang signifikan dari panel surya ke baterai dengan efisien. Salah satu fitur utama dari Solar Charge Controller adalah kemampuannya untuk mengatur waktu pengisian daya dari panel surya, sesuai dengan keinginan pengguna. Dengan demikian, pengguna memiliki kontrol penuh atas waktu pengisian

daya, memungkinkan mereka untuk mengoptimalkan penggunaan energi surya sesuai dengan kebutuhan mereka.

Solar Charge Controller juga dilengkapi dengan fungsi otomatis yang memungkinkan perangkat untuk berhenti bekerja secara mandiri ketika baterai telah terisi penuh. Hal ini memiliki manfaat ganda, tidak hanya menghindari pengisian daya yang berlebihan yang dapat merusak baterai, tetapi juga memperpanjang umur baterai secara keseluruhan. Dengan demikian, perangkat ini tidak hanya menjaga efisiensi dan kinerja sistem energi surya, tetapi juga melindungi investasi jangka panjang dalam bentuk baterai dari kerusakan yang tidak diinginkan. Dengan fitur-fitur yang canggih dan kemampuan otomatisasinya, Solar Charge Controller menjadi komponen yang sangat penting dalam memastikan kelancaran dan keandalan operasi sistem energi surya.



Gambar 2. 14 Solar Charge Controller

2.2.7 Baterai 12 Volts

Baterai merupakan salah satu penyokong utama berjalannya sistem solar panel ini. Dengan penyimpanan sebesar 100Ah dan juga tegangan yang diberikan adalah 12v maka baterai ini mampu menyimpan daya yang berasal dari solar panel. Dalam penggunaan secara rata-rata, baterai ini mampu bertahan hingga 10 jam. Pada penggunaannya, baterai ini dapat dirangkai paralel satu sama lain sehingga kapasitas dari baterai ini dapat ditambahkan dan mampu menambah ketersediaan penyimpanan dari listrik DC.



Gambar 2. 15 Baterai Penyimpanan 12v

2.2.8 Arduino UNO

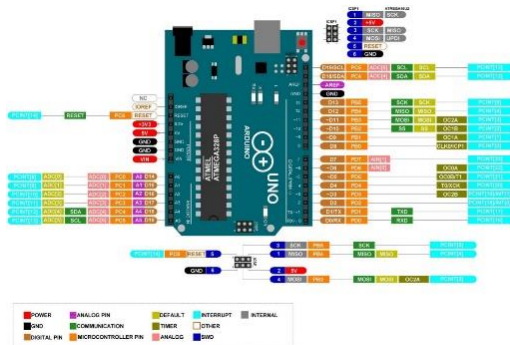
Arduino Uno merupakan sebuah papan mikrokontroler yang berbasis pada chip ATmega328 (datasheet). Papan ini dilengkapi dengan 14 pin yang dapat berfungsi sebagai input maupun output digital. Dari 14 pin tersebut, 6 di antaranya dapat diatur untuk menghasilkan sinyal PWM, sedangkan 6 lainnya dapat digunakan sebagai input analog. Arduino Uno juga dilengkapi dengan osilator kristal berfrekuensi 16 MHz, koneksi USB, jack power, header ICSP, dan tombol reset.

Untuk mengaktifkan mikrokontroler, cukup sambungkan Arduino Uno ke komputer menggunakan kabel USB atau hubungkan ke sumber daya listrik menggunakan adaptor AC-to-DC atau baterai.

Setiap dari 14 pin digital pada Arduino Uno dapat diatur baik sebagai input maupun output dengan menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`. Operasi fungsi-fungsi tersebut dilakukan pada tegangan 5 volt. Setiap pin dapat menyalurkan atau menerima arus maksimum sebesar 40 mA dan memiliki resistor pull-up internal dengan nilai antara 20 hingga 50 kOhm (yang secara default tidak terhubung).



Gambar 2. 16 Arduino Uno



Gambar 2. 17 Arduino UNO Pinout

Tabel 2. 3 Datasheet Arduino UNO

(Manual, 2023)

<i>Micro Controller</i>	<i>Atmega328v</i>
<i>Operating Voltage</i>	<i>5V</i>
<i>Input Voltage (Recommended)</i>	<i>7-12V</i>
<i>Input Voltage (limits)v</i>	<i>6-20V</i>
<i>Digital I/O Pins</i>	<i>14 (of which 6 provide PWM output)</i>
<i>Analog Input Pins</i>	<i>6</i>
<i>DC Current per I/O Pin</i>	<i>40mA</i>
<i>DC Current for 3.3V Pin</i>	<i>50mA</i>
<i>Flash Memory</i>	<i>32KB of which 0.5 KB used by bootloader</i>
<i>SRAM</i>	<i>2 KB (ATmega328)</i>
<i>EEPROM</i>	<i>1 KB (ATmega328)</i>
<i>Clock Speed</i>	<i>16 MHz</i>

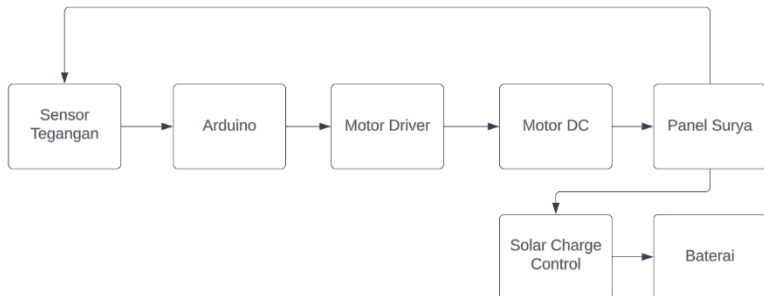
BAB III PERANCANGAN

3.1 Perancangan Sistem

Secara garis besar, perancangan sistem pada “rancang bangun Solar Tracker Panel beserta sistem pembersihan panel secara otomatis dapat diuraikan sebagai berikut melalui diagram blok maupun flowchart.

3.1.1 Diagram Blok

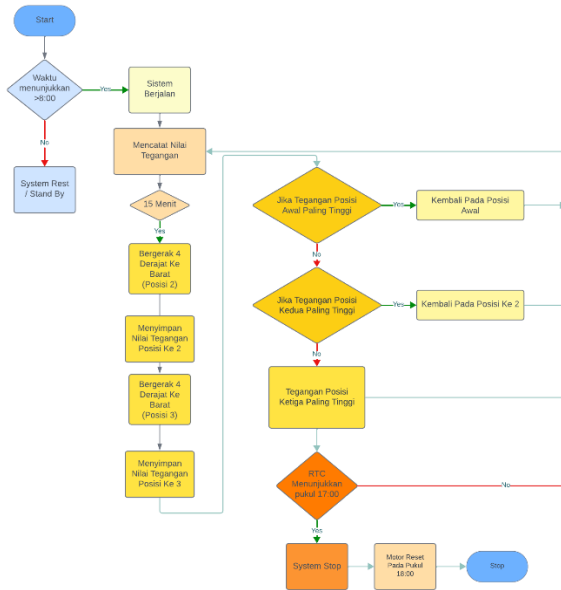
Untuk memudahkan pemahaman pembaca tentang operasi suatu sistem, diagram blok digunakan untuk menjelaskan cara kerja sistem tersebut. Diagram blok yang diberikan adalah representasi visual tentang operasi sistem solar panel tracker pada Gambar 3.1 dan sistem pembangkit listrik dengan menggunakan cahaya matahari.



Gambar 3. 1 Diagram Blok Sistem

3.1.2 Flowchart

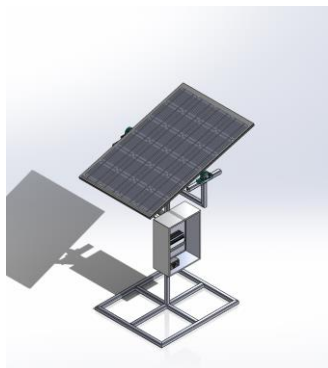
Flowchart adalah jenis diagram alir yang secara grafis menggambarkan urutan langkah dalam menjalankan suatu sistem kerja atau proses dalam suatu proyek. Ini membantu dalam memvisualisasikan dan memahami langkah-langkah yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek yang sedang dikerjakan.



Gambar 3. 2 Flowchart Sistem

3.2 Perancangan Mekanik

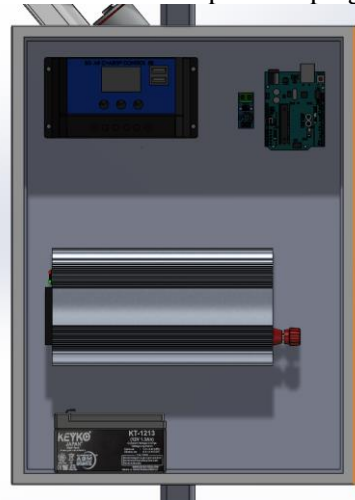
Perancangan Mekanik Solar Panel tracker Berdasarkan Pengukuran output tegangan panel surya dirancang dalam bentuk desain menggunakan aplikasi Solidwork yang ditunjukkan pada Gambar 3. 3, Gambar 3. 4, dan Gambar 3. 5.



Gambar 3. 3 Tampak Isometrik



Gambar 3. 4 Tampak Samping



Gambar 3. 5 Panel Box

Keterangan:

1. Panel Box

Panel Box akan diisi dengan komponen pembangkit listrik tenaga surya dan juga seluruh komponen elektronik pendukung sistem solar tracker panel. Pada bagian atas akan dipasangkan solar charger controller yang akan terhubung menuju ke baterai 12v yang terdapat pada bagian bawah panel sebelum menuju ke baterai, jalur ini akan melewati sensor arus yang dipasangkan seri. Kemudian baterai ini juga

diparalelkan dengan sensor tegangan dan juga inverter yang nantinya akan menghasilkan arus ac.

Pada panel box juga terdapat Arduino dan juga motor driver yang nantinya akan terhubung menuju motor dc.

2. Rangka

Pada proyek ini, rangka yang akan digunakan adalah besi holo berukuran 30x30mm dengan tebal 1,1mm. Rangka ini memiliki tinggi sekitar 1 meter dan pada bagian atas terdapat panel surya yang telah dihubungkan dengan besi as yang terpasang masing masing pada bearing. Pada perancangan disain dari sistem ini, menggunakan panel surya yang memiliki berat sekitar 5kg dan bingkai untuk panel surya memiliki berat 1kg. Untuk menggerakkan panel surya ini dalam menjejak matahari menggunakan sebuah aktuator motor linear DC yang memiliki tegangan 12v. Dengan asumsi berat panel surya sekitar 5kg maka untuk menemukan motor linear dc yang mampu untuk menggerakkan panel surya adalah dengan menggunakan sebuah rumus matematis yaitu ($T=F \cdot r \cdot \sin \theta$) dimana:

T = Torsi

F = Beban Panel Surya

R = Jarak center of gravity dari sumbu

θ = sudut permukaan panel surya terhadap horizontal.

Untuk mendapatkan nilai F maka perlu dicari dengan menggunakan rumus ($F= m \cdot g$)

F adalah gaya yang diperlukan untuk mengangkat beban (Newtons),

m adalah massa beban (kilogram),

g adalah percepatan gravitasi (sekitar 9.8 m/s² di permukaan Bumi).

$$F = (5 \text{ kg} + 1 \text{ kg}) \times 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$F = 58,8 \text{ N}$$

Selanjutnya ketika nilai F sudah didapatkan maka selanjutnya melanjutkan ke persamaan yang di awal yaitu ($T=F \cdot r \cdot \sin \theta$)

$$T = 58,8 \text{ N} \cdot 0.175 \text{ m} \cdot \sin (60^\circ)$$

$$T = 58,8 \text{ N} \cdot 0.175 \text{ m} \cdot 0,86$$

$$T = 8,84 \text{ Nm}$$

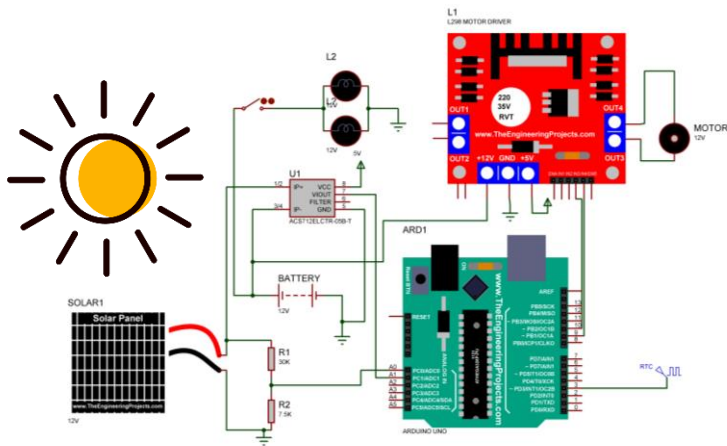
Berdasarkan perhitungan maka torsi yang dibutuhkan untuk menggerakkan panel surya dalam menjejak matahari sebesar 8,84 Nm.

3.3 Perancangan Elektronika

Tugas akhir RANCANG BANGUN PENJEJAK SURYA BERDASARKAN OUTPUT TEGANGAN PANEL SURYA ini dirancang menggunakan komponen-komponen yang memiliki spesifikasi tertentu, sehingga dapat direncanakan kemampuan dan performa alat. Berikut adalah spesifikasi komponen yang digunakan:

- 1 Unit Panel Surya 50wp
- 1 Unit Baterai 12V 20Ah
- 1 unit solar charge controller
- 1 Unit motor dc
- 1 unit motor driver
- 1 unit Arduino UNO
- buah lampu
- 1 unit RTC DS3231

Seluruh komponen yang digunakan akan dirangkai berdasarkan gambar 3.6



Gambar 3. 6 Perancangan Rangkaian Elektronika

Rangkaian mencakup 1 motor linear dan Motor Driver langsung dihubungkan ke arduino. Daya total yang dapat dihasilkan solar panel adalah 50 Wp. Dengan asumsi paparan sinar matahari efektif selama 6 jam/hari, maka solar panel dapat menghasilkan energi $6 \times 50W =$

300Wh per hari. Kapasitas baterai yang digunakan adalah 20.000mAh. Maka daya baterai adalah:

$$\text{Diketahui: } V \text{ baterai} = 12 \text{ V}$$

$$I \text{ total baterai} = 20 \text{ A}$$

$$\text{Maka: } W \text{ total baterai} = P \cdot t$$

$$= V \times I \times t$$

$$= 12 \text{ V} \times 20 \text{ A} \times 1 \text{ hour}$$

$$= 240 \text{ Wh}$$

Untuk mengisi penuh daya baterai yang digunakan,

diperlukan waktu yang dapat dihitung dengan cara:

$$\text{Diketahui: } W \text{ total baterai} = 240 \text{ Wh}$$

$$W \text{ panel surya/hari} = 300 \text{ Wh}$$

$$\text{Maka: } \text{Waktu pengisian} = 240 \text{ Wh} / 300 \text{ Wh} \times 6 \text{ jam}$$

$$= 4,8 \text{ Jam}$$

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS

Berdasarkan pada perancangan yang telah dilakukan sebelumnya, pada bagian ini akan menjelaskan mengenai hasil implementasi pada alat yang telah dibuat.

4.1 Implementasi *design*

Pada Perancangan design 3D menggunakan software SolidWorks alat ini telah dirancang agar dapat menahan beban seperti panel surya dan motor linear. Pada bagian atas rangka dipasang 2 buah bearing yang mampu untuk memberikan ruang gerak bagi panel surya.



Gambar 4. 1 Hasil Implementasi Design

Motor linear dipasang pada bagian bingkai panel surya serta pada bagian rangka alat, yang dapat menggerakkan panel surya menghadap timur hingga barat



Gambar 4. 2 Tampak Depan dan Tampak Samping Alat

Pada bagian samping terdapat pula panel box yang terpasang. Berdasarkan perancangan elektronika yang telah dilakukan sebelumnya, pada bagian ini juga membahas mengenai hasil implementasi alat yang telah direncanakan. Berdasarkan pada Gambar 4.3. Panel surya yang digunakan memiliki ukuran 25x35x12 tipe luar ruangan



Gambar 4. 3 Panel Box

Sesuai dengan perancangan sebelumnya, di dalam panel box terdapat Arduino Uno, Motor Driver, RTC DS3231, Solar Charger, dan Power Inverter.



Gambar 4. 4 Tampilan LCD

Pada bagian depan panel juga dipasangkan sebuah LCD 16x2 untuk menampilkan operasi yang sedang berlangsung pada sistem. Terdapat beberapa jenis informasi yang akan ditampilkan melalui layar LCD ini yaitu; nilai tegangan sebelum dan sesudah siklus berjalan.



Gambar 4. 5 Tampilan LCD Before dan Now

Dapat dilihat pada Gambar 4.5, layer LCD menampilkan informasi mengenai tegangan “Before” yang akan diupdate setiap 15 menit setelah siklus penjejukan terjadi dan untuk membantu pengguna mengetahui tegangan terkini yang diterima oleh panel surya dapat dilihat pada baris ke -2 dengan tulisan “Now” yang diupdate pembacaannya setiap 2 detik.



Gambar 4. 6 Tampilan LCD Comparing

Berdasarkan Gambar 4.6. Setelah panel surya bergerak menuju posisi berikutnya, selanjutnya layar LCD menampilkan informasi bahwa sistem sedang membandingkan tegangan sebelum dan sesudah panel surya bergerak. Waktu yang dibutuhkan bagi Arduino untuk menyelesaikan perbandingan ini adalah selama 2 detik. Setelah sistem menyelesaikan perbandingan maka layar akan memberikan informasi kembali mengenai aksi yang akan dijalankan.

Baik itu kembali ke posisi sebelumnya, atau tetap pada posisi tersebut.



Gambar 4. 7. Tampilan LCD System Off, Waiting...”

Layar akan menampilkan tulisan “System Off, Waiting...” jika RTC yang memberikan informasi pewaktuan pada Arduino menyatakan telah pukul 17:00. Hal ini akan membuat program masuk ke mode tenang dikarenakan seluruh sistem baik itu pembaca tegangan mau pun pergerakan motor tidak bekerja dikarenakan panel surya telah berada pada titik sudut maksimal yang dapat dicapai akan tetapi cahaya matahari masih bisa dikumpulkan.

Setelah Panel Surya ini berhasil dibuat maka proses berikutnya adalah uji coba. Proses pengambilan data dilakukan untuk mengetahui kinerja dari alat ini. Adapun pengujian yang dilakukan meliputi:

- 1) Pengujian tegangan panel surya berdasarkan intensitas cahaya tertinggi
- 2) Pengujian nilai tegangan keluaran panel surya tertinggi
- 3) Pengujian proses siklus penjejakan cahaya matahari.
- 4) Analisis nilai tegangan panel surya berdasarkan nilai tegangan tertinggi dan nilai intensitas cahaya tertinggi.

4.1 Pengujian nilai tegangan panel surya berdasarkan intensitas cahaya matahari

Pengujian ini dilakukan dengan mengatur sedemikian rupa sehingga panel surya berhadapan langsung dengan arah sinar matahari dengan intensitas terbesar. Intensitas terbesar ini diketahui dari hasil pembacaan lux meter yang telah diposisikan berada pada bagian permukaan panel surya. Kemudian mengukur nilai tegangan keluaran panel surya dan mencatat nilai tegangan yang dihasilkan oleh panel surya menggunakan multimeter.



Gambar 4. 8 Pengukuran Nilai Tegangan Berdasarkan Intensitas Cahaya Matahari Tertinggi

Pengujian ini dilakukan selama 10 hari setiap 15 menit dari pukul 8:00 WIB hingga 17:00 WIB dengan pergerakan manual oleh panel surya dan dilakukan pada hari yang sama dengan pengujian lainnya. Untuk nilai tegangan yang didapatkan dengan metode pengukuran nilai intensitas cahaya tertinggi dapat dilihat pada Tabel 4. 1.

Tabel 4. 1 Tabel Nilai Tegangan dan Intensitas Cahaya Dengan Metode Pengukuran Intensitas Cahaya Tertinggi

Waktu	Type Data	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 5	Hari 6	Hari 7	Hari 8	Hari 9	Hari 10	Rata-Rata
08:00	Lux	430	502	307	430	528	51	192	488	523	455	390,6
	Volt	12,9	13,44	13,22	12,9	13,86	12,87	13,18	13,94	13,89	13,78	13,398
08:15	Lux	439	562	422	439	626	55	228	490	544	465	427
	Volt	12,96	13,64	13,06	12,96	13,98	12,89	13,29	13,33	13,01	13,75	13,287
08:30	Lux	514	602	478	514	755	63	280	487	521	537	475,1
	Volt	13,23	13,71	13,93	13,23	14,04	12,89	14,12	13,94	13,47	13,9	13,646
08:45	Lux	552	598	545	552	742	66	372	460	545	398	483
	Volt	13,33	13,67	14,8	13,33	14,2	12,89	14,37	13,98	13,65	13,99	13,821
09:00	Lux	532	609	556	532	720	60	478	638	531	432	508,8
	Volt	13,32	13,78	14,65	13,32	14,15	12,89	14,56	14,12	14,02	14,24	13,905
09:15	Lux	608	625	644	608	754	58	490	477	588	480	533,2
	Volt	13,39	14,37	14,78	13,39	14,12	12,92	14,69	14,01	14,41	14,68	14,076
09:30	Lux	669	707	682	669	750	58	926	694	545	545	624,5
	Volt	13,4	14,37	14,74	13,4	14,1	12,87	14,94	14,21	14,54	14,54	14,111
09:45	Lux	344	733	688	344	755	68	912	721	648	580	579,3
	Volt	12,76	14,35	14,76	12,76	14,04	12,94	14,2	14,23	14,77	14	13,881
10:00	Lux	689	685	248	728	588	120	332	624	705	755	547,4
	Volt	13,38	14,3	13,66	13,56	13,94	13,4	13,9	14,12	15,02	13,21	13,849
10:15	Lux	640	629	344	754	728	128	421	754	756	467	562,1
	Volt	13,35	14,04	13,7	13,7	13,56	13,38	13,91	14,28	14,85	13,17	13,794
10:30	Lux	783	643	297	795	891	173	252	722	776	908	624
	Volt	13,59	14,36	13,77	13,9	14,34	13,42	13,76	14,25	15,21	13,19	13,979
10:45	Lux	756	689	848	777	785	170	318	354	819	526	604,2
	Volt	13,55	14,45	16,56	13,93	14,02	13,65	13,91	14,24	15,02	12,68	14,201
11:00	Lux	362	586	836	785	799	165	857	298	786	329	580,3
	Volt	12,82	14,28	14,77	14,02	14,1	13,55	14,97	13,37	14,98	13,31	14,017
11:15	Lux	846	614	285	799	802	166	855	297	745	285	569,4
	Volt	13,64	14,36	13,94	14,1	14,1	13,55	14,82	14,18	15,2	13,44	14,133
11:30	Lux	865	588	218	802	813	168	468	812	853	252	583,9
	Volt	13,67	14,29	13,9	14,1	14,18	13,43	14	14,46	14,96	13,66	14,065
11:45	Lux	712	678	478	795	780	174	479	856	392	439	578,3
	Volt	13,2	14,52	14,62	14,21	14,18	13,87	14,01	14,58	14,11	13,81	14,111
12:00	Lux	750	598	690	813	861	179	744	871	383	658	654,7
	Volt	13,5	13,67	14,11	14,18	14,22	13,79	13,81	14,55	14,4	13,87	14,01
12:15	Lux	895	435	647	755	720	156	388	893	648	315	585,2
	Volt	13,71	14,01	14,32	13,32	14,15	13,74	13,55	14,41	14,7	13,05	13,896
12:30	Lux	669	435	682	686	588	153	170	955	645	354	533,7
	Volt	13,3	14,05	14,31	14,24	14,29	13,48	12,79	14,52	14,55	13,11	13,864
12:45	Lux	795	598	649	842	678	175	186	921	865	355	606,4
	Volt	13,8	13,67	13,75	14,4	14,52	13,54	13,23	14,97	14,21	14,16	14,025
13:00	Lux	814	414	647	865	598	169	372	390	285	365	491,9
	Volt	13,76	14,02	13,8	14,41	13,67	13,57	13,23	13,48	13,83	13,23	13,7
13:15	Lux	846	426	674	866	908	153	988	918	656	387	682,2
	Volt	13,84	13,51	12,61	13,92	14,63	13,58	14,02	14,31	13,77	13,05	13,724
13:30	Lux	795	402	293	803	435	143	1027	214	788	387	528,7
	Volt	13,79	13,97	11,9	14	14,05	13,54	14,06	13,31	13,89	13,6	13,611
13:45	Lux	794	377	416	779	860	173	633	814	798	368	601,2
	Volt	13,79	13,97	12,06	14,32	13,45	13,5	13,5	14,42	14,01	13,65	13,667
14:00	Lux	802	345	248	741	232	172	488	297	330	355	401
	Volt	13,14	13,88	11,62	13,98	12,5	13,53	13,17	13,68	14,21	13,65	13,336

Waktu	Type Data	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 5	Hari 6	Hari 7	Hari 8	Hari 9	Hari 10	Rata-Rata
14:15	Lux	724	295	188	232	353	168	254	890	816	366	428,6
	Volt	13,55	13,55	13,23	12,5	13,81	13,53	13,06	14	14,23	13,55	13,501
14:30	Lux	298	295	187	353	161	163	279	744	818	389	368,7
	Volt	12,81	13,55	13,22	13,81	13,26	13,57	13,14	14,67	14,23	13,34	13,56
14:45	Lux	629	270	158	173	873	174	362	684	833	274	443
	Volt	13,57	13,44	13,18	13,43	14,41	13,58	13,3	14,05	13,85	13,35	13,616
15:00	Lux	648	236	310	139	785	165	807	422	364	241	411,7
	Volt	13,63	13,31	13,42	13,61	13,94	13,6	14,24	14,22	13,65	13,3	13,692
15:15	Lux	543	239	263	138	836	163	516	418	366	201	368,3
	Volt	13,44	13,22	13,33	13,72	14,36	13,63	13,25	14,25	13,69	13,33	13,622
15:30	Lux	588	228	270	140	784	164	389	436	364	189	355,2
	Volt	13,51	13,21	13,31	13,62	13,89	13,45	13,38	14,32	13,65	13,26	13,56
15:45	Lux	377	241	172	154	747	167	384	487	145	189	306,3
	Volt	13,09	13,38	13,26	13,62	14,31	13,36	13,42	13,98	13,89	13,21	13,552
16:00	Lux	382	241	206	263	731	83	351	284	293	157	299,1
	Volt	13,23	13,37	14,07	14,21	14,29	13,33	13,16	14,12	13,57	13,2	13,655
16:15	Lux	336	153	512	246	546	84	224	288	312	139	284
	Volt	13,02	13,37	14,17	13,64	14,16	13,3	12,97	14,12	13,85	13,15	13,575
16:30	Lux	166	145	354	156	119	50	176	286	243	87	178,2
	Volt	12,6	13,39	13,8	13,62	13,22	13	12,88	14,07	13,77	13,15	13,35
16:45	Lux	108	143	340	182	105	51	158	211	182	85	156,5
	Volt	12,43	13,2	13,92	13,93	13,21	13,02	12,89	13,94	13,62	13,15	13,331
17:00	Lux	109	103	179	182	106	55	64	100	133	84	111,5
	Volt	12,45	13,2	13,5	13,8	13,21	13,02	12,62	13,45	13,2	13,12	13,157

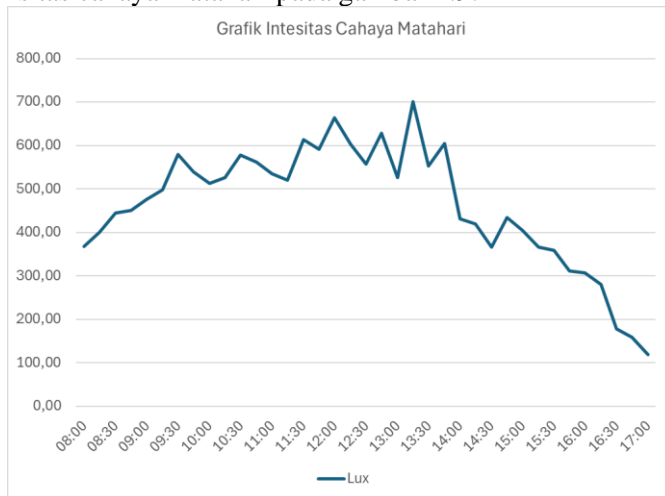
Berdasarkan Tabel 4.1 rentang nilai tegangan yang dihasilkan oleh panel surya adalah sekitar 11,62 -16,56 volt. Dan dapat dilihat setelah dirata-ratakan, nilai tegangan tertinggi berada pada pukul 10:45 hingga pukul 12:00 kemudian dilanjutkan pada pukul 12:45.

Kemudian pada perata-rataan hari mulai dari hari pertama hingga hari terakhir, nilai rata-rata tegangan perhari yang memiliki nilai terbesar berada pada hari ke 9. Hal ini dipengaruhi oleh cuaca yang sedang berlangsung selama pengambilan data. Selama pengambilan data pada hari ke -9 berdasarkan data dapat dipastikan jika cahaya matahari yang diterima oleh panel surya memiliki intensitas tertinggi dibanding hari-hari lainnya.

Untuk nilai terkecil pada nilai rata-rata pengukuran tegangan berdasarkan intensitas cahaya matahari terbesar adalah terdapat pada hari pertama yakni sebesar 13,30v.

Adanya perbedaan pada nilai tegangan rata-rata perharinya dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari yang diterima oleh setiap harinya berbeda-beda, dan juga dapat dipengaruhi oleh cuaca yang sedang terjadi pada hari tersebut.

Setelah dirata-ratakan tiap waktunya dari 10 hari intensitas cahaya matahari yang didapatkan maka dapat dilihat pada grafik intensitas cahaya matahari pada gambar 4.9.



Gambar 4. 9 Grafik Intensitas Rata-rata Cahaya Matahari

Nilai intensitas cahaya matahari yang didapatkan dari rata-rata selama 10 hari memiliki rentang nilai dari 118,82 hingga 701,18.

Dapat dilihat pula pada Gambar 4.9 memiliki nilai tertinggi pada pukul 13:15 dengan nilai *lux* sebesar 701,18. Dapat dilihat pula, nilai *lux* pada awal pengujian yakni pada pukul 8:00 memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan nilai *lux* pada pukul 17:00.

4.2 Pengujian nilai tegangan keluaran panel surya tertinggi

Pada pengujian ini panel surya kembali diarahkan menuju posisi yang dimana pada posisi tersebut panel surya dapat menghasilkan nilai tegangan tertinggi. Selama pengujian, panel surya dihubungkan secara paralel dengan multimeter digital dan solar charging control untuk melakukan pembacaan tegangan.



Gambar 4. 10 Pengukuran Tegangan Output Panel Surya

Pengujian ini dilaksanakan setiap 15 menit pada hari yang sama dengan pengujian lainnya mulai pukul 8:00 WIB hingga 17:00 WIB. Setelah nilai tegangan tertinggi didapatkan maka selanjutnya mencatat seluruh datanya yang disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Nilai Tegangan Panel Surya Berdasarkan Metode Pengukuran Nilai Tegangan Panel Surya Tertinggi.

Waktu	Hari 1 (V)	Hari 2 (V)	Hari 3 (V)	Hari 4 (V)	Hari 5 (V)	Hari 6 (V)	Hari 7 (V)	Hari 8 (V)	Hari 9 (V)	Hari 10 (V)	Rata-Rata
08:00	12,74	13,43	13,15	12,74	13,81	12,88	13,16	13,95	13,9	13,79	13,355
08:15	13,02	13,64	13,74	13,02	14,07	12,89	13,28	13,91	13	13,78	13,435
08:30	13,25	13,74	13,85	13,25	14,05	12,89	14,16	13,94	13,49	13,91	13,653
08:45	13,3	13,68	14,69	13,3	14,23	12,9	14,52	13,99	13,67	14,01	13,829
09:00	13,34	13,67	14,9	13,34	14,18	12,89	14,64	14,18	14	14,24	13,938
09:15	13,44	14,37	14,95	13,44	14,13	12,92	14,7	14	14,44	14,68	14,107
09:30	13,46	14,55	14,81	13,46	14,11	12,87	14,75	14,22	14,62	14,55	14,14
09:45	13,43	14,43	14,82	13,43	14,06	12,95	14,22	14,27	14,78	14,78	14,117
10:00	13,43	14,32	14,85	13,53	14,03	13,41	13,92	14,27	14,81	13,22	13,979
10:15	13,33	14,33	14,88	13,64	13,53	13,4	13,9	14,25	14,98	13,25	13,949
10:30	13,57	14,38	13,8	13,92	14,35	13,56	13,87	14,26	15,24	13,26	14,021
10:45	13,6	14,56	16,58	13,94	14,05	13,66	13,92	14,36	15,21	12,69	14,257
11:00	12,85	14,28	14,82	14,05	14,13	13,56	14,88	14,17	15,09	13,33	14,116
11:15	13,7	14	14,22	14,13	14,13	13,55	14,86	14,18	15,22	13,4	14,139
11:30	13,7	14,36	13,9	14,13	14,18	13,46	13,98	14,52	15,42	13,67	14,132
11:45	13,53	14,56	14,88	14,16	14,18	13,88	14,02	14,59	14,17	13,83	14,18
12:00	13,62	13,68	16	14,18	14,44	13,78	13,83	14,57	14,7	13,95	14,275
12:15	13,72	14,05	14,32	14,32	14,18	13,75	13,58	14,46	15,1	13,1	14,058
12:30	13,65	14,09	14,35	14,24	14,36	13,49	12,75	14,53	15,05	13,14	13,965
12:45	13,71	13,68	13,8	14,32	14,56	13,55	13,24	14,39	14,23	14,18	13,966
13:00	13,75	14,07	13,7	14,74	13,68	13,58	13,27	14,37	13,94	13,24	13,834
13:15	13,88	13,5	12,72	14,72	14,7	13,59	14,14	14,33	13,81	13,1	13,849
13:30	13,83	14,03	11,93	14,64	14,09	13,54	14,09	13,37	13,91	13,63	13,706
13:45	13,84	14	12,03	14,75	13,41	13,51	13,77	14,56	14,01	13,68	13,756
14:00	13,75	13,88	11,67	14,3	13,66	13,54	13,15	13,71	14,25	13,62	13,553

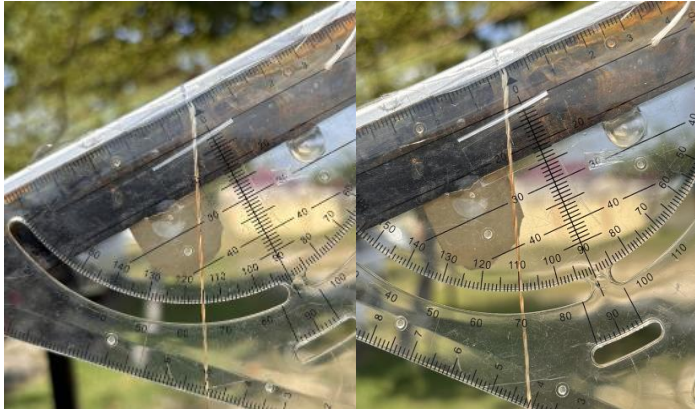
Waktu	Hari 1 (V)	Hari 2 (V)	Hari 3 (V)	Hari 4 (V)	Hari 5 (V)	Hari 6 (V)	Hari 7 (V)	Hari 8 (V)	Hari 9 (V)	Hari 10 (V)	Rata-Rata
14:15	13,54	13,56	13,42	13,66	14,32	13,53	13,06	14,02	14,26	13,56	13,693
14:30	12,87	13,56	13,24	14,32	13,29	13,57	13,13	14,86	14,29	13,35	13,648
14:45	13,56	13,45	13,19	13,44	14,44	13,58	13,31	14,09	13,89	13,35	13,63
15:00	13,69	13,31	13,45	13,62	14,22	13,62	14,28	14,31	13,67	13,33	13,75
15:15	13,46	13,28	13,3	13,73	14,45	13,64	13,7	14,28	13,69	13,35	13,688
15:30	13,54	13,21	13,32	13,49	14,42	13,47	13,4	14,33	13,67	13,27	13,612
15:45	13,11	13,37	13,26	13,74	13,45	13,38	13,45	14,4	14,9	13,23	13,629
16:00	13,23	13,37	14,02	14,42	14,35	13,33	13,41	14,18	13,76	13,23	13,73
16:15	13	13,47	14,26	14,65	14,16	13,29	13	14,12	13,85	13,18	13,698
16:30	12,69	13,39	13,69	13,73	13,24	13,01	12,88	14,08	13,79	13,14	13,364
16:45	12,45	13,24	14	13,91	13,21	13,02	12,93	13,85	13,64	13,14	13,339
17:00	12,45	13,22	13,53	13,85	13,22	13,02	12,63	13,49	13,22	13,12	13,175
Avg /Day	13,37	13,83	13,94	13,89	14,02	13,36	13,72	14,19	14,26	13,54	

Berdasarkan Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa nilai tegangan yang terukur memiliki nilai berkisar 11,67-16,58 volt. Setelah dirata-ratakan berdasarkan jam pengambilan data, nilai tegangan tertinggi keluaran panel surya terdapat pada pukul 9:00 hingga pukul 12:45. Hal ini memberikan nilai tegangan puncak sebesar 15 poin berdasarkan data yang diperoleh.

Selanjutnya, jika data pada Tabel 4.2 ini dirata-ratakan berdasarkan hari pengambilan data, nilai rata-rata tegangan tertinggi berada pada hari ke-9 dengan nilai 14,26 volt. Kemudian dilanjutkan oleh hari ke -8 yang memiliki tegangan tidak jauh berbeda sekitar 14,19 volt. Nilai rata-rata tegangan terendah juga dapat dilihat berada pada hari ke -6 yang dimana berada pada 13,36 Volt. Nilai rata-rata tertinggi dan terendah ini dipengaruhi pula pada cuaca yang terjadi selama pengambilan data berlangsung.

4.3 Pengujian Proses Siklus Penjejukan Cahaya Matahari

Setelah panel surya dan motor linear dihubungkan dengan mikrokontroler dan motor driver selanjutnya melakukan pengujian sistem yang dipasangkan pada panel surya. Berdasarkan percobaan yang dilaksanakan sebelumnya. Rata rata nilai sudut yang diperoleh berdasarkan tegangan maksimal panel surya adalah sebesar 2-4 derajat setiap 15 menitnya oleh karena itu. secara program, penulis mengatur pergerakan motor linear sebanyak 2 kali 8 detik dengan interval 30 menit yang didapat dari percobaan menggerakkan motor dengan menggunakan mikrokontroler.



Gambar 4. 11 Posisi Benang Sebelum dan Sesudah Motor Dijalankan

Dapat dilihat pada Gambar 4.11 perubahan sudut sebelum dan sesudah motor linear dijalankan selama 8 detik.

Dalam pengujian alat ini telah dilakukan pula pengujian waktu interval dalam pergerakan panel surya yakni 15, 20, 25, 30 menit.

Setiap kali pengujian, percobaan pertama tiap-tiap interval dimulai pada posisi tegangan keluaran panel surya tertinggi pada waktu tersebut kemudian sistem dijalankan dan melihat respon dari sistem dalam menentukan posisi nilai tegangan tertinggi yang dihasilkan oleh panel surya.

Pengujian ini dilakukan untuk melihat waktu interval yang terbaik untuk pergerakan panel surya sehingga daya yang digunakan untuk menggerakkan motor dapat dikeluarkan dengan lebih efisien. Pengujian ini dilakukan masing masing sebanyak 5 kali pada 1 hari yang sama dan data yang didapatkan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Pengujian waktu pergerakan panel surya terhadap respon tegangan panel surya tertinggi.

Percobaan ke	Interval 15 Menit	Interval 20 Menit	Interval 25 Menit	Interval 30 Menit
1	Berhenti pada posisi ke 3	Kembali menuju posisi ke 2	Kembali menuju posisi ke 2	Kembali menuju posisi ke 2
2	Kembali menuju posisi pertama	Berhenti pada posisi ke 3	Kembali menuju posisi ke 2	Berhenti pada posisi ke 3
3	Kembali menuju posisi ke 2	Kembali menuju posisi pertama	Berhenti pada posisi ke 3	Kembali menuju posisi ke 2
4	Kembali menuju posisi pertama	Kembali menuju posisi ke 2	Kembali menuju posisi pertama	Berhenti pada posisi ke 3
5	Kembali menuju posisi ke 2	Kembali menuju posisi ke 2	Kembali menuju posisi pertama	Kembali menuju posisi ke 2

Berdasarkan data yang didapatkan, dapat dilihat bahwa pada percobaan 15-25 menit ditemukan adanya pergerakan panel surya kembali menuju posisi awal akan tetapi ketika percobaan dengan interval 30 menit, dapat dilihat jika pergerakan panel surya lebih dominan maju dibandingkan kembali pada posisi awal.

Penggunaan interval 30 menit ini juga merupakan salah satu cara agar konsumsi daya yang dibutuhkan untuk pergerakan motor berkurang sehingga daya listrik yang didapatkan dari panel surya dapat lebih banyak.

Selanjutnya, dengan menggunakan RTC (Real Time Clocking) yang telah diatur penanggalan dan pewaktuannya, secara otomatis sistem akan berjalan yang ditandai dengan nyalanya backlight LCD yang dipasangkan pada panel kelistrikan.



Gambar 4. 12 Tampilan LCD Non-Aktif dan Tampilan LCD

Kemudian setelah sistem menyala pada pukul 8:00, mikrokontroler kemudian mencatat nilai tegangan pada saat inisiasi sistem yang nantinya akan dibutuhkan untuk perbandingan nilai tegangan.

Pada pukul 8:15, secara otomatis panel surya akan mengambil kembali data tegangan pada saat itu untuk memberikan data pembandingan.

```
91     if (currentMillis - previousMillis >= interval) {  
92         previousMillis = currentMillis; // Save the current time  
93  
94         // Read and store the voltage before starting any motor movement  
95         float voltageBeforeMovement = readVoltage();  
96     }
```

Gambar 4. 13 Program Pembacaan Tegangan

Selanjutnya panel surya bergerak menuju barat sejauh 4 derajat. Setelah 4 derajat dicapai kemudian mikrokontroler mencatat nilai tegangan yang diterima pada saat itu. Selanjutnya bergerak lagi sejauh 4 derajat dan mencatat kembali data tegangan pada saat itu. Hal ini menjadikan arduino memiliki 3 data tegangan pada 3 posisi yang berbeda.

```

97 // Move Motor 4 Degrees
98 lcd.clear();
99 lcd.setCursor(0, 0);
100 lcd.print("1st Moving");
101 Serial.println("1st Moving");
102 delay(2000);
103 runMotor(true, motorRunTime); // Motor Bergerak Maju
104 voltage2 = readVoltage();
105 lcd.clear();
106 lcd.setCursor(0, 0);
107 lcd.print("1st Moving");
108 Serial.print("Voltage2: ");
109 Serial.println(voltage2);
110 lcd.clear();
111 lcd.setCursor(0, 0);
112 lcd.print("Voltage 2: ");
113 lcd.print(voltage2, 2);
114 delay(2000);

```

Gambar 4. 14 Program Menjalankan Motor/ Menggerakkan Panel Surya

```

116 // Move 4 Degrees Again
117 lcd.clear();
118 lcd.setCursor(0, 0);
119 lcd.print("2nd Moving");
120 Serial.println("2nd Moving");
121 delay(2000);
122 runMotor(true, motorRunTime); // Motor Bergerak Maju
123 voltage3 = readVoltage();
124 Serial.print("Voltage3: ");
125 Serial.println(voltage3);
126 lcd.clear();
127 lcd.setCursor(0, 0);
128 lcd.print("Voltage 3: ");
129 lcd.print(voltage3, 2);
130 delay(2000);
131

```

Gambar 4. 15 Program Menjalankan Motor Kedua Kalinya

```

133     lcd.clear();
134     lcd.setCursor(0, 0);
135     lcd.print("Comparing...");
136     Serial.println("Comparing");
137     delay(2000);
138     if (voltageBeforeMovement > voltage2 && voltageBeforeMovement > voltage3) {
139         runMotor(false, 16000); //Kembali ke posisi awal
140         Serial.println("Back to 1st position");
141         lcd.clear();
142         lcd.setCursor(0, 0);
143         lcd.print("Back to 1st pos");
144     } else if (voltage2 > voltage3) {
145         runMotor(false, 8000); // Kembali ke posisi ke 2
146         Serial.println("Back to 2nd position");
147         lcd.clear();
148         lcd.setCursor(0, 0);
149         lcd.print("Back to 2nd pos");
150     } else {
151         Serial.println("Motor: No rotation needed");
152         lcd.clear();
153         lcd.setCursor(0, 0);
154         lcd.print("No rotation needed");
155     }

```

Gambar 4. 16 Program untuk membandingkan tegangan yang didapatkan

Setelah didaptkannya nilai tegangan pada masing masing posisi panel, selanjutnya arduino membandingkan ketiga data dan mencari nilai tertinggi dari ketiga data tersebut.

Jika nilai tegangan terbaru lebih besar dari pada nilai tegangan sebelumnya maka panel surya akan berada pada posisi terkini dan mencatat nilai tegangan terbaru sebagai variable pembanding berikutnya.

```

14:39:56.636 -> Updated Voltage1: 12.29
14:54:25.421 -> Motor Stopped
14:54:25.421 -> Voltage2: 12.73
14:54:37.455 -> Motor Stopped
14:54:37.455 -> Voltage3: 12.78
14:54:39.504 -> Motor: No rotation needed
14:54:39.537 -> Updated Voltage1: 12.83

```

Gambar 4. 17 Tampilan Serial Monitor Tegangan di posisi Ke 3 Tertinggi

Ketika nilai tegangan sebelumnya justru lebih tinggi dari pada nilai tegangan terkini maka panel surya akan bergerak mundur sejauh 4 derajat menuju titik sebelumnya dan nilai variable pembanding akan diupdate kembali menjadi nilai tegangan terkini.


```
15:09:54.447 -> Updated Voltage1: 12.39
15:24:23.205 -> Motor Stopped
15:24:23.238 -> Voltage2: 12.81
15:24:35.244 -> Motor Stopped
15:24:35.276 -> Voltage3: 12.78
15:24:45.307 -> Motor Stopped
15:24:45.307 -> Back to 2nd position
15:24:45.341 -> Updated Voltage1: 12.81
```

Gambar 4. 18 Tampilan Serial Monitor Tegangan Tertinggi Berada pada Posisi Ke 2

Namun apabila jika setelah dibandingkan dari ketiga data tersebut dan diperoleh bahwa nilai tegangan pada posisi awal lah yang memiliki nilai tertinggi maka panel surya akan bergerak mundur kembali sejauh 2 kali 4 derajat atau 8 derajat, selanjutnya mikrokontroler membaca kembali nilai tegangan terkini dan akan memperbarui nilai tegangan terkini.

```
14:54:39.537 -> Updated Voltage1: 12.83
15:09:24.329 -> Motor Stopped
15:09:24.329 -> Voltage2: 12.37
15:09:36.367 -> Motor Stopped
15:09:36.367 -> Voltage3: 12.32
15:09:54.411 -> Motor Stopped
15:09:54.411 -> Back to 1st position
```

Gambar 4. 19 Tampilan Pada Serial Monitor Kembali menuju Titik Awal

Selanjutnya siklus yang sama akan terjadi setiap 15 menit mulai pukul 8 pagi hingga 5 sore yang pewartuannya dikontrol oleh RTC DS3231.

Pada saat pukul 5 sore, panel surya akan berhenti bergerak hingga pukul 6 sore kemudian pada saat pukul 18:00 panel surya akan bergerak kembali menuju posisi inisiasi.

```
18:04:16.480 -> Motor Stopped
18:04:16.558 -> Motor: CounterClockwise for 4 minutes
```

Gambar 4. 20 Tampilan Serial Monitor Motor Reset

Dan setelah panel surya kembali, layar LCD akan mati untuk menghemat daya dan akan menunggu hingga pukul 8 esok hari.

4.4 Analisis nilai tegangan panel surya berdasarkan nilai tegangan tertinggi dan nilai intensitas cahaya tertinggi.

Tabel 4.4, 4.5, 4.6 merupakan data percobaan selama 3 hari dalam membandingkan kedua metode percobaan yakni untuk metode 1 merupakan pengujian dengan metode pengukuran nilai tegangan keluaran panel surya tertinggi dan metode 2 adalah pengukuran nilai tegangan keluaran panel surya berdasarkan intensitas cahaya matahari.

Masing masing tabel menampilkan nilai intensitas Cahaya matahari dengan hasil pengukuran nilai tegangan keluaran panel surya tertinggi dan nilai tegangan keluaran panel surya berdasarkan nilai intensitas Cahaya matahari tertinggi.

Tabel 4. 4 Tabel Perbandingan nilai tegangan dengan kedua metode yang berbeda pada Hari Pertama

Metode 1 = Pengukuran nilai tegangan berdasarkan intensitas cahaya matahari tertinggi

Metode 2 = Pengukuran nilai tegangan berdasarkan keluaran panel surya tertinggi

Waktu	Hari 1			
	Metode 1		Metode 2	
	Lux	(V)	(V)	Lux
08:00	507	13,09	13,28	507
08:15	534	13,14	13,32	533
08:30	523	13,13	13,31	524
08:45	542	13,18	13,37	541
09:00	560	13,31	13,73	601
09:15	487	13,03	13,25	498
09:30	493	13,05	13,24	490
09:45	484	13,08	13,26	480
10:00	436	13,02	13,44	495
10:15	464	13,17	13,36	461
10:30	393	12,79	12,98	388
10:45	412	12,82	13,02	400
11:00	411	12,94	13,12	409
11:15	414	13	13,18	414

Waktu	Hari 1			
	Metode 1		Metode 2	
	Lux	(V)	(V)	Lux
11:30	399	12,85	13,04	398
11:45	510	13,39	13,55	511
12:00	404	12,97	13,17	388
12:15	495	13,05	13,24	494
12:30	524	13,17	13,56	523
12:45	400	12,96	13,14	401
13:00	450	13,09	13,28	448
13:15	424	13,01	13,19	421
13:30	415	12,97	13,17	402
13:45	435	13,06	13,26	433
14:00	583	13,36	13,56	576
14:15	414	13,08	13,27	411
14:30	425	13,12	13,31	422
14:45	312	12,75	13,02	305
15:00	388	12,85	13,05	385
15:15	281	12,75	12,97	279
15:30	376	12,82	13,01	379
15:45	216	12,61	12,8	215
16:00	65	12,3	12,48	64
16:15	66	12,35	12,55	64
16:30	50	12,15	12,36	49
16:45	41	12,13	12,31	39
17:00	35	12,1	12,28	37
Avg /Day	388,32	12,91	13,11	388,78

Tabel 4. 5 Tabel Perbandingan nilai tegangan dengan kedua metode yang berbeda pada Hari Kedua

Metode 1 = Pengukuran nilai tegangan berdasarkan intensitas cahaya matahari tertinggi

Metode 2 = Pengukuran nilai tegangan berdasarkan keluaran panel surya tertinggi

Waktu	Hari 2			
	Metode 1		Metode 2	
	Lux	(V)	(V)	Lux
08:00	707	13,64	13,88	705

Waktu	Hari 2			
	Metode 1		Metode 2	
	Lux	(V)	(V)	Lux
08:15	714	13,67	13,9	712
08:30	704	13,71	13,84	701
08:45	732	13,66	13,96	736
09:00	736	13,71	13,95	734
09:15	713	13,66	13,9	712
09:30	773	13,52	13,74	762
09:45	770	13,36	13,64	742
10:00	757	13,36	13,6	755
10:15	863	13,29	13,53	855
10:30	932	13,36	13,63	927
10:45	922	13,39	13,61	921
11:00	373	12,22	12,46	370
11:15	874	12,78	13,02	871
11:30	891	13	13,26	942
11:45	948	13,04	13,3	252
12:00	255	11,63	11,85	350
12:15	498	11,76	12,01	404
12:30	413	11,98	12,22	412
12:45	414	12,18	12,41	412
13:00	712	12,17	12,4	711
13:15	706	12,88	13,12	704
13:30	718	13,67	13,1	717
13:45	750	12,91	13,15	747
14:00	761	13,02	13,26	754
14:15	704	13,02	13,24	702
14:30	711	12,97	13,21	710
14:45	700	13	13,23	698
15:00	623	12,84	13,08	620
15:15	600	12,82	13,05	598
15:30	764	11,77	12,91	587
15:45	732	12,6	12,88	726
16:00	424	12,65	12,88	422
16:15	430	12,64	12,89	429
16:30	409	12,59	12,85	406
16:45	405	12,61	12,84	404
17:00	402	12,39	12,7	404

Waktu	Hari 2			
	Metode 1		Metode 2	
	Lux	(V)	(V)	Lux
Avg /Day	663,24	12,90	13,14	638,21

Tabel 4. 6 Tabel Perbandingan nilai tegangan dengan kedua metode yang berbeda pada Hari ketiga

Metode 1 = Pengukuran nilai tegangan berdasarkan intensitas cahaya matahari tertinggi

Metode 2 = Pengukuran nilai tegangan berdasarkan keluaran panel surya tertinggi

Waktu	Hari 3			
	Metode 1		Metode 2	
	Lux	(V)	(V)	Lux
08:00	488	13,94	13,95	486
08:15	490	13,33	13,91	488
08:30	487	13,94	13,94	486
08:45	460	13,98	13,99	459
09:00	638	14,12	14,18	636
09:15	477	14,01	14	475
09:30	694	14,21	14,22	690
09:45	721	14,23	14,27	720
10:00	624	14,12	14,27	623
10:15	754	14,28	14,25	753
10:30	722	14,25	14,26	720
10:45	354	14,24	14,36	350
11:00	298	13,37	14,17	296
11:15	297	14,18	14,18	295
11:30	812	14,46	14,52	810
11:45	856	14,58	14,59	853
12:00	871	14,55	14,57	869
12:15	893	14,41	14,46	890
12:30	955	14,52	14,53	952
12:45	921	14,97	14,39	920
13:00	390	13,48	14,37	388
13:15	918	14,31	14,33	316
13:30	214	13,31	13,37	213
13:45	814	14,42	14,56	812
14:00	297	13,68	13,71	296
14:15	890	14	14,02	886

Waktu	Hari 3			
	Metode 1		Metode 2	
	Lux	(V)	(V)	Lux
14:30	744	14,67	14,86	742
14:45	684	14,05	14,09	682
15:00	422	14,22	14,31	419
15:15	418	14,25	14,28	416
15:30	436	14,32	14,33	434
15:45	487	13,98	14,4	485
16:00	284	14,12	14,18	283
16:15	288	14,12	14,12	285
16:30	286	14,07	14,08	283
16:45	211	13,94	13,85	209
17:00	100	13,45	13,49	99
Avg /Day	559,32	14,11	14,20	541,05

Dari data yang didapatkan selama 3 hari, dapat dilihat jika secara dominan, ketika nilai tegangan keluaran panel surya tertinggi didapatkan maka nilai intensitas cahaya matahari tidak menjadi yang tertinggi pada waktu tersebut dikarenakan setelah dibandingkan, nilai intensitas cahaya matahari tertinggi yang didapatkan justru tidak menghasilkan nilai tegangan yang paling tinggi.

Selanjutnya berdasarkan percobaan pengambilan data tegangan selama 10 hari maka jika dirata-ratakan keseluruhannya setiap waktu maka masing-masing masing nilai yang didapatkan akan disajikan pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Analisa Nilai Tegangan Dengan Menggunakan Metode 1 dan Metode 2

Metode 1 = Pengukuran nilai tegangan berdasarkan intensitas cahaya matahari tertinggi

Metode 2 = Pengukuran nilai tegangan berdasarkan keluaran panel surya tertinggi

Waktu	Tegangan berdasarkan Metode 1 (V)	Tegangan berdasarkan Metode 2 (V)	Selisih	Lebih Tinggi	%
08:00	13,38	13,34	0,04	Intensitas cahaya tertinggi	0,3%
08:15	13,31	13,43	0,12	Keluaran panel surya tertinggi	0,9%
08:30	13,61	13,62	0,01	Keluaran panel surya tertinggi	0,1%
08:45	13,77	13,78	0,01	Keluaran panel surya tertinggi	0,1%
09:00	13,84	13,87	0,03	Keluaran panel surya tertinggi	0,2%
09:15	14,03	14,05	0,02	Keluaran panel surya tertinggi	0,1%
09:30	14,05	14,08	0,03	Keluaran panel surya tertinggi	0,2%
09:45	13,82	14,03	0,21	Keluaran panel surya tertinggi	1,5%
10:00	13,81	13,92	0,11	Keluaran panel surya tertinggi	0,8%
10:15	13,77	13,9	0,13	Keluaran panel surya tertinggi	0,9%
10:30	13,9	13,95	0,05	Keluaran panel surya tertinggi	0,4%
10:45	14,1	14,16	0,06	Keluaran panel surya tertinggi	0,4%
11:00	13,92	14,01	0,09	Keluaran panel surya tertinggi	0,6%
11:15	14,45	14,44	0,01	Intensitas cahaya tertinggi	0,1%
11:30	14,06	14,14	0,08	Keluaran panel surya tertinggi	0,6%
11:45	14,09	14,19	0,10	Keluaran panel surya tertinggi	0,7%

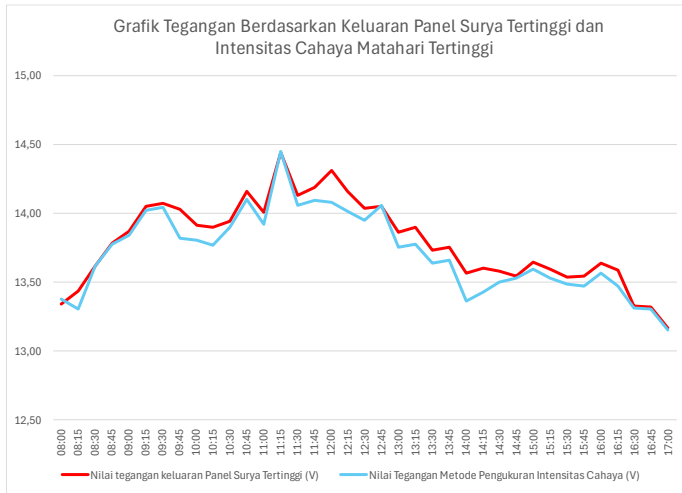
Waktu	Tegangan berdasarkan Metode 1 (V)	Tegangan berdasarkan Metode 2 (V)	Selisih	Lebih Tinggi	%
12:00	14,08	14,31	0,23	Keluaran panel surya tertinggi	1,6%
12:15	14,01	14,16	0,15	Keluaran panel surya tertinggi	1,1%
12:30	13,95	14,04	0,09	Keluaran panel surya tertinggi	0,6%
12:45	14,06	14,05	0,01	Intensitas cahaya tertinggi	0,1%
13:00	13,75	13,87	0,12	Keluaran panel surya tertinggi	0,9%
13:15	13,77	13,9	0,13	Keluaran panel surya tertinggi	0,9%
13:30	13,64	13,73	0,09	Keluaran panel surya tertinggi	0,7%
13:45	13,66	13,75	0,09	Keluaran panel surya tertinggi	0,7%
14:00	13,37	13,57	0,20	Keluaran panel surya tertinggi	1,5%
14:15	13,43	13,6	0,17	Keluaran panel surya tertinggi	1,3%
14:30	13,5	13,58	0,08	Keluaran panel surya tertinggi	0,6%
14:45	13,53	13,54	0,01	Keluaran panel surya tertinggi	0,1%
15:00	13,6	13,65	0,05	Keluaran panel surya tertinggi	0,4%
15:15	13,53	13,59	0,06	Keluaran panel surya tertinggi	0,4%
15:30	13,49	13,54	0,05	Keluaran panel surya tertinggi	0,4%
15:45	13,47	13,54	0,07	Keluaran panel surya tertinggi	0,5%
16:00	13,57	13,64	0,07	Keluaran panel surya tertinggi	0,5%
16:15	13,48	13,59	0,11	Keluaran panel surya tertinggi	0,8%

Waktu	Tegangan berdasarkan Metode 1 (V)	Tegangan berdasarkan Metode 2 (V)	Selisih	Lebih Tinggi	%
16:30	13,31	13,33	0,02	Keluaran panel surya tertinggi	0,2%
16:45	13,31	13,32	0,01	Keluaran panel surya tertinggi	0,1%
17:00	13,15	13,17	0,02	Keluaran panel surya tertinggi	0,2%
Rata-rata			0,07	Keluaran panel surya tertinggi	0,6%

Berdasarkan data yang dapat dilihat pada tabel, nilai tegangan tertinggi lebih banyak ditemukan pada nilai keluaran panel surya tertinggi dibandingkan nilai tegangan berdasarkan intensitas cahaya matahari.

Posisi nilai tegangan yang lebih tinggi diisi oleh metode pengukuran tegangan keluaran panel surya tertinggi sebanyak 34 kali pengujian sedangkan berdasarkan intensitas cahaya matahari hanya sebanyak 3 kali pengujian.

Setelah dirata-ratakan nilai selisinya, nilai tegangan dengan metode kedua lebih tinggi 0,07 V dibandingkan dengan metode pertama. Hal ini menunjukkan jika adanya perbedaan nilai tegangan yang dihasilkan diantara kedua metode yang digunakan akan tetapi dengan selisih nilai tersebut tidak begitu mempengaruhi dalam penggunaan secara aplikatif pada peralatan elektronik dikarenakan untuk menyuplai daya sebuah alat elektronik, adanya tegangan yang lebih besar 0,07 V tidak terlalu mempengaruhi performa maupun fungsi dari perangkat tersebut.



Gambar 4. 21 Grafik Rata-Rata Tegangan Keluaran Panel Surya dan Intensitas Cahaya Matahari

Pada grafik tegangan tertinggi dapat dilihat bahwa nilai tegangan tertinggi yang dihasilkan oleh panel surya terdapat pada pukul 11:15 bersamaan antara nilai tegangan tertinggi berdasarkan panel surya dan *luxmeter*. Pada Gambar 4.21 juga dapat dilihat bahwa tegangan keluaran berdasarkan intensitas cahaya matahari juga berada lebih rendah dibandingkan dengan grafik tegangan berdasarkan nilai output tegangan tertinggi panel surya.

Jika melihat nilai pembacaan awal tegangan yakni pukul 8 pagi, nilai tegangannya sedikit lebih tinggi dibandingkan oleh nilai tegangan pembacaan terakhir pada pukul 5 sore.

Pada pukul 12:00 terjadi selisih yang cukup besar antara kedua sampel data yakni sebesar 1,6% atau 0,23 V yang diungguli oleh nilai tegangan keluaran panel surya tertinggi.

Berdasarkan pengujian ini maka dapat dilihat bahwa setelah dirata-ratakan pengujian berdasarkan nilai tegangan output panel surya memiliki nilai yang lebih tinggi 0,6% dibandingkan nilai tegangan berdasarkan intensitas cahaya tertinggi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Setelah melakukan pengujian pada sistem dan membuat analisa maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai tegangan dengan metode pengukuran intensitas cahaya matahari berada pada rentang 11,62 V - 16,56 V dan jika dirata-ratakan perharinya maka nilai tegangan tertinggi berada pada hari kesembilan dengan 14,15 V dan terendah berada pada hari pertama yakni 13,3 V.
2. Nilai tegangan dengan menggunakan metode pengukuran tegangan keluaran panel surya tertinggi berada pada rentang 11,62 V - 16,56 V dan jika dirata-ratakan perharinya maka nilai tegangan tertinggi berada pada hari kesembilan dengan 14,15 V dan terendah berada pada hari pertama yakni 13,3 V.
3. Nilai intensitas cahaya matahari yang didapatkan berdasarkan pengujian berada pada rentang nilai 118,82 *lux* hingga 701,18 *lux* dan intensitas cahaya matahari tertinggi didapatkan pada pukul 13:15.
4. Selisih terbesar antara nilai tegangan berdasarkan keluaran panel surya tertinggi dan intensitas cahaya matahari tertinggi adalah sebesar 1,6% atau 0,23 V pada pukul 12:00 dan jika dirata-ratakan maka didapatkan bahwa nilai tegangan berdasarkan metode pengukuran keluaran panel surya tertinggi lebih tinggi sebesar 0,6% atau 0,07 V.
5. Dari ke 37 data yang dianalisa, didapatkan bahwa nilai tegangan berdasarkan metode pengukuran keluaran panel surya dominan lebih besar sebanyak 34 kali data pengujian.
6. Meskipun terdapat perbedaan nilai tegangan yang dihasilkan oleh kedua metode pengukuran akan tetapi nilai rata-rata selisih tegangan yang dimana adalah 0,07 V, tidak begitu berpengaruh pada penggunaan aplikatif sebuah perangkat elektronik.

5.2 Saran

Untuk menyempurnakan proyek akhir ini maka ada beberapa saran dari penulis yaitu:

1. Dapat menambahkan sumbu pergerakan dari panel surya 1 axis menjadi 2 axis.
2. Agar kedepannya dapat memperbesar resolusi pada pergerakan posisi panel surya untuk mendapatkan posisi dengan nilai tegangan yang lebih maksimal.
3. Melakukan pengujian ini dengan menggunakan panel surya yang lebih besar dayanya.

Daftar Pustaka

- Bambang Hari Purwoto, J. M. (2018). EFISIENSI PENGGUNAAN PANEL SURYA SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 1-5.
- Bernadeta Wuri Harini, P. S. (2022, Januari 14). Kinerja Panel Surya dengan Pelacak Matahari Dual Aksis menggunakan Algoritma berbasis Sensor LDR. *SNISTEK 4*, 49 - 54.
- Faruchi, A. (2018). *PENGARUH VARIASI SPEKTRUM CAHAYA TAMPAK TERHADAP KARAKTERISTIK RAPAT ARUS-TEGANGAN SEL SURYA BERBASIS GALIUM ARSENIDA*. Jember: FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM UNIVERSITAS JEMBER.
- Harjunowibowo, D. (2010). MODEL PANEL SURYA CERDAS DENGAN SENSOR PELACAK CAHAYA MATAHARI OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER. *Berkala Fisika*, B7-B14.
- Islam, Y. W. (2018). Pemanfaatan RTC (Real Time Clock) DS3231 Untuk Menghemat Daya. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro*, 1-3.
- Lokananta, A. (2021). *PANEL SURYA PORTABEL DENGAN PELACAK MATAHARI OTOMATIS*. Pekanbaru.
- Manual, P. R. (2023, 7 26). *Arduino*. Retrieved from Arduino: <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf>
- Marpaung, P. P. (2014). Efektivitas Sel Photovoltaic Sel Surya Metoda Perlakuan Penyinaran. *Jurnal IPTEK*, 16-23.
- P.W, I. B. (2015). Rancang Bangun Sistem Tracking Panel Surya. *E-Journal SPEKTRUM Vol. 2, No. 2 Juni 2015*, 1-6.

- Pius, O. E. (2015). Investigating the Wavelength of Light and Its Effects on the Performance of a Solar Photovoltaic Module. *International Journal of Innovative Research in Computer Science & Technology (IJIRCST)*, 61-65.
- QDSolar. (2020). *QDSolar*. Retrieved from <https://qdsolarinc.com/technology/>.
- Sandos. (2013). Rancang Bangun dan Uji Coba Solar Tracker pada. *Jurnal Keteknikaan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 1-5.
- Science, I. C. (2019). Photovoltaic-thermal (PVT) technology: Review and case stu. (pp. 1-11). IOP Publishin.
- WICAKSONO, F. S. (2016). RANCANG BANGUN CONTROL OTOMATIS SOLAR CELL BERBASIS ARDUINO UNO DENGAN PENAMPIL TEGANGAN ACCUMULATOR. In *TUGAS AKHIR* (pp. 1-12). Surabaya.