

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Energi adalah daya yang dapat digunakan untuk berbagai fungsi proses seperti energi mekanik, panas dan lain-lain. Mencari sumber energi alternatif pengganti bahan bakar fosil masih menjadi pembicaraan. Sebagai energi alternatif, ada beberapa sumber energi alami yang bersih, tidak tercemar, aman, dan tersedia tanpa batas. Salah satu bentuk energi alternatif yang hampir memenuhi kriteria keamanan lingkungan adalah energi matahari. Matahari merupakan salah satu dari sekian banyak energi yang jumlahnya tidak terbatas, bahkan peranan matahari merupakan energi terbarukan yang artinya ketersediaannya di Bumi cukup melimpah terutama di wilayah Indonesia. [1]

Indonesia yang terletak di daerah tropis, negara yang terletak di garis khatulistiwa atau terekspos justru memiliki keuntungan yang cukup signifikan yaitu menerima sinar matahari secara terus menerus sepanjang tahun. Oleh karena itu, tersedia beberapa solusi energi alami sebagai energi alternatif yang bersih, tidak berpolusi, aman, dan tersedia tanpa batas. Salah satu energi alternatif tersebut adalah penggunaan energi matahari. Energi matahari merupakan sumber energi yang tidak terbatas, sehingga energi matahari dapat digunakan sebagai energi alternatif yang sesuai. Sel surya adalah alat yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Energi yang dihasilkan sel surya ramah lingkungan dan sangat menjanjikan untuk masa depan, karena tidak ada polusi dalam proses konversi energinya. [2]

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dapat dirancang untuk kebutuhan rumah tangga dalam skala besar dengan menggunakan teknologi yang mudah diadaptasi untuk penggunaan masyarakat. Permasalahan saat ini adalah mayoritas sel surya yang terpasang masih stasioner. Hal ini menyebabkan penerimaan energi matahari kurang optimal, sehingga mendorong penulis untuk mengembangkan alat bantu penyerapan energi sinar matahari dengan menggunakan Sun Tracking otomatis untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang bersifat dinamis

dengan menggunakan panel surya yang mampu mengikuti arah datangnya sinar matahari menggunakan 4 buah sensor LDR dengan microcontroller Arduino Uno.[3]

Sel surya merupakan salah satu perangkat pengumpul energi matahari terbarukan yang terus dikembangkan. Sel surya memiliki banyak keunggulan, seperti: tidak membutuhkan bahan bakar fosil, rendah polusi, dan biaya perawatan rendah. Karakteristik energi yang dihasilkan sel surya sangat dipengaruhi oleh radiasi matahari, suhu dan posisi sel surya terhadap sinar matahari yang masuk. Sel surya menghasilkan energi maksimum ketika posisi matahari tegak lurus dengan permukaan sel surya. Posisi matahari selalu berubah dari timur ke barat setiap hari, didukung oleh pergerakan semu matahari. Seiring dengan perubahan posisi matahari, solar cell menghasilkan energi yang lebih sedikit, sehingga diperlukan suatu sistem yang dapat mengarahkan solar cell agar selalu tegak lurus dengan sinar matahari yang masuk. [4]

Solar tracking system adalah sistem yang mendeteksi posisi matahari menggunakan sensor cahaya dan mengontrol solar cell agar selalu tegak lurus matahari dengan mengubah arah dari timur-barat dan selatan-utara.

Berdasarkan penggunaan automatic sun tracking pada pembangkit listrik tenaga surya, dapat meningkatkan kinerja panel dan meningkatkan daya listrik hampir 2 kali lipat daya rata-rata panel surya statis. Penggunaan panel surya dengan solar tracking system otomatis menghasilkan sistem kontrol yang dapat bekerja secara optimal, atau dapat dikatakan berhasil menyelesaikan proses pengaturan sehingga dapat mencapai arus maksimum. [3]

Solar Tracker dibagi menjadi dua, yaitu satu sumbu rotasi dan dua sumbu rotasi. Solar Tracker sumbu tunggal memiliki biaya produksi yang rendah tetapi kemampuan pelacakan terbatas, sedangkan Solar Tracker sumbu ganda memiliki biaya produksi yang tinggi tetapi kemampuan pelacakan yang lebih baik. [2]

Dilihat dari latar belakang masalah tersebut, maka peneliti akan membahas Perancangan Solar Tracker Untuk Membandingkan Serapan Energi Matahari Pada PLTS Statis Di Kampus 3 Universitas Bung Hatta.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang solar tracker model single Axis
2. Bagaimana menghitung perbandingan serapan energi matahari antara PLTS statis dengan solar tracker di kampus 3 Universitas Bung Hatta?

1.3 Batasan Masalah

1. Merancang solar tracker PLTS 100 WP.
2. Solar tracker single axis ini di kampus 3 Universitas Bung Hatta.
3. Satu derajat kebebasan single axis dari timur-barat.
4. Sensor Sensor fotodiode adalah diode peka cahaya, resistansi sensor fotodiode berubah ketika menerima intensitas cahaya dan memancarkan arus listrik seperti diode biasa. Sensor fotodiode merupakan salah satu jenis sensor peka cahaya (light sensor).
5. Modul NodeMCU ESP32 adalah papan prototyping sederhana yang mudah diprogram menggunakan Arduino IDE.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Merancang solar tracker single axis dan PLTS statis.
2. Membandingkan serapan energi matahari pada PLTS statis dan solar tracker single axis.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari perencanaan ini adalah :

1. Bagi penulis, dapat menambah wawasan pengetahuan dan pengembangan ilmu. Khususnya dalam merancang solar tracker 100 WP.
2. Bagi penulis, dapat mengetahui bagaimana membuat atau merancang sebuah alat solar tracker dan mengetahui apa aja langkah-langka pembuatan alat solar tracker.
3. Bagi pembaca, dengan penulis membahas judul ini dapat mempermudah pembaca untuk mengimplementasikan solar tracker sebagai sumber energi alternatif terutama di daerah yang panas matahari sangat panas.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memahami penulisan skripsi ini, maka penulis menuliskan sistematika penulisan skripsi sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan tentang penelitian-penelitian sebelumnya dan landasan teori.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan secara jelas peralatan dan bahan yang dibutuhkan, menjelaskan alur penelitian, gambaran sistem perancangan yang akan diteliti.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan tentang deskripsi penelitian, pengumpulan data-data penelitian, perhitungan, analisa dan pembahasan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran untuk penelitian selanjutnya

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Penelitian

Dalam penulisan laporan proposal ini penulis merujuk pada penelitian yang sudah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya sebagai berikut:

Wendryanto, dkk, 2017 *“Pengembangan Penggerak Solar Panel Dua Sumbu Untuk Meningkatkan Daya Pada Solar Panel Tipe Polikristal”*. [4] Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha. Prototipe ini dirancang agar panel surya dapat selalu tegak lurus terhadap matahari menggunakan Arduino Nano 3.0 Atmega 328 CH3 0G untuk kontrol otomatis beserta komponen lainnya seperti sensor cahaya (LDR) dan motor DC. Prinsip kerja mikrokontroler ini untuk mengendalikan panel surya 2 sumbu adalah output dari sensor LDR diolah oleh mikrokontroler Arduino Nano 3.0 Atmega 328 CH3 0G menggunakan bahasa pemrograman. Jika sensor LDR tidak tegak lurus matahari maka nilai resistansinya akan berbeda. Jika terjadi perbedaan maka mikrokontroler bereaksi dan menggerakkan motor untuk mendapatkan nilai resistansi yang sama. Dari hasil pengujian, membandingkan panel surya statis dengan penggerak 1 sumbu dan penggerak 2 sumbu, ditemukan bahwa panel surya dengan penggerak 2 sumbu memiliki penyerapan energi matahari yang optimal. Hal ini dibuktikan dengan pengukuran tegangan yang dihasilkan panel surya lebih tinggi dibandingkan dengan panel surya statis atau panel surya 1 sumbu. Berdasarkan informasi yang diterima, kenaikan tegangan dimulai pada pukul 09.00 dan diperoleh tegangan maksimum terjadi pada pukul 12.00, setelah itu terjadi penurunan tegangan.

Arini Larasati, Chrisna Panca Putra, 2019 *“Rancang Bangun Solar Tracker Satu Axis Dengan Media Pemberat Air”*. [2] Jurnal Academia. Pada saat ini salah satu jenis energi alternatif yang berkembang pesat adalah energi matahari yang digunakan sebagai pembangkit listrik dalam bentuk sel surya. Teknologi ini dapat mengkonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Namun, saat ini penggunaan solar cell masih bersifat statis, sehingga penyerapan energi

matahari belum optimal, untuk pengoptimalan penyerapan energi matahari maka diperlukan alat untuk mengikuti pergerakan cahaya matahari. Solar tracker merupakan sebuah alat agar solar cell tetap mengikuti arah cahaya matahari. Media pemberat bisa menjadi salah satu teknologi penggerak baru dari solar tracker. Tujuan proyek akhir “Rancang Bangun Solar Tracker Satu Axis dengan Media Pemberat Air” yaitu membuat solar tracker yang mampu mengoptimalkan daya keluaran dari sel surya, menciptakan solar tracker dengan media penggerak baru, dan mampu bergerak dari timur ke barat dengan pergerakan 11 derajat per jam. Berdasarkan beberapa percobaan yang telah dilakukan, hasil pengujian solar tracker pergerakannya mampu mengikuti arah cahaya matahari dari timur ke barat. Solar cell yang menggunakan tracker mampu menyerap energi matahari lebih optimal dari pada yang tidak menggunakan tracker dan memiliki perbandingan sebesar 10% dan daya yang dikeluarkan untuk menggerakkan solar tracker sangat kecil, sehingga alat ini memiliki efisiensi daya yang lebih besar dari teknologi sebelumnya.

Rizqi Andika Prasetyo, dkk, 2021 “*Optimasi Daya Pada Panel Surya Dengan Solar Tracker System Dual Axis Menggunakan Metode Fuzzy Logic Controller*”. [1] Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan. Salah satu energi alternatif yang hampir memenuhi kriteria karena aman bagi lingkungan adalah energi surya. Logika kabur pemetaan dilakukan pada matlab menggunakan sugeno fuzzy metode dengan sistem yang memiliki 4 input dan 2 output. Kusut logika adalah metode yang digunakan untuk pelacak surya untuk mengoptimalkan daya pada panel surya. Fungsi keanggotaan untuk LDR 1, Nilai LDR 2, LDR 3 dan LDR 4 Rendah (0-400), Sedang (100-900), dan Tinggi (600-1023), masing-masing. Perbandingan antara panel surya statis dan solar tracker solar sumbu ganda panel menghasilkan optimasi daya yang diperoleh sebesar 27,75%.

Sigit Nurharsanto, Adhy Prayitno, 2017 “*Sun Tracking Otomatis Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)*”. [3] Jurnal Academia. Listrik digunakan oleh industri, perkantoran, dan masyarakat maupun perorangan, yang kebutuhan sumber listriknya sangat meningkat yang berasal dari energi matahari, yang diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan panel surya. Energi

matahari dapat dimanfaatkan sebagai energi listrik alternatif, pemanfaatan energi matahari menggunakan energi ini dengan proses photovoltaic yang mengubah energi matahari secara langsung menjadi energi listrik. Pelacakan matahari otomatis untuk pembangkit listrik tenaga surya dapat dirancang untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga skala besar dimana orang dapat dengan mudah menggunakan teknologinya, Teknologi ini dapat dirancang dengan beberapa instrumen dasar, seperti panel surya. LDR (Light Dependent Resistor), Mikrokontroler Arduino, motor AC dan *Driver* Motor. Beberapa komponen dirakit dan diprogram menjadi alat pelacak matahari yang disebut pelacakan matahari, Dalam hal ini penelitian pelacakan matahari menggunakan gerak otomatis yang mengikuti arah cahaya matahari menggunakan Arduino otak uno. Sinar matahari pada sensor LDR dan driver motor langsung memberikan perintah "On" ke motor DC yang akan menggerakkan panel surya agar selalu tegak lurus terhadap datangnya sinar matahari. Oleh karena itu, panel surya dengan sistem automatic suntracking pada penelitian ini didapatkan sebuah sistem kontrol yang dapat bekerja secara maksimal di proses pengendalian dan mengungkapkan arus maksimum.

Berdasarkan jurnal-jurnal di atas, maka penelitian solar treker single axis dilaksanakan di kampus 3 Universitas Bung Hatta. Penelitian ini berbeda dikarenakan penelitian solar tracker single axis ini menggunakan BLDC untuk penggeraknya, sedangkan penelitian jurnal-jurnal di atas tidak ada yang menggunakan BLDC sebagai penggerak. Dan di penelitian ini juga membandingkan serapan energi matahari pada PLTS statis dengan solar tracker model single axis.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

PLTS (pembangkit listrik tenaga surya) adalah pembangkit yang menggunakan energi matahari sebagai sumber listrik dengan menggunakan sel surya. Sel surya, atau panel surya, adalah perangkat yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Listrik merupakan kebutuhan penting yang dapat diperoleh dari energi matahari, yang diubah menjadi listrik oleh panel surya.

Selain itu, listrik masih banyak menggunakan bahan bakar, misalnya batu bara yang menjadi bahan bakar utama di PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) dan PLTGU (Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap), yang menimbulkan polusi dan gas rumah kaca. Berdasarkan hal tersebut, para ilmuwan mencoba merancang pembangkit listrik yang menggunakan energi matahari (solar energy).

Dimana energi matahari dapat digunakan sebagai energi listrik alternatif yang dapat diaplikasikan pada aplikasi perumahan, perkantoran, pabrik maupun industri. Dalam hal penggunaan energi surya, Indonesia merupakan negara tropis yang terletak di garis khatulistiwa. Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dapat dirancang untuk kebutuhan rumah tangga dalam skala besar dengan menggunakan teknologi yang mudah diadaptasi untuk penggunaan masyarakat. Permasalahan saat ini adalah mayoritas sel surya yang terpasang masih solar statis.

2.2.2 Solar Tracker

Solar Tracker adalah perangkat yang memandu muatan (payload) ke matahari. Payload dapat berupa panel surya, palung parabola, reflektor fresnel, cermin atau lensa. Untuk sistem photovoltaic panel datar, tracker digunakan untuk mengarahkan photovoltaic agar selalu tegak lurus terhadap arah datangnya cahaya matahari. Sistem ini dapat meningkatkan jumlah energi yang dihasilkan dibandingkan dengan sistem photovoltaic statis.

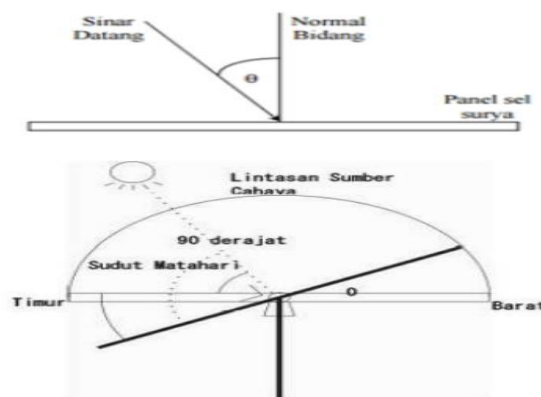


Gambar 2.1 Jenis solar tracker berdasarkan sumbu putar.

Sistem solar tracker ada beberapa jenis dan bisa diklasifikasikan berdasarkan beberapa kriteria. Tudorache & Kreindler, (2010) mengklasifikasikan solar tracker berdasarkan pada jumlah sumbu putaran. Pada klasifikasi ini, solar tracker dibedakan menjadi dua yaitu satu sumbu putaran dan dua sumbu putaran.

Pada solar tracker satu sumbu putaran memiliki biaya produksi yang murah namun memiliki fungsi tracking yang terbatas dan tidak cocok bila diaplikasikan pada objek yang bergerak, sedangkan solar tracker dua sumbu putaran (dual axis solar tracker) memiliki biaya produksi yang mahal namun memiliki fungsi tracking yang lebih baik serta bisa diaplikasikan pada sebuah objek bergerak.[6]

Ichsan Sukma Nursandi (2017) menjelaskan bahwa besarnya radiasi yang diterima panel sel surya dipengaruhi oleh sudut datang (angle of incidence) yaitu sudut antara arah sinar datang dengan garis normal (normal bidang).



Gambar 2.2 Sudut arah dan lintasan sinar datang terhadap PV

Panel akan mendapat radiasi matahari maksimum pada saat matahari tegak lurus dengan bidang panel dengan sudut 00 terhadap garis normal. Pada saat arah matahari tidak tegak lurus dengan bidang panel atau membentuk sudut Θ seperti Gambar 2.2 maka panel akan menerima radiasi lebih kecil dengan faktor $\cos \Theta$. [5] untuk kemiringan solar statis umumnya 9 derajat sampai 30 derajat.

2.2.3 Kelebihan Dan Kekurangan PLTS

Kelebihan yang didapatkan dalam menggunakan PLTS ini adalah:

- a. Mereduksi penggunaan bahan bakar fosil sehingga mengurangi polusi/emisi bahan bakar.
- b. Bersih, menggunakan energi dari matahari langsung.
- c. Mengurangi biaya tagihan listrik bulanan.
- d. Meningkatkan nilai prestise pada rumah/perkantoran.

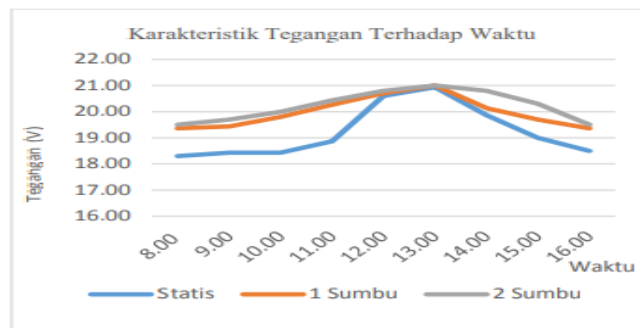
- e. Menstabilkan tegangan PLN pada sisi beban.
- f. Pengoperasian dan perawatan sistem yang sangat mudah.

Sedangkan, kekurangan dalam menggunakan PLTS ini adalah sebagai berikut:

- a. Biaya pemasangan yang besar.
- b. Perawatan, panel surya harus dibersihkan secara rutin agar kotoran dan debu yang menempel tidak mengurangi kinerja listrik.

2.2.4 Perbandingan Serapan Energi Matahari Antara PLTS Statis dengan Solar Tracker

Dari Jurnal Wendryanto, dkk, 2017 yang berjudul “Pengembangan Penggerak Solar Panel Dua Sumbu Untuk Meningkatkan Daya Pada Solar Panel Tipe Polikristal yang” penulis mengutip contoh perbandingan serapan energi matahari yang bagus Berikut ini adalah contoh grafik hasil perbedaan tegangan yang dihasilkan panel surya statis dan dengan penggerak 1 sumbu maupun dengan penggerak 2 sumbu.



Gambar 2.3 Grafik data hasil perbandingan pengujian

Berdasarkan gambar grafik hasil perbandingan pada gambar 2.3 pengaruh perbandingan tegangan yang dihasilkan panel surya yang dilengkapi dengan penggerak 2 sumbu. Efek dari penggerak panel surya ini dapat dilihat pada tabel serta grafik yang terdapat pada setiap pengujian. Pada panel surya statis, tegangan yang dihasilkan mendekati sama dengan panel surya yang menggunakan penggerak di antara pukul 12.00-13.00 dan pada jam berikutnya terlihat mulai menurun. Pengaruh penggerak dengan control otomatis atau yang sering disebut dengan Solar Tracker memang mampu membantu proses penyerapan energy

matahari dengan lebih optimal dibandingkan dengan yang tanpa penggerak maupun yang dengan 1 sumbu. Hal ini dapat dibuktikan pada grafik 2.3 yang menunjukkan perbandingan penyerapan energy matahari melalui panel surya yang statis, dengan penggerak 1 sumbu (X) dan dengan penggerak 2 sumbu (X dan Y). Tegangan maksimum yang dihasilkan panel surya terjadi pada sekitar pukul 12.00-13.00, dan tegangan minimum terjadi pada pukul 16.00. Tegangan adalah perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam rangkaian listrik, dan dinyatakan dalam satuan volt.

Besaran ini mengukur energi potensial dari sebuah medan listrik yang mengakibatkan adanya aliran listrik dalam sebuah konduktor listrik. Efek panel surya yang dilengkapi dengan penggerak atau Solar Tracker terbukti mampu memanen energy matahari dengan efisien dibandingkan dengan panel surya statis. Pada pengujian Solar Tracker, tidak mendapat hasil yang begitu signifikan antara panel surya dengan penggerak 1 sumbu dengan penggerak 2 sumbu. Hal ini dikarenakan karena pada penelitian sebelumnya, Solar Tracker 1 sumbu juga pengujiannya tepat pada bulan Juni seperti yang peneliti lakukan saat ini. Akan tetapi tentu hasilnya akan lebih berbeda pada saat pengujiannya dilakukan di bulan lain, karena seperti yang kita ketahui bahwa bumi mengalami revolusi sehingga sudut kemiringannya pun ikut berubah-ubah selama 1 tahun.

2.3 Komponen Utama Perancangan Solar Tracker 100 WP

2.3.1 Panel Surya (*Photovoltaic*)

Sel surya atau juga sering disebut panel surya adalah adalah perangkat yang dapat mengubah sinar matahari langsung menjadi listrik. Sel surya bisa disebut sebagai alat utama untuk mengubah energi matahari menjadi listrik. Sel surya dapat dianalogikan sebagai perangkat dengan dua kutub atau persimpangan, di mana dalam gelap atau tanpa cahaya bekerja seperti dioda, dan ketika terkena sinar matahari dapat dihasilkan tegangan. Sel surya ini menggunakan efek fotovoltaiik. Dalam fenomena ini, ketika foton (partikel cahaya) mengenai permukaan dengan energi tertentu, elektron pada atom permukaan dilepaskan.

Panel surya terdiri dari susunan sel surya. Setiap sel surya terdiri dari dua lapisan silikon yang saling berhubungan, yaitu lapisan silikon tipe-n dan lapisan silikon tipe-p. Lapisan silikon tipe-n dan tipe-p dibentuk oleh lapisan silikon murni yang disebut semikonduktor intrinsik. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan atom yang komponen utamanya adalah elektron. Semikonduktor tipe-n memiliki muatan negatif, sedangkan semikonduktor tipe-p memiliki muatan positif dalam struktur atomnya. Pengoperasian panel surya diwakili oleh lapisan silikon tipe-n dan tipe-p, yang digunakan untuk menciptakan medan listrik sehingga elektron dapat diproses untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan n dihubungkan, kelebihan elektron ditransfer dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p, dari mana ia membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya, kutub negatif. . -tipe semikonduktor p.s. Akibat aliran elektron dan lubang tersebut, maka terciptalah medan listrik, dimana sinar matahari mengenai susunan lapisan silikon tipe-n dan tipe-p mendorong elektron untuk berpindah dari semikonduktor ke kontak negatif, yaitu kemudian digunakan sebagai listrik, dan sebaliknya, lubang bergerak ke kontak positif dan menunggu datangnya elektron.

Proses elektron ini membuat permukaan bermuatan listrik dan menyebabkan arus listrik mengalir. Arus listrik ini dapat digunakan untuk menghasilkan listrik. Ketika disinari, sel surya biasanya menghasilkan tegangan DC 0,5-1 volt dan arus dalam urutan miliampere per cm². Tegangan dan arus tidak cukup untuk aplikasi yang berbeda, sehingga beberapa sel surya biasanya disusun secara seri sebagai modul surya. Satu modul surya biasanya terdiri dari 28-36 sel surya dan dapat menghasilkan 12 V DC dalam kondisi penyinaran normal. Modul surya dapat dihubungkan secara paralel atau seri untuk meningkatkan tegangan dan arus total sesuai dengan daya yang dibutuhkan untuk aplikasi tertentu.



Gambar 2.4 Panel Surya

2.3.2 Sensor Photodiode

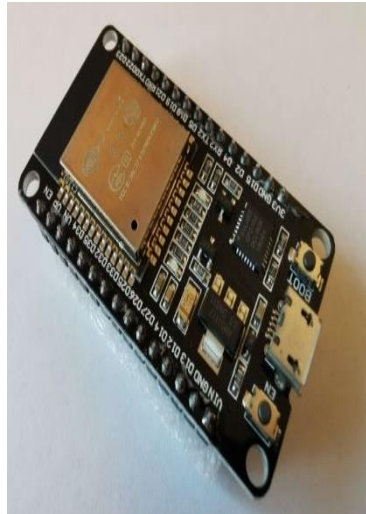
Sensor photodiode adalah salah satu jenis sensor pendeteksi ada tidaknya cahaya (photodetector). Sensor photodiode merupakan jenis dioda yang bekerja berdasarkan intensitas cahaya. Jika sensor photodiode terkena cahaya maka bekerja seperti dioda pada umumnya, tetapi jika tidak mendapat cahaya maka akan berperan seperti resistor dengan nilai tahanan yang besar sehingga arus listrik tidak dapat mengalir. Sensor photodiode merupakan sensor cahaya semikonduktor yang dapat mengubah besaran cahaya menjadi besaran listrik. Cahaya yang dapat dideteksi oleh sensor photodiode yaitu cahaya infra merah, cahaya tampak, ultra violet, dan sinar-X.



Gambar 2.5 Photodiode

2.3.3 Node MCU ESP32

Node MCU ESP32 adalah sebuah mikrokontroler opensource yang digunakan untuk kebutuhan IOT. ESP32 sendiri tidak jauh berbeda dengan ESP8266 yang familiar dipasaran, hanya saja ESP32 lebih kompleks dibandingkan ESP8266.



Gambar 2.6 Node MCU ESP32

2.3.4 Motor DC / Aktuator

Motor DC merupakan actuator dari system pengendalian solar tracker yang akan menggerakkan photovoltaic sesuai dengan arah matahari. Penjejak matahari memanfaatkan polaritas dari motor DC. Dimana, apabila menginginkan polaritas kekanan, maka diberikan tegangan positif, sedangkan apabila menginginkan polaritas kekiri, maka diberikan tegangan negative atau sebaliknya.

Aktuator adalah sebuah peralatan mekanis untuk menggerakkan atau mengontrol sebuah mekanisme atau sistem. Aktuator diaktifkan dengan menggunakan lengan mekanis yang biasanya digerakkan oleh motor listrik, yang dikendalikan oleh media pengontrol otomatis yang terprogram di antaranya mikrokontroler. Aktuator adalah elemen yang mengkonversikan besaran listrik analog menjadi besaran lainnya misalnya kecepatan putaran dan merupakan perangkat elektromagnetik yang menghasilkan daya gerakan sehingga dapat menghasilkan gerakan pada robot. Untuk meningkatkan tenaga mekanik aktuator ini dapat dipasang sistem gearbox. Aktuator dapat melakukan hal tertentu setelah mendapat perintah dari kontroller. Misalnya pada suatu robot pencari cahaya, jika terdapat cahaya, maka sensor akan memberikan informasi pada kontroller yang kemudian akan memerintah pada aktuator untuk bergerak mendekati arah sumber cahaya.



Gambar 2.7 Motor DC / Aktuator

2.3.5 PZEM-017 DC

PZEM-017 adalah modul sensor dilengkapi dengan protokol komunikasi Modbus digunakan untuk mengukur keluaran DC seperti tegangan, arus, daya aktif, dan energi (KWh) yang dapat dihubungkan melalui kabel atau platform opensource lainnya. Modul PZEM017 dibundel dengan shunt resistor berfungsi membuat jalur resistansi atau hambatan lebih rendah pada suatu aliran arus tinggi pada sirikuit elektronika, penggunaan shunt resistor ada beberapa jenis antaranya 50A, 100A,, 200A, 300A dan pada penelitian ini menggunakan shunt resistor 100A. Selain itu modul PZEM-17 tidak dilengkapi dengan fungsi tampilan pada alat tersebut.

Data dari alat ini dibaca melalui antarmuka Serial RS-485 adalah keluaran pasif, perlu terhubung eksternal catu daya 5V dan catu daya eksternal 100mA, yang berarti ketika berkomunikasi keempat port dari modul ini harus terhubung (5V, RX, TX, GND) jika tidak, maka modul ini tidak dapat berkomunikasi.



Gambar 2.8 PZEM-017 DC

2.3.6 Solar Charge Controller (SCC)

Solar Charge Controller (SCC) atau Pengontrol Pengisian Daya Surya adalah komponen penting dalam setiap instalasi tenaga surya. Meskipun Solar Charge Controller (SCC) bukan hal pertama yang dipikirkan ketika berbicara tentang penggunaan tenaga surya, charge controller memastikan sistem tenaga surya berjalan secara efisien dan aman untuk bertahun-tahun kedepan. Ada banyak variabel yang berubah yang memengaruhi seberapa banyak daya yang dihasilkan, seperti tingkat sinar matahari, suhu, dan status pengisian baterai. Charge controller memastikan baterai Anda disuplai dengan tingkat daya yang stabil dan optimal.

Pengontrol pengisian daya surya atau Solar Charge Controller (SCC) salah satu fungsinya mencegah pengisian energi baterai yang berlebihan dengan membatasi jumlah dan laju pengisian daya ke baterai. Solar Charge Controller (SCC) juga mencegah pengurasan baterai dengan mematikan sistem jika daya yang tersimpan turun di bawah kapasitas 50 persen dan mengisi baterai pada level voltase yang benar. Ini membantu menjaga baterai lebih awet dan sehat.



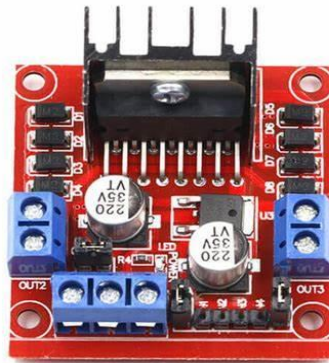
Gambar 2.9 Solar Charge Controller (SCC)

2.3.7 MOTOR DRIVER L298N

Modul Driver Motor L298N ini adalah sebuah H-Bridge Dual Motor Controller 2A yang memungkinkan kita untuk mengatur arah putaran maupun kecepatan dari satu atau dua motor DC. Selain itu, dengan modul driver motor ini kita juga dapat mengontrol sebuah motor stepper bipolar dengan mudah.

Modul driver motor ini dapat digunakan untuk motor dengan rentang tegangan DC antara 5 Volt - 35 Volt. Pada modul ini terdapat regulator 5V

sehingga jika membutuhkan sumber tegangan 5V kita bisa mendapatkannya dari *board* ini.



Gambar 2.10 Motor Driver L298N

2.3.8 Modul Step Dwon LM2596

Modul Step Down LM2596 adalah modul step down yang kekuatannya dapat diatur dengan potensiometer. Kelebihan dari modul step up LM2596 adalah tegangan output tidak berubah (stabil) walaupun tegangan input berubah-ubah. Modul langkah DC LM2596 ini memecahkan masalah perbedaan antara tegangan yang diperlukan dan tegangan yang tersedia. Seringkali pada saat pembuatan rangkaian elektronika atau modul mikrokontroler terdapat perbedaan tegangan fungsional dari modul tersebut sehingga membutuhkan modul pengatur untuk mengatur tegangannya.



Gambar 2.11 Modul Step Down LM2596

2.3.9 RS-485

RS-485 adalah protokol komunikasi serial asinkron yang tidak memerlukan pulsa clock. Komunikasi ini menggunakan teknik yang disebut sinyal diferensial untuk mentransfer data biner dari satu perangkat ke perangkat lainnya.

Keuntungan menggunakan metode ini antara lain :

- RS-485 mendukung kecepatan transfer data dengan maksimum 30Mbps
- Mendukung untuk transfer data dengan jarak yang mencapai 1200 meter lebih panjang dibandingkan dengan protokol RS-232
- Keuntungan utama RS-485 dibandingkan RS-232 adalah lebih banyak slave device dengan Master device tunggal sementara RS-232 hanya mendukung slave device tunggal
- Mendukung perangkat yang mencapai 32 slave device yang terhubung ke protokol RS-485
- Keuntungan lain dari RS-485 yaitu kebal terhadap kebisingan karena menggunakan metode sinyal diferensial dalam transfer datanya
- Kecepatan data RS-485 lebih cepat dibandingkan dengan protokol I2C



Gambar 2.12 RS-485

2.4 Rumus yang digunakan

Rumus yang digunakan pada penelitian Perancangan Solar Tracker Untuk Membandingkan Serapan Energi Matahari pada Solar PLTS Statis di Kampus 3 Universitas Bung Hatta yaitu:

1. Rumus daya semu

$$P = V \times I \dots \dots \dots (4.1)$$

Keterangan:

P : Daya

V : Tegangan

I : Arus

2. Rumus rata-rata tegangan

$$\begin{aligned}
 &V_{rata - rata} \\
 &= \frac{V_{h1jam10.00} + V_{h2jam10.00} + V_{h3jam10.00}}{3} \dots \dots \dots (4.2)
 \end{aligned}$$

Keterangan:

Vrata-rata : Tegangan rata-rata

Vh1jam 10.00 : Tegangan hari 1 jam 10.00

Vh2jam 10.00 : Tegangan hari 2 jam 10.00

Vh3jam 10.00 : Tegangan hari 3 jam 10.00

3. Rumus rata-rata arus

$$\begin{aligned}
 &I_{rata - rata} \\
 &= \frac{I_{h1jam10.00} + I_{h2jam10.00} + I_{h3jam10.00}}{3} \dots \dots \dots (4.3)
 \end{aligned}$$

Keterangan:

Irata-rata : Arus rata-rata

Ih1jam 10.00 : Arus hari 1 jam 10.00

Ih2jam 10.00 : Arus hari 2 jam 10.00

Ih3jam 10.00 : Arus hari 3 jam 10.00

4. Rumus rata-rata daya

$$\begin{aligned}
 &P_{rata - rata} \\
 &= \frac{P_{h1jam10.00} + P_{h2jam10.00} + P_{h3jam10.00}}{3} \dots \dots \dots (4.4)
 \end{aligned}$$

Keterangan:

Prata-rata : Daya rata-rata

Ph1jam 10.00 : Daya hari 1 jam 10.00

Ph2jam 10.00 : Daya hari 2 jam 10.00

Ph3jam 10.00 : Daya hari 3 jam 10.00

5. Rumus energi listrik

$$E = P \times t \dots \dots \dots (4.5)$$

Keterangan:

E : Energi
 P : Daya
 t : Waktu

6. Pesentase serapan energi listrik

$$Pesentase = \frac{Energi\ Total\ tracker}{\sum Energi\ Total\ Tracker\ dan\ Statis} \times 100\% \dots (4.6)$$

7. Rumus Sudut Deklinasi

$$\delta = 23,45^\circ \sin \left[\frac{360}{365} (N - 81) \right] \dots \dots \dots (4.7)$$

Dimana N merupakan jumlah hari yang dimulai tanggal 1 Januari dan tanggal 31 Desember menjadi hari yang ke 365. Maka karena penelitian dilakukan pada tanggal 18 dan 19 januari, maka nilai sudut deklinasi masing-masingnya -20,706° dan -20,495°. Dapat dilihat hasil perhitungan sudut deklinasi kemiringan matahari berada disisi selatan bumi. Jika nilai sudut deklinasi menjadi plus maka kemiringan matahari berada disisi utara bumi.

2.5 Hipotesis

Berdasarkan latar belakang dan beberapa landasan teori mengenai pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dan perancangan solar tracker untuk membandingkan serapan energi matahari pada PLTS statis di kampus 3 Universitas Bung Hatta. Diharapkan dalam penelitian ini dapat diterapkan Perancangan Solar Tracker Untuk Membandingkan Serapan Energi Matahari Pada PLTS Statis Di Kampus 3 Universitas Bung Hatta.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan Penelitian

Kebanyakan masyarakat masih banyak menggunakan solar statis di bandingkan solar tracker di karenakan pembuatan solar statis lebih mudah di bandingkan solar tracker. Pada hal nya masyarakat belum tahu bahwa penyerapan energi matahari yang lebih optimal antara solar statis atau dengan menggunakan solar tracker single axis atau dual axis. Maka dari itu peneliti membuat penelitian Perancangan Solar Tracker Untuk Membandingkan Serapan Energi Matahari Pada PLTS Statis Di Kampus 3 Universitas Bung Hatta. Penelitian ini di buat, agar masyarakat dapat mengetahui serapan energi matahari yang mana yang lebih optimal antara solar statis dengan solar tracker model single axis khusus nya masyarakat yang ada di kota padang. Dalam perancangan suatu alat dapat dibuat suatu konsep agar lebih terlihat alur dari perancangan tersebut, ada beberapa perancangan yang harus dilakukan antara lain:

1. Perancangan kontruksi

Pada perancangan ini menggunakan besi dan triplek sebagai bahan utama untuk membuat membuat kontruksi.

2. Rancangan perangkat keras (*hardware*)

Antara lain komponen yang akan di gunakan, seperti:

- Solar Cell, sebagai komponen utama.
- Esp-32, sebagai kebutuhan untuk memprogram.
- Sensor photodiode, Pzem-017, Motor Driver, serta beberapa perangkat pendukung lainnya.

3. Rancangan perangkat keras (*software*)

- Sistem Operasi Windows 10
- Arduino IDE Software

3.1.1 Alat Penelitian

Agar penelitian yang dilakukan tercapai sesuai, maka dibutuhkan alat pendukung penelitian sebagai berikut:

1. Laptop adalah komputer portabel yang bisa dibawa kemana saja. Laptop yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat utama untuk monitoring dan pengumpulan data. Tipe laptop yang digunakan pada penelitian ini adalah Notebook MSI dengan spesifikasi sebagai berikut:

- E16R4IMS.504
- Windows 10 Home Single Language
- Notebook MSI
- Intel(R) Core(TM) i5-9300H CPU @ 2.40GHz (8CPU), ~2.4Hz
- 8,00 GB (7,85 GB usable)

2. Multimeter

Multimeter adalah alat yang dibutuhkan saat memperbaiki atau membuat rangkaian listrik. Penting untuk mengidentifikasi kondisi komponen listrik atau kelistrikan perangkat elektronik di rumah secara tepat. Tujuannya adalah untuk mendeteksi kerusakan atau kegagalan untuk mencegah kebakaran atau konsleting listrik.

3. Solder

Solder adalah jenis alat yang dirancang untuk menghubungkan komponen ke peralatan elektronik. Penyolderan bekerja dengan memanaskan atau melelehkan timah untuk memudahkan penyambungan suatu komponen. Solder adalah salah satu jenis alat pemanas yang digunakan untuk melelehkan timah agar selanjutnya mudah menempel pada komponen atau kaki-kaki transistor elektronik. Sehingga komponen dan kaki-kaki transistor dapat menyatu dengan jejak PCB (printed circuit).

4. Timah Solder

Timah solder merupakan sejenis timah yang terbuat dari pencampuran bahan perak dan timah, timah solder untuk keperluan mematri komponen elektronika sering juga dikenal dengan istilah Alloy. Fungsi timah solder adalah sebagai alat yang untuk

menyambungkan antara dua buah komponen yaitu komponen perekat elektronika dan papan pcb.

5. Perkakas (Bor, Grenda, Tang Potong, Mesin Las Dan lain-lain)

Perkakas adalah benda yang digunakan sebagai alat bantu untuk mengerjakan sesuatu.

3.1.2 Bahan Penelitian

Agar penelitian yang dilakukan sesuai dengan tujuan, dibutuhkan beberapa bahan pendukung untuk penelitian, yaitu:

1. Panel Surya 100 WP

Penggunaan listrik mulai meningkat dalam beberapa tahun terakhir. Berbagai upaya telah dilakukan di Indonesia untuk menemukan energi baru terbarukan. Salah satu yang paling mencolok adalah penggunaan energi matahari dalam pembangkit listrik tenaga surya. Panel surya adalah susunan sel surya yang diatur untuk menyerap sinar matahari secara efisien. Meskipun sel surya bertanggung jawab untuk menyerap sinar matahari. Sel surya sendiri terdiri dari berbagai komponen fotovoltaik, atau komponen yang dapat mengubah cahaya menjadi listrik. Secara umum, sel surya terdiri dari lapisan silikon, yang merupakan semikonduktor, logam, agen anti-reflektif, dan konduktor logam.



Gambar 3.1 Panel Surya 100 WP.

Panel surya polikristalin 100 WP adalah modul surya efisien terbaik yang menggunakan sel surya berlapis SiN untuk memberikan solusi kebutuhan listrik pedesaan bahkan perkotaan, solusi hemat energi dan aplikasi lain seperti solar home system, PJU surya, pompa air tenaga surya. , CCTV solar atau juga PLTS terpusat. Modul surya 100 WP

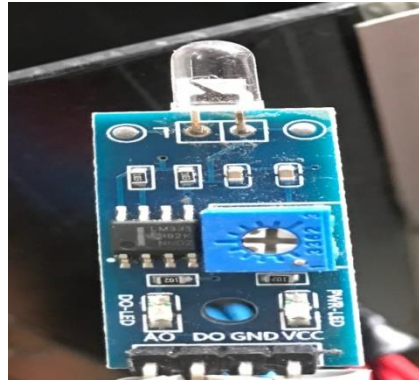
menawarkan daya ekstra berkat penggunaan sel polikristalin terbaru, menjadikannya ideal untuk mengisi daya baterai. Ketahanan suhu tinggi yang terbukti dan konstruksi yang kuat membuat produk ini tahan lama dalam kondisi luar ruangan dan mudah dipasang.

Tabel 3.1 Spesifikasi Panel Surya 100WP

Maximum Power (Pmax)	100W
Maximum Power Current (Imp)	5.62A
Maximum Power Voltage (Vmp)	17.8V
Open Circuit Voltage (Voc)	21.8V
Short Circuit Current (Isc)	6.05A

2. Sensor Fotodioda

Fotodioda adalah komponen elektronik dari keluarga dioda yang dapat digunakan untuk mendeteksi cahaya. Berbeda dengan dioda biasa, fotodioda ini dapat mengubah cahaya menjadi arus listrik. Dioda pemancar cahaya adalah komponen elektronik aktif yang terbuat dari bahan semikonduktor yang berisi dioda yang resistansinya dapat berubah ketika gaya cahaya mengenai dioda. Pada kondisi gelap (intensitas cahaya rendah), resistansi photodioda menjadi sangat tinggi, sehingga arus tidak mengalir, sebaliknya semakin banyak cahaya datang (intensitas cahaya tinggi), arus yang mengalir sangat tinggi. LED terbuat dari semikonduktor menggunakan bahan populer seperti silikon, germanium dan lain-lain. Dengan menggunakan bahan-bahan tersebut, fotodioda dibuat sedemikian rupa sehingga fotodioda terdiri dari lapisan semikonduktor tipe-N tipis dengan kelebihan elektron dan lapisan semikonduktor tipe-P tebal dengan kelebihan lubang. Ketika fotodioda terkena cahaya, partikel cahaya terkecil, yaitu foton, melewati lapisan semikonduktor tipe-N dan memasuki lapisan semikonduktor tipe-P. Foton yang melewati lapisan semikonduktor menyebabkan tumbukan dengan elektron yang terikat sehingga elektron terlepas dari inti dan membentuk lubang.



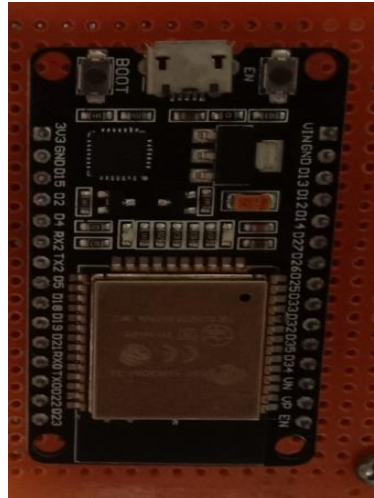
Gambar 3.2 Sensor Fotodioda

3. Node MCU ESP-32

ESP32 Node MCU adalah mikrokontroler yang diperkenalkan oleh Espressif System, yang merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266. Chip mikrokontroler ini sudah memiliki modul Wi-Fi dan Bluetooth, sehingga mendukung pembuatan sistem aplikasi IoT dengan sangat baik. ESP32 memiliki fitur yang cukup lengkap karena mendukung I/O analog dan digital, PWM, SPI, I2C, dan lainnya. ESP32 memiliki lebih banyak fitur daripada ESP8266. Mulailah menggunakan ESP32 ini. Beberapa spesifikasi penting ESP32 tercantum di bawah ini.

Tabel 3.2 Spesifikasi Node MCU ESP-32

Tegangan Input	5 Volt
Tegangan Operasi	5 Volt
ADC Pin	18 buah
DAC Pin	2 buah
Flash Memory	128 KB
SRAM	320 KB
Clock Speed	240 MHZ
Berat	25 gr
PXL	58,6 X 29 mm
Komunikasi	Wifi, Bluetooth, I2C, SPI, Serial



Gambar 3.3 Node MCU ESP-32.

4. Motor DC/ Aktuator

Aktuator adalah perangkat mekanis yang dapat digunakan untuk mengubah energi listrik atau fluida menjadi besaran lain seperti kecepatan dan perangkat elektromagnetik untuk menghasilkan energi kinetik. Energi kinetik digunakan untuk menggerakkan atau mengendalikan suatu mekanisme atau sistem. Aktuator diaktifkan oleh lengan mekanis yang digerakkan oleh motor listrik dan dikendalikan oleh pengontrol otomatis yang diprogram di antara mikrokontroler. Aktuator dapat melakukan hal-hal tertentu setelah mendapat perintah dari controller yang bertanggung jawab untuk mengoperasikan aktuator. Misalnya, jika ada cahaya pada robot pencari cahaya, maka sensor memberikan informasi kepada pengontrol, yang kemudian mengarahkan gerakan aktuator ke sumber cahaya. Sederhananya, aktuator adalah mesin mekanis yang mekanismenya membuka dan menutup katup secara otomatis tanpa campur tangan manusia.

Tabel 3.3 Spesifikasi Panel Motor DC/Aktuator

Stroke	100mm
Drive Voltage	12V
Speed	20 mm/s

Maximum Thrust	80KG / 800N
Tipe Duty	10%



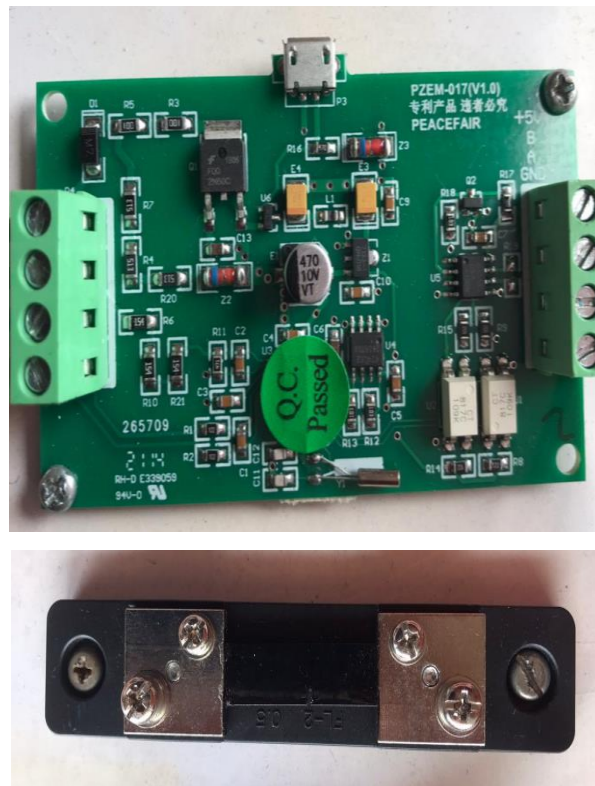
Gambar 3.4 Motor DC/Aktuator.

5. Pzem-017 DC

Modul komunikasi DC PZEM-017, modul ini terutama digunakan untuk mengukur tegangan DC, arus, daya aktif, frekuensi dan konsumsi energi, modul tanpa fungsi tampilan, data dibaca melalui antarmuka RS-485.

Tabel 3.4 Spesifikasi Pzem-017

Nomor Model	PZEM-017
Jenis	PZEM-017 Modul + 50A Shunt + RS485 Kabel USB/Hanya PZEM-017
Tegangan kerja	0.05 ~ 300VDC
Tegangan uji	0.05 ~ 300VDC
Nilai daya	0, 02A-300A/0.2-90kW
Akurasi pengukuran	1.0 kelas
Bahan cangkang	Nilon diperkuat
Dimensi	90x60, 5x2 3mm/0,4

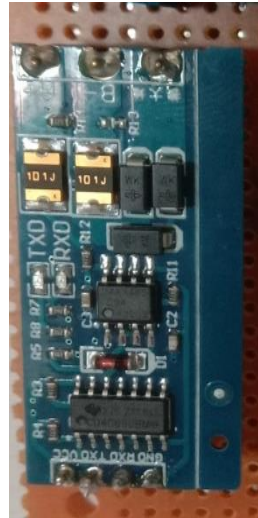


Gambar 3.5 Pzem-017 DC.

6. RS-485

RS- 85 merupakan teknologi transmisi data serial yang dikembangkan pada tahun 1983, dan dengan teknologi ini transmisi data dapat dilakukan dengan jarak yang cukup jauh yaitu 1,2 km. Berbeda dengan komunikasi serial RS232 yang mampu melakukan koneksi one-to-one, komunikasi RS 85 dapat digunakan untuk komunikasi multi-drop yaitu one-to-many dalam jarak jauh. Teknologi ini juga dapat menghubungkan 32 charging unit secara bersamaan. . hanya dengan dua kabel. tanpa referensi ground yang sama antara satu unit dengan unit lainnya. Bus RS 85 adalah mode transmisi diferensial seimbang. Bus ini hanya memiliki dua sinyal, A dan B, dengan perbedaan tegangan di antara keduanya. Karena jalur A berhubungan dengan B, sinyal menjadi tinggi ketika menerima input rendah dan sebaliknya.

Dalam komunikasi RS 85, semua perangkat elektronik dalam mode terima hingga data harus dikirim, kemudian perangkat masuk ke mode pemancar, mengirim data, dan kembali ke mode terima.



Gambar 3.6 RS-485.

7. Solar Charge Controller (SCC)

Solar charge controller adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang dibebankan ke baterai dan dikirim dari baterai ke beban. Pengontrol muatan panel surya memantau pengisian berlebih (overcharging - karena baterai sudah penuh) dan kelebihan voltase panel surya/baterai surya. Overvoltage dan overcharging akan mempersingkat masa pakai baterai. Solar charge controller memiliki teknologi modulasi lebar pulsa (PWM) yang mengontrol fungsi pengisian baterai dan pelepasan arus dari baterai ke beban. Panel surya / sel surya 12 volt biasanya memiliki tegangan keluaran 16-21 volt. Jadi tanpa solar charge controller, baterai akan rusak akibat overcharging dan ketidakstabilan voltase.

Tabel 3.5 Spesifikasi Solar Charge Controller (SCC)

Nomor Model	W88-A
Rated Voltage	12V/24V
Rated Current	10A

Max. PV Voltage	50V
Max. PV Input Power	130W(12V)260W(24V)



Gambar 3.7 Solar Charge Controller (SCC).

8. Modul Step Dwon LM2596

Modul step down atau penurun tegangan DC LM2596 ini akan menyelesaikan masalah perbedaan tegangan yang dibutuhkan dengan yang tersedia. Seringkali dalam pembuatan rangkaian elektronika atau modul-modul mikrokontroler terdapat perbedaan tegangan kerja antar modul sehingga memerlukan sebuah modul regulator untuk menyesuaikan tegangan. Modul step down DC to DC LM2596 ini membantu anda untuk menurunkan tegangan ke tegangan yang lebih rendah.

Tabel 3.6 Spesifikasi Modul Step Dwon LM2596

Nomor Model	Modul Step Dwon LM2596
Input voltage	DC 3V - 40V
Output voltage	DC 1.5V - 35V
Arus max	3A
Ukuran board	42 mm x 20 mm x 14 mm



Gambar 3.8 Modul Step Dwon LM2596.

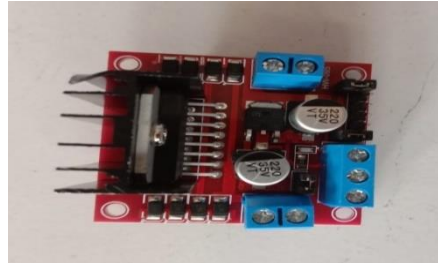
9. Modul Driver Motor L298N

Driver motor L298N merupakan module driver motor DC yang paling banyak digunakan atau dipakai di dunia elektronika yang difungsikan untuk mengontrol kecepatan serta arah perputaran motor DC. IC L298 merupakan sebuah IC tipe H-bridge yang mampu mengendalikan bebanbeban induktif seperti relay, solenoid, motor DC dan motor stepper. Pada IC L298 terdiri dari transistor-transistor logik (TTL) dengan gerbang NAND yang berfungsi untuk memudahkan dalam menentukan arah putaran suatu motor dc maupun motor stepper. Untuk dipasaran sudah terdapat modul driver motor menggunakan IC L298 ini, sehingga lebih praktis dalam penggunaannya karena pin I/O nya sudah tersusun dengan rapi dan mudah digunakan. Kelebihan akan modul driver motor L298N ini yaitu dalam hal kepresisian dalam mengontrol motor sehingga motor lebih mudah untuk dikontrol.

Adapun untuk spesifikasi dari driver motor L298N dapat dijabarkan seperti berikut:

Tabel 3.7 Spesifikasi Motor Driver L298N

Nomor Model	L298N
Tegangan minimal	5V-35V
Tegangan operasional	5V
Arus maksimal	2A
Daya maksimal	25W
Dimensi modul	43 x 43 x 26mm



Gambar 3.9 Modul Driver Motor L298N.

3.1.3 Software Pendukung

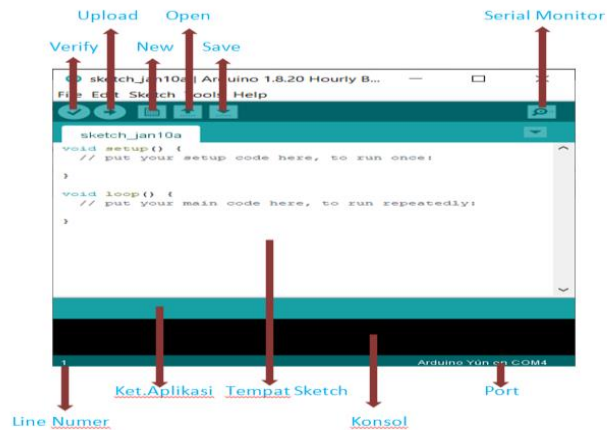
1. Software Arduino IDE

Arduino IDE (Integrate Development Enviroment) ialah software yang dipakai untuk membuat, mengedit suatu kode program, memverifikasi, dan mengunggah kode program ke arduino. Arduino IDE terdiri dari teks editor untuk membuat, dan mengedit code program, area pesan, console teks, dan tool bar serta tombol – tombol dengan fungsi umum. Program yang dibuat menggunakan software Arduino IDE dinamai sketch ditulis dalam teks editor dan disimpan dalam bentuk ekstensi .ino. Adapun bagian-bagian dari software Arduino IDE antara lain:

- *Verify* pada versi sebelumnya dikenal dengan istilah *Compile*. Sebelum aplikasi di-*upload* ke *board* Arduino, biasakan untuk memverifikasi terlebih dahulu sketch yang dibuat. Jika ada kesalahan pada sketch, nanti akan muncul *error*. Proses *Verify / Compile* mengubah sketch ke *binary code* untuk di-*upload* ke mikrokontroller.
- Upload tombol ini berfungsi untuk mengupload sketch ke board Arduino. Walaupun kita tidak mengklik tombol verify, maka sketch akan di-compile, kemudian langsung diupload ke board. Berbeda dengan tombol verify yang hanya berfungsi untuk memverifikasi source code saja.
- New Sketch Membuka window dan membuat sketch baru.
- Open Sketch Membuka sketch yang sudah pernah dibuat. Sketch yang dibuat dengan IDE Arduino akan disimpan dengan ekstensi file .ino
- *Save Sketch* menyimpan sketch, tapi tidak disertai dengan mengkompile.

- Serial Monitor Membuka interface untuk komunikasi serial, nanti akan kita diskusikan lebih lanjut pada bagian selanjutnya. Sketch ke board Arduino.
- Keterangan Aplikasi pesan-pesan yang dilakukan aplikasi akan muncul di sini, misal “Compiling” dan “Done Uploading” ketika kita mengcompile dan mengupload sketch ke board Arduino
- Konsol log Pesan-pesan yang dikerjakan aplikasi dan pesan-pesan tentang sketch akan muncul pada bagian ini. Misal, ketika aplikasi mengcompile atau ketika ada kesalahan pada sketch yang kita buat, maka informasi error dan baris akan diinformasikan di bagian ini.
- Baris Sketch bagian ini akan menunjukkan posisi baris kursor yang sedang aktif pada sketch.
- Informasi Board dan Port Bagian ini menginformasikan port yang dipakai oleh board Arduino.
- *Sketch Arduino* bahasa pemrograman yang digunakan pada Arduino ini berdasar pada bahasa C/C++. Program pada arduino terbagi menjadi tiga bagian utama yaitu *Structure*, *Values* (berisi variable dan konstanta) dan yang terakhir *function* .
- *Structure* berisi fungsi *setup ()* dan *loop ()*.
- *Setup ()* fungsi ini ada pertama kali ketika menjalankan sketch. Digunakan sebagai tempat inisialisasi *variable*, *pin mode*, penggunaan *library*, dan lainnya. Fungsi ini dijalankan sekali ketika *board* dinyalakan atau direset.
- *Values* berisi *variable* dan *konstanta* sesuai dengan type data yang didukung oleh Arduino.
- *Function* segmentasi kode ke fungsi memungkinkan programmer untuk membuat potongan-potongan moduler kode yang melakukan tugas yang terdefinisi dan kemudian kembali ke asal kode dari mana fungsi itu “dipanggil”. Umumnya menggunakan fungsi adalah ketika salah satu kebutuhan untuk melakukan tindakan yang sama beberapa kali dalam sebuah program.

Software pendukung yang digunakan di dalam perancangan ini adalah software Arduino versi 1.6.4 berikut tampilan dari Arduino versi 1.6.4.



Gambar 3.10 Tampilan Software Arduino IDE Beserta Bagian-bagiannya.

3.1.4 Konsep Perancangan Hardware dan Software

Perancangan solar tracker untuk membandingkan serapan energy matahari pada PLTS statis di kampus 3 Universitas Bung Hatta meliputi:

1. Perancangan Hardware

Pada perancangan Hardware meliputi perancangan sebagai berikut:

- a. Menentukan spesifikasi motor yang akan digunakan.
- b. Menentukan spesifikasi motor driver yang akan digunakan.
- c. Menentukan spesifikasi sensor yang akan digunakan.

2. Perancangan Software

Perancangan software meliputi:

- a. Menentukan sistem control yang akan digunakan.
- b. Menentukan program software yang akan digunakan.
- c. Merancang lisning program pada software yang digunakan.

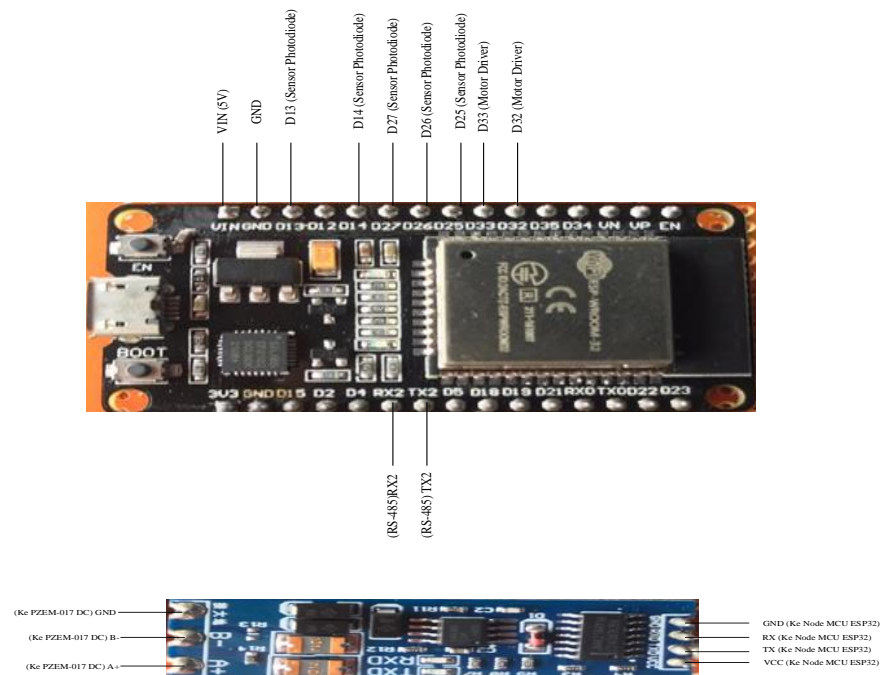
3. Perancangan Kontruksi

Perancangan kontruksi meliputi:

- a. Perancangan bentuk kontuksi single axis
- b. Perancangan tinggi single axis
- c. Perancangan kemiringan single axis

3.1.5 Perancangan Node MCU ESP-32 dan RS-485

Dari perancangan Node MCU ESP-32 dan RS-485 ini melihatkan pin-pin Node MCU ESP-32 dan RS-485 yang akan digunakan, perancangan tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.11 Perancangan Node MCU ESP32 dan RS-485.

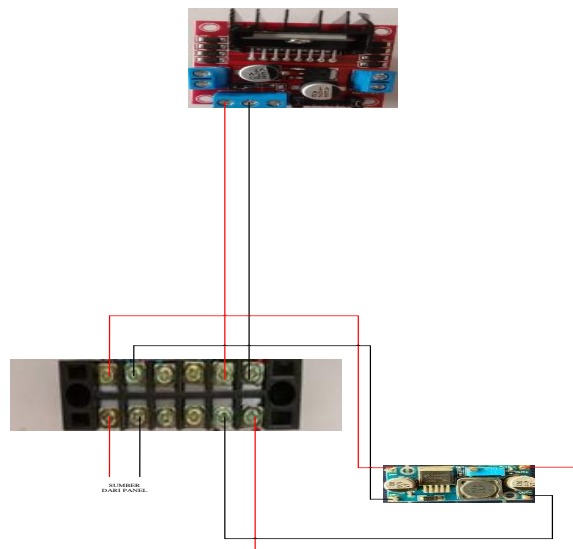
Dari gambar perancangan Node MCU ESP32 dan RS-485 di atas dapat dijelaskan pemakaian pin pada Node MCU ESP32 dan RS-485 sebagai berikut:

- a) Pin VIN sebagai pin tegangan input 5 volt ke sensor photodiode.
- b) Pin GND sebagai pin input ground ke sensor photodiode.
- c) Pin D13 sebagai pin input ke sensor photodiode.
- d) Pin D14 sebagai pin input ke sensor photodiode.
- e) Pin D27 sebagai pin input ke sensor photodiode.
- f) Pin D25 sebagai pin input ke sensor photodiode.
- g) Pin D26 sebagai pin input ke sensor photodiode.
- h) Pin D33 sebagai pin input ke Motor Driver.
- i) Pin D32 sebagai pin input ke Motor Driver.
- j) Pin RX2 sebagai pin input ke RS-485.

- k) Pin TX2 sebagai pin input ke RS-485.
- l) Pin VCC sebagai pin input dari pin VIN Node MCU ESP32.
- m) Pin GND sebagai pin input dari pin GND Node MCU ESP32.
- n) Pin RX sebagai pin input dari pin RX2 Node MCU ESP32.
- o) Pin TX sebagai pin input dari pin TX2 Node MCU ESP32.
- p) Pin GND sebagai pin output dari RS-485.
- q) Pin A+ sebagai pin output dari RS-485.
- r) Pin B- sebagai pin output dari RS-485.

3.1.6 Perancangan Modul Stepdown dan Motor Driver

Dari perancangan Modul Stepdown dan Motor Driver dapat dilihat hubungan antara Modul Stepdown dan Motor Driver yang terdapat di gambar dibawah ini:



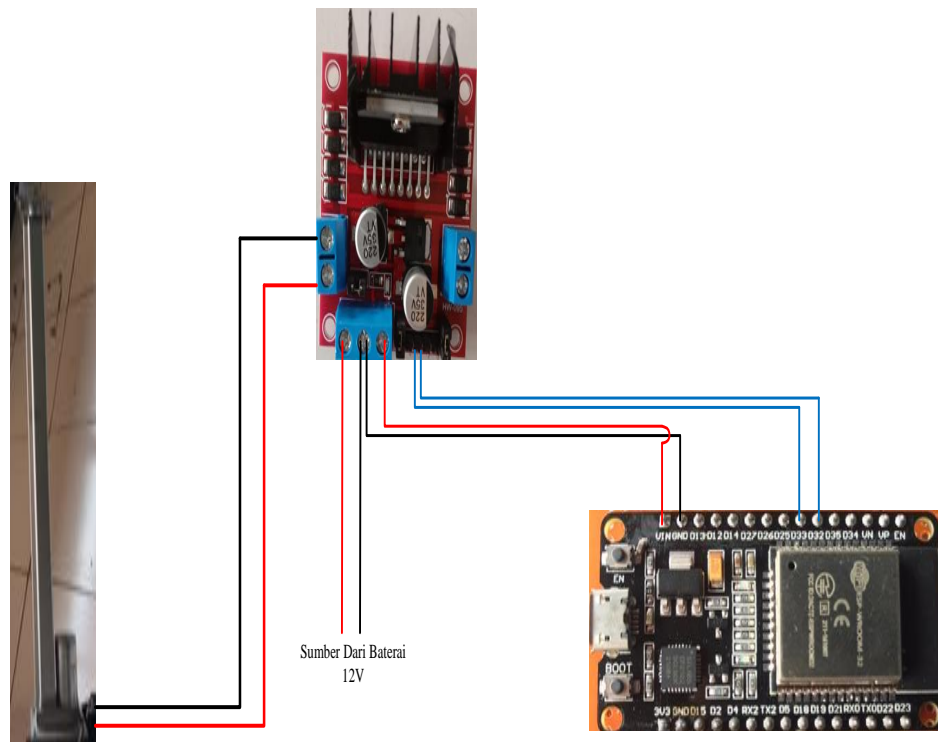
Gambar 3.12 Modul Stepdown dan Motor Driver.

Dari gambar perancangan Baterai, Modul Stepdown dan Motor Driver di atas dapat dijelaskan pemakaian pin yang dipakai Baterai, Modul Stepdown dan Motor Driver sebagai berikut:

- a) Pin +in pada modul stepdown masukkan ke keluaran Panel Surya.
- b) Pin -in pada modul stepdown masukkan ke keluaran Panel Surya.
- c) Pin +out pada modul stepdown masuk ke pin +12V motor driver.
- d) Pin -out pada modul stepdown masuk ke pin GND motor driver.

3.1.7 Perancangan Node MCU ESP-32, Driver dan Motor DC

Dari perancangan Node MCU ESP-32, Driver dan Motor DC dapat dilihat hubungan antara Node MCU ESP-32, Driver dengan Motor DC yang terdapat di gambar dibawah ini:



Gambar 3.13 Perancangan Node MCU ESP32, Driver dan Motor DC.

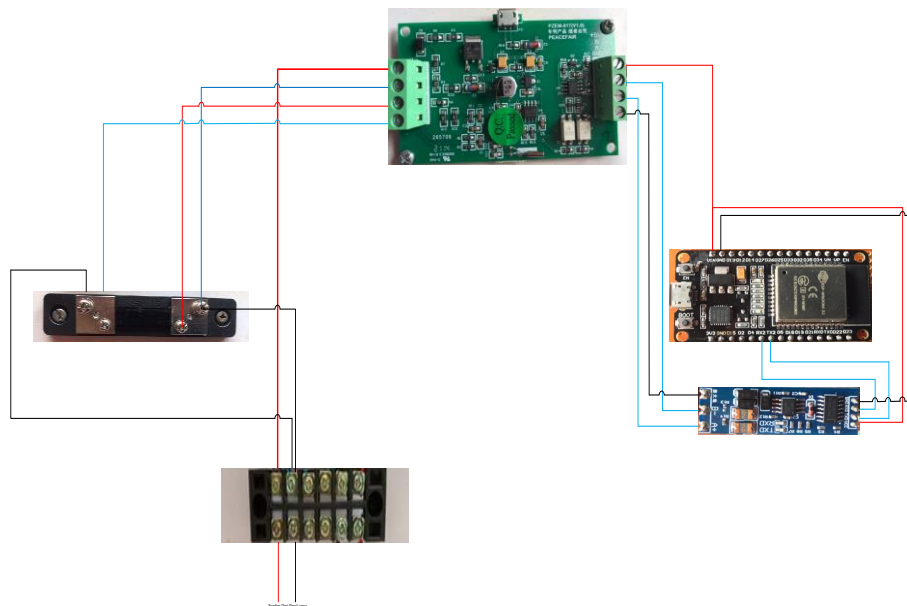
Dari gambar perancangan Node MCU ESP32, Driver dan Motor DC di atas dapat dijelaskan pemakaian pin pada Node MCU ESP32, Driver dan Motor DC sebagai berikut:

- e) Pin VIN sebagai pin tegangan output 5 volt dari Motor Driver.
- f) Pin GND sebagai pin output Ground dari Motor Driver.
- g) Pin D33 sebagai pin input ke Motor Driver.
- h) Pin D32 sebagai pin input ke Motor Driver.
- i) Pin +12V sebagai pin input ke Motor Driver.
- j) Pin GND sebagai pin input ke Motor Driver.
- k) Pin +5V sebagai pin output ke Node MCU ESP32.
- l) Pin OUT1 sebagai pin output ke Motor DC.

- m) Pin OUT2 sebagai pin output ke Motor DC.
- n) Pin OUT3 sebagai pin output ke Motor DC.
- o) Pin OUT4 sebagai pin output ke Motor DC.

3.1.8 Perancangan Pzem-017 DC.

Adapun perancangan pada Pzem-017 DC adalah seperti gambar dibawah ini:



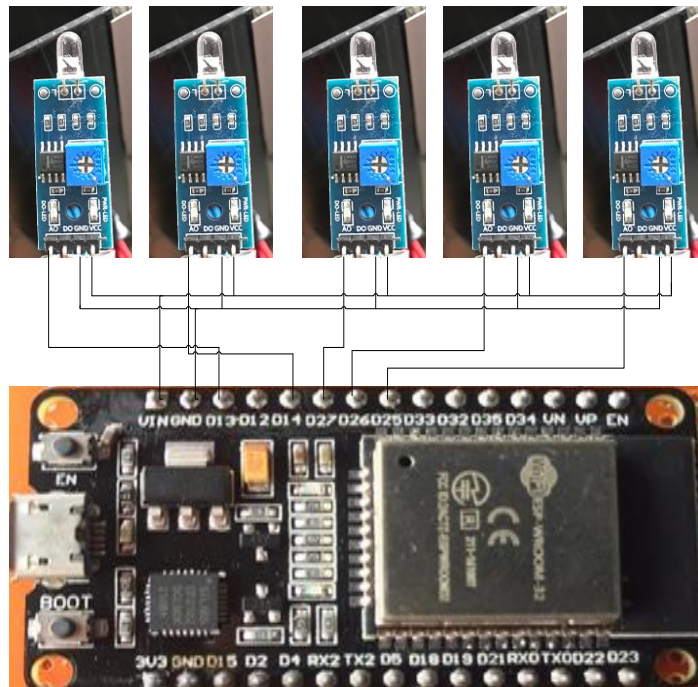
Gambar 3.14 Perancangan pada Pzem-017 DC.

Dari gambar perancangan Pzem-017 DC di atas dapat dijelaskan pemakaian pin pada Pzem-017 DC, RS-485 dan Node MCU ESP32 sebagai berikut:

- a) Pin VIN sebagai pin tegangan output 5 volt dari Node MCU ESP32.
- b) Pin GND sebagai pin output Ground dari RS-485.
- c) Pin B- sebagai pin output dari RS-485.
- d) Pin A+ sebagai pin output dari RS-485.

3.1.9 Perancangan Sensor Photodiode dengan Node MCU ESP-32

Adapun perancangan pada Sensor Photodiode dengan Node MCU ESP-32 adalah seperti gambar dibawah ini:



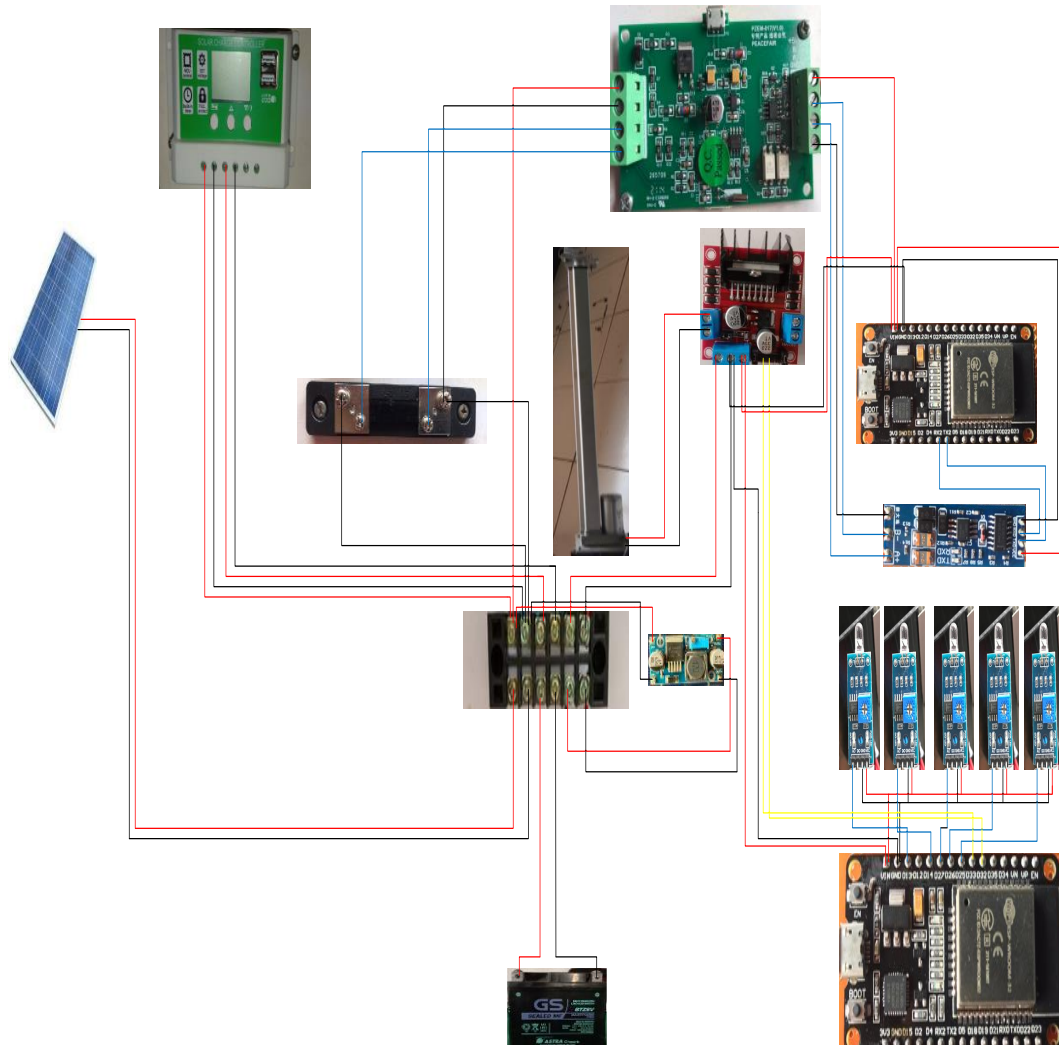
Gambar 3.15 Perancangan Sensor Photodiode dengan Node MCU ESP-32.

Dari gambar perancangan Sensor Photodiode dengan Node MCU ESP-32 di atas dapat dijelaskan pemakaian pin pada Sensor Photodiode dengan Node MCU ESP-32 sebagai berikut:

- a) Pin VIN sebagai pin tegangan input 5 volt dari Node MCU ESP32.
- b) Pin GND sebagai pin input Ground dari Node MCU ESP-32.
- c) Pin D13 sebagai pin input dari Node MCU ESP-32 ke pin AO sensor photodiode.
- d) Pin D14 sebagai pin input dari Node MCU ESP-32 ke pin AO sensor photodiode.
- e) Pin D27 sebagai pin input dari Node MCU ESP-32 ke pin AO sensor photodiode.
- f) Pin D26 sebagai pin input dari Node MCU ESP-32 ke pin AO sensor photodiode.
- g) Pin D25 sebagai pin input dari Node MCU ESP-32 ke pin AO sensor photodiode.

3.1.10 Perancangan sistem Keseluruhan

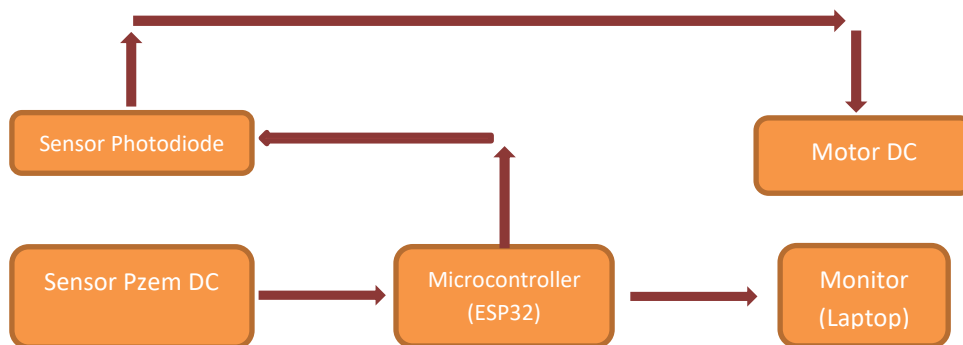
Berikut ini adalah gambar sistem perancangan keseluruhan dari sistem ini:



Gambar 3.16 Perancangan Sistem Keseluruhan.

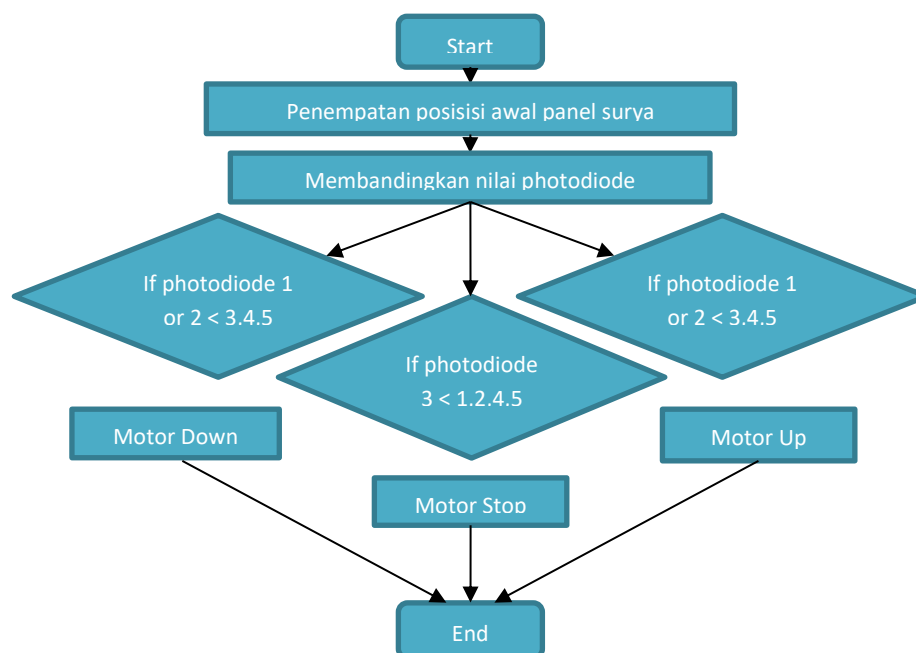
Pada gambar di atas adalah rangkaian perancangan sistem keseluruhan dari solar tracker single axis yang mana terlihat jelas sistem keseluruhannya. Sumber tegangan yang masuk dari panel surya akan masuk ke Solar Charge Controller (SSC) keluaran Solar Charge Controller (SSC) masuk ke baterai/aqi untuk mengecas baterai/aqi. Setelah itu tegangan di ambil dari keluaran panel dan masuk ke stapdown dan di turunkan menjadi 12 Volt. Kemudian tegangan 12 Volt dari keluaran stepdown akan masuk ke motor driver. Dan perancangan masing-masing komponen untuk lebih jelasnya bisa merujuk ke halaman sebelumnya.

3.1.11 Perancangan Perangkat Lunak (Software)



Gambar 3.17 Blok Diagram Perancangan Software.

Pada perancangan software dalam pembuatan solar tracker, sensor photodiode akan mengatur jalannya motor, dimana ESP32 akan membaca nilai dari photodiode tersebut. Dan pada penerapan sensor pzem DC, ESP32 akan mengirimkan hasil yang telah didapat sensor pzem DC dalam penerapan menggunakan panel surya ke monitor (laptop) sehingga kita dapat memantau keberlangsungan pengambilan data terhadap tegangan dan arus yang dihasilkan panel surya. Berikut flowchart dari perancangan software:



Gambar 3.18 Flowchart Kontrol Motor.

Untuk control motor, hanya berfokus pada penentuan perbandingan nilai dari sensor photodiode. Nilai tahanan yang menjadi acuan dari perbandingannya. Nilai awal tahanan photodiode 4925 yang dapat dilihat pada serial monitor.

3.1.12 Perancangan Program Arduino IDE

1. Program Arduino Tracking Motor

```
#define m1 32

#define m2 33

int ldr[5] = { 26, 25, 13, 27, 14 };

int sensor[5];

int point;

int minvalue = 6000;

void setup() {

  Serial.begin(9600);

  for (int i = 0; i < 5; i++) {

    pinMode(ldr[i], INPUT);

  }

  pinMode(m1, OUTPUT);

  pinMode(m2, OUTPUT);

}

void loop() {

  for (int i = 0; i < 5; i++) {

    sensor[i] = analogRead(ldr[i]);
```

```
}  
  
for (int i = 0; i < 5; i++) {  
    Serial.print(sensor[i]);  
    Serial.print(" ");  
}  
  
point = getmin(sensor, 5);  
  
motor();  
  
Serial.println(point);  
  
delay(1000);  
  
}  
  
void motor() {  
    if (point == 2) {  
        digitalWrite(m1, LOW);  
        digitalWrite(m2, LOW);  
        Serial.println("STOP");  
    } else if (point > 2) {  
        digitalWrite(m1, LOW);  
        digitalWrite(m2, HIGH);  
        Serial.println("NAIK");  
    } else if (point < 2) {  
        digitalWrite(m1, HIGH);
```

```
digitalWrite(m2, LOW);

Serial.println("TURUN");

}

}

int getmin(int* array, int size) {

    int minindex = 0;

    int minimum = array[minindex];

    for (int i = 0; i < size; i++) {

        if (array[i] < minimum) {

            minimum = array[i];

            minindex = i;

        }

    }

    return minindex;

}
```

2. Program Arduino Monitoring Solar Cell

```
// Replace with your network credentials

const char* ssid = "AWABSYAH 8236";

const char* password = "12345678";

AsyncWebServer server(80);

ModbusMaster sensor;
```

```
short datainput1[8];

float tegangan = 0.0;

float arus = 0.0;

uint8_t Slave_ID = 1; //Slave ID of the Sensor

void setup() {

  Serial.begin(115200);

  Serial2.begin(9600, SERIAL_8N2);

  sensor.begin(Serial2);

  // Initialize SPIFFS

  if (!SPIFFS.begin()) {

    Serial.println("An Error has occurred while mounting SPIFFS");

    return;

  }

  // Connect to Wi-Fi

  WiFi.begin(ssid, password);

  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {

    delay(1000);

    Serial.println("Connecting to WiFi..");

  }

  // Print ESP32 Local IP Address

  Serial.println(WiFi.localIP());
```

```

// Route for root / web page

server.on("/", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest * request) {

    request->send(SPIFFS, "/index.html");

});

server.on("/temperature", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest *
request) {

    request->send_P(200, "text/plain", String(tegangan).c_str());

});

server.on("/humidity", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest *
request) {

    request->send_P(200, "text/plain", String(arus).c_str());

});

// Start server

server.begin();

}

void loop() {

    tegangan = sensor.Read_Input(Slave_ID, 0, 1);

    tegangan = tegangan / 100.0;

    delay(100);

    arus = sensor.Read_Input(Slave_ID, 1, 1);

    arus = arus / 100.0;

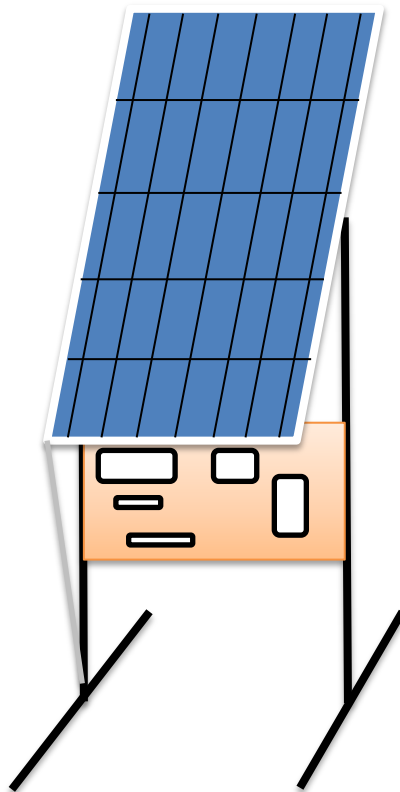
    Serial.print("Tegangan : ");

```

```
Serial.print(String(tegangan));  
  
Serial.print(" Arus : ");  
  
Serial.println(arus);  
  
delay(1000);  
  
}
```

3.1.13 Perancangan Kontruksi

Berikut rancangan kontruksi Single axis solar tracker sistem menggunakan metode berbasis Arduino IDE.

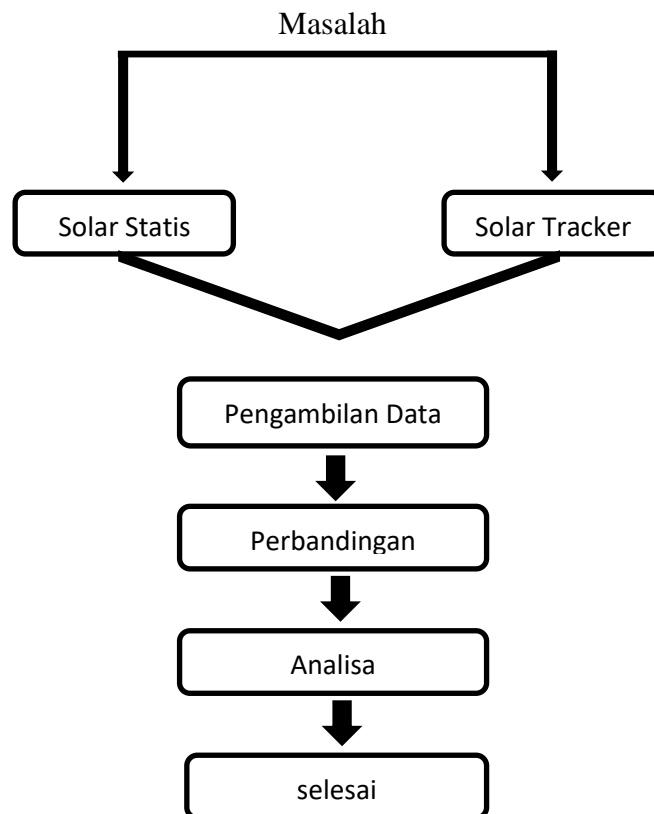


Gambar 3.19 Kontruksi dari Single Axis Solar Tracker 100 WP.

3.2 Alur Penelitian

Dalam penyusunan dan penulisan penelitian ini, penulis melakukan identifikasi masalah, terhadap perbandingan serapan energi matahari pada PLTS statis dan solar tracker model single axis dilaksanakan di kampus 3 Universitas

Bung Hatta. Disini penulis menjabarkan secara singkat pertama masalah yang di angkat ialah perancang solar tracker model single axis yaitu membandingkan serapan energi atau daya pada solar statis dengan solar tracker model single axis. Yang selanjutnya pengambilan data tegangan dan arus pada solar statis dengan solar tracker model single axis. Yang selanjutnya membandingkan data pada solar statis dengan solar tracker model single axis. Yang selanjutnya menganalisa data yang di dapat pada solar statis dengan solar tracker model single axis. Dan yang terakhir kita mengetahui data yang mana yang lebih baik penyerapan energi matahari antara solar statis dengan solar tracker model single axis. Adapun alur dari penelitian ini dapat kita lihat pada gambar dibawah ini.

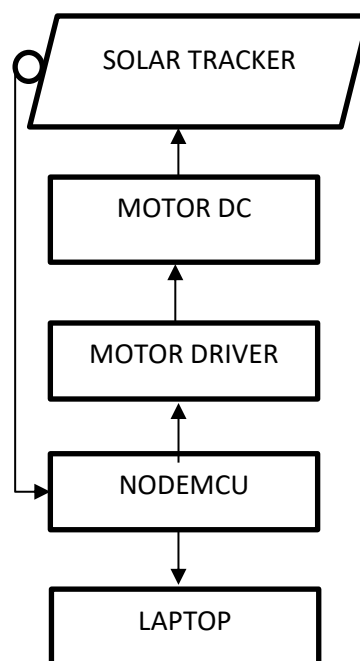


Gambar 3.20 Alur Penelitian.

3.3 Deskripsi Sistem dan Analisis

Pada gambar dibawah ini kita dapat melihat bentuk sederhana perancangan solar statis dengan solar tracker model single axis. Pada gambar di bawah dapat di jelas secara singkat cara kerja solar statis dengan solar tracker model single axis.

Yang pertama Cahaya matahari mengenai panel surya solar statis dan solar tracker model single axis. Yang selanjutnya solar statis mengubah energi matahari menjadi energi listrik dan energi atau tegangan tersebut akan di salurkan ke solar charge controller setelah itu energi atau tegangan tersebut akan masuk ke baterai yang akan di salurkan ke komponen-komponen. Sedangkan solar tracker model single axis akan bergerak mengikuti cahaya matahari dengan menggunakan sensor photodiode yang kemudian photodiode memberikan input pada Nodemcu-32 yang diteruskan ke Motor driver dan kemudian akan di gerakan oleh Motor DC/Aktuator untuk menggerakkan solar cell untuk mengarah tegak lurus terhadap arah datangnya sinar matahari yang kemudian cahaya tersebut dikonversikan menjadi energi listrik secara optimal. Setelah itu data tegangan, arus dan daya pada solar statis dan solar tracker model single axis akan masuk ke komputer atau laptop melalui nodemcu-32. Mekanisme didapatkan la hasil dari kedua perbandingan antara solar statis dan solar tracker model single axis.



Gambar 3.21 Bentuk Sederhana Perancangan Solar Model Single Axis 100 WP.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil dari penelitian yang sudah dilakukan, yaitu kinerja alat single axis pada solar tracker menggunakan Arduino IDE untuk memastikan rancangan alat sudah benar maka dilakukan pengujian. Pengujian ini dibagi menjadi 3 bagian yaitu: Pertama pengujian hardware, kedua pengujian software dan yang ketiga pengujian keseluruhan.

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa semua peralatan dan perangkat lunak yang digunakan sesuai dengan rancangannya. Data yang diambil adalah nilai tegangan dan arus selama 3 hari dari tanggal 04 Januari sampai dengan 06 Januari 2023 di kampus 3 Universitas Bung Hatta. Koordinat geografis adalah $0^{\circ}57'20''$ Lintang Selatan dan $100^{\circ}21'38''$ Bujur Timur dengan kemiringan 20° menghadap matahari ke selatan.

Bagian perhitungan berisi informasi perhitungan tentang rata-rata tegangan, arus dan daya yang dihasilkan oleh solar tracker dan solar statis serta perbandingannya. Bagian analisis menjelaskan hasil data yang diperoleh pada bagian perhitungan.

4.1 Pengujian Alat

Tahap pengujian alat ini dibagi menjadi tiga bagian yaitu pengujian perangkat keras yaitu pengujian komponen yang terdapat pada solar tracker single axis, dan pengujian perangkat lunak yaitu pengujian terhadap program yang akan dijalankan pada alat solar tracker single axis dan pengujian alat keseluruhan yaitu perangkat keras dan perangkat lunak secara bersamaan pada solar tracker single axis.

4.1.1 Pengujian Perangkat Keras (Hardware)

4.1.1.1 Node MCU ESP-32

Pengujian dilakukan agar mengetahui komponen yang dipakai dapat berfungsi dengan baik. Tegangan yang terdapat pada Node MCU ESP-32 5 Volt. Dari pengujian dapat dipastikan setiap pin yang terdapat di Node

MCU ESP-32 dapat berfungsi. Dari pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bahwa Node MCU ESP-32 dapat dioperasikan dengan baik dan tidak ada kendala. Spesifikasi Node MCU ESP-32 seperti tabel 4.1

Tabel 4.1 Spesifikasi Node MCU ESP-32

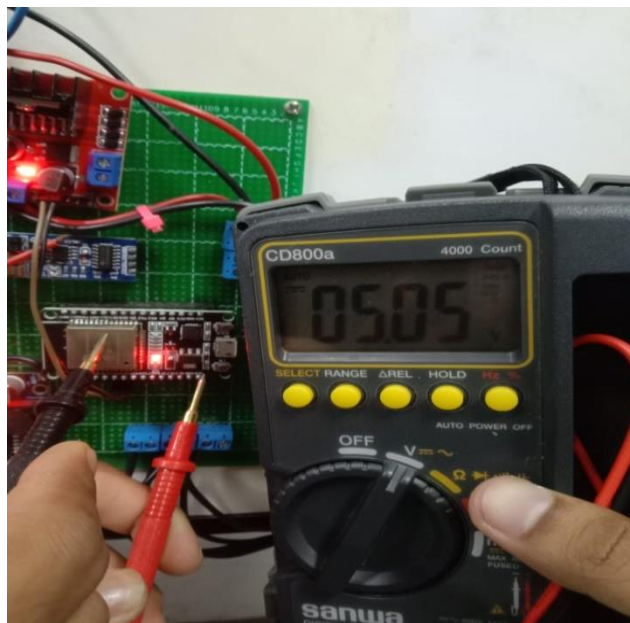
Tegangan Input	5 Volt
Tegangan Operasi	5 Volt
ADC Pin	18 buah
DAC Pin	2 buah
Flash Memory	128 KB
SRAM	320 KB
Clock Speed	240 MHZ
Berat	25 gr
PXL	58,6 X 29 mm
Komunikasi	Wifi, Bluetooth, I2C, SPI, Serial

Cara pengukuran pada Node MCU ESP-32 ialah dengan memberi tegangan 5 Volt ke Node MCU ESP-32 dan mengecek pin VIN,GPIO 33, GPIO 32 dan pin-pin lainnya pada Node MCU ESP-32 dengan menggunakan multimeter. Hasil pengukuran Node MCU ESP-32 dapat dilihat pada tabel 4.2. dan gambar 4.1

Tabel 4.2 Pengujian Node MCU ESP-32

No	PIN	Tegangan	Tegangan Ujian
1	VIN	5V	5,05V
2	3,3V	5V	5,05V
3	GPIO 33	5V	5,05V
4	GPIO 32	5V	5,05V
5	GPIO 27	5V	5,05V
6	GPIO 26	5V	5,05V
7	GPIO 25	5V	5,05V
8	GPIO 13	5V	5,05V

No	PIN	Tegangan	Tegangan Ujian
9	GPIO 23	5V	5,05V
10	GPIO 22	5V	5,05V
11	GPIO 21	5V	5,05V
12	GPIO 19	5V	5,05V
13	GPIO 18	5V	5,05V
14	GPIO 17	5V	5,05V
15	GPIO 16	5V	5,05V
16	GPIO 14	5V	5,05V
17	GPIO 39	5V	5,05V
18	GPIO 36	5V	5,05V
19	GPIO 35	5V	5,05V
20	GPIO 34	5V	5,05V



Gambar 4.1 Pengujian Node MCU ESP-32

4.1.1.2 Pengujian Motor Driver

Pengujian motor driver bertujuan untuk mengetahui bahwa motor driver dapat digunakan maka pengujian ini dilakukan oleh peneliti. Cara pengujian motor driver cukup dengan memberi tegangan ke motor driver

dan mengecek keluaran tegangan pada pin Output 1 dan Output 2 seperti gambar 4.2 Maka didapat tegangan keluaran motor driver yaitu 12,12 Volt. Motor driver yang dipakai adalah Motor Driver L298N spesifikasi motor driver dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.3 Spesifikasi Motor Driver

Nomor Model	L298N
Tegangan minimal	5V-35V
Tegangan operasional	5V
Arus maksimal	2A
Daya maksimal	25W
Dimensi modul	43 x 43 x 26mm



Gambar 4.2 Pengujian Motor Driver

4.1.1.3 Pengujian Pzem-017 DC

Pengujian Pzem-017 DC dilakukan agar Pzem-017 DC dapat beroperasi dengan baik. Maka dilakukan pengujian terlebih dahulu dengan cara melihat keluaran pada pzem-017 yang telah di berikan tegangan dan telah terhubung ke shunt. Dalam pengecekan pzem-017 ini kita harus menambah komponen rs485 dikarenakan pzem-017 tidak biasa langsung

mengeluarkan data yang dihasilkan maka harus dihubungkan ke rs485 agar data yang didapat oleh sensor pzem-017 bisa dibaca oleh ESP-32 dengan menggunakan aplikasi arduino IDE. Dapat dilihat pada gambar dibawah pengujian Pzem -017 DC.



Gambar 4.3 Pengujian Pzem-017 DC

4.1.2 Pengujian Perangkat Lunak (Software)

Berikut pengujian software menggunakan aplikasi Arduino IDE, dimana program di upload ke ESP 32:

```

test_modbus_pzem | Arduino 1.8.12
File Edit Sketch Tools Help

test_modbus_pzem
#include <ModbusMaster.h>
#include <WiFi.h>
#include <ESPAsyncWebServer.h>
#include <SPIFFS.h>

// Replace with your network credentials
const char* ssid = "AWABSYAH 8236";
const char* password = "12345678";

AsyncWebServer server(80);

ModbusMaster sensor;
short datainput1[8];
float tegangan = 0.0;
float arus = 0.0;
uint8_t Slave_ID = 1; //Slave ID of the Sensor

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Serial2.begin(9600, SERIAL_8N2);
  sensor.begin(Serial2);
  // Initialize SPIFFS
  if (!SPIFFS.begin()) {
    Serial.println("An Error has occurred while mounting SPIFFS");
    return;
  }
  // Connect to Wi-Fi
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(1000);
    Serial.println("Connecting to WiFi..");
  }
}

Done uploading
leaving...
Hard resetting via RTS pin...

```

Gambar 4.4 Pengujian Software Menggunakan Aplikasi Arduino IDE

Pada gambar diatas adalah bukti pengujian software penelitian solar statis dan solar tracker bertujuan untuk melihat apakah sketch program berhasil di upload atau tidak. Program ini dibuat untuk mengendalikan motor serta memonitoring arus dan tegangan yang dihasilkan solar tracker dan solar statis. Cara pengujian software pada penelitian ini yaitu dengan memasukan kodingan atau program yang sudah di buat ke aplikasi arduino IDE dan program yang sudah dibuat di upload, ketika sketch program memberikan tanda *done uploading* pada aplikasi arduino IDE, maka proses pemograman telah berhasil dilakukan ke ESP 32.

4.1.3 Pengujian Sistem Keseluruhan

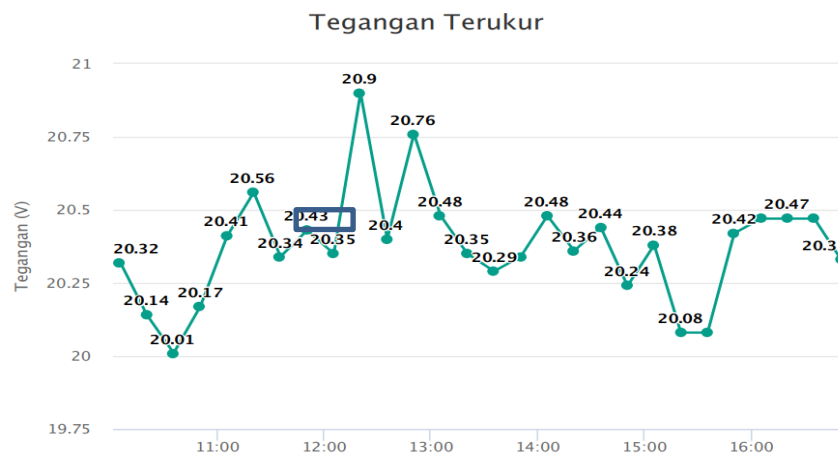
Pada pengujian sistem keseluruhan meliputi perangkat keras dan perangkat lunak. Pengujian perangkat keras (Hardware) seperti motor dc, motor driver, esp-32 dan komponen lainnya yang telah dirangkai akan di coba langsung di lapangan dapat di lihat pada gambar 4.5. Sedangkan pengujian perangkat lunak (Software) dapat dilihat pada hasil monitoring yang ditampilkan di laptop pada gambar 4.6 dan pengukuran secara langsung dengan menggunakan multimeter dapat dilihat di gambar 4.7. maka dari itu dapat lihat nilai tegangan yang ditampilkan di laptop yaitu 20.43 Volt pada jam 11.45 dan bukti pengujian secara langsung dengan menggunakan multimeter yaitu 20,43 Volt.



Gambar 4.5 Pengujian ke Seluruhan Hardware



Gambar 4.6 Pengujian Keseluruhan Dengan Menggunakan Multi.



Gambar 4.7 Grafik Pengujian ke Keluruhan Software.

Pada pengujian sistem keseluruhan dapat dilihat pada gambar dan penjelasan di atas bahwa pengujian sistem keseluruhan pada penelitian ini dapat dilakukan dengan benar, maka dari itu peneliti dapat melakukan pengambilan data. Sehingga tercapai tujuan dari pengujian sistem keseluruhan yaitu membuat perancangan solar tracker single axis yang dapat mengikuti sinar matahari.

4.2 Pengambilan Data

Pada pengambilan data yang dilakukan dihitung dari tanggal 04 januari sampai 06 januari 2023 di kota Padang dengan titik koordinat $0^{\circ}57'20''$ Selatan dan $100^{\circ}21'38''$ Timur dengan kemiringan 20° menghadap matahari ke selatan. Di karenakan posisi matahari tidak tegak lurus maka arah panel surya di miringkan 20° ke selatan.

Data yang diambil pada penelitian ini ialah data tegangan dan arus yang di peroleh pada solar tracker single axis dan solar statis dengan hari dan jam yang sama. Data tegangan dan arus yang di peroleh, akan di simpan dan masuk ke webserver yang dikirim melalui jaringan internet. Data yang ditampilkan ada 2 bentuk yaitu data bentuk tabel dan grafik.

4.2.1 Data Hari Pertama

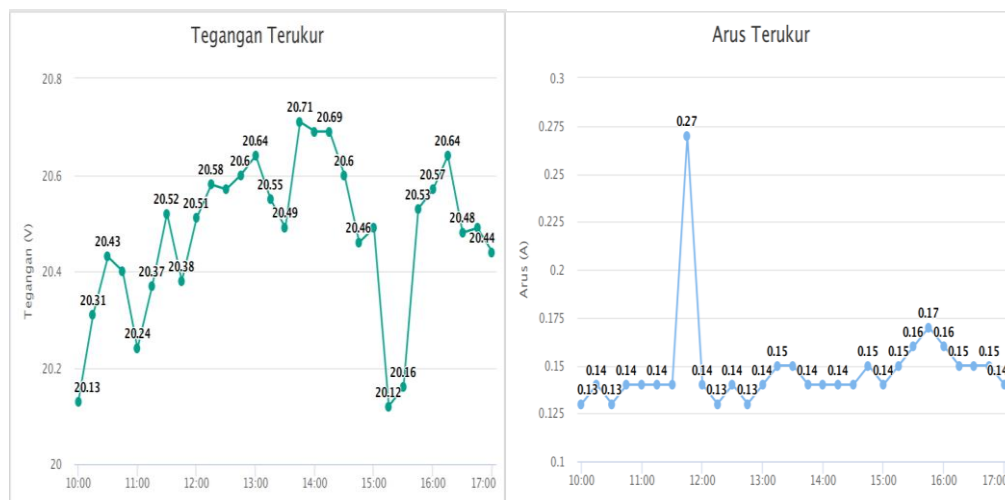
Pada hari pertama data yang diambil pada tanggal 04 januari 2023, star awal dilakukan pada jam 09.45 WIB dengan kondisi cuaca cerah sampai jam

17.00 sore. Data hari pertama pada solar tracker single axis dan solar statis dapat dilihat pada tabel dibawah sebagai berikut:

Tabel 4.4 Data Tegangan dan Arus Hari Pertama Solar Tracker

Tegangan Terukur		Arus Terukur	
DateTime	Series 1	DateTime	Series 1
04/01/2023 10:00	20.13	04/01/2023 10:00	0.13
04/01/2023 10:15	20.31	04/01/2023 10:15	0.14
04/01/2023 10:30	20.43	04/01/2023 10:30	0.13
04/01/2023 10:45	20.4	04/01/2023 10:45	0.14
04/01/2023 11:00	20.24	04/01/2023 11:00	0.14
04/01/2023 11:15	20.37	04/01/2023 11:15	0.14
04/01/2023 11:30	20.52	04/01/2023 11:30	0.14
04/01/2023 11:45	20.38	04/01/2023 11:45	0.27
04/01/2023 12:00	20.51	04/01/2023 12:00	0.14
04/01/2023 12:15	20.58	04/01/2023 12:15	0.13
04/01/2023 12:30	20.57	04/01/2023 12:30	0.14
04/01/2023 12:45	20.6	04/01/2023 12:45	0.13
04/01/2023 13:00	20.64	04/01/2023 13:00	0.14
04/01/2023 13:15	20.55	04/01/2023 13:15	0.15
04/01/2023 13:30	20.49	04/01/2023 13:30	0.15
04/01/2023 13:45	20.71	04/01/2023 13:45	0.14
04/01/2023 14:00	20.69	04/01/2023 14:00	0.14
04/01/2023 14:15	20.69	04/01/2023 14:15	0.14
04/01/2023 14:30	20.6	04/01/2023 14:30	0.14
04/01/2023 14:45	20.46	04/01/2023 14:45	0.15
04/01/2023 15:00	20.49	04/01/2023 15:00	0.14
04/01/2023 15:15	20.12	04/01/2023 15:15	0.15
04/01/2023 15:30	20.16	04/01/2023 15:30	0.16
04/01/2023 15:45	20.53	04/01/2023 15:45	0.17
04/01/2023 16:00	20.57	04/01/2023 16:00	0.16
04/01/2023 16:15	20.64	04/01/2023 16:15	0.15
04/01/2023 16:30	20.48	04/01/2023 16:30	0.15
04/01/2023 16:45	20.49	04/01/2023 16:45	0.15
04/01/2023 17:00	20.44	04/01/2023 17:00	0.14

Data dalam bentuk grafik seperti gambar 4.8

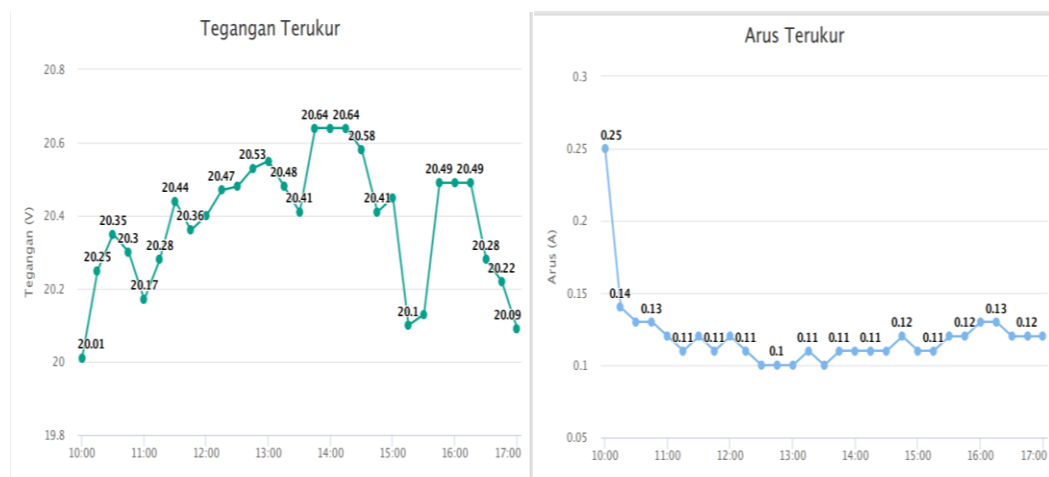


Gambar 4.8 Grafik Tegangan dan Arus Solar Tracker Hari 1.

Tabel 4.5 Data Tegangan dan Arus Hari Pertama Solar Statis.

Tegangan Terukur		Arus Terukur	
DateTime	Series 1	DateTime	Series 1
04/01/2023 10:00	20.01	04/01/2023 10:00	0.25
04/01/2023 10:15	20.25	04/01/2023 10:15	0.14
04/01/2023 10:30	20.35	04/01/2023 10:30	0.13
04/01/2023 10:45	20.3	04/01/2023 10:45	0.13
04/01/2023 11:00	20.17	04/01/2023 11:00	0.12
04/01/2023 11:15	20.28	04/01/2023 11:15	0.11
04/01/2023 11:30	20.44	04/01/2023 11:30	0.12
04/01/2023 11:45	20.36	04/01/2023 11:45	0.11
04/01/2023 12:00	20.4	04/01/2023 12:00	0.12
04/01/2023 12:15	20.47	04/01/2023 12:15	0.11
04/01/2023 12:30	20.48	04/01/2023 12:30	0.1
04/01/2023 12:45	20.53	04/01/2023 12:45	0.1
04/01/2023 13:00	20.55	04/01/2023 13:00	0.1
04/01/2023 13:15	20.48	04/01/2023 13:15	0.11
04/01/2023 13:30	20.41	04/01/2023 13:30	0.1
04/01/2023 13:45	20.64	04/01/2023 13:45	0.11
04/01/2023 14:00	20.64	04/01/2023 14:00	0.11
04/01/2023 14:15	20.64	04/01/2023 14:15	0.11
04/01/2023 14:30	20.58	04/01/2023 14:30	0.11
04/01/2023 14:45	20.41	04/01/2023 14:45	0.12
04/01/2023 15:00	20.45	04/01/2023 15:00	0.11
04/01/2023 15:15	20.1	04/01/2023 15:15	0.11
04/01/2023 15:30	20.13	04/01/2023 15:30	0.12
04/01/2023 15:45	20.49	04/01/2023 15:45	0.12
04/01/2023 16:00	20.49	04/01/2023 16:00	0.13
04/01/2023 16:15	20.49	04/01/2023 16:15	0.13
04/01/2023 16:30	20.28	04/01/2023 16:30	0.12
04/01/2023 16:45	20.22	04/01/2023 16:45	0.12
04/01/2023 17:00	20.09	04/01/2023 17:00	0.12

Data dalam bentuk grafik seperti gambar 4.9



Gambar 4.9 Grafik Tegangan dan Arus Solar Statis Hari 1.

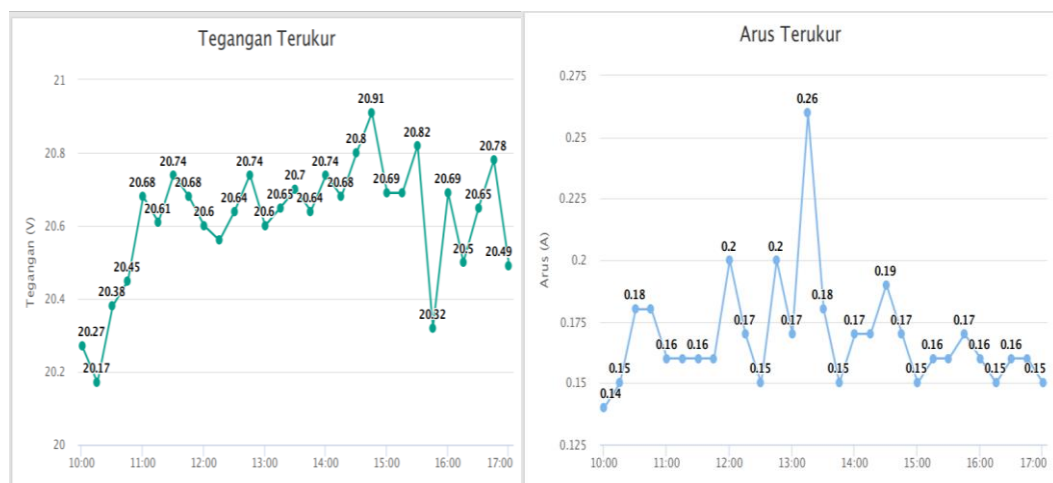
4.2.2 Data Hari Kedua

Data hari kedua pada tanggal 05 Januari 2023. Pada hari kedua ini star awal dilakukan pada jam 09.45 – 17.00 WIB. Dari jam 09.45 kondisi cuaca cerah sapa jam 17.00. Data hari kedua pada solar tracker single axis dan solar statis dapat dilihat pada tabel dibawah sebagai berikut:

Tabel 4.6 Data Tegangan dan Arus Hari kedua Solar Tracker.

Tegangan Terukur		Arus Terukur	
DateTime	Series 1	DateTime	Series 1
05/01/2023 10:00	20.27	05/01/2023 10:00	0.14
05/01/2023 10:15	20.17	05/01/2023 10:15	0.15
05/01/2023 10:30	20.38	05/01/2023 10:30	0.18
05/01/2023 10:45	20.45	05/01/2023 10:45	0.18
05/01/2023 11:00	20.68	05/01/2023 11:00	0.16
05/01/2023 11:15	20.61	05/01/2023 11:15	0.16
05/01/2023 11:30	20.74	05/01/2023 11:30	0.16
05/01/2023 11:45	20.68	05/01/2023 11:45	0.16
05/01/2023 12:00	20.6	05/01/2023 12:00	0.2
05/01/2023 12:15	20.56	05/01/2023 12:15	0.17
05/01/2023 12:30	20.64	05/01/2023 12:30	0.15
05/01/2023 12:45	20.74	05/01/2023 12:45	0.2
05/01/2023 13:00	20.6	05/01/2023 13:00	0.17
05/01/2023 13:15	20.65	05/01/2023 13:15	0.26
05/01/2023 13:30	20.7	05/01/2023 13:30	0.18
05/01/2023 13:45	20.64	05/01/2023 13:45	0.15
05/01/2023 14:00	20.74	05/01/2023 14:00	0.17
05/01/2023 14:15	20.68	05/01/2023 14:15	0.17
05/01/2023 14:30	20.8	05/01/2023 14:30	0.19
05/01/2023 14:45	20.91	05/01/2023 14:45	0.17
05/01/2023 15:00	20.69	05/01/2023 15:00	0.15
05/01/2023 15:15	20.69	05/01/2023 15:15	0.16
05/01/2023 15:30	20.82	05/01/2023 15:30	0.16
05/01/2023 15:45	20.32	05/01/2023 15:45	0.17
05/01/2023 16:00	20.69	05/01/2023 16:00	0.16
05/01/2023 16:15	20.5	05/01/2023 16:15	0.15
05/01/2023 16:30	20.65	05/01/2023 16:30	0.16
05/01/2023 16:45	20.78	05/01/2023 16:45	0.16
05/01/2023 17:00	20.49	05/01/2023 17:00	0.15

Data dalam bentuk grafik seperti gambar 4.10

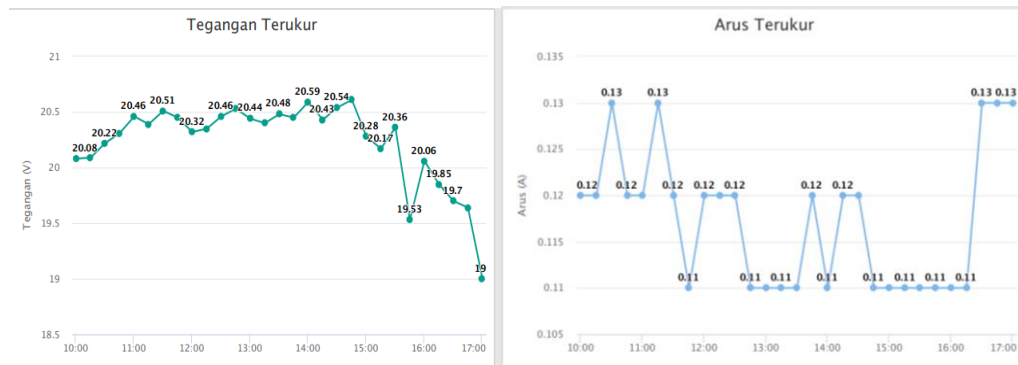


Gambar 4.10 Grafik Tegangan dan Arus Solar Tracker Hari 2.

Tabel 4.7 Data Tegangan dan Arus Hari kedua Solar Statis.

Tegangan Terukur			Arus Terukur		
DateTime	Series 1		DateTime	Series 1	
05/01/2023 10:00	20.08		05/01/2023 10:00	0.12	
05/01/2023 10:15	20.09		05/01/2023 10:15	0.12	
05/01/2023 10:30	20.22		05/01/2023 10:30	0.13	
05/01/2023 10:45	20.31		05/01/2023 10:45	0.12	
05/01/2023 11:00	20.46		05/01/2023 11:00	0.12	
05/01/2023 11:15	20.39		05/01/2023 11:15	0.13	
05/01/2023 11:30	20.51		05/01/2023 11:30	0.12	
05/01/2023 11:45	20.45		05/01/2023 11:45	0.11	
05/01/2023 12:00	20.32		05/01/2023 12:00	0.12	
05/01/2023 12:15	20.35		05/01/2023 12:15	0.12	
05/01/2023 12:30	20.46		05/01/2023 12:30	0.12	
05/01/2023 12:45	20.53		05/01/2023 12:45	0.11	
05/01/2023 13:00	20.44		05/01/2023 13:00	0.11	
05/01/2023 13:15	20.4		05/01/2023 13:15	0.11	
05/01/2023 13:30	20.48		05/01/2023 13:30	0.11	
05/01/2023 13:45	20.45		05/01/2023 13:45	0.12	
05/01/2023 14:00	20.59		05/01/2023 14:00	0.11	
05/01/2023 14:15	20.43		05/01/2023 14:15	0.12	
05/01/2023 14:30	20.54		05/01/2023 14:30	0.12	
05/01/2023 14:45	20.61		05/01/2023 14:45	0.11	
05/01/2023 15:00	20.28		05/01/2023 15:00	0.11	
05/01/2023 15:15	20.17		05/01/2023 15:15	0.11	
05/01/2023 15:30	20.36		05/01/2023 15:30	0.11	
05/01/2023 15:45	19.53		05/01/2023 15:45	0.11	
05/01/2023 16:00	20.06		05/01/2023 16:00	0.11	
05/01/2023 16:15	19.85		05/01/2023 16:15	0.11	
05/01/2023 16:30	19.7		05/01/2023 16:30	0.13	
05/01/2023 16:45	19.64		05/01/2023 16:45	0.13	
05/01/2023 17:00	19		05/01/2023 17:00	0.13	

Data dalam bentuk grafik seperti gambar 4.11



Gambar 4.11 Grafik Tegangan dan Arus Solar Statis Hari 2.

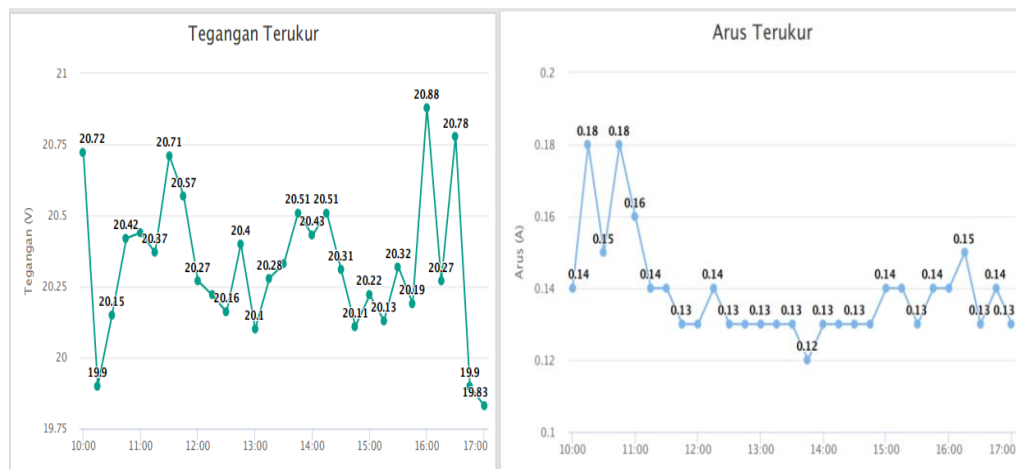
4.2.3 Data Hari Ketiga

Data hari ketiga pada tanggal 06 Januari 2023. Pada hari kedua ini star awal dilakukan pada jam 09.45 – 17.00 WIB. Dari jam 09.45 kondisi cuaca cerah sampai jam 16.30, di jam 16.45 sampai jam 17.00 cuaca berawan atau mendung. Data hari ketiga pada solar tracker single axis dan solar statis dapat dilihat pada tabel dibawah sebagai berikut:

Tabel 4.8 Data Tegangan dan Arus Hari ketiga Solar Tracker.

Tegangan Terukur			Arus Terukur		
DateTime	Series 1		DateTime	Series 1	
06/01/2023 10:00	20.72		06/01/2023 10:00	0.14	
06/01/2023 10:15	19.9		06/01/2023 10:15	0.18	
06/01/2023 10:30	20.15		06/01/2023 10:30	0.15	
06/01/2023 10:45	20.42		06/01/2023 10:45	0.18	
06/01/2023 11:00	20.44		06/01/2023 11:00	0.16	
06/01/2023 11:15	20.37		06/01/2023 11:15	0.14	
06/01/2023 11:30	20.71		06/01/2023 11:30	0.14	
06/01/2023 11:45	20.57		06/01/2023 11:45	0.13	
06/01/2023 12:00	20.27		06/01/2023 12:00	0.13	
06/01/2023 12:15	20.22		06/01/2023 12:15	0.14	
06/01/2023 12:30	20.16		06/01/2023 12:30	0.13	
06/01/2023 12:45	20.4		06/01/2023 12:45	0.13	
06/01/2023 13:00	20.1		06/01/2023 13:00	0.13	
06/01/2023 13:15	20.28		06/01/2023 13:15	0.13	
06/01/2023 13:30	20.33		06/01/2023 13:30	0.13	
06/01/2023 13:45	20.51		06/01/2023 13:45	0.12	
06/01/2023 14:00	20.43		06/01/2023 14:00	0.13	
06/01/2023 14:15	20.51		06/01/2023 14:15	0.13	
06/01/2023 14:30	20.31		06/01/2023 14:30	0.13	
06/01/2023 14:45	20.11		06/01/2023 14:45	0.13	
06/01/2023 15:00	20.22		06/01/2023 15:00	0.14	
06/01/2023 15:15	20.13		06/01/2023 15:15	0.14	
06/01/2023 15:30	20.32		06/01/2023 15:30	0.13	
06/01/2023 15:45	20.19		06/01/2023 15:45	0.14	
06/01/2023 16:00	20.88		06/01/2023 16:00	0.14	
06/01/2023 16:15	20.27		06/01/2023 16:15	0.15	
06/01/2023 16:30	20.78		06/01/2023 16:30	0.13	
06/01/2023 16:45	19.9		06/01/2023 16:45	0.14	
06/01/2023 17:00	19.83		06/01/2023 17:00	0.13	

Data dalam bentuk grafik seperti gambar 4.12

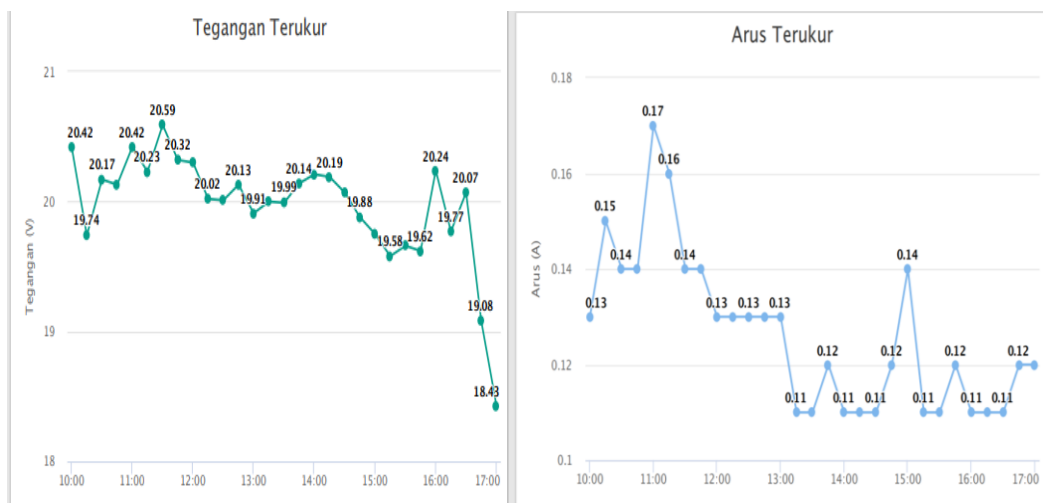


Gambar 4.12 Grafik Tegangan dan Arus Solar Tracker Hari 3.

Tabel 4.9 Data Tegangan dan Arus Hari ketiga Solar Statis.

Tegangan Terukur			Arus Terukur		
DateTime	Series 1		DateTime	Series 1	
06/01/2023 10:00	20.42		06/01/2023 10:00	0.13	
06/01/2023 10:15	19.74		06/01/2023 10:15	0.15	
06/01/2023 10:30	20.17		06/01/2023 10:30	0.14	
06/01/2023 10:45	20.13		06/01/2023 10:45	0.14	
06/01/2023 11:00	20.42		06/01/2023 11:00	0.17	
06/01/2023 11:15	20.23		06/01/2023 11:15	0.16	
06/01/2023 11:30	20.59		06/01/2023 11:30	0.14	
06/01/2023 11:45	20.32		06/01/2023 11:45	0.14	
06/01/2023 12:00	20.3		06/01/2023 12:00	0.13	
06/01/2023 12:15	20.02		06/01/2023 12:15	0.13	
06/01/2023 12:30	20.01		06/01/2023 12:30	0.13	
06/01/2023 12:45	20.13		06/01/2023 12:45	0.13	
06/01/2023 13:00	19.91		06/01/2023 13:00	0.13	
06/01/2023 13:15	20		06/01/2023 13:15	0.11	
06/01/2023 13:30	19.99		06/01/2023 13:30	0.11	
06/01/2023 13:45	20.14		06/01/2023 13:45	0.12	
06/01/2023 14:00	20.21		06/01/2023 14:00	0.11	
06/01/2023 14:15	20.19		06/01/2023 14:15	0.11	
06/01/2023 14:30	20.07		06/01/2023 14:30	0.11	
06/01/2023 14:45	19.88		06/01/2023 14:45	0.12	
06/01/2023 15:00	19.75		06/01/2023 15:00	0.14	
06/01/2023 15:15	19.58		06/01/2023 15:15	0.11	
06/01/2023 15:30	19.66		06/01/2023 15:30	0.11	
06/01/2023 15:45	19.62		06/01/2023 15:45	0.12	
06/01/2023 16:00	20.24		06/01/2023 16:00	0.11	
06/01/2023 16:15	19.77		06/01/2023 16:15	0.11	
06/01/2023 16:30	20.07		06/01/2023 16:30	0.11	
06/01/2023 16:45	19.08		06/01/2023 16:45	0.12	
06/01/2023 17:00	18.43		06/01/2023 17:00	0.12	

Data dalam bentuk grafik seperti gambar 4.13



Gambar 4.13 Grafik Tegangan dan Arus Solar Statis Hari 3.

4.3 Perhitungan

Setelah 3 hari pengumpulan data, data tegangan, arus, dan daya dikelompokkan menjadi masing-masing data tegangan, arus, dan daya pada solar tracker dan solar statis.

Setelah data terakumulasi, dihitung dan dibandingkan dengan data solar tracker dan solar statis. Perbandingan dibuat untuk mencari nilai rata-rata tegangan, arus dan daya yang dihasilkan oleh solar tracker dan solar statis pada jam dan hari yang sama selama 3 hari.

4.3.1 Data daya hari 1 pada Solar Tracker dan Solar Statis

Data daya yang dihasilkan dihitung berdasarkan persamaan (4.1)

$$P = V \times I$$

Berdasarkan tabel 4.10 dibawah pada jam 10.00 tegangan yang terukur 20,13 Volt dan arus yang dihasilkan 0,13 Ampere. Maka daya yang dihasilkan pada jam 10.00 pada hari 1 solar Tracker adalah:

$$P = 20,13 \times 0,13 = 2,61 \text{ Watt}$$

Untuk data daya di jam berikutnya dapat di lihat pada tabel 4.10

Tabel 4.10 Data Daya Solar Tracker dan Solar Statis hari 1.

Solar Tracker Hari 1			
DateTime	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
10:00	20,13	0,13	2,61
10:15	20,31	0,14	2,84
10:30	20,43	0,13	2,65
10:45	20,40	0,14	2,85
11:00	20,24	0,14	2,83
11:15	20,37	0,14	2,85
11:30	20,52	0,14	2,87
11:45	20,38	0,27	5,50
12:00	20,51	0,14	2,87
12:15	20,58	0,13	2,67
12:30	20,57	0,14	2,87
12:45	20,60	0,13	2,67

Solar Statis Hari 1			
DateTime	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
10:00	20,01	0,25	5,00
10:15	20,25	0,14	2,83
10:30	20,35	0,13	2,64
10:45	20,30	0,13	2,63
11:00	20,17	0,12	2,42
11:15	20,28	0,11	2,23
11:30	20,44	0,12	2,45
11:45	20,36	0,11	2,23
12:00	20,40	0,12	2,44
12:15	20,47	0,11	2,25
12:30	20,48	0,1	2,04
12:45	20,53	0,1	2,05

Solar Tracker Hari 1			
DateTime	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
13:00	20,64	0,14	2,88
13:15	20,55	0,15	3,08
13:30	20,49	0,15	3,07
13:45	20,71	0,14	2,89
14:00	20,69	0,14	2,89
14:15	20,69	0,14	2,89
14:30	20,60	0,14	2,88
14:45	20,46	0,15	3,06
15:00	20,49	0,14	2,86
15:15	20,12	0,15	3,01
15:30	20,16	0,16	3,22
15:45	20,53	0,17	3,49
16:00	20,57	0,16	3,29
16:15	20,64	0,15	3,09
16:30	20,48	0,15	3,07
16:45	20,49	0,15	3,07
17:00	20,44	0,14	2,86

Solar Statis Hari 1			
DateTime	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
13:00	20,55	0,1	2,05
13:15	20,48	0,11	2,25
13:30	20,41	0,1	2,04
13:45	20,64	0,11	2,27
14:00	20,64	0,11	2,27
14:15	20,64	0,11	2,27
14:30	20,58	0,11	2,26
14:45	20,41	0,12	2,44
15:00	20,45	0,11	2,24
15:15	20,10	0,11	2,21
15:30	20,13	0,12	2,41
15:45	20,49	0,12	2,45
16:00	20,49	0,13	2,66
16:15	20,49	0,13	2,66
16:30	20,28	0,12	2,43
16:45	20,22	0,12	2,42
17:00	20,09	0,12	2,41

4.3.2 Data daya hari 2 pada Solar Tracker dan Solar Statis

Data daya yang dihasilkan dihitung berdasarkan persamaan (4.1)

$$P = V \times I$$

Berdasarkan tabel 4.8 dibawah pada jam 12.00 tegangan yang terukur 20,60 Volt dan arus yang dihasilkan 0,20 Ampere. Maka daya yang dihasilkan pada jam 12.00 pada hari 1 solar Tracker adalah:

$$P = 20,60 \times 0,20 = 4,12 \text{ Watt}$$

Untuk data daya di jam berikutnya dapat di lihat pada tabel 4.11

Tabel 4.11 Data Daya Solar Tracker dan Solar Statis hari 2.

Solar Tracker Hari 2			
DateTime	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
10:00	20,27	0,14	2,83
10:15	20,17	0,15	3,02
10:30	20,38	0,18	3,66

Solar Statis Hari 2			
DateTime	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
10:00	20,08	0,12	2,40
10:15	20,09	0,12	2,41
10:30	20,22	0,13	2,62

Solar Tracker Hari 2			
DateTime	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
10:45	20,45	0,18	3,68
11:00	20,68	0,16	3,30
11:15	20,61	0,16	3,29
11:30	20,74	0,16	3,31
11:45	20,68	0,16	3,30
12:00	20,60	0,20	4,12
12:15	20,56	0,17	3,49
12:30	20,64	0,15	3,09
12:45	20,74	0,20	4,14
13:00	20,60	0,17	3,50
13:15	20,65	0,26	5,36
13:30	20,70	0,18	3,72
13:45	20,64	0,15	3,09
14:00	20,74	0,17	3,52
14:15	20,68	0,17	3,51
14:30	20,80	0,19	3,95
14:45	20,91	0,17	3,55
15:00	20,69	0,15	3,10
15:15	20,69	0,16	3,31
15:30	20,82	0,16	3,33
15:45	20,32	0,17	3,45
16:00	20,69	0,16	3,31
16:15	20,50	0,15	3,07
16:30	20,65	0,16	3,30
16:45	20,78	0,16	3,32
17:00	20,49	0,15	3,07

Solar Statis Hari 2			
DateTime	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
10:45	20,31	0,12	2,43
11:00	20,46	0,12	2,45
11:15	20,39	0,13	2,65
11:30	20,51	0,12	2,46
11:45	20,45	0,11	2,24
12:00	20,32	0,12	2,43
12:15	20,35	0,12	2,44
12:30	20,46	0,12	2,45
12:45	20,53	0,11	2,25
13:00	20,44	0,11	2,24
13:15	20,40	0,11	2,24
13:30	20,48	0,11	2,25
13:45	20,45	0,12	2,45
14:00	20,59	0,11	2,26
14:15	20,43	0,12	2,45
14:30	20,54	0,12	2,46
14:45	20,61	0,11	2,26
15:00	20,28	0,11	2,23
15:15	20,17	0,11	2,21
15:30	20,36	0,11	2,23
15:45	19,53	0,11	2,14
16:00	20,06	0,11	2,20
16:15	19,85	0,11	2,18
16:30	19,70	0,13	2,56
16:45	19,64	0,13	2,55
17:00	19,00	0,13	2,47

4.3.2 Data daya hari 3 pada Solar Tracker dan Solar Statis

Data daya yang dihasilkan dihitung berdasarkan persamaan (4.1)

$$P = V \times I$$

Berdasarkan tabel 4.12 dibawah pada jam 15.00 tegangan yang terukur 20,22Volt dan arus yang dihasilkan 0,14Ampere. Maka daya yang dihasilkan pada jam 15.00 pada hari 1 solar Tracker adalah:

$$P = 20,22 \times 0,14 = 2,83 \text{ Watt}$$

Untuk data daya di jam berikutnya dapat di lihat pada tabel 4.12

Tabel 4.12 Data Daya Solar Tracker dan Solar Statis hari 3.

Solar Tracker Hari 3				Solar Statis Hari 3			
DateTime	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)	DateTime	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
10:00	20,72	0,14	2,90	10:00	20,42	0,13	2,65
10:15	19,90	0,18	3,58	10:15	19,74	0,15	2,96
10:30	20,15	0,15	3,02	10:30	20,17	0,14	2,82
10:45	20,42	0,18	3,67	10:45	20,13	0,14	2,81
11:00	20,44	0,16	3,27	11:00	20,42	0,17	3,47
11:15	20,37	0,14	2,85	11:15	20,23	0,16	3,23
11:30	20,71	0,14	2,89	11:30	20,59	0,14	2,88
11:45	20,57	0,13	2,67	11:45	20,32	0,14	2,84
12:00	20,27	0,13	2,63	12:00	20,30	0,13	2,63
12:15	20,22	0,14	2,83	12:15	20,02	0,13	2,60
12:30	20,16	0,13	2,62	12:30	20,01	0,13	2,60
12:45	20,40	0,13	2,65	12:45	20,13	0,13	2,61
13:00	20,10	0,13	2,61	13:00	19,91	0,13	2,58
13:15	20,28	0,13	2,63	13:15	20,00	0,11	2,20
13:30	20,33	0,13	2,64	13:30	19,99	0,11	2,19
13:45	20,51	0,12	2,46	13:45	20,14	0,12	2,41
14:00	20,43	0,13	2,65	14:00	20,21	0,11	2,22
14:15	20,51	0,13	2,66	14:15	20,19	0,11	2,22
14:30	20,31	0,13	2,64	14:30	20,07	0,11	2,20
14:45	20,11	0,13	2,61	14:45	19,88	0,12	2,38
15:00	20,22	0,14	2,83	15:00	19,75	0,14	2,76
15:15	20,13	0,14	2,81	15:15	19,58	0,11	2,15
15:30	20,32	0,13	2,64	15:30	19,66	0,11	2,16
15:45	20,19	0,14	2,82	15:45	19,62	0,12	2,35
16:00	20,88	0,14	2,92	16:00	20,24	0,11	2,22
16:15	20,27	0,15	3,04	16:15	19,77	0,11	2,17
16:30	20,78	0,13	2,70	16:30	20,07	0,11	2,20
16:45	19,90	0,14	2,78	16:45	19,08	0,12	2,28
17:00	19,83	0,13	2,57	17:00	18,43	0,12	2,21

4.3.3 Perbandingan Nilai Tegangan

Untuk membandingkan nilai tegangan rata-rata yang dihasilkan oleh solar tracker dan solar statis setiap 15 menit, dilakukan juga perhitungan untuk mengetahui nilai tegangan rata-rata yang dihasilkan oleh solar tracker dan solar statis setiap 15 menit selama 3 hari, adapun perhitungan yang dipakai berdasarkan persamaan (4.2) untuk mencari nilai rata-rata tegangan solar tracker dan solar statis setiap 15 menit. Pada pukul 10:00 rata-rata tegangan solar tracker dalam 3 hari adalah sebagai berikut:

$$V_{rata-rata} = \frac{V_{h1} + V_{h2} + V_{h3}}{3} = \frac{20,13 + 20,27 + 20,72}{3} = 20,37\text{Volt}$$

Perbandingan tegangan rata-rata yang dihasilkan setiap 15 menit oleh solar tracker dan solar statis ditunjukkan pada Tabel 4.13 di bawah ini:

Table 4.13 Rata-rata Nilai Tegangan Solar Tracker.

DateTime	Tegangan Hari 1 (Volt)	Tegangan Hari 2 (Volt)	Tegangan Hari 3 (Volt)	Rata-rata Tegangan (Volt)
10:00	20,13	20,27	20,72	20,37
10:15	20,31	20,17	19,90	20,12
10:30	20,43	20,38	20,15	20,32
10:45	20,40	20,45	20,42	20,42
11:00	20,24	20,68	20,44	20,45
11:15	20,37	20,61	20,37	20,45
11:30	20,52	20,74	20,71	20,65
11:45	20,38	20,68	20,57	20,54
12:00	20,51	20,60	20,27	20,46
12:15	20,58	20,56	20,22	20,45
12:30	20,57	20,64	20,16	20,45
12:45	20,60	20,74	20,40	20,58
13:00	20,64	20,60	20,10	20,44
13:15	20,55	20,65	20,28	20,49
13:30	20,49	20,70	20,33	20,50
13:45	20,71	20,64	20,51	20,62

DateTime	Tegangan Hari 1 (Volt)	Tegangan Hari 2 (Volt)	Tegangan Hari 3 (Volt)	Rata-rata Tegangan (Volt)
14:00	20,69	20,74	20,43	20,62
14:15	20,69	20,68	20,51	20,62
14:30	20,60	20,80	20,31	20,57
14:45	20,46	20,91	20,11	20,49
15:00	20,49	20,69	20,22	20,46
15:15	20,12	20,69	20,13	20,31
15:30	20,16	20,82	20,32	20,43
15:45	20,53	20,32	20,19	20,34
16:00	20,57	20,69	20,88	20,71
16:15	20,64	20,50	20,27	20,47
16:30	20,48	20,65	20,78	20,63
16:45	20,49	20,78	19,90	20,39
17:00	20,44	20,49	19,83	20,25

Untuk tegangan rata-rata pada solar statis dapat dilihat pada tabel 4.14

Table 4.14 Rata-rata Nilai Tegangan Solar Statis.

Date Time	Tegangan Hari 1 (Volt)	Tegangan Hari 2 (Volt)	Tegangan Hari 3 (Volt)	Rata-rata Tegangan (Volt)
10:00	20,01	20,08	20,42	20,17
10:15	20,25	20,09	19,74	20,02
10:30	20,35	20,22	20,17	20,24
10:45	20,30	20,31	20,13	20,24
11:00	20,17	20,46	20,42	20,35
11:15	20,28	20,39	20,23	20,30
11:30	20,44	20,51	20,59	20,51
11:45	20,36	20,45	20,32	20,37
12:00	20,40	20,32	20,30	20,34
12:15	20,47	20,35	20,02	20,28
12:30	20,48	20,46	20,01	20,31
12:45	20,53	20,53	20,13	20,39
13:00	20,55	20,44	19,91	20,30
13:15	20,48	20,40	20,00	20,29
13:30	20,41	20,48	19,99	20,29

Date Time	Tegangan Hari 1 (Volt)	Tegangan Hari 2 (Volt)	Tegangan Hari 3 (Volt)	Rata-rata Tegangan (Volt)
13:45	20,64	20,45	20,14	20,41
14:00	20,64	20,59	20,21	20,48
14:15	20,64	20,43	20,19	20,42
14:30	20,58	20,54	20,07	20,39
14:45	20,41	20,61	19,88	20,30
15:00	20,45	20,28	19,75	20,16
15:15	20,10	20,17	19,58	19,95
15:30	20,13	20,36	19,66	20,05
15:45	20,49	19,53	19,62	19,88
16:00	20,49	20,06	20,24	20,26
16:15	20,49	19,85	19,77	20,03
16:30	20,28	19,70	20,07	20,01
16:45	20,22	19,64	19,08	19,64
17:00	20,09	19,00	18,43	19,17

4.3.4 Perbandingan Nilai Arus

Untuk membandingkan arus rata-rata yang dihasilkan oleh solar tracker dan solar statis setiap 15 menit, nilai arus rata-rata yang dihasilkan oleh solar tracker dan solar statis setiap 15 menit selama 3 hari juga dihitung adapun perhitungan yang dipakai berdasarkan persamaan (4.3). Perhitungan yang dihasilkan oleh solar tracker selama 3 hari pada pukul 12:00 WIB adalah sebagai berikut:

$$I_{rata - rata} = \frac{I_{h1} + I_{h2} + I_{h3}}{3} = \frac{0,14 + 0,20 + 0,13}{3} = 0,15 \text{ Ampere}$$

Perbandingan arus rata-rata yang dihasilkan setiap 15 menit oleh solar tracker ditunjukkan pada Tabel 4.15 di bawah ini:

Table 4.15 Rata-rata Nilai Arus Solar Tracker.

Date Time	Arus Hari 1 (Ampere)	Arus Hari 2 (Ampere)	Arus Hari 3 (Ampere)	Rata-rata Arus (Ampere)
10:00	0,13	0,14	0,14	0,13

Date Time	Arus Hari 1 (Ampere)	Arus Hari 2 (Ampere)	Arus Hari 3 (Ampere)	Rata-rata Arus (Ampere)
10:15	0,14	0,15	0,18	0,15
10:30	0,13	0,18	0,15	0,15
10:45	0,14	0,18	0,18	0,16
11:00	0,14	0,16	0,16	0,15
11:15	0,14	0,16	0,14	0,14
11:30	0,14	0,16	0,14	0,14
11:45	0,27	0,16	0,13	0,18
12:00	0,14	0,20	0,13	0,15
12:15	0,13	0,17	0,14	0,14
12:30	0,14	0,15	0,13	0,14
12:45	0,13	0,20	0,13	0,15
13:00	0,14	0,17	0,13	0,14
13:15	0,15	0,26	0,13	0,18
13:30	0,15	0,18	0,13	0,15
13:45	0,14	0,15	0,12	0,13
14:00	0,14	0,17	0,13	0,14
14:15	0,14	0,17	0,13	0,14
14:30	0,14	0,19	0,13	0,15
14:45	0,15	0,17	0,13	0,15
15:00	0,14	0,15	0,14	0,14
15:15	0,15	0,16	0,14	0,15
15:30	0,16	0,16	0,13	0,15
15:45	0,17	0,17	0,14	0,16
16:00	0,16	0,16	0,14	0,15
16:15	0,15	0,15	0,15	0,15
16:30	0,15	0,16	0,13	0,14
16:45	0,15	0,16	0,14	0,15
17:00	0,14	0,15	0,13	0,14

Untuk arus rata-rata pada solar statis dapat dilihat pada tabel 4.16.

Table 4.16 Rata-rata Nilai Arus Solar Statis.

Date Time	Arus Hari 1 (Ampere)	Arus Hari 2 (Ampere)	Arus Hari 3 (Ampere)	Rata-rata Arus (Ampere)
10:00	0,25	0,12	0,13	0,16
10:15	0,14	0,12	0,15	0,13
10:30	0,13	0,13	0,14	0,13

Date Time	Arus Hari 1 (Ampere)	Arus Hari 2 (Ampere)	Arus Hari 3 (Ampere)	Rata-rata Arus (Ampere)
10:45	0,13	0,12	0,14	0,13
11:00	0,12	0,12	0,17	0,13
11:15	0,11	0,13	0,16	0,13
11:30	0,12	0,12	0,14	0,12
11:45	0,11	0,11	0,14	0,12
12:00	0,12	0,12	0,13	0,12
12:15	0,11	0,12	0,13	0,12
12:30	0,10	0,12	0,13	0,11
12:45	0,10	0,11	0,13	0,11
13:00	0,10	0,11	0,13	0,11
13:15	0,11	0,11	0,11	0,11
13:30	0,10	0,11	0,11	0,10
13:45	0,11	0,12	0,12	0,11
14:00	0,11	0,11	0,11	0,11
14:15	0,11	0,12	0,11	0,11
14:30	0,11	0,12	0,11	0,11
14:45	0,12	0,11	0,12	0,11
15:00	0,11	0,11	0,14	0,12
15:15	0,11	0,11	0,11	0,11
15:30	0,12	0,11	0,11	0,11
15:45	0,12	0,11	0,12	0,11
16:00	0,13	0,11	0,11	0,11
16:15	0,13	0,11	0,11	0,11
16:30	0,12	0,13	0,11	0,12
16:45	0,12	0,13	0,12	0,12
17:00	0,12	0,13	0,12	0,12

4.3.5 Perbandingan Nilai Daya

Untuk membandingkan nilai rata-rata daya yang dihasilkan oleh solar tracker dan solar statis setiap 15 menit, dilakukan juga perhitungan untuk mengetahui nilai rata-rata daya yang dihasilkan oleh solar tracker dan solar statis setiap 15 menit selama 3 hari, adapun perhitungan yang dipakai berdasarkan persamaan (4.4) untuk mencari nilai rata-rata daya solar tracker pada jam 13:00 WIB dalam 3 hari adalah sebagai berikut:

$$Prata - rata = \frac{Ph1 + Ph2 + Ph3}{3} = \frac{2,88 + 3,50 + 2,61}{3} = 3,00 \text{ Watt}$$

Perbandingan nilai rata-rata daya yang dihasilkan setiap 15 menit oleh solar tracker ditunjukkan pada Tabel 4.17 di bawah ini:

Table 4.17 Rata-rata Nilai Daya Solar Tracker.

Date Time	Daya Hari 1 (Watt)	Daya Hari 2 (Watt)	Daya Hari 3 (Watt)	Rata-rata Daya (Watt)
10:00	2,61	2,83	2,90	2,78
10:15	2,84	3,02	3,58	3,15
10:30	2,65	3,66	3,02	3,11
10:45	2,85	3,68	3,67	3,40
11:00	2,83	3,30	3,27	3,13
11:15	2,85	3,29	2,85	3,00
11:30	2,87	3,31	2,89	3,03
11:45	5,50	3,30	2,67	3,82
12:00	2,87	4,12	2,63	3,20
12:15	2,67	3,49	2,83	3,00
12:30	2,87	3,09	2,62	2,86
12:45	2,67	4,14	2,65	3,15
13:00	2,88	3,50	2,61	3,00
13:15	3,08	5,36	2,63	3,69
13:30	3,07	3,72	2,64	3,14
13:45	2,89	3,09	2,46	2,81
14:00	2,89	3,52	2,65	3,02
14:15	2,89	3,51	2,66	3,02
14:30	2,88	3,95	2,64	3,15
14:45	3,06	3,55	2,61	3,07
15:00	2,86	3,10	2,83	2,93
15:15	3,01	3,31	2,81	3,04
15:30	3,22	3,33	2,64	3,06
15:45	3,49	3,45	2,82	3,25
16:00	3,29	3,31	2,92	3,17
16:15	3,09	3,07	3,04	3,07
16:30	3,07	3,30	2,70	3,02
16:45	3,07	3,32	2,78	3,06
17:00	2,86	3,07	2,57	2,83

Date Time	Daya Hari 1 (Watt)	Daya Hari 2 (Watt)	Daya Hari 3 (Watt)	Rata-rata Daya (Watt)
Total Daya	87,68	100,69	81,59	90,11

Untuk daya rata-rata pada solar statis dapat dilihat pada tabel 4.18.

Table 4.18 Rata-rata Nilai Daya Solar Statis.

Date Time	Daya Hari 1 (Watt)	Daya Hari 2 (Watt)	Daya Hari 3 (Watt)	Rata-rata Daya (Watt)
10:00	5,00	2,40	2,65	3,35
10:15	2,83	2,41	2,96	2,73
10:30	2,64	2,62	2,82	2,69
10:45	2,63	2,43	2,81	2,63
11:00	2,42	2,45	3,47	2,78
11:15	2,23	2,65	3,23	2,70
11:30	2,45	2,46	2,88	2,59
11:45	2,23	2,24	2,84	2,44
12:00	2,44	2,43	2,63	2,50
12:15	2,25	2,44	2,60	2,43
12:30	2,04	2,45	2,60	2,36
12:45	2,05	2,25	2,61	2,30
13:00	2,05	2,24	2,58	2,29
13:15	2,25	2,24	2,20	2,23
13:30	2,04	2,25	2,19	2,16
13:45	2,27	2,45	2,41	2,38
14:00	2,27	2,26	2,22	2,25
14:15	2,27	2,45	2,22	2,31
14:30	2,26	2,46	2,20	2,31
14:45	2,44	2,26	2,38	2,36
15:00	2,24	2,23	2,76	2,41
15:15	2,21	2,21	2,15	2,19
15:30	2,41	2,23	2,16	2,27
15:45	2,45	2,14	2,35	2,32
16:00	2,66	2,20	2,22	2,36
16:15	2,66	2,18	2,17	2,34
16:30	2,43	2,56	2,20	2,40
16:45	2,42	2,55	2,28	2,42

Date Time	Daya Hari 1 (Watt)	Daya Hari 2 (Watt)	Daya Hari 3 (Watt)	Rata-rata Daya (Watt)
17:00	2,41	2,47	2,21	2,36
Total Daya	70,95	68,61	73	70,98

4.4 Analisa

Berdasarkan tegangan rata-rata pada tabel 4.10 dan tabel 4.11 , arus rata-rata pada tabel 4.12 dan tabel 4.13 dan daya rata-rata pada tabel 13 dan tabel 4.14 solar tracker dan solar statis. Maka didapatkan tabel perbandingan tegangan, arus dan daya solar tracker dan solar statis selama 3 hari seperti tabel 4.19.

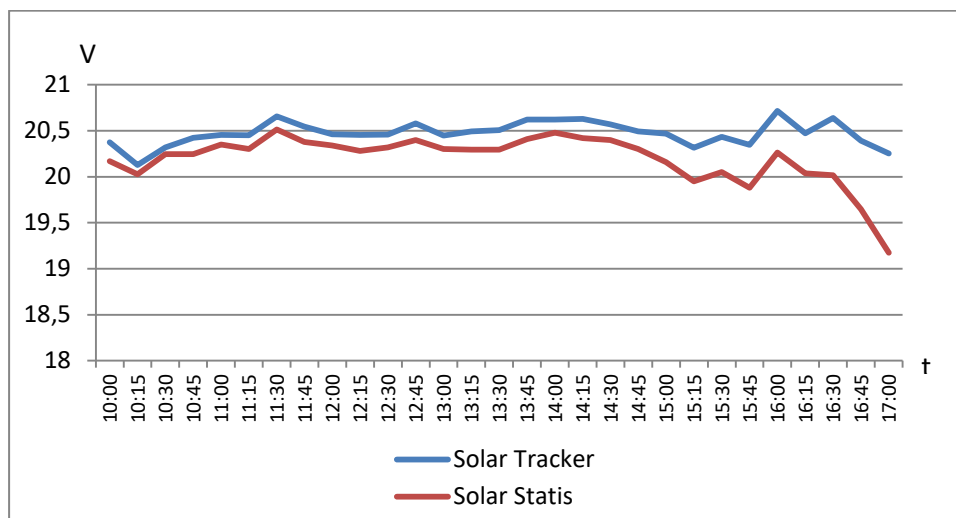
Table 4.19 Perbandingan Tegangan, Arus dan Daya Solar Tracker dan Statis.

NO	JAM	SOLAR TRACKER			SOLAR STATIS		
		V (Volt)	I (Ampere)	P (Watt)	V (Volt)	I (Ampere)	P (Watt)
1	10:00	20,37	0,13	2,64	20,17	0,16	3,22
2	10:15	20,12	0,15	3,01	20,02	0,13	2,60
3	10:30	20,32	0,15	3,04	20,24	0,13	2,63
4	10:45	20,42	0,16	3,26	20,24	0,13	2,63
5	11:00	20,45	0,15	3,06	20,35	0,13	2,64
6	11:15	20,45	0,14	2,86	20,3	0,13	2,63
7	11:30	20,65	0,14	2,89	20,51	0,12	2,46
8	11:45	20,54	0,18	3,69	20,37	0,12	2,44
9	12:00	20,46	0,15	3,06	20,34	0,12	2,44
10	12:15	20,45	0,14	2,86	20,28	0,12	2,43
11	12:30	20,45	0,14	2,86	20,31	0,11	2,23
12	12:45	20,58	0,15	3,08	20,39	0,11	2,24
13	13:00	20,44	0,14	2,86	20,3	0,11	2,23
14	13:15	20,49	0,18	3,68	20,29	0,11	2,23
15	13:30	20,5	0,15	3,07	20,29	0,1	2,02
16	13:45	20,62	0,13	2,68	20,41	0,11	2,24
17	14:00	20,62	0,14	2,88	20,48	0,11	2,25
18	14:15	20,62	0,14	2,88	20,42	0,11	2,24
19	14:30	20,57	0,15	3,08	20,39	0,11	2,24
20	14:45	20,49	0,15	3,07	20,3	0,11	2,23
21	15:00	20,46	0,14	2,86	20,16	0,12	2,41
22	15:15	20,31	0,15	3,04	19,95	0,11	2,19
23	15:30	20,43	0,15	3,06	20,05	0,11	2,20

NO	JAM	SOLAR TRACKER			SOLAR STATIS		
		V (Volt)	I (Ampere)	P (Watt)	V (Volt)	I (Ampere)	P (Watt)
24	15:45	20,34	0,16	3,25	19,88	0,11	2,18
25	16:00	20,71	0,15	3,10	20,26	0,11	2,22
26	16:15	20,47	0,15	3,07	20,03	0,11	2,20
27	16:30	20,63	0,14	2,88	20,01	0,12	2,40
28	16:45	20,39	0,15	3,05	19,64	0,12	2,35
29	17:00	20,25	0,14	2,83	19,17	0,12	2,30
Jumlah I, V, P		593,6	4,29	87,80	585,55	3,41	68,84

4.4.1 Analisa Tegangan Pada Solar Tracker dan Solar Statis

Berdasarkan tabel 4.16 kita dapat mengetahui nilai tegangan rata-rata solar tracker dan solar statis selama 3 hari. Untuk perbandingannya dapat kita lihat pada grafik berikut:



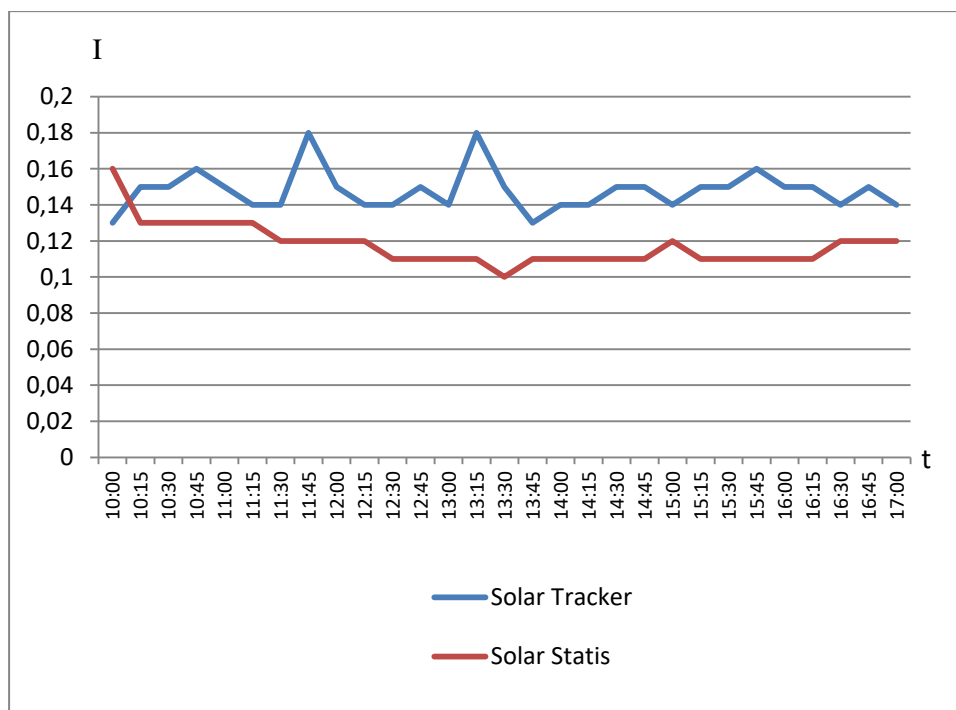
Gambar 4.14 Grafik PerbandinganTegangan Solar Tracker dan Solar Statis

Berdasarkan gambar grafik 4.14 dan tabel 4.16 dapat diamati bahwa tegangan yang dihasilkan solar tracker memiliki nilai lebih besar dibandingkan solar statis. Tegangan solar tracker mengalami peningkata ketika solar tracker mengikuti posisi matahari. Dari data rata-rata tegangan yang dihasilkan selama 3 hari pada pukul 10.00 solar tracker menghasilkan rata-rata tegangan 20,37 Volt dan solar statis menghasilkan rata-rata tegangan 20,17 Volt. Selisih tegangan adalah 0,20 Volt antara solar tracker dan solar statis. Pada pukul 12.00 solar tracker

menghasilkan rata-rata tegangan adalah 20,46 Volt dan solar statis menghasilkan rata-rata tegangan 20,34. Selisih tegangan solar tracker dan solar statis adalah 0,12 Volt. Pada pukul 15.00 rata-rata tegangan solar tracker 20,46 Volt. Sedangkan solar statis rata-rata tegangan adalah 20,16 Volt. Maka selisih tegangan solar treker dan statis yaitu 0,30 Volt. Sedangkan pada pukul 17:00 solar tracker menghasilkan tegangan rata-rata 20,25 Volt dan arus 0,14. Tegangan rata-rata yang di hasilkan solar statis 19,17 Volt. Jadi selisih arus solar tracker dan statis adalah 1,08 Volt. Dari peningkatan arus dan tegangan yang terjadi pada solar tracker dikarena permukaan solar tracker yang selalu mengikuti matahari.

4.4.2 Analisa Arus Pada Solar Tracker dan Solar Statis

Berdasarkan tabel 4.16 kita dapat mengetahui nilai arus rata-rata solar tracker dan solar statis selama 3 hari. Untuk perbandingannya dapat kita lihatpada grafik berikut:



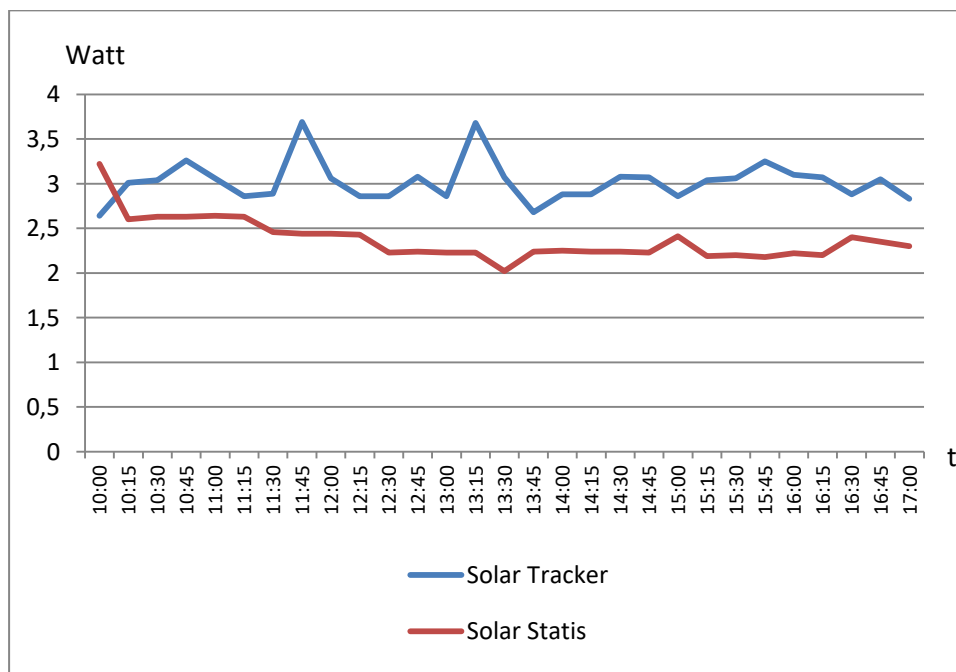
Gambar 4.15 Grafik Perbandingan Arus Solar Tracker dan Solar Statis

Berdasarkan gambar grafik 4.15 dan tabel 4.16 dapat diamati bahwa arus yang dihasilkan solar tracker memiliki nilai lebih besar dibandingkan solar statis. Arus solar tracker mengalami peningkata ketika solar tracker mengikuti posisi matahari. Dari data rata-rata arus yang dihasilkan selama 3 hari pada pukul 10.00

solar tracker menghasilkan arus rata-rata 0,13 Ampere dan solar statis menghasilkan rata-rata arus 0,16 Ampere . Selisih arus 0,03 Ampere antara solar tracker dan solar statis. Pada pukul 12.00 solar tracker menghasilkan arus rata-rata 0,15 Ampere dan solar statis menghasilkan rata-rata arus 0,12 Ampere. Selisih tegangan dan arus solar tracker dan solar statis adalah 0,03 Ampere. Pada pukul 15.00 rata-rata arus solar tracker 0,14 Ampere. Sedangkan solar statis rata-rata arusnya adalah 0,12 Ampere. Maka selisih tegangan solar treker dan statis yaitu 0,02 Ampere. Sedangkan pada pukul 17:00 solar tracker menghasilkan arus rata-rata 0,14 Ampere. Arus rata-rata yang di hasilkan solar statis adalah 0,12 Ampere. Jadi selisih arus solar tracker dan statis adalah 0,01 Ampere.

4.4.3 Analisa Daya Solar Tracker dan Solar Statis

Berdasarkan tabel 4.16 kita dapat mengetahui nilai daya rata-rata solar tracker dan solar statis selama 3 hari. Untuk perbandingannya dapat kita lihatpada grafik berikut:



Gambar 4.16 Grafik Daya Solar Tracker dan Solar Statis

Dari gambar grafik 4.16 dan tabel 4.16 terlihat bahwa rata-rata daya keluaran solar tracker lebih tinggi dibandingkan solar statis . Daya rata-rata solar tracker dan solar statis meningkat saat solar tracker mengikuti posisi

matahari. Data daya rata-rata pada pukul 10:00 menunjukkan solar tracker menghasilkan daya 2,78 Watt dan solar statis menghasilkan daya rata-rata 3,35 Watt. Selisih daya antara solar tracker dan solar statis adalah 0,57 Watt. Pukul 12.00 solar tracker menghasilkan daya rata-rata 3,20 Watt dan rata-rata daya solar statis 2,50 Watt. Selisih daya antara solar tracker dan solar statis adalah 0,70 Watt. Pada pukul 14:45, solar tracker menghasilkan daya rata-rata 3,07 Watt dan solar statis menghasilkan daya rata-rata 2,36 Watt. Selisih arus antara solar tracker dan solar statis adalah 0,71 Watt, sedangkan pada jam 16.45 WIB solar tracker menghasilkan daya rata-rata 3,06 Watt dan solar statis menghasilkan rata-rata 2,42 Watt, sehingga perbedaan daya antara solar tracker statis adalah 0,63 Watt. Berdasarkan gambar grafik 4.15, terlihat bahwa rata-rata daya terbesar yang dihasilkan oleh solar tracker adalah 3,82 Watt pada pukul 11.45 dan rata-rata daya yang dihasilkan solar statis adalah 3,35 Watt, yang terjadi pada pukul 10.00. Sedangkan pada solar tracker menghasilkan jumlah total daya selama 3 hari sebesar 89,96 Watt dan solar statis menghasilkan total daya selama 3 hari sebesar 70,86 Watt. Pada solar statis dan memiliki selisih sebesar 19,10 Watt. Dalam 100% total daya solar tracker dan solar statis di Kampus 3 Universitas Bung Hatta, perbandingan persentase energi solar tracker dan solar statis selama 3 hari adalah 55,93% : 44,06% dengan selisih 11,87%. Dari Nilai daya dihasilkan pada grafik terdapat perbedaan daya yang dihasilkan oleh solar tracker dan solar statis. Perbedaan daya disebabkan karena pada solar tracker dikontrol otomatis, sehingga dapat mencari intensitas cahaya tertinggi agar menghasilkan nilai daya tertinggi. Sedangkan solar statis, ketika mendapatkan intensitas cahaya tertinggi, keadaan solar statis tidak menghadap posisi matahari, melainkan tetap berada pada posisi awal pemasangan.

4.4.4 Analisa Energi Solar Tracker dan Solar Statis H-1

Untuk mencari analisa energi listrik akan menggunakan rumus persamaan 4.5 dengan rumus:

$$E = P \cdot t$$

Berdasarkan tabel 4.120 pada jam 10.45-11.00 daya yang terukur pada solar tracker hari pertama 2,83 Watt selama 15 menit atau 0,25 jam. Maka energi yang dihasilkan jam 11.00 pada solar tracker dan solar statis di Kampus 3 Universitas Bung Hatta sebagai berikut:

$$\begin{aligned} E \text{ tracker} &= 2,83 \times 15 \text{ menit} \\ &= 2,83 \times 0,25 \text{ Jam} \\ &= 0,70 \text{ Wh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E \text{ statis} &= 2,42 \times 15 \text{ menit} \\ &= 2,42 \times 0,25 \text{ Jam} \\ &= 0,60 \text{ Wh} \end{aligned}$$

Dalam penggunaan panel surya terdapat jam puncak matahari yaitu pada 4 jam di tengah hari. Berarti berkisaran dari jam 11.00 sampai dengan jam 14.00. Waktu ini menjadi tolak ukur dalam penilaian produksi panel surya. Adapun berdasarkan tabel 4.20 energi yang di hasilkan yang di jam 10.45-11.00 untuk solar tracker adalah 0,70 Wh dan untuk solar statis 0.60 Wh. Selisih energi antara solar tracker dan solar statis adalah sebesar 0,10 Wh. Sedangkan kan total energi yang di dihasilkan solar tracker 21,95 dan total energi solar statis adalah 17,76 Wh. Maka selisih total energi yang dihasilkan solar tracker dan solar statis adalah 4,19 Wh.

Untuk energi solar tracker dan solar statis berikutnya dapat dilihat di tabel 4.20.

Tabel 4.20 Energi Solar Tracker dan Solar Statis Hari 1.

Energi Solar Tracker dan Solar Statis Hari 1							
No	Jam	Daya Hari 1 (Watt)	Waktu (Second)	Energi Solar Tracker (Wh)	Daya Hari 1 (Watt)	Waktu (Second)	Energi Solar Statis (Wh)
1	09:45-10:00	2,61	0,25	0,65	5,00	0,25	1,25
2	10:00-10:15	2,84	0,25	0,71	2,83	0,25	0,70
3	10:15-10:30	2,65	0,25	0,66	2,64	0,25	0,66
4	10:30-10:45	2,85	0,25	0,71	2,63	0,25	0,65
5	10:45-11:00	2,83	0,25	0,70	2,42	0,25	0,60
6	11:00-11:15	2,85	0,25	0,71	2,23	0,25	0,55

Energi Solar Tracker dan Solar Statis Hari 1							
No	Jam	Daya Hari 1 (Watt)	Waktu (Second)	Energi Solar Tracker (Wh)	Daya Hari 1 (Watt)	Waktu (Second)	Energi Solar Statis (Wh)
7	11:15-11:30	2,87	0,25	0,71	2,45	0,25	0,61
8	11:30-11:45	5,50	0,25	1,37	2,23	0,25	0,55
9	11:30-12:00	2,87	0,25	0,71	2,44	0,25	0,61
10	12:00-12:15	2,67	0,25	0,66	2,25	0,25	0,56
11	12:15-12:30	2,87	0,25	0,71	2,04	0,25	0,51
12	12:30-12:45	2,67	0,25	0,66	2,05	0,25	0,51
13	12:45-13:00	2,88	0,25	0,72	2,05	0,25	0,51
14	13:00-13:15	3,08	0,25	0,77	2,25	0,25	0,56
15	13:15-13:30	3,07	0,25	0,76	2,04	0,25	0,5
16	13:30-13:45	2,89	0,25	0,72	2,27	0,25	0,56
17	13:45-14:00	2,89	0,25	0,72	2,27	0,25	0,56
18	14:00-14:15	2,89	0,25	0,72	2,27	0,25	0,56
19	14:15-14:30	2,88	0,25	0,72	2,26	0,25	0,56
20	14:30-14:45	3,06	0,25	0,76	2,44	0,25	0,61
21	14:45-15:00	2,86	0,25	0,71	2,24	0,25	0,56
22	15:00-15:15	3,01	0,25	0,75	2,21	0,25	0,55
23	15:15-15:30	3,22	0,25	0,80	2,41	0,25	0,60
24	15:30-15:45	3,49	0,25	0,87	2,45	0,25	0,61
25	15:45-16:00	3,29	0,25	0,82	2,66	0,25	0,66
26	16:00-16:15	3,09	0,25	0,77	2,66	0,25	0,66
27	16:15-16:30	3,07	0,25	0,76	2,43	0,25	0,60
28	16:30-16:45	3,07	0,25	0,76	2,42	0,25	0,60
29	16:45-17:00	2,86	0,25	0,71	2,41	0,25	0,60
Total Energi				21,95	Total Energi		17,76

4.4.5 Analisa Energi Solar Tracker dan Solar Statis H-2

Dalam menentukan energi listrik kita akan mengambil data berdasarkan daya dari tabel 4.21. Pada jam 09.45-10.00 hari kedua daya solar tracker 2,83 Watt dan solar statis 2,40 Watt. Selisih waktu dalam perhitungan ini adalah 15 menit atau 0,25 jam. Jadi dapat kita ketahui energi yang dihasilkan solar tracker pada jam 09.45-10.00 adalah 0,70 Wh dan solar statis 0,60 Wh. Selisih energi sebesar 0,10 Wh. Untuk mengetahui energi yang dihasilkan Solar tracker dan solar statis pada hari kedua, dapat kita lihat pada tabel 4.21.

Tabel 4.21 Energi Solar Tracker dan Solar Statis Hari 2.

Energi Solar Tracker dan Solar Statis Hari 2							
No	Jam	Daya Hari 2 (Watt)	Waktu (Second)	Energi Solar Tracker (Wh)	Daya Hari 2 (Watt)	Waktu (Second)	Energi Solar Statis (WH)
1	09:45-10:00	2,83	0,25	0,70	2,40	0,25	0,60
2	10:00-10:15	3,02	0,25	0,75	2,41	0,25	0,60
3	10:15-10:30	3,66	0,25	0,91	2,62	0,25	0,65
4	10:30-10:45	3,68	0,25	0,92	2,43	0,25	0,60
5	10:45-11:00	3,30	0,25	0,82	2,45	0,25	0,61
6	11:00-11:15	3,29	0,25	0,82	2,65	0,25	0,66
7	11:15-11:30	3,31	0,25	0,82	2,46	0,25	0,61
8	11:30-11:45	3,30	0,25	0,82	2,24	0,25	0,56
9	11:45-12:00	4,12	0,25	1,03	2,43	0,25	0,60
10	12:00-12:15	3,49	0,25	0,87	2,44	0,25	0,61
11	12:15-12:30	3,09	0,25	0,77	2,45	0,25	0,61
12	12:30-12:45	4,14	0,25	1,03	2,25	0,25	0,56
13	12:45-13:00	3,50	0,25	0,87	2,24	0,25	0,56
14	13:00-13:15	5,36	0,25	1,34	2,24	0,25	0,56
15	13:15-13:30	3,72	0,25	0,93	2,25	0,25	0,56
16	13:30-13:45	3,09	0,25	0,77	2,45	0,25	0,61
17	13:45-14:00	3,52	0,25	0,88	2,26	0,25	0,56
18	14:00-14:15	3,51	0,25	0,87	2,45	0,25	0,61
19	14:15-14:30	3,95	0,25	0,98	2,46	0,25	0,61
20	14:30-14:45	3,55	0,25	0,88	2,26	0,25	0,56
21	14:45-15:00	3,10	0,25	0,77	2,23	0,25	0,55
22	15:00-15:15	3,31	0,25	0,82	2,21	0,25	0,55
23	15:15-15:30	3,33	0,25	0,83	2,23	0,25	0,55
24	15:30-15:45	3,45	0,25	0,86	2,14	0,25	0,53
25	15:45-16:00	3,31	0,25	0,82	2,20	0,25	0,55
26	16:00-16:15	3,07	0,25	0,76	2,18	0,25	0,54
27	16:15-16:30	3,30	0,25	0,82	2,56	0,25	0,64
28	16:30-16:45	3,32	0,25	0,83	2,55	0,25	0,63
29	16:45-17:00	3,07	0,25	0,76	2,47	0,25	0,61
Total Energi				25,20	Total Energi		17,18

4.4.6 Analisa Energi Solar Tracker dan Solar Statis H-3

Dalam menentukan energi listrik kita akan mengambil data berdasarkan daya dari tabel 4.22. Pada jam 09.45-10.00 hari ke tiga daya solar tracker 2,90

Watt dan solar statis 2,65 Watt. Selisih waktu dalam perhitungan ini adalah 15 menit atau 0,25 jam. Jadi dapat kita ketahui energi yang dihasilkan solar tracker pada jam 09.45-10.00 adalah 0,72 Wh dan solar statis 0,66 Wh. Selisih energi sebesar 0,06 Wh. Untuk mengetahui energi yang dihasilkan Solar tracker dan solar statis pada hari kedua, dapat kita lihat pada tabel 4.22.

Tabel 4.22 Energi Solar Tracker dan Solar Statis Hari 3.

Energi Solar Tracker dan Solar Statis Hari 3							
No	Jam	Daya Hari 3 (Watt)	Waktu (Second)	Energi Solar Tracker (Wh)	Daya Hari 3 (Watt)	Waktu (Second)	Energi Solar Statis (Wh)
1	09:45-10:00	2,90	0,25	0,72	2,65	0,25	0,66
2	10:00-10:15	3,58	0,25	0,89	2,96	0,25	0,74
3	10:15-10:30	3,02	0,25	0,75	2,82	0,25	0,70
4	10:30-10:45	3,67	0,25	0,91	2,81	0,25	0,70
5	10:45-11:00	3,27	0,25	0,81	3,47	0,25	0,86
6	11:00-11:15	2,85	0,25	0,71	3,23	0,25	0,80
7	11:15-11:30	2,89	0,25	0,72	2,88	0,25	0,72
8	11:30-11:45	2,67	0,25	0,66	2,84	0,25	0,71
9	11:45-12:00	2,63	0,25	0,65	2,63	0,25	0,65
10	12:00-12:15	2,83	0,25	0,70	2,60	0,25	0,65
11	12:15-12:30	2,62	0,25	0,65	2,60	0,25	0,65
12	12:30-12:45	2,65	0,25	0,66	2,61	0,25	0,65
13	12:45-13:00	2,61	0,25	0,65	2,58	0,25	0,64
14	13:00-13:15	2,63	0,25	0,65	2,20	0,25	0,55
15	13:15-13:30	2,64	0,25	0,66	2,19	0,25	0,54
16	13:30-13:45	2,46	0,25	0,61	2,41	0,25	0,60
17	13:45-14:00	2,65	0,25	0,66	2,22	0,25	0,55
18	14:00-14:15	2,66	0,25	0,66	2,22	0,25	0,55
19	14:15-14:30	2,64	0,25	0,66	2,20	0,25	0,55
20	14:30-14:45	2,61	0,25	0,65	2,38	0,25	0,59
21	14:45-15:00	2,83	0,25	0,70	2,76	0,25	0,69
22	15:00-15:15	2,81	0,25	0,70	2,15	0,25	0,53
23	15:15-15:30	2,64	0,25	0,66	2,16	0,25	0,54
24	15:30-15:45	2,82	0,25	0,70	2,35	0,25	0,58
25	15:45-16:00	2,92	0,25	0,73	2,22	0,25	0,55
26	16:00-16:15	3,04	0,25	0,76	2,17	0,25	0,54
27	16:15-16:30	2,70	0,25	0,67	2,20	0,25	0,55

Energi Solar Tracker dan Solar Statis Hari 3							
No	Jam	Daya Hari 3 (Watt)	Waktu (Second)	Energi Solar Tracker (Wh)	Daya Hari 3 (Watt)	Waktu (Second)	Energi Solar Statis (Wh)
28	16:30-16:45	2,78	0,25	0,69	2,28	0,25	0,57
29	16:45-17:00	2,57	0,25	0,64	2,21	0,25	0,55
Total Energi				20,42	Total Energi		18,28

4.4.7 Total Energi Serapan Solar Tracker dan Solar Statis di Kampus 3 Universitas Bung Hatta Selama 3 Hari

Setelah mendapatkan hasil dari serapan energi matahari pada solar tracker dan solar statis di Kampus 3 Universitas Bung Hatta pada hari 1, 2 dan 3 pada tabel 4.23, kita dapat membandingkan serapan yang dihasilkan oleh panel surya pada hari 1, 2 dan 3 tersebut. Berdasarkan tabel 4.23 untuk hari pertama solar tracker mampu menghasilkan energi sebesar 21,95 Wh dan solar statis sebesar 17,76 Wh dengan selisih sebesar 4,19 Wh. Berdasarkan tabel 4.19 untuk hari kedua solar tracker mampu menghasilkan energi sebesar 25,20 Wh dan solar statis sebesar 17,18 Wh dengan selisih sebesar 8,02 Wh. Berdasarkan tabel pada hari ketiga solar tracker mampu menghasilkan energi sebesar 20,42 Wh dan solar statis sebesar 18,28 Wh dengan selisih sebesar 2,14 Wh.

Tabel 4.23 Energi Solar Tracker dan Solar Statis Hari 1,2 dan 3.

ENERGI TOTAL SOLAR TRACKER DAN SOLAR STATIS							
N O	JAM	ENERGI TRACKER H-1 (Wh)	ENERGI STATIS H-1 (Wh)	ENERGI TRACKER H-2 (Wh)	ENERGI STATIS H-2 (Wh)	ENERGI TRACKER H-3 (Wh)	ENERGI STATIS H-3 (Wh)
1	09:45-10:00	0,65	1,25	0,7	0,6	0,72	0,66
2	10:00-10:15	0,71	0,7	0,75	0,6	0,89	0,74
3	10:15-10:30	0,66	0,66	0,91	0,65	0,75	0,7
4	10:30-10:45	0,71	0,65	0,92	0,6	0,91	0,7
5	10:45-11:00	0,7	0,6	0,82	0,61	0,81	0,86
6	11:00-11:15	0,71	0,55	0,82	0,66	0,71	0,8
7	11:15-11:30	0,71	0,61	0,82	0,61	0,72	0,72
8	11:30-11:45	1,37	0,55	0,82	0,56	0,66	0,71

ENERGI TOTAL SOLAR TRACKER DAN SOLAR STATIS							
N O	JAM	ENERGI TRACKER R H-1 (Wh)	ENERGI STATIS H-1 (Wh)	ENERGI TRACKER R H-2 (Wh)	ENERGI STATIS H-2 (Wh)	ENERGI TRACKER R H-3 (Wh)	ENERGI STATIS H-3 (Wh)
9	11:45-12:00	0,71	0,61	1,03	0,6	0,65	0,65
10	12:00-12:15	0,66	0,56	0,87	0,61	0,7	0,65
11	12:15-12:30	0,71	0,51	0,77	0,61	0,65	0,65
12	12:30-12:45	0,66	0,51	1,03	0,56	0,66	0,65
13	12:45-13:00	0,72	0,51	0,87	0,56	0,65	0,64
14	13:00-13:15	0,77	0,56	1,34	0,56	0,65	0,55
15	13:15-13:30	0,76	0,5	0,93	0,56	0,66	0,54
16	13:30-13:45	0,72	0,56	0,77	0,61	0,61	0,6
17	13:45-14:00	0,72	0,56	0,88	0,56	0,66	0,55
18	14:00-14:15	0,72	0,56	0,87	0,61	0,66	0,55
19	14:15-14:30	0,72	0,56	0,98	0,61	0,66	0,55
20	14:30-14:45	0,76	0,61	0,88	0,56	0,65	0,59
21	14:45-15:00	0,71	0,56	0,77	0,55	0,7	0,69
22	15:00-15:15	0,75	0,55	0,82	0,55	0,7	0,53
23	15:15-15:30	0,8	0,6	0,83	0,55	0,66	0,54
24	15:30-15:45	0,87	0,61	0,86	0,53	0,7	0,58
25	15:45-16:00	0,82	0,66	0,82	0,55	0,73	0,55
26	16:00-16:15	0,77	0,66	0,76	0,54	0,76	0,54
27	16:15-16:30	0,76	0,6	0,82	0,64	0,67	0,55
28	16:30-16:45	0,76	0,6	0,83	0,63	0,69	0,57
29	16:45-17:00	0,71	0,6	0,76	0,61	0,64	0,55
TOTAL ENERGI		21,95	17,76	25,20	17,18	20,42	18,28

Setelah membandingkan energi solar tracker dan solar statis pada hari 1, 2 dan 3 pada tabel 4.23 maka kita dapat membandingkan hasil dari serapan energi matahari pada solar tracker dan solar statis di Kampus 3 Universitas Bung Hatta selama 3 hari, kita dapat membandingkan serapan yang dihasilkan oleh panel surya selama 3 hari tersebut.

Tabel 4.24 Energi Solar Tracker dan Solar Statis Selama 3 Hari.

HARI	SOLAR TRACKER (Wh)	SOLAR STATIS (Wh)
1	21,95	17,76
2	25,20	17,18
3	20,42	18,28
TOTAL ENERGI	67,57	53,22

Berdasarkan tabel 4.24 untuk total atau jumlah energi selama 3 hari pada solar tracker menghasilkan energi sebesar 67,57 Wh sedangkan untuk total atau jumlah energi selama 3 hari pada solar statis menghasilkan energi sebesar 53,22 Wh maka dengan ini selisih total atau jumlah energi selama 3 hari sebesar 14,35 Wh. Dalam 100% total energi solar tracker dan solar statis di Kampus 3 Universitas Bung Hatta. Perbandingan persentase energi solar tracker dan solar statis selama 3 hari adalah 55,94% : 44,05% dengan selisih 11,89%. Dari total energi dan persentase yang dihasilkan selama 3 hari dapat kita lihat perbandingannya bahwa energi yang dihasilkan oleh solar tracker lebih baik dibandingkan solar statis, di karenakan solar tracker bergerak secara otomatis.