

Perancangan Solar *Tracker Four Axis* Berbasis *Internet of Things (IoT)*

RIZA ALFITA¹, ACHMAD FIQHI IBADILLAH², DIANA RAHMAWATI³,
M.KURNIAWAN HADI KUSUMA⁴, ADI KURIAWAN⁵, ROSIDA VIVIN
NAHARI⁶, MIRZA PRAMUDIA⁷

^{1,2,3,4,5} Jurusan Teknik Elektro, Universitas Trunojoyo Madura

⁶Jurusan Teknik Informatika, Universitas Trunojoyo Madura

⁷Jurusan Teknik Mesin, Universitas Trunojoyo Madura

Email: riza.alfita@trunojoyo.ac.id

Received 4 Februari 2020 | Revised 28 Maret 201x | Accepted 10 Mei 2020

ABSTRAK

Panel surya merupakan energi terbarukan yang menjadi solusi untuk masa depan. Tetapi efisiensi menjadi masalah tersendiri pada panel surya, dengan efisiensi yang rendah mengakibatkan daya yang dihasilkan kecil dan tidak sebanding dengan harga yang dikeluarkan. Pada penelitian ini dilakukan perancangan untuk meningkatkan efisiensi panel surya ke titik maksimal dengan berbagai fitur yaitu sistem tracking, cermin reflector dan monitoring IoT. Sistem ini menggunakan sensor Light Dependent Resistor (LDR) yang digunakan untuk mendeteksi intensitas cahaya dan dilengkapi juga motor penggerak untuk mengatur sudut elevasi, cermin reflector sebagai pemantul cahaya, dan IoT untuk monitoring jarak jauh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan cermin reflector mampu meningkatkan daya pada siang hari tetapi turun ketika pagi dan sore hari, sedangkan sistem tracking mampu memproduksi daya lebih baik pada waktu kapanpun.

Kata kunci: panel surya, sensor, reflektor

ABSTRACT

Solar panels are renewable energy which is the solution for the future. But efficiency is a problem in solar panels, with low efficiency resulting in small power generated and not worth the price incurred. In this research, the design is carried out to increase the efficiency of solar panels to the maximum point with various features, namely the tracking system, mirror reflector, and IoT monitoring. This system uses an LDR sensor that is used to detect light intensity and is also equipped with a motor to adjust the elevation angle, reflector mirror as a reflection of light, and IoT for remote monitoring. The results showed that the use of reflector mirrors can increase power during the day but go down in the morning and evening, while the tracking system is able to produce better power at any time.

Keywords: Solar panels, sensor, reflector

1. PENDAHULUAN

Matahari memancarkan 384,6 yotta watt ($3.846 \cdot 10^{26}$ watt) energi berupa cahaya dan bentuk radiasi lainnya, sampai di bumi energi matahari yang dipancarkan sebesar 1000 watt/m^2 (**Sawant, dkk, 2019**). Jika manusia mampu memanfaatkan dan mengonversi energi tersebut maka manusia dapat memenuhi kebutuhan energi dunia. Kekuatan pancaran matahari di Indonesia dipengaruhi oleh musim dan letak geografis yaitu $2-4 \text{ kWh/m}^2$, yang menjadi permasalahan adalah mahalnya fotovoltaik (PV), terutama jenis surya silikon kristalin yang mempunyai efisiensi paling tinggi dibandingkan jenis lainnya (**Krebs, 2009**)

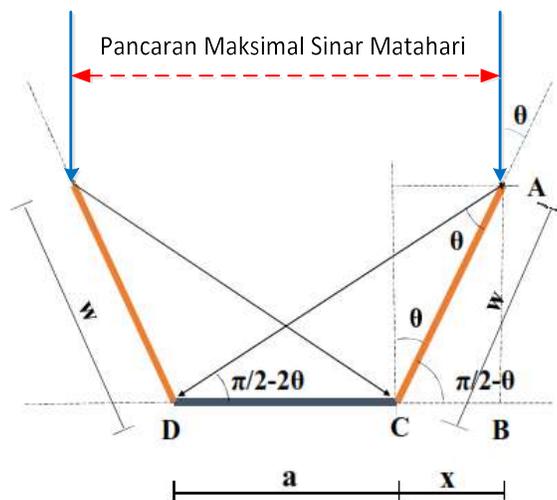
Penelitian tentang *solar tracker* telah banyak dikembangkan diantaranya yang berkontribusi untuk meningkatkan kinerja *solar tracker dual axis* adalah (**Masih & Odinaev, 2019**), (**Mitrofanov, dkk, 2018**), (**Makhija, dkk, 2017**), (**Sawant, dkk, 2019**), terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja panel surya, diantaranya adalah panas matahari yang berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan panel surya. Tegangan dan arus listrik panel surya dipengaruhi oleh dua macam variable, yaitu suhu lingkungan dan besaran intensitas radiasi matahari. Jika suhu lingkungan tinggi maka tegangan akan turun dan arus yang dihasilkan akan meningkat (**Suryana & Ali, 2016**). Faktor lain yaitu posisi panel surya statis, yang menyebabkan panel surya hanya bekerja maksimal saat matahari sejajar dengan panel surya, efisiensi dipengaruhi tiga faktor, efisiensi *maximum power point tracker* ($\pm 98\%$) (**Sangwongwanich & Blaabjerg, 2019**) (**Hanan, dkk, 2018**) (**Al-Emam, dkk, 2019**) (**Subbulashmi, 2014**) (**Xie, dkk., 2017**) (**Algaonkar, dkk, 2019**) (**Susilo, dkk, 2010**) (**Hatanaka, dkk, 2016**) (**Sangwongwanich & Blaabjerg, 2019**). Cahaya yang ditangkap oleh panel surya relatif kecil sehingga jarak jangkauan panel surya sangat terbatas, energi yang dipancarkan matahari hanya diterima oleh bumi sebesar 69%, sedangkan energi dari pancaran matahari yang diterima bumi sangat besar, yaitu 3×10^{24} joule per-tahun, dan setara dengan 2×10^{17} watt. Dengan jumlah tersebut maka sebanding dengan 10 ribu kali kebutuhan energi di dunia pada sekarang, dan dengan memakai 0,1% bumi dengan menggunakan panel surya yang memiliki efisiensi 10% sanggup untuk mencukupi kebutuhan energi di dunia sekarang (**Susilo, dkk, 2014**).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini merupakan studi analisis sekaligus perancangan *solar tracker four axis*, yang diawali dengan identifikasi dan karakteristik panel surya yang dilanjutkan dengan serangkaian analisis untuk mencari besar sudut reflektor agar dihasilkan *output* yang optimal. Analisis dilakukan pada data hasil pengukuran baik pada sel surya statis maupun sel surya yang sudah dilengkapi dengan IoT dan *Tracker*. Tahapan implementasi metode yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. Mengidentifikasi tegangan *output*, suhu, intensitas cahaya dan daya pada sel surya statis maupun *solar tracker*.
- b. Menghitung besar sudut pergerakan optimal untuk sistem reflektor.
- c. Analisis data suhu, intensitas cahaya dan daya *output* dari sistem reflektor
- d. Kalibrasi sensor LDR, dan daya pada sel surya.
- e. Pengujian hasil perancangan dan IoT yaitu pengujian serial monitor, *webserver* dan android.

Perancangan *solar tracker four axis ini* memerlukan analisis sudut panel surya (a) terhadap panjang tangkapan sisi reflektor (x) sehingga dihasilkan sudut optimal dalam proses eksperimental



Gambar 1. Pancaran 2 Reflektor pada Panel Surya

Dari Gambar 1 pancaran reflektor, terdapat dua sudut ΔACB dan ΔADB AB (berdekatan dengan sisi ΔACB) = AB (berdekatan dengan sisi ΔADB) (**Masih & Odinaev, 2019**).

$$(\alpha + x) \tan\left(\left(\frac{\pi}{2}\right) - 2\theta\right) = x \tan\left(\left(\frac{\pi}{2}\right) - \theta\right) \quad (1)$$

Keterangan :

α = Lebar panel surya

x = Panjang tangkapan reflektor satu sisi

θ = Sudut dari reflektor

Penyelesaian Rumus (1) dapat diselesaikan dengan trigonometri, sehingga didapatkan:

$$\left(\frac{x}{\alpha}\right) = \frac{\tan\theta}{(\tan 2\theta - \tan \theta)} \quad (2)$$

untuk menentukan hubungan antara lebar panel surya (α), panjang tangkapan pada satu sisi (x) dan panjang reflektor (w) maka diperlukan ketinggian miring optimal dari reflektor Berdasarkan Gambar 2, didapatkan segitiga sisi kanan ΔACB :

$$\left(\frac{x}{w}\right) = \cos\left(\left(\frac{\pi}{2}\right) - \theta\right) \quad (3)$$

Keterangan :

w = Panjang reflektor

Penyelesaian Persamaan (3) didapatkan

$$\left(\frac{w}{\alpha}\right) = \left(\frac{x}{\alpha}\right) * \left(\frac{1}{\sin\theta}\right) \quad (4)$$

Substitusi Persamaan (4) ke dalam Persamaan (2) dan menyelesaikan Persamaan trigonometri untuk mendapatkan sudut kemiringan optimal θ_{opt}

$$\theta_{opt} = \sin^{-1} \left(\left(\frac{-\frac{w}{\alpha} + \sqrt{\left(\frac{w}{\alpha}\right)^2 + 8}}{4} \right) \right) \quad (5)$$

2.1. Perhitungan Daya dan Efisiensi

Standart Test Condition (STC) merupakan standar industri untuk menguji kinerja Photovoltaik pada suhu 25°C dan radiasi 1000 W/m². Hal ini merujuk kepada kondisi permukaan panel surya. AM (*Air Mass*), untuk daerah ekuator atau khatulistiwa massa udara bernilai 1.

a. *Maximum Power Point (Pmax)* atau Daya Maksimum

Rumus untuk mendapatkan nilai daya maksimum sebagai berikut:

$$P_{max} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \quad (6)$$

Keterangan :

V_{oc} = Nilai tegangan maksimum yang diperoleh dari panel surya saat tidak ada arus

I_{sc} = Nilai arus *output* maksimal yang diperoleh dari sel surya dengan kondisi tanpa ada resistansi atau hambatan atau hubung singkat

FF = *Fill Factor* 0,7 – 0,85

Nilai *Fill Factor* berkisar antara 0,7 – 0,85. Semakin besar nilai *fotovoltaik* (FF) yang diperoleh maka kinerja dari panel surya akan semakin besar dan nilai efisiensi panel surya juga semakin tinggi. Rumus perhitungan FF sebagai berikut :

$$FF = \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{V_{oc} \times I_{oc}} \quad (7)$$

Keterangan :

V_{mp} = Tegangan Maksimum (Volt)

I_{mp} = Arus Maksimum (Amper)

V_{oc} = Tegangan *Open Circuit* (Volt)

I_{oc} = Arus *Open Circuit* (A)

b. Efisiensi (η)

Nilai efisiensi panel surya merupakan perbandingan antara besaran daya maksimum (P_{max}) dengan intensitas radiasi matahari. Rumus perhitungan efisiensi sebagai berikut:

$$\eta = \frac{P_{max}}{I \times A} \times 100 \% \quad (8)$$

Dimana nilai I merupakan variabel untuk intensitas matahari (Watt/m²) dan nilai A merupakan variabel untuk luas permukaan (m²).

c. Daya (P)

Waktu pengujian diperlukan adanya kalibrasi pada sensor untuk mendapatkan nilai sensor yang presisi atau dengan selisih yang relatif kecil. Berdasarkan hukum ohm, maka rumus yang digunakan untuk perhitungan hasil penelitian ini sebagai berikut:

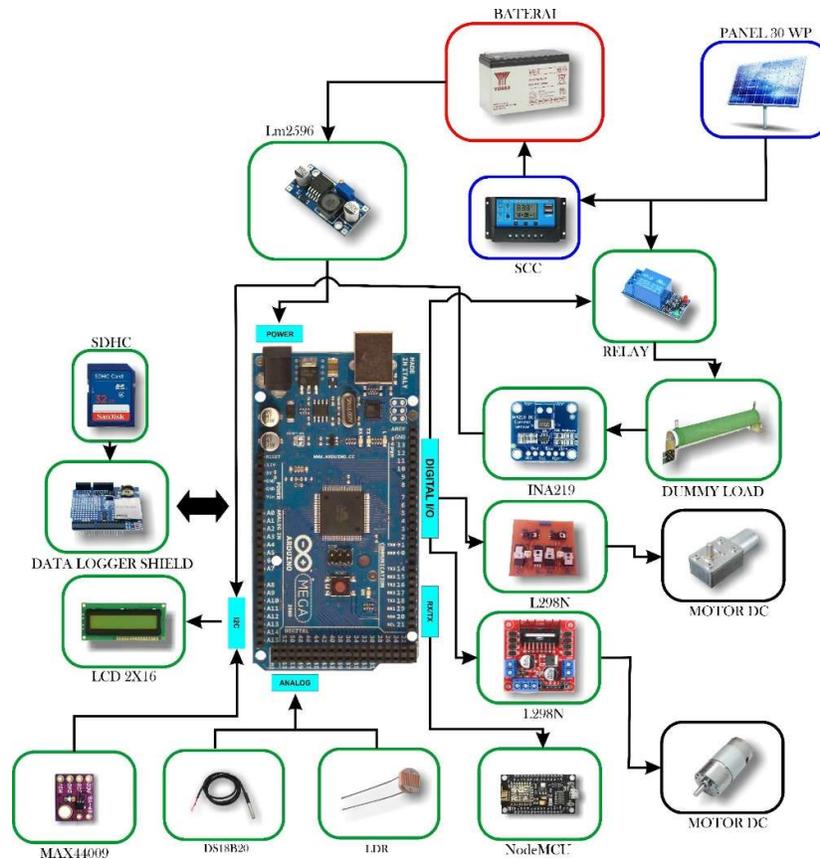
$$P = V \times I \quad (9)$$

$$R = V / I \quad (10)$$

Dimana nilai P merupakan daya, nilai V merupakan tegangan, nilai I merupakan variabel arus, dan nilai R merupakan hambatan.

2.2. Perancangan *Hardware*

Perancangan *solar tracker four axis* ini memerlukan beberapa perancangan yaitu perancangan *hardware*, *software* dan mekanik.



Gambar 2. Blok Perancangan *Hardware*

Gambar 2 merupakan blok perancangan *hardware* yang didalamnya terdapat beberapa peralatan yaitu :

- Cermin reflektor yang berfungsi sebagai pemantul cahaya sehingga *solar cell* mendapatkan pancaran sinar lebih banyak. Mikrokontroler Arduino mendapatkan *supply* daya dari baterai dan digunakan sebagai *supply*.
- Sensor Lux berfungsi untuk mendeteksi intensitas cahaya matahari dalam satuan *lumens*.
- Motor DC berfungsi sebagai *aktuator* dari *solar tracker*.
- Sensor tegangan dan arus berfungsi sebagai monitoring daya keluaran dari panel surya. Sensor tegangan dan arus yang digunakan adalah sensor INA219.
- Data *logger shield* digunakan untuk menentukan waktu pengukuran dan menyimpan data pengukuran kedalam sebuah *MicroSD*
- Digital Thermometer* DS18B20 berfungsi sebagai monitoring suhu pada panel surya.
- Relay berfungsi sebagai saklar pemutus *On delay* ketika panel surya berubah dari *mode sensor* ke *mode charging*.
- NodeMCU* memiliki fungsi sebagai *transmitter* atau pengirim data dari *Arduino* ke server dan sebagai media penampil segala keluaran dari nilai pembacaan intensitas cahaya,

pembacaan arus, tegangan, daya, suhu panel surya, serta dari *Real Time Clock (RTC)* berupa waktu dan tanggal kerja.

2.3. Perancangan Elektronika

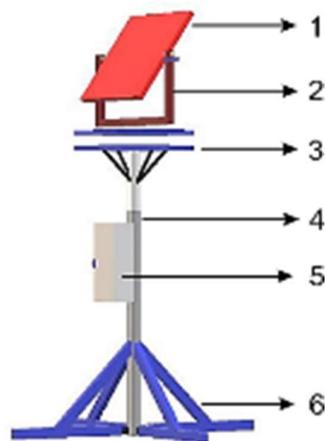
Instrumen elektronika akan diletakkan pada box panel dengan dimensi 35x25x12 cm yang terbuat dari bahan besi dengan lapisan khusus yang cocok untuk penempatan *outdoor*.



Gambar 3. Realisasi Rangkaian Elektronika

Pada Gambar 3 terdapat berbagai macam komponen elektronika antara lain : Arduino, data *logger shield*, lcd 2x16, *dummy load*, baterai, *solar charger controller nodeMCU*, relay, LM2596 *Adjustable* modul DC to DC *step down*, Module L298N *Motor DC Stepper Driver Controller Dual H-Bridge Arduino*, dan INA219 DC *Current Voltage sensor*. Sensor tersebut berada didalam box panel dengan mikrokontroler utama Arduino mega dan catu daya utama baterai *lead acid*. Untuk sensor suhu DS18B20b dan MAX44009 ditempatkan pada ruang terbuka karena untuk mendeteksi suhu panel surya dan juga intensitas cahaya matahari.

2.4. Perancangan Mekanik *Solar Tracker*



Gambar 4. Desain Rancangan

Keterangan :

1. Panel surya 30wp sebagai objek utama.
2. Besi berbentuk huruf "U" berfungsi sebagai penyangga panel surya untuk ber-akselerasi.
3. Lempengan besi dan besi bulat kecil sebagai penghubung antara besi "U" dan tiang penyangga utama.
4. Tiang penyangga utama yang terbuat dari besi bulat dan memiliki tinggi mencapai 1 meter.
5. Box panel sebagai tempat penyimpanan instrument elektronika dan mikrokontroler.
6. Kaki besi penyangga utama yang terbuat dari besi kotak yang bersifat *portable* atau bisa dilipat dan dilepas sesuai keinginan.

Keseluruhan alat pada Gambar 4 Terbuat dari besi yang bersifat *portable*. Bahan dasar besi dipilih karena tekstur besi yang keras dan kuat dapat menahan beban dari panel surya dan box panel yang berisi seluruh instrumen elektronika.

2.5. Perancangan *Software*

Perancangan *software* terdiri dari dua bagian yaitu program *tracker* dan program *Internet of Things* (IoT). Keduanya sama-sama memakai aplikasi arduino dan menggunakan Bahasa pemrograman C. Untuk program *tracker* menggunakan berbagai macam sensor antara lain sensor LDR, MAX44009, INA219, data *logger shield*, *relay*, LCD 2x16, L298N, dan DS18B20. Sedangkan untuk program *Internet of Things* (IoT) hanya menggunakan NodeMCU yang berfungsi untuk menerima data dari arduino kemudian dikirim ke *webserver*.

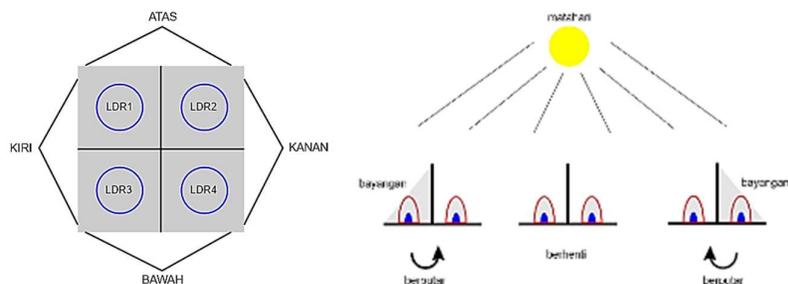


Gambar 5. Blok Koneksi *Software*

Program yang digunakan adalah bahasa pemrograman C yang dimana aplikasi Arduino tersebut sudah *terdefault* dari awal.

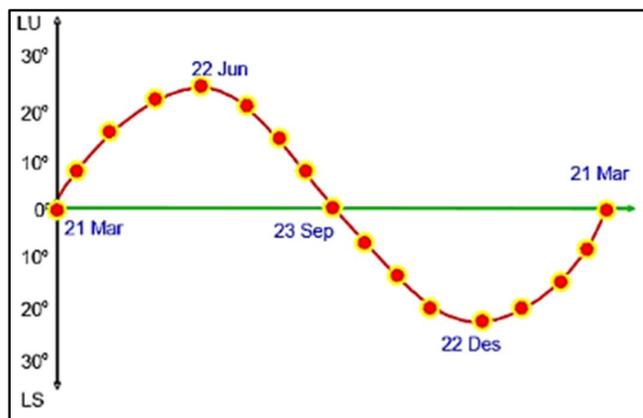
2.6. Proses *tracking*

Proses *tracking pada solar tracker* ini menggunakan sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) dimana nilai resistansi atau nilai hambatan dari resistor tersebut berbeda-beda tergantung intensitas cahayanya. Semakin besar intensitas cahaya yang didapatkan maka akan semakin kecil nilai resistansi, sebaliknya semakin rendah intensitas cahaya yang didapatkan maka akan semakin besar nilai resistansinya.



Gambar 6. Prinsip Kerja Sistem *Tracker*

Pada Gambar 6 terdapat 4 buah LDR yang mempunyai fungsi berbeda. Untuk LDR₁ dan LDR₂ berfungsi untuk menentukan arah atas, LDR₃ dan LDR₄ berfungsi untuk menentukan arah bawah, LDR₁ dan LDR₃ untuk menentukan arah kiri, LDR₂ dan LDR₄ berfungsi untuk menentukan arah kanan. Panel surya akan bergerak menuju cahaya, jika terdapat bayangan pada salah satu sensor dan memerintahkan motor bergerak dan mencari sumber cahaya, jika cahaya sudah tidak menimbulkan efek bayangan maka motor akan berhenti. Panel surya akan bergerak secara vertikal dan horizontal sesuai dengan pergerakan matahari.



Gambar 7. Gerak Semu Tahunan Matahari pada Ekliptik
(*Digital Learning Lesson Study Jayapura*)

Gambar 7 menunjukkan bahwa pergerakan matahari tidak hanya berubah sesuai dengan rotasi bumi tetapi juga revolusi dari bumi. Sudut pancaran matahari akan mencapai puncaknya pada bulan juni dengan sudut elevasi 23° arah lintang utara dan akan mencapai puncak sebaliknya pada bulan desember arah lintang selatan.

2.7. Perancangan Sistem Reflektor

Reflektor merupakan cermin datar yang berbentuk persegi panjang, setiap cerminnya mempunyai ukuran 25.5x45. Cermin ini mempunyai tingkat ketebalan 3 milimeter, pada setiap cermin dibekali dengan sebuah pigora yang terbuat dari kayu untuk menahan beban cermin agar tidak jatuh dan tetap berada pada posisi kemiringan yang diinginkan.



Gambar 8. Panel Surya Sistem Reflektor

Pada Gambar 8 Cermin datar di desain sedemikian rupa sehingga dapat membantu panel surya bekerja optimal.

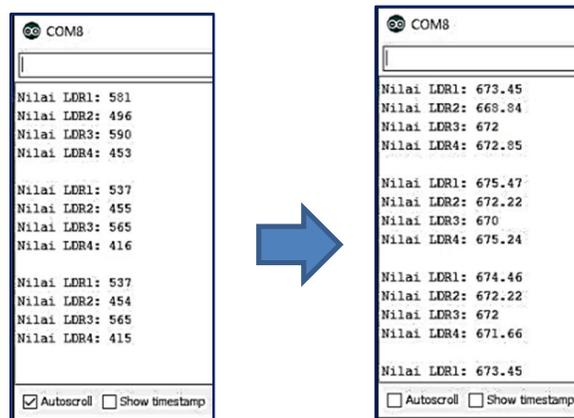
2.8. Perancangan *internet of things* (IoT)

IoT (*Internet off Things*) adalah sebuah perangkat komunikasi terbaru, dimana alat elektronik bisa terintegrasi satu sama lain. Dengan dilengkapi mikrokontroler, pemancar gelombang untuk komunikasi, dan protokol yang baik. Dalam membuat sistem IoT (*Internet of Things*) membutuhkan *device connection* (koneksi perangkat) dan data sensing (penginderaan data). Platform yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *ubidots*, *ubidots* memiliki banyak kelebihan terutama pada fitur. Salah satu fitur dari *ubidots* adalah *live dashboard* yang dapat menampilkan data dalam grafik yang bisa dianalisa secara langsung.

3. HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS

3.1. Kalibrasi Sensor LDR

Sensor LDR memiliki karakteristik khusus dalam pemakaiannya, karena sensor LDR mempunyai nilai resistansi yang berbeda-beda maka diperlukan kalibrasi untuk menyamakan nilai resistansinya.



Gambar 9. Kalibrasi Nilai Resistansi Sebelum dan Sesudah Dikalibrasi

Gambar 9 menunjukkan nilai resistansi sebelum dan sesudah dikalibrasi. Sensor LDR diletakkan pada tempat yang sama agar intensitas cahaya yang didapatkan juga sama. Dalam melakukan kalibrasi diperlukan 1 buah LDR sebagai acuan, pada penelitian ini menggunakan LDR₃ sebagai acuan.

3.2. Kalibrasi Pengukuran Daya

Penelitian ini menggunakan resistor *dumy load* sebagai hambatan. Berbeda dengan resistor lain, *dumy load* memiliki dimensi yang lebih besar dan juga memiliki keunggulan yaitu dapat bekerja pada daya 150 Watt. Pada panel surya 30wp tertulis spesifikasi panel surya yang akan dipakai untuk penelitian ini. Dalam *nameplate* panel surya tersebut daya maksimum 30 Watt, tegangan maksimum 17,6 Volt, dan arus maksimum 1,7 Ampere. Berdasarkan Persamaan (9) maka didapatkan daya sebagai berikut:

$$P = 17,6 \text{ V} \times 1,7 \text{ A} \\ = 29,92 \text{ W}$$

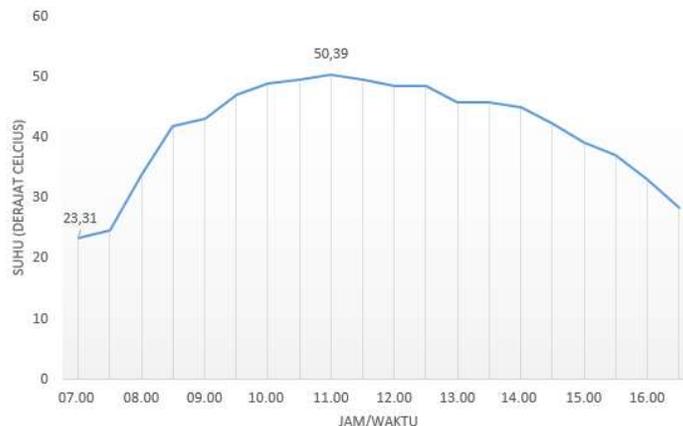
Dengan resistansi sebesar

$$R = 17,6 \text{ V} / 1,7 \text{ A} \\ = 10,3 \text{ Ohm}$$

Artinya untuk mendapat pengukuran yang presisi diperlukan hambatan bernilai 10,3 Ohm

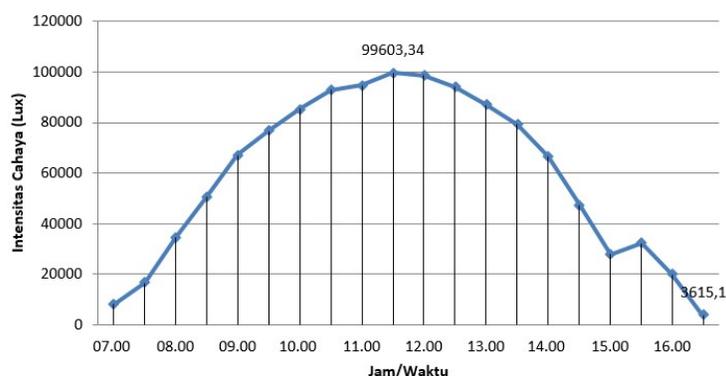
3.3. Pengujian Panel Surya Statis

Panel surya statis yaitu panel surya yang untuk penempatannya bersifat permanen atau tetap.



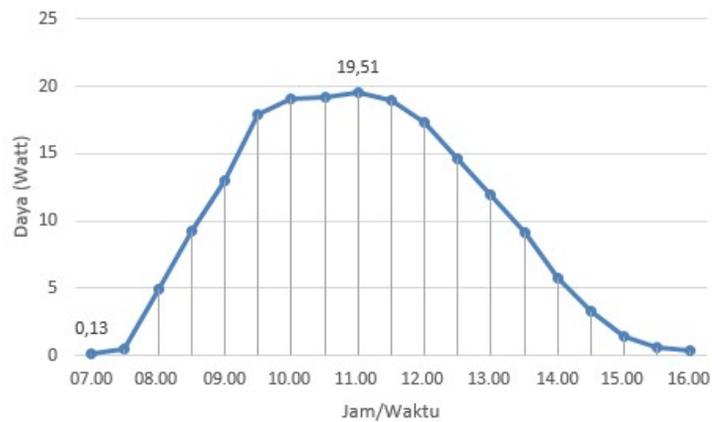
Gambar 10. Grafik Intensitas Suhu dengan Panel Surya Statis

Pada Gambar 10 Suhu terbesar dicapai pukul 11.00 AM sebesar 50,39°C dan suhu terendah 23.31° C pada pukul 07.00 AM. Suhu rata-rata yang dihasilkan oleh panel surya statis yaitu 41.19°C.



Gambar 11. Grafik Perolehan Intensitas Suhu dengan Panel Surya Statis

Pada Gambar 11 Intensitas cahaya terbesar yang didapatkan yaitu pada pukul 11.30 AM yaitu 99603.34 lux dan nilai terkecil yaitu pada pukul 16.30 PM yaitu 3615.10 lux. Intensitas cahaya rata-rata yang dihasilkan pada waktu pengujian yaitu 59120.67 lux.



Gambar 12. Grafik Perolehan Intensitas Suhu dengan Panel Surya

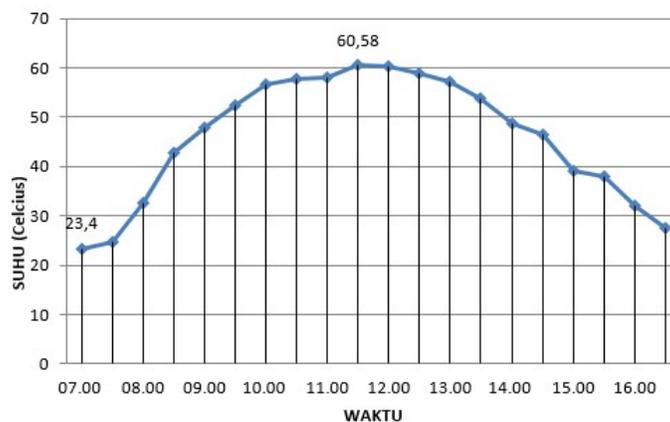
Pada Gambar 12 Daya terbesar yang didapatkan terjadi pada pukul 11.00 AM yaitu 19.51 W dan daya terkecil yaitu pada pukul 07.00 AM yaitu 0.13 W dan daya total yang dihasilkan pada pengujian ini yaitu 202.98 Wh.

3.4. Pengujian Sistem Reflektor

Sistem pada penelitian ini menggunakan cermin datar yang berbentuk persegi panjang. Pada Gambar 13 terdapat 4 buah cermin datar dan satu buah panel surya dengan kapasitas 30wp. Setiap cermin mempunyai ukuran 25.5 x 45 centimeter dan ketebalan 3 mm, setiap cermin terdapat bingkai untuk menahan sudut kemiringan agar daya serap panel surya lebih optimal

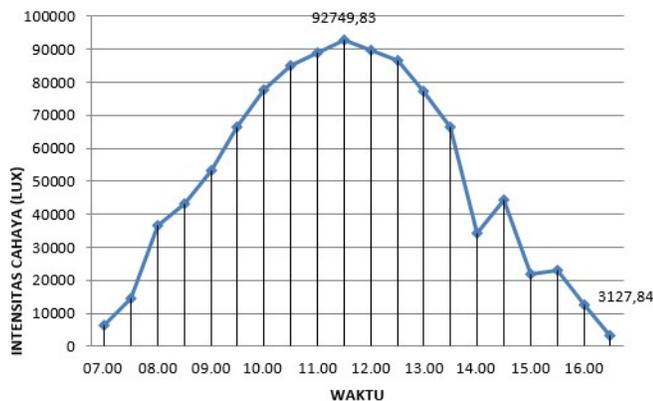


Gambar 13. Panel Surya dengan Cermin Datar



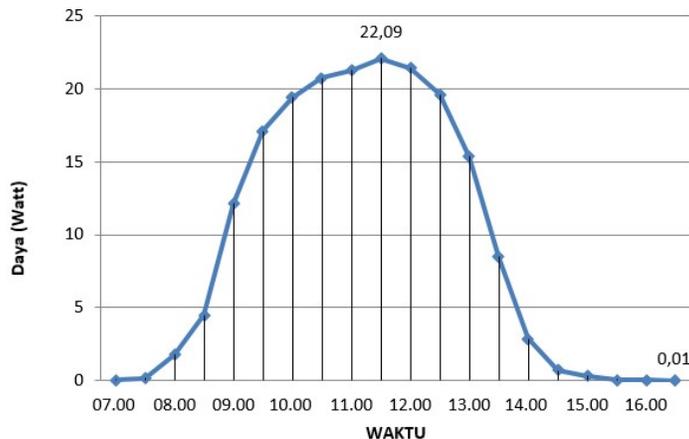
Gambar 14. Grafik Intensitas Suhu dengan Panel Surya Reflektor

Suhu terbesar yang didapatkan yaitu pada pukul 11.30 AM yaitu mencapai $60,58^{\circ}$ C dan suhu terkecil yaitu pada pukul 07.00 PM yaitu mencapai $23,40^{\circ}$ C. Suhu rata-rata yang dihasilkan oleh panel surya reflektor yaitu $45,93^{\circ}$ C.



Gambar 15. Grafik Perolehan Intensitas Suhu Pada Panel Surya

Intensitas cahaya terbesar yaitu 92749,83 lux yang didapatkan pada pukul 11.30 AM dan nilai terkecil yaitu 3127,84 lux yang didapatkan pada pukul 16.30 PM. Intensitas cahaya rata-rata yang dihasilkan pada waktu pengujian yaitu 51190.42 lux.



Gambar 16. Grafik Perolehan Intensitas Suhu dengan Panel Surya

Gambar 16 menunjukkan grafik intensitas suhu pada panel surya. Daya terbesar yang didapatkan dari hasil pengujian yaitu 22,09 W pada pukul 11.30 AM dan daya terkecil 0,01 W pada pukul 16.30 – 17.00 AM dan daya total yang dihasilkan pada pengujian ini yaitu 188.15 W.

3.5. Pengujian *Internet of Things* (IoT)

Sistem IoT (*Internet of Things*) menggunakan sensor *NodeMCU* untuk mengirim data dari arduino menuju *server*. Untuk *platform* IoT menggunakan *ubidots* sebagai *server* penerima data.



Gambar 17. Data Monitoring Webservice Ubidots

Pada pengujian, *webservice* merupakan perangkat lunak yang memberikan layanan kepada *client* (*interface monitoring*) yang diperoleh dari hasil pembacaan sensor dengan menggunakan ESP8266 dan dikirim ke *Website Ubidots*. Pada Gambar 17 merupakan tampilan *dashboard* dari *ubidots*, data yang ditampilkan yaitu data pencahayaan, data suhu, dan data daya. *Dashboard* pada gambar berfungsi sebagai *widget* atau animasi untuk media penampil data.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan sistem, implementasi dan uji coba program yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Produksi daya maksimal panel surya statis yaitu 65.03% dan terkecil 0.43%. sedangkan daya maksimal sistem reflektor yaitu 73.63% dan terkecil 0.03%. Total produksi daya dari pukul 07.00-17.00 yaitu 202.98 W untuk panel surya statis dan 188.15 W untuk sistem reflektor. Selisih tersebut dikarenakan rotasi bumi yang mengakibatkan cahaya matahari berubah sudut pancarannya dan mengakibatkan timbul bayangan dari cermin sehingga menutupi panel surya.
2. *Internet of Things* yang digunakan dalam proses monitoring sudah cukup baik, lama tidaknya delay yang dihasilkan tergantung pada kecepatan internet tiap provider.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Trunojoyo yang Telah Mendanai Penelitian ini melalui Hibah Penelitian Lektor 2019, sehingga karya tulis ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR RUJUKAN

- Ajgaonkar, Y., Bhirud, M. and Rao, P. (2019) Design of Standalone Solar PV System Using MPPT Controller and Self-Cleaning Dual Axis Tracker, in *2019 5th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems, ICACCS 2019*, (pp. 27–32). doi: 10.1109/ICACCS.2019.8728494.
- Al-Emam, M., Marei, M. I. and El-Khattam, W. (2019) A Maximum Power Point Tracking Technique for PV under Partial Shading Condition, in *India International Conference on Power Electronics, IICPE*. doi: 10.1109/IICPE.2018.8709506.
- Hanan, M. *et al.* (2018) A Two-Stage Algorithm to Harvest Maximum Power from Photovoltaic

- System, in *2nd IEEE Conference on Energy Internet and Energy System Integration, EI2 2018 - Proceedings*. doi: 10.1109/EI2.2018.8582204.
- Krebs, F. C. (2009) Fabrication and processing of polymer solar cells: A review of printing and coating techniques, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, doi: 10.1016/j.solmat.2008.10.004.
- Makhija, S. *et al.* (2017) Design & implementation of an automated dual-axis solar tracker with data-logging, in *Proceedings of the International Conference on Inventive Systems and Control, ICISC 2017*. doi: 10.1109/ICISC.2017.8068708.
- Masih, A. and Odinaev, I. (2019) Performance Comparison of Dual Axis Solar Tracker with Static Solar System in Ural Region of Russia, in *Proceedings - 2019 Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology, USBEREIT 2019*, (pp. 375–378). doi: 10.1109/USBEREIT.2019.8736642.
- Mitrofanov, S. V., Baykasenov, D. K. and Suleev, M. A. (2018) Simulation Model of Autonomous Solar Power Plant with Dual-Axis Solar Tracker, in *Proceedings - 2018 International Ural Conference on Green Energy, UralCon 2018*, (pp. 90–96). doi: 10.1109/URALCON.2018.8544275.
- Sangwongwanich, A. and Blaabjerg, F. (2019) Mitigation of Interharmonics in PV Systems with Maximum Power Point Tracking Modification, *IEEE Transactions on Power Electronics*, *34*(9), 8279–8282. doi: 10.1109/TPEL.2019.2902880.
- Sawant, A. *et al.* (2019) Design and analysis of automated dual axis solar tracker based on light sensors, in *Proceedings of the International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud), I-SMAC 2018*, (pp. 454–459). doi: 10.1109/I-SMAC.2018.8653779.
- Subbulakshmi, K. (2014) Maximum power point tracking technique, *Middle - East Journal of Scientific Research*, *20*(12), 2194–2200. doi: 10.5829/idosi.mejsr.2014.20.12.303.
- Suryana, D. and Ali, M. M. (2016) Pengaruh Temperatur / Suhu Terhadap Tegangan Yang Dihasilkan Panel Surya Jenis Monokristalin (Studi Kasus: Baristand Industri Surabaya), *Teknologi Proses Dan Inovasi Industri*, *2*(1), 5–8.
- Susilo, D., Widodo, R. T. and Gunawan, A. I. (2014) Penigkatan Daya Keluaran Sel Surya Dengan Penjejak Matahari Dan Pemantulan Cahaya Matahari Sebagai Sumber Daya Pendukung Perusahaan Listrik Negara(PLN), *Pens-Its*, *1*, 1–6.
- Xie, W. *et al.* (2017) A maximum power point tracking controller for thermoelectric generators, in *Chinese Control Conference, CCC*, (pp. 9079–9084). doi: 10.23919/ChiCC.2017.8028802.