



# Planning and Manufacturing of Four Axis Solar Panels With Reflector Angle Adjustments

(Perencanaan dan Pembuatan Panel Surya Four Axist Dengan Pengaturan Sudut Reflektor)

Adi Kurniawan Saputro<sup>1)</sup>, Koko Joni<sup>2)</sup>, Riza Alfita<sup>3)</sup>, Rosida Vivin Nahari<sup>4)</sup>, Siti A'isyah<sup>5)</sup>, Achmad Ubaidillah<sup>6)</sup>, Miftachul Ulum<sup>7)</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6,7)</sup> Department Electrical Engineering, Trunojoyo University Madura, Indonesia

<sup>1)</sup> [adikurniawansaputro@gmail.com](mailto:adikurniawansaputro@gmail.com) <sup>2)</sup> [Kokojoni@trunojoyo.ac.id](mailto:Kokojoni@trunojoyo.ac.id) <sup>3)</sup> [riza.alfita@trunojoyo.ac.id](mailto:riza.alfita@trunojoyo.ac.id),  
<sup>4)</sup> [rosida.nahari@trunojoyo.ac.id](mailto:rosida.nahari@trunojoyo.ac.id) <sup>5)</sup> [sitiaisyahusnulfatimah@gmail.com](mailto:sitiaisyahusnulfatimah@gmail.com), <sup>6)</sup> [ubaidillah.ms@trunojoyo.ac.id](mailto:ubaidillah.ms@trunojoyo.ac.id),  
<sup>7)</sup> [miftachul.ulum@trunojoyo.ac.id](mailto:miftachul.ulum@trunojoyo.ac.id)

**Abstract-** Solar thermal energy is one type of renewable energy, so this type of energy can be converted into other energy. This study uses a four-axis solar tracker with angle settings on the reflector to get optimal sunlight, scanning to determine the optimal lighting angle, measurement results are stored in real-time in the data logger. This study uses an LDR (Light Dependent Resistor) as a sunlight detector, equipped with several sensors, namely: current, voltage and power sensor (INA219), light sensor (MAX4409), and temperature sensor (DS18B20), and reflector angle as a parameter of solar efficiency panels. The results showed that a four-axis solar tracker equipped with a reflector was able to increase the output power. The maximum power production produced by solar panels is: At a reflector angle of 300, the maximum power generated by a static panel is 143.43 W while a solar tracker is 175.15 W. At a reflector angle of 450 the maximum power generated by a static panel is 170.01 W and solar tracker 236.36 W. At an angled reflector of 600 the full power generated by a static panel is 87.77 W, and a solar tracker is 123.36 W. This study concludes that a solar tracker panel with an angle setting of 300 is more capable of maximizing power output than a static solar panel.

**Keyword :** Solar Tracker; Four Axist; Reflektor

**Abstrak-** Energi panas matahari adalah salah satu jenis energi terbarukan, sehingga jenis energi ini dapat dikonversikan menjadi energi lainnya. Penelitian ini menggunakan solar tracker four axist dengan pengaturan sudut pada reflektor untuk mendapatkan cahaya matahari yang optimal, scanning untuk menentukan sudut pencahayaan optimal, hasil pengukuran disimpan secara realtime di data logger. Penelitian ini menggunakan LDR (Light Dependent Resistor) sebagai pendeteksi cahaya matahari, dilengkapi beberapa sensor yaitu: sensor arus, tegangan dan daya (INA219), sensor cahaya (MAX4409), dan sensor suhu (DS18B20), dan sudut reflektor sebagai parameter penilaian efisiensi panel surya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa solar tracker four axist yang dilengkapi dengan reflector mampu meningkatkan daya output. Produksi daya maksimal yang mampu dihasilkan oleh panel surya adalah: Pada sudut reflector 30<sup>0</sup> daya maksimal yang dihasilkan oleh panel statis 143.43 W sedangkan solar tracker 175.15 W. Pada sudut reflector 45<sup>0</sup> daya maksimal yang dihasilkan oleh panel statis 170.01 W dan solar tracker 236.36 W. Pada sudut reflector 60<sup>0</sup> daya maksimal yang dihasilkan oleh panel statis 87.77 W dan solar tracker 123.36 W. Penelitian ini menyimpulkan bahwa panel solar tracker dengan pengaturan sudut 30<sup>0</sup> lebih mampu memaksimalkan daya output daripada panel surya statis.

**Kata Kunci :** Solar Tracker; Four Axist; Reflektor

**I. LATAR BELAKANG**

Energi panas matahari merupakan salah satu jenis energi terbarukan, yang kuantitasnya tak hingga serta tidak merugikan lingkungan[1]. Jenis energi ini dapat dikonversikan menjadi jenis energi yang lainnya. Pada saat ini, perkembangan teknologi yang begitu pesat mendukung adanya terobosan-terobosan baru atas pemanfaatan sumber energi yang ada di muka bumi[2],[3],[4],[5]. Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki iklim tropis, dimana daerahnya dilalui oleh garis khatulistiwa sehingga memiliki potensi menerima energi panas matahari yang cukup besar, dengan demikian matahari selalu menyinari setiap hari di sepanjang tahunnya. Indonesia memiliki potensi yang tinggi terhadap pengembangan sumber energi panas matahari ini[6]. Pemanfaatan energi panas matahari ini biasa dimanfaatkan untuk kemudian dikonversi menjadi energi lainnya, salah satunya adalah energi listrik, yang lebih akrab dikenal dengan panel surya. Pengaplikasian panel surya dalam mengubah atau menghasilkan energi listrik masih belum dimanfaatkan dalam skala yang besar[7]. Indonesia saat ini menghadapi permasalahan dalam implementasi kebijakan energi nasional salah satunya yaitu sektor energy yang memerlukan biaya yang cukup besar, sehingga diperlukan dukungan finansial terutama dari sektor perbankan dalam mendukung kebijakan di sektor energi[8],[9]. Implementasinya, panel surya banyak dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari sebagai penerangan jalan (PJU), *solar home system*, dan lain sebagainya[10], [11][12]. Penelitian ini membahas perancangan *solarcell* untuk mengoptimalkan kinerjanya dengan menambahkan sistem tracking untuk menentukan cahaya maksimum yang dapat ditangkap oleh panel surya, *scanning reflector* untuk mengoptimalkan panel surya yang mana mampu memantulkan cahaya yang dilepaskan oleh panel surya dan yang ada di sekitar dan posisi *reflector* ditentukan sudut optimal cahaya[13], [14]

**II. TINJAUAN PUSTAKA**

**2.1 Parameter Kurva Arus (I) dan Tegangan (V)**

Kurva karakteristik arus dan tegangan yang ada di sel surya dipengaruhi oleh besarnya intensitas cahaya matahari yang mengenai permukaan modul panel surya, maka semakin besar daya maka efisiensi yang dihasilkan semakin baik.

[figure 1 about here.]

Dari gambar 1. dapat dijelaskan bahwa parameter untuk menentukan nilai *output* pada panel surya terdiri dari :

- Arus hubung singkat/*short circuit* ( $I_{sc}$ ) merupakan keluaran maksimum yang diperoleh dari panel surya ketika tegangan ( $V$ ) = 0
- Tegangan hubung terbuka/*open circuit voltage* ( $V_{oc}$ ) merupakan kapasitas dari tegangan maksimum yang mampu dicapai ketika arusnya nol.
- Daya maksimum  $P_{max}$  berada pada titik A ( $V_{max}$ ,  $I_{max}$ ). Faktor pengisian atau biasa disebut dengan *Fill Factor* (FF) adalah nilai yang mendekati konstanta panel surya[15]

**2.2. Perhitungan Daya**

Perhitungan daya digunakan untuk mendapatkan nilai yang presisi, hal ini didasarkan pada hukum ohm, berikut persamaannya

$$P = V \times I \tag{2.1}$$

$$R = \frac{V}{I} \tag{2.2}$$

$$I = \frac{V}{R} \tag{2.3}$$

$$V = I \times R \tag{2.4}$$

**2.3. Sistem Tracking**

Sistem *tracking* sinar matahari merupakan salah satu jenis pengembangan teknologi yang memanfaatkan energi matahari. Sistem *tracking* dirancang untuk memaksimalkan daya yang terserap di panel surya [16]. Gerak semu tahunan matahari adalah gerakan matahari dari garis khatulistiwa bolak-balik di antara 23,5<sup>0</sup> LU dan LS di setiap tahun. Matahari selalu berbalik arah setelah sampai pada lintang 23,5<sup>0</sup> LU yang disebut garis balik. Garis 23,5<sup>0</sup> LU biasa disebut dengan Garis Balik Utara (GBU) dan garis 23,5<sup>0</sup> LS biasa disebut dengan Garis Balik Selatan (GBS) [17][18]. Garis lintang merupakan garis yang sejajar dengan garis khatulistiwa. Dengan demikian, panel surya diharapkan mampu menjejak cahaya matahari. Panel surya tidak hanya bergerak pada sumbu x (barat-timur) namun juga bergerak pada sumbu y (utara-selatan)[19].

[figure 2 about here.]

**2.4 Panel Surya**

Panel Surya (*solar cell*) adalah salah satu alat ataupun perangkat yang mana dapat mengubah energi cahaya menjadi energi listrik karena adanya prinsip efek *photovoltaic*. Untuk memanfaatkan potensi energi surya ada dua macam teknologi yang sudah diterapkan, yaitu energi surya fotovoltaik dan energi surya termal[4][20],[21],[22]. Indonesia merupakan negara yang memiliki iklim tropis yang mana matahari bersinar setiap hari di setiap tahunnya, hal ini akan menjadi sangat bermanfaat jika dapat dimanfaatkan dengan baik. Salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan mengubahnya menjadi bentuk energi lainnya sehingga dapat lebih berguna. Panel surya (*solar cell*) merupakan gabungan semi konduktor yang dapat menyerap cahaya (photon) yang terkandung dalam sinar matahari kemudian mengkonversinya menjadi energi listrik [23]

[figure 3 about here.]

**2.5 Sensor dan Aktuator**

Sensor merupakan sub-sistem yang berfungsi untuk merasakan (*sense*) besaran keluaran dari *plant* yang akan dikontrol. Sensor memiliki peran penting dari sistem control untai tertutup karena berperan sebagai umpan balik *negative*. Kesetabilan sistem selain ditentukan oleh kontroler atau kompensor juga sangat ditentukan oleh sensor. Sensor harus ditera agar memiliki tegangan keluaran sesuai dengan rentang tegangan dan sudah dikalibrasi sesuai dengan operasi kerja sensor, sehingga memiliki kesalahan pengukuran sangat kecil [24]. Dalam penelitian ini menggunakan sensor yang

digunakan sebagai parameter perbandingan, antara lain: Sensor INA219, DS18B20, MAX44009, sudut dan sensor LDR (*Light Dependent Resistor*).

### 2.6 Motor DC

Motor DC merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Kontruksi yang ada pada motor DC hampir sama dengan dengan kontruksi generator DC, Motor DC sesuai dengan namanya maka untuk sumber tegangan diperlukan arus searah pada kumparan medan agar kemudian diubah menjadi energi mekanik. Kumparan medan merupakan bagian yang tidak berputar atau biasa disebut strator dan kumparan jangkar yang menjadi bagian berputar atau biasa disebut dengan rotor [25],[26],[27]. Motor DC sebagai aktuatur dari *solar tracker*. [28]

[figure 4 about here.]

### 2.7 Arduino Mega

Arduino mega merupakan salah satu perangkat elektronika atau biasa dikenal dengan mikrokontroler yang menggunakan *chip IC (Intregrated Circuit) ATmega2560*. [10]

[figure 5 about here.]

Arduino Mega memiliki pin I/O sejumlah 54 buah yang terdiri dari 15 pin PWM, 4 pin *UART (serial port hardware)* dan 16 *pin analog input*. Arduino Mega 2560 dilengkapi dengan sebuah oscillator 16 Mhz, sebuah port USB, tombol reset, *power jack DC*, dan *ICSP header*[29].

## III. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Blok Sistem

[figure 6 about here.]

Pada diagram blok *system* memperlihatkan bahwa proses *tracking* bergerak *four axist* menggunakan sensor LDR. Cermin *reflector* berfungsi sebagai pemantul cahaya dan sekaligus penyerap panas yang dipantulkan ke panel surya. Mikrokontroler Arduino mendapatkan *supply* daya dari baterai. Sensor MAX44009 mempunyai fungsi untuk mendeteksi intensitas cahaya matahari dalam satuan lumens. Motor DC berfungsi sebagai aktuatur dari *solar tracker*. Sensor INA219 sebagai pendeteksi tegangan dan arus sebagai monitoring daya keluaran dari panel surya. Data logger shield digunakan untuk menentukan waktu pengukuran dan menyimpan data pengukuran kedalam sebuah SdCard. Sensor DS18B20 berfungsi sebagai monitoring suhu pada panel surya. *Relay* berfungsi sebagai saklar pemutus untuk *delay* ketika panel surya berubah dari mode sensor ke mode charging. Sensor INA219, LCD dan *Data Logger Shield* menggunakan komunikasi I2C (*Inter Integrated Circuit*) sebagai koneksinya.

### 3.2 Desain Alat

Berikut adalah gambar kerangka *solar tracking four axist* dengan pengaturan sudut *reflektor*

[figure 7 about here.]

Pada gambar 7 memperlihatkan dimensi penyangga *solar tracking* yaitu 59,50 cm x 70 cm, dengan kombinasi reflektor berukuran 25,50 cm x 22,50 cm. Motor DC dipasang di bagian bawah dan atas sisi panel sebagai penggerak panel surya, dibagian tepi cermin dipasang besi sebagai penyangga *frame* cermin dan bisa dimanfaatkan untuk penentuan besar sudut *reflektor* secara otomatis.

[figure 8 about here.]

Pada gambar 8. dipasang panel box dengan dimensi 35 cm x 25 cm x 13 cm sebagai pelindung *hardware* komponen.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini menjelaskan tentang kalibrasi sensor, pengujian alat dan analisa pengujian panel surya statis dan *tracking* dengan 3 variasi sudut yaitu sudut 30<sup>0</sup>, 45<sup>0</sup>, dan 60<sup>0</sup>.

### 4.1 Pengujian Sistem

Pengujian sistem ini merupakan integrasi seluruh sensor yang digunakan untuk memproses seluruh data yang ada. Data yang diambil dalam pengujian ini adalah sudut reflektor, daya, suhu dan intensitas cahaya. Data-data tersebut tersimpan dalam *SD Card* di data *logger shield*. Data yang disimpan dalam *SdCard*, yaitu data kalender, waktu, tegangan, arus, daya *solar tracker*, dan intensitas cahaya. Pengambilan data dilakukan di lokasi terbuka untuk memaksimalkan kinerja *solar tracker*

### 4.2 Analisis Panel Surya dengan Pengaturan Sudut Reflektor 30<sup>0</sup>

Pada pengujian ini sudut *reflector* disetting 30<sup>0</sup>, berikut data yang diperoleh

[figure 9 about here.]

[figure 10 about here.]

Gambar 10. Menunjukkan data suhu panel surya dengan sudut reflektor 30<sup>0</sup>. Berdasarkan grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa suhu terbesar dihasilkan pada pukul 12.00 WIB sebesar 45.85<sup>0</sup>C dan suhu terkecil pada pukul 16.00 WIB dengan nilai 30.9<sup>0</sup>C.

[figure 11 about here.]

Pada gambar 11. Nilai intensitas cahaya maksimal didapatkan pada pukul 12.00 WIB sebesar 101750.79 lumen dan intensitas cahaya terkecil didapatkan pada pukul 16.00 WIB dengan nilai sebesar 7440.38 lumen.

[figure 12 about here.]

Dari gambar 12, dapat diketahui bahwa nilai sudut yang sering digunakan adalah sudut  $22.35^{\circ}$ . Sudut gerakan motor di sebelah kanan LDR didefinisikan positif (+) sedangkan di sebelah kiri LDR minus (-). Hal ini dilakukan untuk mempermudah proses analisa posisi panel surya yang terpapar oleh sinar matahari.

[figure 13 about here.]

Dari gambar 13. Menyajikan grafik perbandingan antara daya yang dihasilkan oleh *solar tracking & statis*, berdasarkan gambar tersebut dapat diketahui bahwa daya maksimum *solar tracker* sebesar 23.07 W pada pukul 12.00 WIB, dan panel surya statis sebesar 18.91 W. Sedangkan, untuk daya minimal yang dihasilkan *solar tracker* dan panel surya statis yaitu pukul 16.00 dengan nilai sebesar 0.11 W dan 0.09 W.

#### 4.3 Analisis Panel Surya Sudut Reflektor $45^{\circ}$

Pada pengujian ini dilakukan pengaturan reflektor dengan sudut  $45^{\circ}$ , berikut data yang diperoleh:

[figure 14 about here.]

[figure 15 about here.]

Dari gambar 15. menyajikan data suhu panel surya dengan pengaturan sudut reflektor  $45^{\circ}$ . Pada grafik tersebut Suhu tertinggi didapatkan pada pukul 08.30 WIB sebesar  $51.94^{\circ}\text{C}$  dan suhu terendah pada pukul 07.00 WIB dengan nilai  $29.97^{\circ}\text{C}$ .

[figure 16 about here.]

Dari gambar 16. dapat dilihat bahwa nilai intensitas cahaya maksimal didapatkan pada pukul 12.00 WIB sebesar 99049.35 lumen dan intensitas cahaya terkecil didapatkan pada pukul 16.00 WIB dengan nilai lux sebesar 7338.05 lumen.

[figure 17 about here.]

Dari gambar 17, dapat diketahui bahwa nilai sudut yang sering muncul adalah sudut  $21.9^{\circ}$ .

[figure 18 about here.]

Dari gambar 18. Menyajikan grafik perbandingan antara nilai daya yang dihasilkan oleh panel *solar tracker & statis*, berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa daya maksimum yang diperoleh *solar tracker* terjadi pada pukul 10.30 WIB sebesar 23.92 W, dan panel surya statis sebesar 21.37 W. Sedangkan, untuk daya minimal yang dihasilkan *solar tracker* dan panel surya statis pada pukul 16.00 dengan nilai sebesar 0.13 W dan 0.1 W.

#### 4.4 Analisis Panel Surya Sudut Reflektor $60^{\circ}$

Pada pengujian ini dengan pengaturan sudut reflektor sebesar  $60^{\circ}$ , berikut data yang diperoleh:

[figure 19 about here.]

[figure 20 about here.]

Dari gambar 20. Suhu terbesar yang didapatkan yaitu pada pukul 11.00 WIB sebesar  $48.81^{\circ}\text{C}$  dan suhu terkecil pada pukul 16.00 WIB dengan nilai  $28.69^{\circ}\text{C}$ .

[figure 21 about here.]

Berdasarkan gambar 21, dapat disimpulkan bahwa nilai intensitas cahaya terbesar didapat pada pukul 12.00, nilai intensitas cahaya terkecil didapatkan pada pukul 16.00 WIB dengan nilai lux sebesar 2039.76 lumen.

[figure 22 about here.]

Dari gambar 22. dapat diketahui bahwa nilai sudut yang sering muncul adalah sudut  $-31.91^{\circ}\text{C}$  (sebelah kiri sensor LDR). positif (+) sedangkan di sebelah kiri LDR minus (-). Hal ini dilakukan untuk mempermudah proses analisa posisi panel surya yang terpapar oleh sinar matahari.

[figure 23 about here.]

Gambar 23. Menyajikan grafik perbandingan antara nilai daya yang dihasilkan oleh panel surya *solar Tracker & statis*, berdasarkan gambar tersebut dapat diketahui bahwa daya maksimum solar tracker pada pukul 11.00 WIB sebesar 18.96 W, dan panel surya statis sebesar 16.88 W. Sedangkan, untuk daya minimal yang dihasilkan *solar tracker* dan panel surya statis pada pukul 16.00 dengan nilai sebesar 0.04 W dan 0.03W.

### V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa, :

- Produksi daya maksimal yang mampu dihasilkan oleh panel surya adalah pada sudut  $30^{\circ}$ .
- Daya maksimal panel surya statis adalah 18.91 W, dan jika memakai solar tracker daya maksimalnya adalah 23.07 W. Dengan total produksi daya panel surya statis 143.43 W dan panel surya tracker 175.15 W.
- Perlu adanya reflector yang besar agar daya yang diserap bisa optimal.

### REFERENSI

- O. Januardi, A. Hiendro, and Syaifurrahman, "Pengaruh reflektor pada pembangkit listrik termoelektrik menggunakan energi panas matahari," *J. Tek. Elektro*, 2020.

- [2] G. Alva, L. Liu, X. Huang, and G. Fang, "Thermal energy storage materials and systems for solar energy applications," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 68. 2017. doi: 10.1016/j.rser.2016.10.021.
- [3] N. Kannan and D. Vakeesan, "Solar energy for future world: - A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 62. 2016. doi: 10.1016/j.rser.2016.05.022.
- [4] P. G. V. Sampaio and M. O. A. González, "Photovoltaic solar energy: Conceptual framework," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 74. 2017. doi: 10.1016/j.rser.2017.02.081.
- [5] E. Kabir, P. Kumar, S. Kumar, A. A. Adelodun, and K. H. Kim, "Solar energy: Potential and future prospects," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 82. 2018. doi: 10.1016/j.rser.2017.09.094.
- [6] K. Joni, M. Zain, R. Alfita, and M. Ulum, "Sistem Mekanik Smart Electric Solar Car Berbasis Android," *JEECOM*, vol. 3, no. 1, 2021.
- [7] D. Dzulfikar and W. Broto, "OPTIMALISASI PEMANFAATAN ENERGI LISTRIK TENAGA SURYA SKALA RUMAH TANGGA," 2016. doi: 10.21009/0305020614.
- [8] D. Notosudjono, D. Suhendi, and E. Wismiana, "Permasalahan Dan Solusi Pengembangan Energi Terbarukan Di Indonesia," *Fortei*, 2016.
- [9] Z. Arifin, "Konsumsi Bbm Untuk Pembangkit Listrik Di Indonesia; Kecenderungan, Permasalahan Dan Solusinya," *Miner. Energi*, no. June 2015, 2015.
- [10] "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Detak Jantung dan Saturasi Oksigen dalam Darah Berbasis Arduino MEGA 2560," *J. Ilm. Komputasi*, vol. 20, no. 1, 2021, doi: 10.32409/jikstik.20.1.2691.
- [11] A. Q. F. Siti, A. Ubaidillah, R. Alfita, P. Studi, T. Elektro, and U. T. Madura, "PERENCANAAN DAN PEMBUATAN PANEL SURYA FOUR AXIST DENGAN PENGATURAN SUDUT REFLEKTOR implementasi kebijakan energi nasional salah satunya yaitu , sektor energi memerlukan Dari gambar di atas dapat dijelaskan bahwasannya parameter untuk menentukan," vol. 3, no. 1, pp. 1–13.
- [12] A. S. Syahab, H. C. Romadhon, and M. L. Hakim, "RANCANG BANGUN SOLAR TRACKER OTOMATIS PADA PENGISIAN ENERGI PANEL SURYA BEBAS INTERNET OF THINGS," *J. Meteorol. Klimatologi dan Geofis.*, vol. 6, no. 2, 2019, doi: 10.36754/jmkg.v6i2.120.
- [13] K. Sun *et al.*, "VO2 Thermo-chromic Metamaterial-Based Smart Optical Solar Reflector," *ACS Photonics*, vol. 5, no. 6, 2018, doi: 10.1021/acsp Photonics.8b00119.
- [14] S. Akhtar, M. K. Hashmi, I. Ahmad, and R. Raza, "Advances and significance of solar reflectors in solar energy technology in Pakistan," *Energy and Environment*, vol. 29, no. 4. 2018. doi: 10.1177/0958305X18758487.
- [15] S. Hanif, D. Rahmawati, R. Alfita, A. S. Awal, and A. F. Doni, "Automatic Clean Water Treatment System Using the Sugeno Fuzzy Method," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2020, vol. 1569, no. 3. doi: 10.1088/1742-6596/1569/3/032087.
- [16] I. Winarno and F. Wulandari, "Solar Tracking System Single Axis Pada Solar Sel Untuk Mengoptimalkan Daya Dengan Metode Adaptive Neuro- Fuzzy Inference System ( Anfis )," *Semin. Nas. Sains dan Teknol.*, no. November, pp. 1–10, 2017.
- [17] M. A. Ridho, B. Winardi, and A. Nugroho, "ANALISIS POTENSI DAN UNJUK KERJA PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) DI DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS DIPONEGORO MENGGUNAKAN SOFTWARE PVSYSY 6.43," *TRANSIENT*, vol. 7, no. 4, 2019, doi: 10.14710/transient.7.4.883-890.
- [18] A. Y. Raisal, H. Putraga, M. Hidayat, and R. Hadi, "Posisi matahari pada saat ekuinoks, summer solstice, dan winter solstice di observatorium ilmu falak Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara," *J. Ris. dan Kaji. Pendidik. Fis.*, vol. 7, no. 1, p. 35, Apr. 2020, doi: 10.12928/jrkpf.v7i1.15772.
- [19] T. Firdaus and A. R. Sinensis, "Perdebatan Paradigma Teori Revolusi: Matahari atau Bumi Sebagai Pusat Tata Surya?," *Titian Ilmu J. Ilm. Multi Sci.*, vol. 9, no. 1, pp. 23–32, 2017.
- [20] L. Hernández-Callejo, S. Gallardo-Saavedra, and V. Alonso-Gómez, "A review of photovoltaic systems: Design, operation and maintenance," *Solar Energy*, vol. 188. 2019. doi: 10.1016/j.solener.2019.06.017.
- [21] A. A. F. Husain, W. Z. W. Hasan, S. Shafie, M. N. Hamidon, and S. S. Pandey, "A review of transparent solar photovoltaic technologies," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 94. 2018. doi: 10.1016/j.rser.2018.06.031.
- [22] M. Gul, Y. Kotak, and T. Muneer, "Review on recent trend of solar photovoltaic technology," *Energy Explor. Exploit.*, vol. 34, no. 4, 2016, doi: 10.1177/0144598716650552.
- [23] R. A. Ruli Siregar, N. Wardana, L. Jurusan Teknik Informatika, S. Tinggi Teknik PLN Jakarta Menara PLN, J. Lingkar Luar Barat, and D. Kosambi, "SISTEM MONITORING KINERJA PANEL LISTRIK TENAGA SURYA MENGGUNAKAN ARDUINO UNO," vol. 14, no. 2, pp. 81–100, 2017.
- [24] B. Siswojo, *Elektronika Kontrol: Pengantar Desain, Analisis, dan Aplikasi Sistem Kontrol*. Universitas Brawijaya Press, 2017.
- [25] R. Shah and T. Sands, "Comparing Methods of DC

Motor Control for UUVs,” *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 11, p. 4972, 2021.

- [26] J. O. Jang, “A deadzone compensator of a DC motor system using fuzzy logic control,” *IEEE Trans. Syst. Man, Cybern. Part C (Applications Rev.)*, vol. 31, no. 1, pp. 42–48, 2001.
- [27] R. S. Ortigoza, J. N. A. Juarez, J. R. G. Sanchez, M. A. Cruz, V. M. H. Guzman, and H. Taud, “Modeling and experimental validation of a bidirectional DC/DC buck power electronic converter-DC motor system,” *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 15, no. 6, pp. 1043–1051, 2017.
- [28] R. ALFITA *et al.*, “Perancangan Solar Tracker Four Axis Berbasis Internet of Things (IoT),” *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 8, no. 2, 2020, doi: 10.26760/elkomika.v8i2.404.
- [29] A. Fauroq and R. Alfita, “Rancang Bangun Tongkat Cerdas Untuk Penyandang Tunanetra Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Fuzzy Logic metode Sugeno,” *J. Tek. Elektro dan Komput. TRIAC*, vol. 5, no. 2, 2018, doi: 10.21107/triac.v5i2.4357.

DAFTAR GAMBAR

Figure 1 Kurva Karakteristik Arus Dan Tegangan[15] .....90  
 Figure 2 Sistem *Tracking* .....90  
 Figure 3 Panel Surya .....90  
 Figure 4 Motor DC *Power Window* .....90  
 Figure 5 Arduino Mega .....90  
 Figure 6 Diagram Blok Sistem .....91  
 Figure 7 Desain *Tracking Four Axist* .....91  
 Figure 8 Gambar Mekanik *Tracking Four Axis* .....91  
 Figure 9 Pengujian Reflektor Dengan Pengaturan Sudut 30<sup>0</sup> .....91  
 Figure 10 Grafik Suhu *Solar Tracker* Dengan Sudut *Reflector* 30<sup>0</sup> .....91  
 Figure 11 Grafik Intensitas Cahaya *Solar Tracker* Dengan Sudut Reflektor 30<sup>0</sup> .....92  
 Figure 12 Grafik Modus *Solar Tracker* Dengan Pengaturan Sudut Reflektor 30<sup>0</sup> .....92  
 Figure 13 Grafik Daya *Solar Tracker* Dengan Pengaturan Sudut Reflektor 30<sup>0</sup> .....92  
 Figure 14 Pengaturan Sudut Reflektor 45<sup>0</sup> .....92  
 Figure 15 Grafik Suhu *Solar Tracker* Dengan Pengaturan Sudut Reflektor 45<sup>0</sup> .....93  
 Figure 16 Intensitas Cahaya Dari *Solar Tracker* Dengan Pengaturan Sudut Reflektor 45<sup>0</sup> .....93  
 Figure 17 Grafik Modus *Solar Tracker* Dengan Sudut Pengaturan Reflektor 45<sup>0</sup> .....93  
 Figure 18 Grafik Daya Dengan PengaturanSudut Reflektor 45<sup>0</sup> .....93  
 Figure 19 Pengujian *Solar Tracker* Dengan Pengaturan Sudut Reflektor 60<sup>0</sup> .....94  
 Figure 20 Grafik Suhu *Solar Tracker* Dengan Pengaturan Sudut Reflektor 60<sup>0</sup> .....94  
 Figure 21 Grafik Intensitas Cahaya *Solar Tracker* Dengan Pengaturan Sudut Reflektor 60<sup>0</sup> .....94  
 Figure 22 Grafik Modus *Solar Tracker* Dengan Sudut Pengaturan Reflektor 60<sup>0</sup> .....94  
 Figure 23 Perbandingan Daya Panel *Solar Statis* Dan *Solar Tracker* .....94

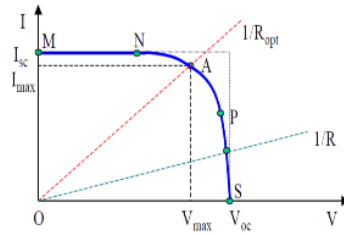


Figure 1. Kurva Karakteristik Arus Dan Tegangan[15]

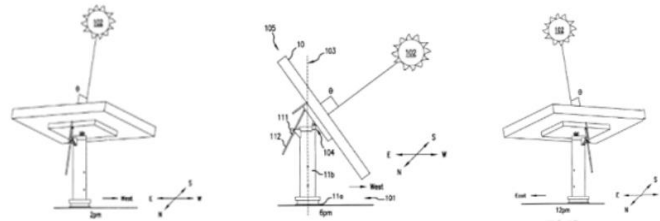


Figure 2. Sistem Tracking



Figure 3. Panel Surya



Figure 4. Motor DC Power Window



Figure 5. Arduino Mega



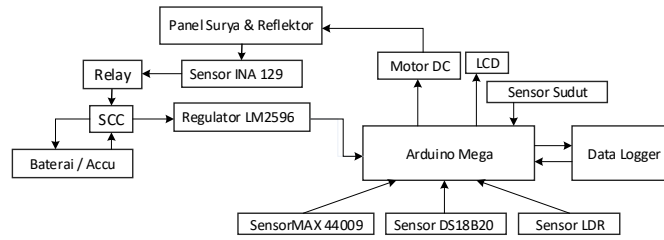


Figure 6. Diagram Blok Sistem

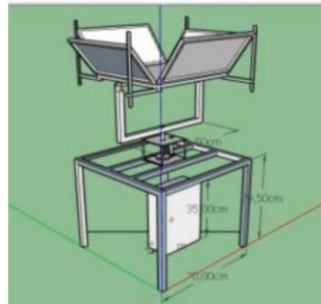


Figure 7. Desain Tracking Four Axist



Figure 8. Gambar Mekanik Tracking Four Axis



Figure 9. Pengujian Reflektor Dengan Pengaturan Sudut 30<sup>0</sup>

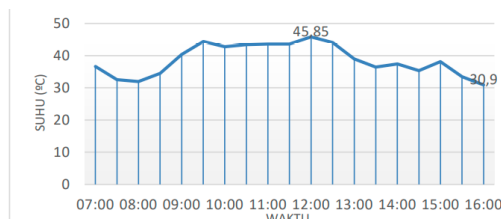


Figure 10. Grafik Suhu Solar Tracker Dengan Sudut Reflektor 30<sup>0</sup>

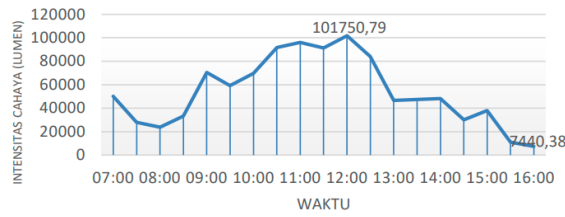


Figure 11. Grafik Intensitas Cahaya Solar Tracker Dengan Sudut Reflektor 30<sup>0</sup>

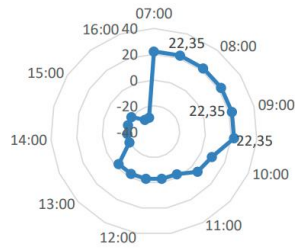


Figure 12. Grafik Modus Solar Tracker Dengan Pengaturan Sudut Reflektor 30<sup>0</sup>

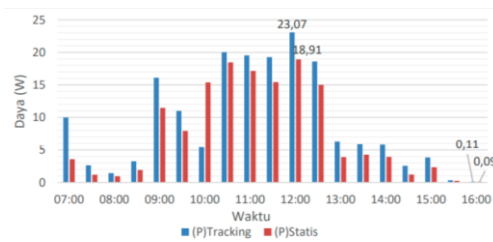


Figure 13. Grafik Daya Solar Tracker Dengan Pengaturan Sudut Reflektor 30<sup>0</sup>



Figure 14. Pengaturan Sudut Reflektor 45<sup>0</sup>

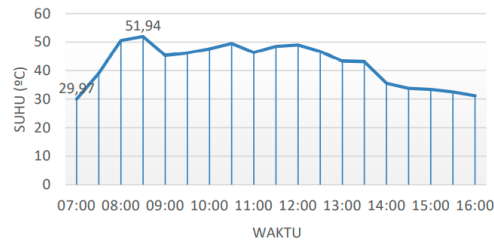


Figure 15. Grafik Suhu Solar Tracker Dengan Pengaturan Sudut Reflektor 45°

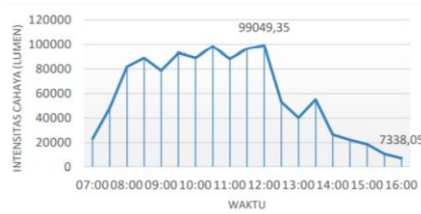


Figure 16. Intensitas Cahaya Dari Solar Tracker Dengan Pengaturan Sudut Reflektor 45°

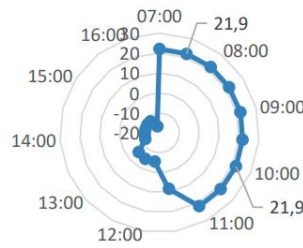


Figure 17. Grafik Modus Solar Tracker Dengan Sudut Pengaturan Reflektor 45°

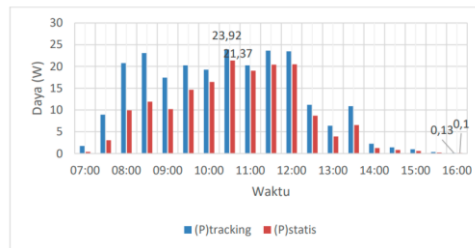


Figure 18. Grafik Daya Dengan Pengaturan Sudut Reflektor 45°



Figure 19. Pengujian Solar Tracker Dengan Pengaturan Sudut Reflektor 60<sup>0</sup>



Figure 20. Grafik Suhu Solar Tracker Dengan Pengaturan Sudut Reflektor 60<sup>0</sup>

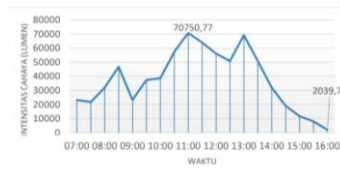


Figure 21. Grafik Intensitas Cahaya Solar Tracker Dengan Pengaturan Sudut Reflektor 60<sup>0</sup>

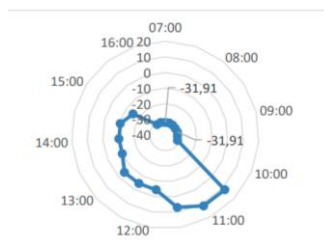


Figure 22. Grafik Modus Solar Tracker Dengan Sudut Pengaturan Reflektor 60<sup>0</sup>

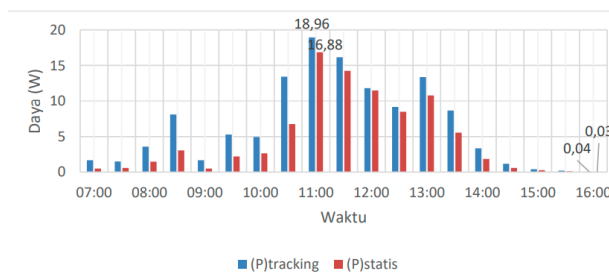


Figure 23. Perbandingan Daya Panel Solar Statis Dan Solar Tracker