

3/18  
/10

22  
Almira Budiyanto

# Perancangan Prototipe 2 Axis Solar Tracker Guna Optimalisasi Output Daya Solar Panel

M Imam Maulana F<sup>1</sup>, Almira Budiyanto<sup>2</sup>

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia  
Jl Kaliurang KM 14.5 Yogyakarta, Indonesia

<sup>1</sup>14524095@students.uui.ac.id

<sup>2</sup>almira.budiyanto@uui.ac.id

**Abstrak**—Cahaya matahari merupakan sumber daya alam berkelanjutan yang efektif, karena faktor keberadaan, ketersediaan, dan keberlangungannya yang memadai serta bebas polusi. Guna memaksimalkan listrik yang dihasilkan *solar panel*, posisi *solar panel* diposisikan tegak lurus terhadap arah datang cahaya matahari yang selalu bergerak. Oleh karena itu pada *solar panel* perlu ditambahkan alat mekanis yang dapat menggerakkan *solar panel* untuk mengikuti arah datang cahaya matahari yang selalu berpindah yang disebut *solar tracker*. Dengan menggunakan 2 Axis Solar Tracker, *solar panel* dapat diposisikan secara baik secara vertikal maupun horizontal untuk melacak orientasi cahaya matahari maksimum sepanjang hari. Dalam perangkat *solar tracker* terdapat modul *bluetooth* yang berfungsi sebagai media komunikasi antara Arduino dan aplikasi Android agar kinerja *solar tracker* dapat dimonitoring oleh pengguna melalui *smartphone*. Analisis dilakukan dengan melakukan perbandingan Daya yang diterima *solar panel* yang menggunakan *solar tracker* dengan *solar panel* yang diletakkan pada posisi tetap. Kemiringan optimal sudut *tilt solar panel* yang diletakkan pada posisi tetap adalah 0-24 derajat menghadap cahaya matahari. Sedangkan sudut *azimuth* yang paling tepat untuk pemasangan *solar panel* untuk daerah Pulau Jawa sebesar 180° dimana *solar panel* diletakkan menghadap utara menghadap garis khatulistiwa. Penggunaan *solar tracker* pada *solar panel* memberikan output daya lebih besar 11,57 persen dari *solar panel* yang diletakkan pada posisi tetap.

**Kata kunci**—Solar Tracker; Arduino Uno; Bluetooth HC-5; Solar panel; LDR; Motor Servo; IDE Arduino

## I. PENDAHULUAN

Kebutuhan masyarakat akan energi listrik kian besar seiring dengan kemajuan teknologi dan jumlah penduduk [1]. Untuk memenuhi kebutuhan yang semakin meningkat tersebut diperlukan pengembangan sumber daya energi, yang berupa fosil maupun terbarukan. Energi fosil merupakan energi yang memiliki keterbatasan jumlah memiliki tingkat polusi yang tinggi, sehingga diperlukan energi alternatif untuk menggantikan peranannya dengan sumber daya energi terbarukan seperti energi matahari.

Energi matahari merupakan sumber daya alam berkelanjutan yang efektif, karena faktor keberadaan, ketersediaan, dan keberlangungannya yang memadai serta bebas polusi. Energi matahari dapat dimanfaatkan untuk

menghasilkan energi listrik dengan menggunakan *solar cell* [2]. Pengubahan energi matahari menjadi energi listrik dilakukan dengan proses yang dinamakan *photovoltaic* (PV). Penggunaan *solar cell* ini efektif untuk digunakan di wilayah tropis seperti Indonesia. Pada tahun 2015 penjualan *solar cell* meluas ke seluruh dunia dengan kapasitas yang telah terpasang sebesar 230 GW dan pengembangan utamanya pindah dari Eropa ke Asia (Jepang, Cina, India) dan USA [3].

Umumnya *solar panel* diletakkan secara tetap padaudukannya. Teknik pemasangan *solar panel* seperti ini menyebabkan posisi *solar panel* tidak berada dalam posisi yang tepat terhadap arah datang cahaya matahari. Akibatnya energi listrik yang dapat dihasilkan oleh *solar panel* menjadi lebih sedikit daripada semestinya. Untuk mendapatkan listrik yang maksimal, posisi *solar panel* harus selalu tegak lurus terhadap arah datang cahaya matahari. Sehingga *solar panel* harus dapat mengikuti arah pergerakan cahaya matahari. Ketika posisi matahari berubah sepanjang hari, pelacak cahaya matahari adalah metode yang efisien untuk meningkatkan produksi listrik oleh *solar panel*. *Solar panel* mendapatkan kinerja yang lebih baik dengan 2 axis *solar tracker*, dengan peningkatan energi yang dikumpulkan hingga 41,34% dibandingkan dengan permukaan tetap [4].

Berdasarkan hal tersebut, dibutuhkan alat mekanis yang dapat menggerakkan *solar panel* untuk mengikuti arah datang cahaya matahari yang selalu berpindah yang dapat dimonitoring secara nirkabel. Kemampuan *smartphone* untuk mengembangkan berbagai jenis aplikasi telah disajikan yang memberikan keuntungan dalam desain instrumentasi seperti yang dapat diterapkan pada perangkat *solar tracker* [5]. Dengan menggunakan 2 Axis Solar Tracker dengan monitoring pada *smartphone*, *solar panel* dapat diposisikan secara vertikal dan horizontal untuk melacak orientasi cahaya matahari sepanjang hari yang dapat dipantau posisinya dengan mudah [6].

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Solar Panel

*Solar panel* merupakan kumpulan rangkaian *solar cell*. *Solar cell* adalah suatu perangkat yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek *photovoltaic*. Efek *photovoltaic* adalah suatu kondisi dimana munculnya tegangan listrik yang disebabkan

adanya hubungan atau kontak dua elektroda yang dihubungkan saat mendapatkan energi cahaya.

**A. Arduino Uno**

Arduino uno adalah *board* mikrokontroler yang dengan mikrokontroler jenis AVR ATmega328. Arduino Uno merupakan perangkat *hardware open source* (OSH - *Open Source Hardware*) [1]. *Software open source* ini digunakan untuk menulis kode pemrograman, *debug error*, dan *upload* program pada mikrokontroler *board* Arduino.

**B. Sensor LDR**

Sensor LDR merupakan sebuah komponen penghambat (resistor) yang nilai hambatannya dapat berubah-ubah. Semakin banyak cahaya yang mengenainya, maka nilai hambatannya semakin kecil. Sebaliknya jika semakin sedikit cahaya (gelap) yang diterima LDR, maka nilai hambatannya akan semakin besar sehingga aliran arus listrik akan terhambat.

**C. Motor Servo**

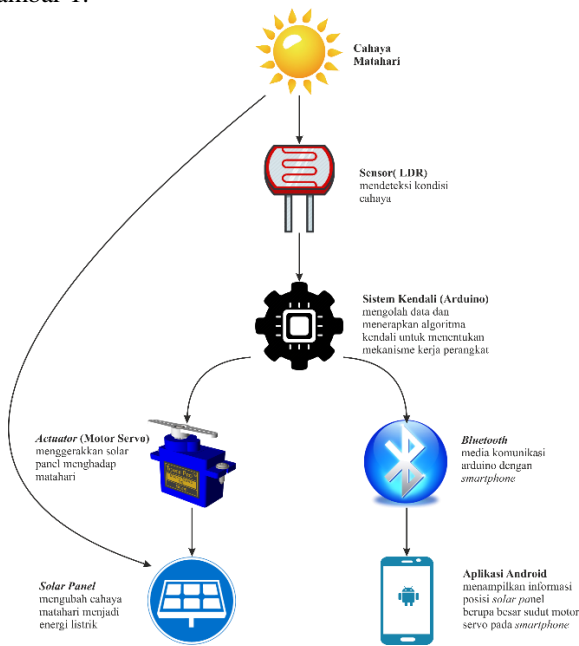
Motor Servo merupakan sebuah *actuator* putar (motor) yang mampu bekerja dua arah (*Clockwise* dan *Counter Clockwise*) dengan sistem *closed feedback* dimana posisi *axis* putar dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kendali yang ada didalam motor servo.

**D. Modul Bluetooth HC-05**

*Bluetooth* adalah salah satu media komunikasi data tanpa kabel (nirkabel). Terdapat 2 jenis komunikasi *bluetooth*, yaitu *Master* (pengirim data) dan *Slave* (penerima data). *Bluetooth* HC-05 dapat berperan sebagai *bluetooth master device* ataupun *slave device*.

**II. METODE PENELITIAN**

Bagan umum perancangan *solar tracker* dapat dilihat pada Gambar 1.

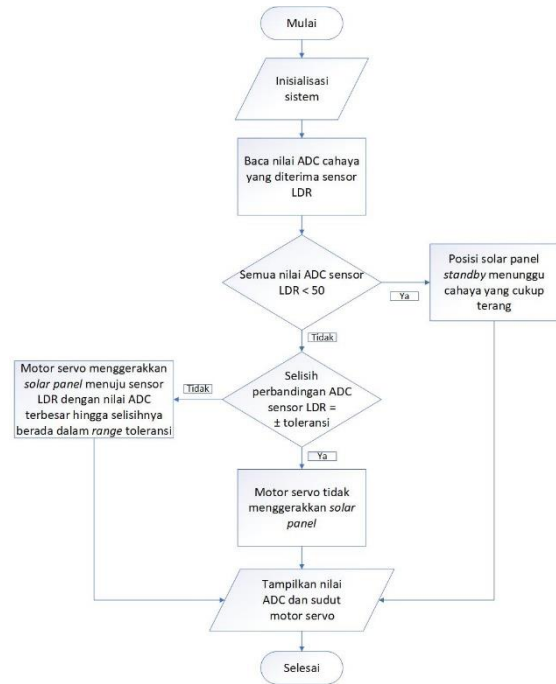


Gambar 1. Bagan Umum

Dari Gambar tampak bagaimana cara kerja *solar tracker* yang akan dirancang pada penelitian ini. *Solar Tracker* yang akan dirancang pada penelitian ini menggunakan cahaya matahari sebagai *input*, LDR sebagai sensor, Arduino uno sebagai sistem kendali, motor servo sebagai *output actuator* untuk menggerakkan *solar panel*, dan aplikasi Android pada *smartphone* sebagai *output monitoring* dengan *bluetooth* sebagai media komunikasi antara aplikasi *smartphone* dengan sistem kendali.

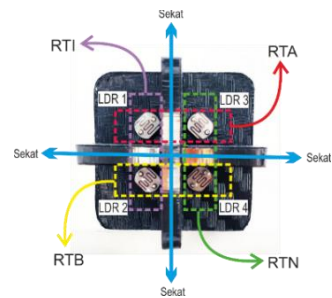
**A. Perancangan sistem**

Pemrograman dilakukan agar perangkat dapat berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Program di-*upload*/disimpan pada Mikrokontroler AT Mega 328 yang terdapat di dalam board Arduino uno R3 sebagai otak untuk mengatur dan membaca kinerja perangkat lainnya. Alur pemrograman sistem *solar tracker* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Flowchart Solar Tracker System

Mikrokontroler membandingkan nilai masing-masing LDR dengan menghitung rata-rata nilai ADC dari setiap sisi *solar panel* (atas, bawah dan kanan, kiri). Konfigurasi perbandingan ADC sensor LDR setiap sisi dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3. Konfigurasi sensor LDR

Keterangan :

1. RTI : Rata-rata ADC sensor LDR bagian kiri (LDR 1 dan 2).
2. RTN : Rata-rata ADC sensor LDR bagian kanan (LDR 3 dan 4)
3. RTA : Rata-rata ADC sensor LDR bagian atas (LDR 1 dan 3)
4. RTB : Rata-rata ADC sensor LDR bagian bawah (LDR 2 dan 4)

Pembandingan rata-rata tersebut bertujuan sebagai pengatur arah gerak motor servo. Untuk gerak secara horizontal yang dibandingkan adalah RTI dan RTN. Sedangkan untuk arah gerak vertikal yang dibandingkan adalah RTA dan RTB. Algoritma kendali dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL 1  
ALGORITMA KENDALI

Kondisi	Servo Vertikal	Servo Horizontal	Keterangan
Awal (Start)	60°	180°	Posisi awal menghadap kearah matahari terbit
RTA > RTB	sudut akhir+1	-	Putar ke atas
RTA < RTB	sudut akhir-1	-	Putar ke bawah
RTA = RTB	-	-	Mempertahankan posisi
RTI > RTN	-	sudut akhir-1	Putar ke kiri
RTI < RTN	-	sudut akhir+1	Putar ke kanan
RTI = RTN	-	-	Mempertahankan posisi
Semua nilai ADC sensor ≤ 50 (gelap malam)	60°	180°	Kondisi <i>standby</i> menghadap matahari terbit
Nilai sudut servo > servoLimit High	servoLimit High	servoLimit High	Batas besar sudut maksimal
Nilai sudut servo < servoLimit Low	servoLimitLow	servoLimitLow	Batas besar sudut minimal

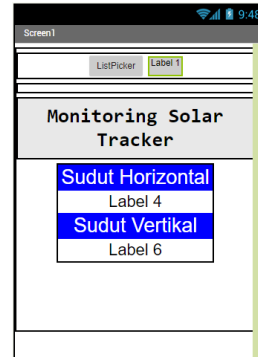
Ketika nilai rata-rata pembacaan ADC tiap sisi yang diletakkan pada setiap sudut *solar panel* tersebut masih dalam rentang toleransi, maka mikrokontroller tidak akan menggerakkan motor servo. Namun, ketika selisih nilai ADC melebihi batas toleransi maka motor servo akan menggerakkan *solar panel* kearah sisi sensor LDR yang memiliki nilai ADC yang lebih besar dan akan berhenti ketika nilai ADC masuk dalam rentang nilai toleransi.

Pemberian toleransi dikarenakan karakter sensor LDR yang sangat peka akan hambatan cahaya mengakibatkan perbandingan ADC selalu memiliki selisih atau perbedaan. Hal ini akan membuat motor servo selalu bergerak mengkoreksi posisinya akibat selisih tersebut. Dengan toleransi maka selisih perbandingan nilai ADC yang kecil tersebut dapat diabaikan. Mekanisme penentuan toleransi dapat dilihat pada Tabel 3.2.

TABEL 2  
TOLERANSI SELISIH NILAI ADC

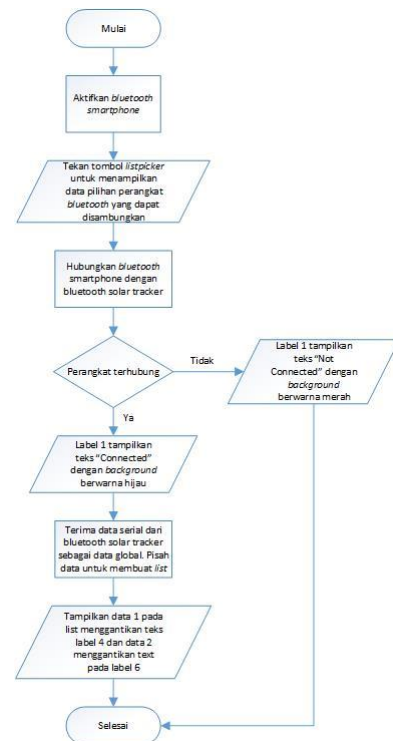
Kondisi	Nilai ADC sensor	Toleransi	Keterangan
1	≥990	±2	cerah
2	≤990 dan ≥850	±5	berawan tipis
3	≥850	±10	berawan tebal

Aplikasi Android dibuat pada web MIT App Inventor. Desain tampilan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Rancangan aplikasi Android

Saat aplikasi dijalankan label 1,4, dan 5 yang terlihat seperti Gambar 4 akan dirubah berdasarkan desain blok yang dibuat pada web MIT App Inventor. Mekanisme blok pada aplikasi tersebut dapat dilihat pada gambar Gambar 5.



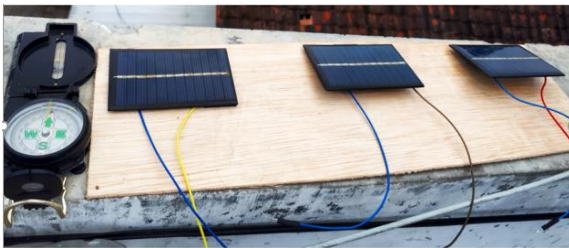
Gambar 5. Flowchart komunikasi solar tracker dengan smartphone

Data yang masuk pada aplikasi Android berupa data global pada serial monitor Arduino. Data tersebut dipisahkan dengan

karakter *pipe* “|” agar dapat dibuat *list* data. Data yang dikirim Arduino adalah data besar sudut servo horizontal (data 1) dan servo vertikal (data 2).

### B. Sistem Analisis

Perancangan Analisis dilakukan dengan melakukan perbandingan daya yang diterima *solar panel* yang menggunakan *solar tracker* dengan *solar panel* yang diletakkan pada posisi tetap. Penempatan *solar panel* dengan posisi tetap diletakkan pada posisi yang paling optimal dengan menyesuaikan sudut *azimuth* dan sudut *tilt*. Sudut *azimuth* yang paling tepat untuk pemasangan *solar panel* untuk daerah Pulau Jawa sebesar  $180^\circ$  dimana *solar panel* diletakkan menghadap utara menghadap garis khatulistiwa seperti yang terlihat pada Gambar 6.

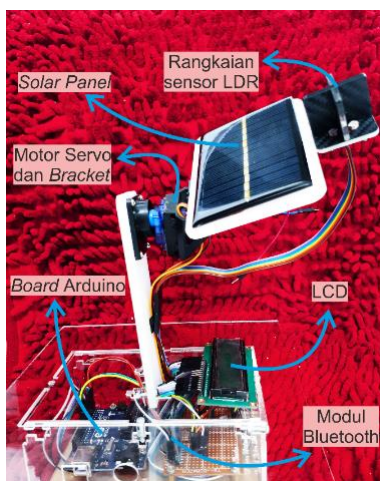


Gambar 6. *Solar panel* sudut tetap

## III. HASIL DAN ANALISIS

### A. Hasil Perancangan

Gambar 7 adalah tampilan prototipe *solar tracker* yang perancangan pada penelitian ini.



Gambar 7. Prototipe Solar Tracker

*Actuator solar tracker* (motor servo) hanya dapat mengangkat beban 1 *solar panel* karna meskipun motor servo memiliki maksimum torsi sebesar 1.2 kgcm tidak mampu mengangkat 2 *solar panel* yang hanya memiliki beban 50 g saat pengujian. Karena berat total dari beban motor servo vertikal tersebut berupa 2 *solar panel*, motor servo horizontal,

sekat, sensor LDR serta penampang *solar panel* lebih besar dari 0.24 kg.

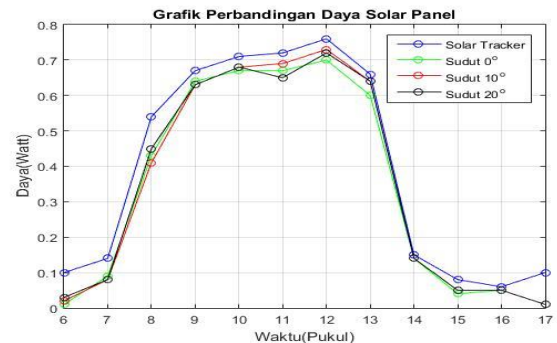
Informasi posisi motor servo dapat diketahui berupa data serial besar sudut motor servo. Data tersebut dapat dikirim melalui *bluetooth* dan ditampilkan pada *smartphone* dengan aplikasi Android. Gambar 8 adalah tampilan aplikasi Android yang menampilkan informasi sudut kedua motor servo.



Gambar 8. Hasil tampilan aplikasi Android

Dengan aplikasi Android pada *smartphone* ini, pengguna dapat mengetahui posisi *solar panel* yang digerakkan oleh *solar tracker* tanpa harus melihat perangkat secara langsung. Karena aplikasi ini terhubung dengan *bluetooth*, jarak perangkat *smartphone* dengan perangkat *solar tracker* terbatas. Jarak maksimal yang dapat dijangkau oleh koneksi *bluetooth* kedua perangkat adalah 15 meter.

### B. Hasil Pengukuran

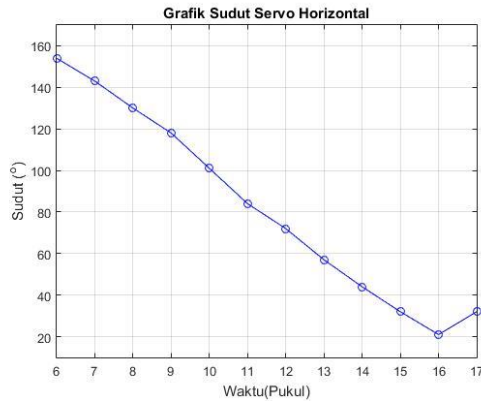


Gambar 9. Grafik perbandingan daya *solar panel*

Pada pukul 06.00-08.00 selisih daya yang di hasilkan *solar panel* yang menggunakan *solar tracker* terhadap *solar panel* yang diletakkan pada posisi tetap lebih besar dari jam 09.00-14.00 yang memiliki selisih yang lebih kecil, kemudian ketika pukul 15.00-17.00 selisih *output* daya juga lebih besar dari pukul 09.00-14.00. Hal ini terjadi karna ketika pukul 09.00-14.00 posisi matahari telah tinggi dan juga berada di pertengahan orientasinya sehingga matahari berada didepan setiap *solar panel*. Namun matahari pada *solar panel* yang diletakkan pada posisi tetap tidak berada pada posisi tegak lurus seperti *solar panel* yang digerakkan *solar tracker* untuk selalu menghadap tegak lurus ke arah cahaya matahari.

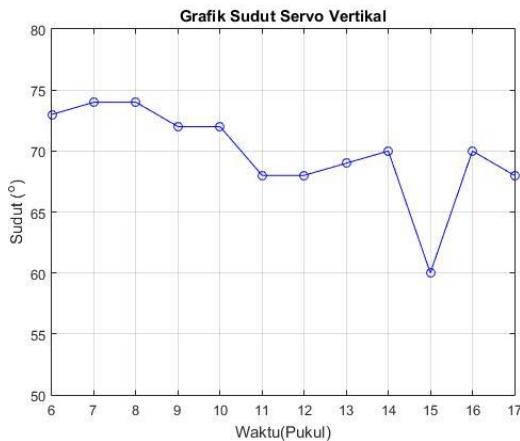
### C. Analisis Sudut

Gambar 10 membuktikan kinerja *solar tracker* dapat melacak posisi matahari memposisikan *solar panel* menghadap matahari meski terdapat sedikit *error* pada saat kondisi berawan.



Gambar 10. Grafik sudut servo horizontal

Gambar 10 menunjukkan bahwa grafik sudut motor servo horizontal bentuknya linier ke bawah pada kondisi cerah. Pada pagi hari (pukul 06.00) sudut *solar tracker* horizontal  $154^\circ$  lalu pada siang hari (pukul 12.00)  $72^\circ$  dan pada sore hari (16.00)  $32^\circ$  yang menandakan *solar tracker* dapat mengikuti orientasi matahari dari timur hingga barat. Saat berawan terjadi sedikit *error* pada posisi yang dibentuk sudut motor servo. Hal ini disebabkan ketika berawan bayangan yang diberikan oleh sekat menjadi samar sehingga pembacaan perbandingan ADC pada kondisi berawan tidak seakurat saat cerah.



Gambar 11. Grafik sudut servo vertikal

Gambar 11 menunjukkan grafik sudut motor servo vertikal yang pada kondisi cerah berkisar antara  $74^\circ$ - $68^\circ$ . Saat berawan terjadi sedikit *error* pada posisi yang dibentuk sudut motor servo vertikal seperti servo horizontal. Hal ini disebabkan ketika berawan bayangan yang diberikan oleh sekat menjadi samar sehingga pembacaan perbandingan ADC pada kondisi berawan tidak seakurat saat cerah.

### IV. KESIMPULAN

1. Prototipe *solar tracker* berbasis Arduino uno dengan sensor cahaya LDR dapat mengarahkan *solar panel* pada matahari dengan mengikuti orientasi matahari sepanjang hari dan dapat dimonitor dengan *smartphone*.
2. Dengan menggunakan prototipe *solar tracker* ini *output* daya yang dihasilkan *solar panel* lebih besar dari *solar panel* yang diletakkan pada posisi tetap. Penggunaan *solar tracker* pada *solar panel* memberikan *output* daya lebih besar 11,57% dari *solar panel* yang diletakkan pada posisi tetap.
3. *Solar panel* yang diletakkan pada posisi tetap dengan sudut *tilt*  $10^\circ$  yang memiliki *output* daya yang lebih besar dibandingkan dengan sudut *tilt*  $0^\circ$  dan  $20^\circ$ .
4. Jarak maksimal perangkat *smartphone* dengan perangkat *solar tracker* yang dapat dijangkau oleh koneksi *bluetooth* kedua perangkat adalah 15 meter.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Fadhlullah, "Solar Tracking System Berbasis Arduino," Repositori UIN Alauddin, 2017.
- [2] Y. Hu, H. Shen, dan Y. Yao, "A Novel Sun-Tracking and Target-Aiming Method to Improve the Concentration Efficiency of Solar Central Receiver Systems," *Renew. Energy*, vol. 120, hal. 98–113, 2018.
- [3] M. Rosa-Clot, P. Rosa-Clot, G. M. Tina, dan C. Ventura, "RAST: Round About Solar Tracking," *Energy Procedia*, vol. 134, hal. 598–606, 2017.
- [4] Y. Yao, Y. Hu, S. Gao, G. Yang, dan J. Du, "A Multipurpose Dual-Axis Solar Tracker With Two Tracking Strategies," *Renew. Energy*, vol. 72, hal. 88–98, 2014.
- [5] A. Zainuri, U. Wibawa, dan E. Maulana, "Implementasi Bluetooth HC – 05 untuk Memperbarui Informasi Pada Perangkat Running Text Berbasis Android," *Eccis*, vol. 9, no. 2, hal. 164–165, 2015.
- [6] S. Ozcelik, H. Prakash, dan R. Chaloo, "Two-Axis Solar Tracker Analysis and Control for Maximum Power Generation," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 6, hal. 457–462, 2011.