

**PERANCANGAN PROTOTIPE 2 AXIS SOLAR TRACKER GUNA
OPTIMALISASI *OUTPUT* DAYA SOLAR PANEL**

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu persyaratan
mencapai derajat Sarjana S1



Disusun oleh:

M Imam Maulana Fardani

14524095

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta**

2018

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**PERANCANGAN PROTOTYPE 2 AXIS SOLAR TRACKER GUNA OPTIMALISASI
OUTPUT DAYA SOLAR PANEL**

Dipersiapkan dan disusun oleh:

M Imam Maulana F

14524095

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Pada tanggal: 26 September 2018

Susunan dewan penguji

Ketua Penguji : Almira Budiyanto, S.Si., M.Eng,

Anggota Penguji 1: Setyawan Wahyu Pratomo, S.T., M.T.,

Anggota Penguji 2: Medilla Kusriyanto, S.T., M.Eng.,

**Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana**

Tanggal: 2 Oktober 2018

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Yusuf Aziz Amrullah, S.T., M.Sc., Ph.D.

045240101

PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan Saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Skripsi terkait paten maka akan diskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.

Yogyakarta, 4 Oktober 2018



M Imam Maulana Fardani

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh,

Alhamdulillah rabbi'l'alam, segala puji dan syukur bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga pada kesempatan ini penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “Perancangan Prototipe 2 Axis Solar Tracker Guna Optimalisasi *Output* Daya Solar Panel” sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.

Penulis juga menyadari bahwa selama berlangsungnya penelitian, sampai dengan tahap penyelesaian laporan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan oleh berbagai pihak. Oleh karena itu do'a dan ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada:

1. Orang tuaku tercinta Bapak Ja'far dan Ibu Heppi Murni serta Kakakku Mira Rizki Fardina yang telah memberikan kebutuhan material dan moril serta dukungan, semangat, perhatian, dan do'a yang menyertai setiap langkah penulis.
2. Ibu Almira Budiyanto, S.Si., M.Eng selaku Dosen Pembimbing yang telah bersedia memberikan petunjuk, pengarahan, dan bimbingan serta sumbangan pemikiran kepada penulis sehingga penulisan ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Bapak Yusuf Aziz Amrullah, S.T., M.Sc., Ph.D. Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak dan Ibu Dosen serta karyawan Jurusan Teknik Elektro yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan selama penulis mengikuti perkuliahan.
5. Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro angkatan 2014, yang selalu menjadi teman yang baik sekaligus memberi dukungan, semangat, dan bantuan kepada penulis.
6. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan yang membantu, memberikan motivasi, semangat dan dukungan tiada henti kepada penulis.

Jazakumullahu Khairan Katsiran. Semoga Allah *Subhanahu Wata'ala* membalas kebaikan seluruh pihak. Penulis sangat menyadari bahwa dalam laporan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat

membangun dan memotivasi. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semua orang maupun kepada penulis sendiri, Aamiin.

Yogyakarta, 4 Oktober 2018

M Imam Maulana Fardani

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

LDR	<i>Light Dependent Resistor</i>
ADC	<i>Analog to Digital Converter</i>
VDC	<i>Volt Direct Current</i>
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>
GND	<i>Ground</i>

ABSTRAK

Skripsi ini bertujuan untuk merancang prototipe perangkat dinamis untuk memaksimalkan penyerapan cahaya matahari oleh *solar panel* untuk menghasilkan energi listrik. Cahaya matahari merupakan sumber daya alam berkelanjutan yang efektif, karena faktor keberadaan, ketersediaan, dan keberlangsungannya 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 dimonitor 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° 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% dari *solar panel* yang diletakkan pada posisi tetap.

Kata Kunci : *Solar Tracker*, Arduino Uno, *Bluetooth* HC-5, *Solar panel*, LDR, Motor Servo, IDE Arduino

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Studi Literatur	4
2.2 Tinjauan Teori.....	5
2.2.1 <i>Solar Panel</i>	5
2.2.2 Arduino Uno	6
2.2.3 Sensor LDR.....	6
2.2.4 Motor Servo	7
2.2.5 Modul <i>Bluetooth</i> HC-05	8
BAB 3 METODOLOGI.....	9
3.1 Bagan Umum Solar Tracker	9
3.2 Alat Teknis Peralatan dan Alat Ukur yang Digunakan.....	10
3.3 Perancangan Alat	11
3.4 Perancangan Sistem	12

3.5 Sistem Analisis	18
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	19
4.1 Hasil Perancangan.....	19
4.2 Hasil Pengukuran.....	20
4.3 Nilai ADC.....	23
4.4 Sudut.....	24
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	26
5.1 Kesimpulan.....	26
5.2 Saran	26
DAFTAR PUSTAKA	27
LAMPIRAN	28

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Solar panel</i> 6 VDC	6
Gambar 2.2 Arduino Uno.....	6
Gambar 2.3 LDR.....	7
Gambar 2.4 Motor Servo SG 90.....	8
Gambar 2.5 Modul <i>bluetooth</i> HC-05	8
Gambar 3.1 Bagan Umum.....	9
Gambar 3.2 Skema Perangkat	11
Gambar 3.3 <i>Flowchart Solar Tracker System</i>	13
Gambar 3.4 Konfigurasi sensor LDR.....	14
Gambar 3.5 Rancangan aplikasi Android	16
Gambar 3.6 <i>Flowchart</i> komunikasi <i>solar tracker</i> dengan <i>smartphone</i>	17
Gambar 3.7 Serial monitor IDE Arduino	17
Gambar 3.8 <i>Solar panel</i> sudut tetap	18
Gambar 4.1 Prototipe Solar Tracker	19
Gambar 4.2 Hasil tampilan aplikasi Android.....	20
Gambar 4.3 Grafik perbandingan daya <i>solar panel</i>	22
Gambar 4.4 Grafik sudut servo horizontal	24
Gambar 4.5 Grafik sudut servo vertikal	25

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Resolusi dan akurasi multimeter	10
Tabel 3.2 Algoritma Kendali.....	14
Tabel 3.3 Toleransi selisih nilai ADC.....	15
Tabel 4.1 Tegangan dan arus <i>solar panel</i>	21
Tabel 4.2 Perbandingan daya <i>solar panel</i>	21
Tabel 4.3 Nilai ADC	23

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

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 keberlangsungannya yang memadai serta bebas polusi. Energi matahari dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik dengan menggunakan *solar cell* (*solar cell*) [2]. Pengubahan energi matahari menjadi energi listrik dilakukan dengan proses yang dinamakan *photovoltaic* (PV). Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi pemanasan global dan penggunaan listrik yang berbahan bakar fosil adalah dengan menggunakan *solar cell*. Penggunaan *solar cell* ini efektif untuk digunakan di wilayah tropis seperti Indonesia. Penggunaan *solar cell* mengalami peningkatan pesat dalam beberapa tahun terakhir, 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].

Energi listrik yang dihasilkan oleh *solar panel* memiliki ketergantungan terhadap energi cahaya matahari. Semakin besar energi matahari yang mengenai *solar panel* maka semakin besar pula listrik yang dihasilkan oleh *solar panel* tersebut. 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. Setiap hari matahari bergerak dari timur menuju barat dan terbit maupun terbenam. 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].

Perangkat ini umumnya diletakkan pada tempat-tempat dengan akses yang sulit dan lokasi yang dapat mengancam keselamatan manusia. Sementara pengguna membutuhkan informasi untuk memonitor kinerja perangkat tersebut. Untuk mengantisipasi resiko yang dapat terjadi dalam mengakses informasi perangkat ini, proses komunikasi dapat dilakukan melalui komunikasi nirkabel dengan menggunakan *bluetooth*. Informasi yang diterima *bluetooth* dapat ditampilkan menggunakan aplikasi Android pada *smartphone*. Kemampuan *smartphone* untuk mengembangkan berbagai jenis aplikasi telah disajikan yang memberikan keuntungan dalam desain instrumentasi seperti yang dapat diterapkan pada perangkat *solar tracker* [5].

Berdasarkan hal tersebut, dibutuhkan alat mekanis yang dapat menggerakkan *solar panel* untuk mengikuti arah datang cahaya matahari yang selalu berpindah yang dapat dimonitor secara nirkabel. Dengan menggunakan *2 Axis Solar Tracker* dan monitor pada *smartphone*, *solar panel* dapat diposisikan secara vertikal dan horizontal untuk melacak orientasi cahaya matahari maksimum sepanjang hari yang dapat dipantau posisinya dengan mudah [6].

1.2 Rumusan Masalah

Berapa perbandingan daya yang dihasilkan *solar panel* yang menggunakan *tracker* dengan *solar panel* yang diletakkan pada posisi tetap ?

1.3 Batasan Masalah

Batas lingkup penelitian

1. Membahas perancangan prototipe perangkat *solar tracker* beserta pemrogramannya
2. Menganalisis dan membandingkan daya yang dihasilkan *solar panel* terhadap peletakan posisi *solar panel* dengan parameter yang ditentukan
3. Tidak membahas daya yang digunakan prototipe *tracker*

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mensimulasikan dan mengimplementasikan algoritma kendali yang sesuai dan efisien pada *2 axis solar tracker* yang dapat berputar dalam arah horizontal dan vertikal agar *solar panel* dapat mengikuti arah datang cahaya matahari untuk menghasilkan energi yang optimal dan dapat dimonitoring dengan mudah.

1.5 Manfaat Penelitian

Perbandingan daya listrik yang dihasilkan *solar panel* yang menggunakan *2 axis solar tracker* dengan daya yang dihasilkan *solar panel* yang diletakkan pada posisi tetap.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Penelitian mengenai *solar tracker* sudah pernah dilakukan sebelumnya. Krisna Resi (2015) membahas peran pelacak surya untuk memaksimalkan jumlah foton dari cahaya matahari yang terpancar untuk mengenai *solar cell* agar mendapatkan hasil konversi foton-listrik yang lebih optimal. Pengendalian dalam penelitian ini menggunakan implementasi logika *fuzzy*. Logika *fuzzy* merupakan aplikasi yang dapat digunakan untuk mengatasi keadaan yang ambigu pada suatu objek. Sistem yang dibuat pada penelitiannya dapat menghasilkan pelacak sumber cahaya yang berasal dari lampu halogen, namun peneliti tidak melakukan percobaan pelacakan dengan sumber cahaya matahari. Meskipun demikian, perubahan nilai frekuensi *output* sistem VSD (*Variable Speed Driver*) yang telah dirancang dapat mengikuti logika *fuzzy* yang diterapkan. Hasil perhitungan efisiensi energi dari sumber cahaya di laboratorium pada *solar cell* setelah dilakukan pelacakan meningkat signifikan berkisar di nilai 68,23% hingga 91%. Namun hasil tersebut belum melibatkan perhitungan konsumsi daya pada motor [7].

I. W. Sutaya dan K. U. Ariawan (2016) melakukan penelitian untuk menghasilkan sebuah alat *solar tracker* cerdas dengan biaya yang murah. Untuk menciptakan *solar tracker* yang cerdas dengan biaya yang murah penulis mengimplementasikan algoritma kendali cerdas dengan menggunakan mikrokontroler 8 bit ATmega8535 yang berbiaya murah. Pada penelitian ini bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa *assembly* untuk memfilter digital untuk memprogram pada *level hardware* sehingga siklus waktu bisa diperpendek dengan cara manipulasi register-register hardware. Dengan demikian *filter* digital yang diprogram ini bisa dipasang pada mikrokontroler 8 bit ATmega8535. Alat pada penelitian ini perlu dikembangkan dengan penambahan *axis* putar, sehingga menjadi 2 *axis* untuk memaksimalkan manfaatnya [8].

R. Syafrialdi dan Wildian menyatakan bahwa pergerakan matahari dapat diikuti dengan melacak perubahan arah cahaya yang dipancarkannya. Sensor cahaya yang digunakan pada penelitiannya adalah LDR (*Light Dependent Resistors*) yang dapat mengukur intensitas cahaya matahari. 2 *axis* putar digerakkan dengan *actuator* berupa 2 motor *stepper*. Setelah dilakukan pengujian dengan *solar cell* Amorphous 10 V/30 mA berdimensi 7 cm x 5,5 cm dapat disimpulkan bahwa penggunaan *solar tracker* dapat memberikan peningkatan tegangan keluaran *solar cell* hingga 11,53% dibandingkan yang statis dan tegangan maksimum keluaran *solar cell* yang menggunakan *solar tracker* adalah 11,57 V naik sebesar 1,18 V dibandingkan yang statis [9].

K. Fadhlullah (2017) melakukan perancang *solar tracking system* berbasis Arduino yang dapat bergerak mengikuti sinar matahari dan digunakan pada semua wilayah atau area, dengan menggunakan *solar tracker* yang dirancang energi matahari dapat diserap dan dihasilkan lebih optimal dibandingkan tanpa menggunakan *solar tracker*. Alat ini dapat diterapkan pada semua wilayah dan dapat membantu pemerintah dalam upaya mengatasi masalah energi terutama pengoptimalan energi alternatif. Untuk pengembangan lanjut perangkat ini perlu ditambahkan perangkat monitor agar para pengguna dapat memantau keadaan perangkat apakah dalam keadaan aktif atau tidak aktif [1].

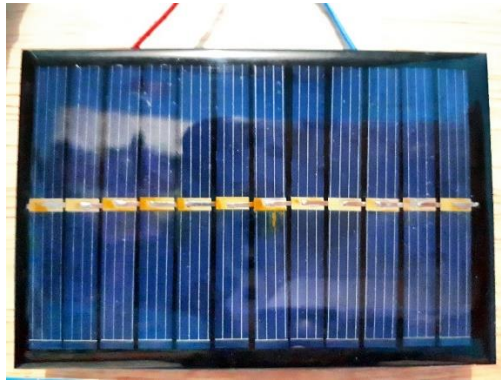
Energi listrik yang dihasilkan oleh *solar cell* memiliki ketergantungan terhadap energi cahaya matahari. Semakin besar energi matahari yang mengenai *solar cell* maka semakin besar pula listrik yang dihasilkan oleh *solar cell* tersebut. Umumnya *solar panel* diletakkan secara tetap padaudukannya. Teknik 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 cell* menjadi lebih sedikit daripada semestinya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mensimulasikan dan mengimplementasikan algoritma kontrol yang sesuai dan efisien pada *2 axis solar tracker* yang dapat berputar dalam arah horizontal dan vertikal agar *solar panel* dapat mengikuti arah datang cahaya matahari untuk menghasilkan energi yang optimal dan dapat dimonitor dengan mudah.

2.2 Tinjauan Teori

Untuk mendukung penelitian perlu adanya pemahaman-pemahaman yang berhubungan dengan percangan yang akan di lakukan. Pemahaman tersebut meliputi: Teori *solar cell*, Arduino uno, sensor LDR, motor servo dan *bluetooth* HC-05.

2.2.1 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. Oleh karena itu, *solar cell* atau *solar cell* sering disebut juga dengan sel *Photovoltaic* (PV). Sama halnya seperti baterai, *solar cell* juga dapat dirangkai secara seri maupun paralel. Pada umumnya, setiap *solar cell* menghasilkan tegangan sebesar 0,45 ~ 0,5 V dan arus listrik sebesar 0,1 A pada saat menerima cahaya yang terang. Gambar 2.1 adalah gambar *solar panel* 6 VDC yang digunakan dalam penelitian ini.

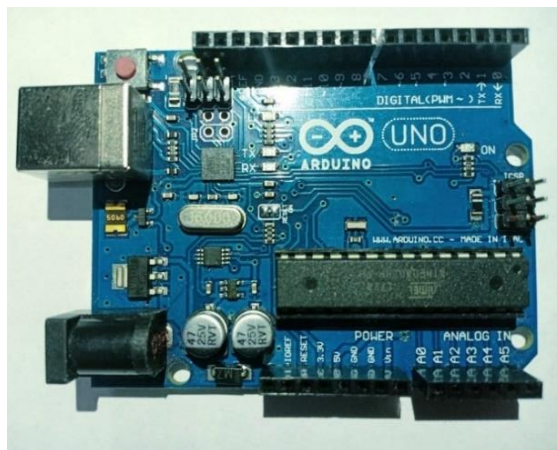


Gambar 2.1 Solar panel 6 VDC

2.2.2 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]. Arduino sebagai perangkat *hardware open source* berarti siapapun memiliki kebebasan untuk dapat membuat dan mengembangkan Arduino sendiri.

Software open source ini digunakan untuk menulis kode pemrograman, *debug error*, dan *upload* program pada mikrokontroler *board* Arduino. Arduino mendukung perangkat mikrokontroler yang dapat dihubungkan dengan komputer menggunakan kabel USB sebagai *loader* dan *port* komunikasi serial yang dapat dilihat pada Gambar 2.2.

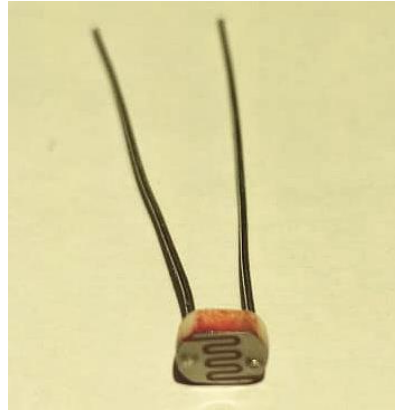


Gambar 2.2 Arduino Uno

2.2.3 Sensor LDR

Sensor LDR merupakan sebuah komponen penghambat (resistor) yang nilai hambatannya dapat berubah-ubah bergantung pada intensitas cahaya yang diterima oleh sensor ini sehingga digunakan dapat sebagai sensor cahaya. 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. Artinya pada saat cahaya terang LDR menjadi konduktor yang baik, atau bisa disebut juga LDR memiliki hambatan yang kecil pada saat cahaya terang. Sensor LDR memiliki nilai hambatan 200 Kilo Ohm pada saat dalam kondisi gelap, dan akan menurun menjadi 500 Ohm pada kondisi terang. Prinsip kerja LDR sangat sederhana tak jauh berbeda dengan variabel resistor pada umumnya. Terdapat suatu garis/jalur melengkung pada Gambar 2.3 yang berada pada sisi bagian atas sensor LDR yang menyerupai bentuk kurva.



Gambar 2.3 LDR

Jalur tersebut terbuat dari bahan *Cadmium Sulphida* (CdS) yang memiliki sifat sensitif terhadap pengaruh dari intensitas cahaya. Jalur *cadmium sulphida* dibuat berbelok-belok (melengkung) seperti kurva agar jalur tersebut dapat dibuat lebih panjang dalam tempat yang sempit.

2.2.4 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. Motor servo terdiri dari motor DC, potensiometer, dan rangkaian kendali. Potensiometer berfungsi sebagai pengatur batas maksimal dari putaran motor servo sedangkan arah putaran dan sudut dari *axis* motor servo dapat diatur berdasarkan pengaturan sinyal PWM pada pin kendali motor servo. Jenis motor servo yang digunakan dalam penelitian ini adalah motor servo Sg 90. Kecepatan reaksi motor servo Sg 90 mencapai 0,1 detik / 60 derajat (tanpa beban) dengan *supply* tegangan 4,8-6 VDC. Gambar 2.4 adalah gambar motor servo sg 90.



Gambar 2.4 Motor Servo SG 90

2.2.5 Modul *Bluetooth* HC-05

Bluetooth adalah salah satu media komunikasi data tanpa kabel (nirkabel). Tujuan utama penggunaan dari modul *bluetooth* ini adalah menggantikan komunikasi serial menggunakan kabel. 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* [10]. Modul *bluetooth* HC-05 dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Modul *bluetooth* HC-05

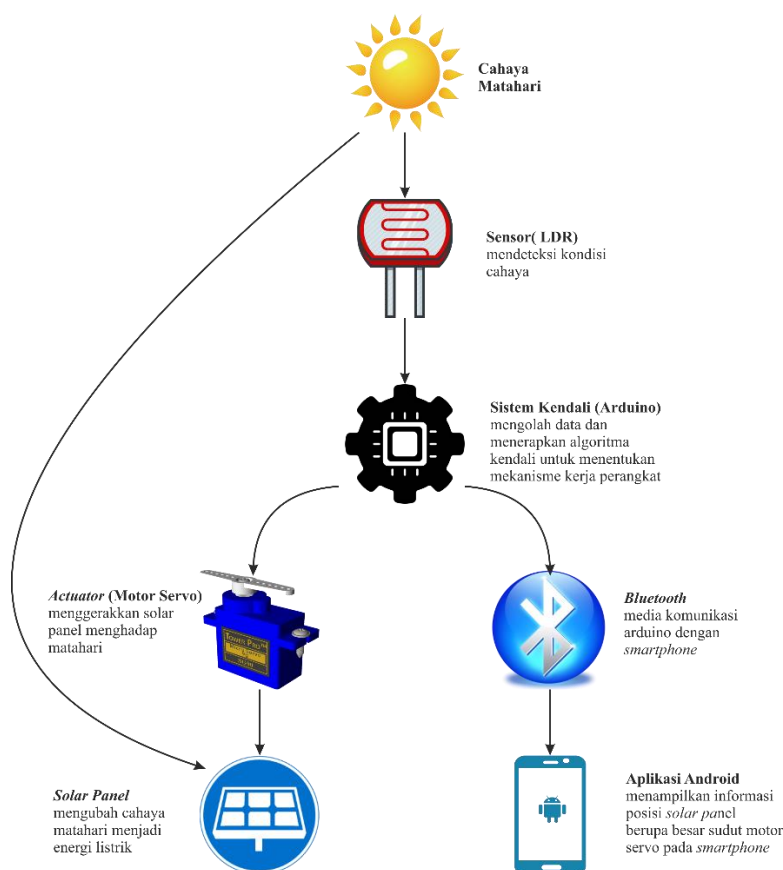
BAB 3

METODOLOGI

Berikut penjelasan perencanaan serangkaian perancangan sistem yang digunakan, cara mengimplementasikan rancangan dan cara pengujian sistem.

3.1 Bagan Umum Solar Tracker

Perancangan *solar tracker* dibuat berdasarkan bagan umum. Bagan umum pada penelitian ini berupa alur kerangka proses *solar tracker* untuk melacak posisi matahari. Dari bagan umum akan tampak mekanisme kerja *solar tracker* yang akan dirancang. Bagan umum perancangan *solar tracker* dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Bagan Umum

Dari Gambar 3.1 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 monitor* dengan *bluetooth* sebagai media komunikasi antara aplikasi *smartphone* dengan sistem kendali.

3.2 Alat Teknis Peralatan dan Alat Ukur yang Digunakan

1. Multimeter

Multimeter digunakan dalam tahap pengambilan data. Multimeter digunakan untuk mengukur arus dan tegangan yang dihasilkan *solar panel* untuk dianalisis apakah hasil dari perancangan alat ini sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Multimeter yang digunakan adalah multimeter digital dengan resolusi dan akurasi multimeter pengukuran tegangan dan arus DC ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Resolusi dan akurasi multimeter

Tegangan DC			Arus DC		
Range	Resolusi	Akurasi	Range	Resolusi	Akurasi
200 mV	100 μ V	$\pm(0,5\%+2)$	2 mA	1 μ A	$\pm(1,2\%+2)$
2 V	1 mV		20 mA	10 μ A	
20 V	10 mV		200 mA	100 μ A	$\pm(1,4\%+2)$
200 V	100 mV		20 A	10 mA	$\pm(2,0\%+2)$

2. Kompas

Kompas digunakan untuk mencari sudut *azimuth solar panel*. Sudut *azimuth solar panel* merupakan sudut peletakan *solar panel* searah dengan arah jarum jam dengan acuan arah utara dengan nilai sudut 0^0 , besar sudut *azimuth* mulai dari $0^0 - 360^0$.

3. Busur

Busur digunakan untuk menentukan posisi sudut *tilt* pada *solar panel* yang diletakkan pada posisi tetap. Sudut *tilt* adalah sudut kemiringan *solar panel* terhadap arah datang cahaya matahari sepanjang hari.

4. Sekat

Sekat diletakkan antara sensor LDR. Sekat dibuat membentuk sudut 90^0 (siku) untuk menutupi sebagian sisi sensor LDR sehingga ketika posisi cahaya yang datang tidak berada tepat di atas sensor LDR sekat akan memberikan bayangan yang jatuh mengenai sensor LDR yang membuat pembacaan ADC pada Arduino lebih peka terhadap perubahan posisi arah datang cahaya.

5. Bracket

Bracket adalah rangka pondasi peletakan motor servo. *Bracket* yang digunakan adalah *bracket pan tilt servo* yang memiliki 1 engsel agar servo dapat bergerak pada 2 *axis* putar (horizontal dan vertikal).

6. Liquid Crystal Display (LCD)

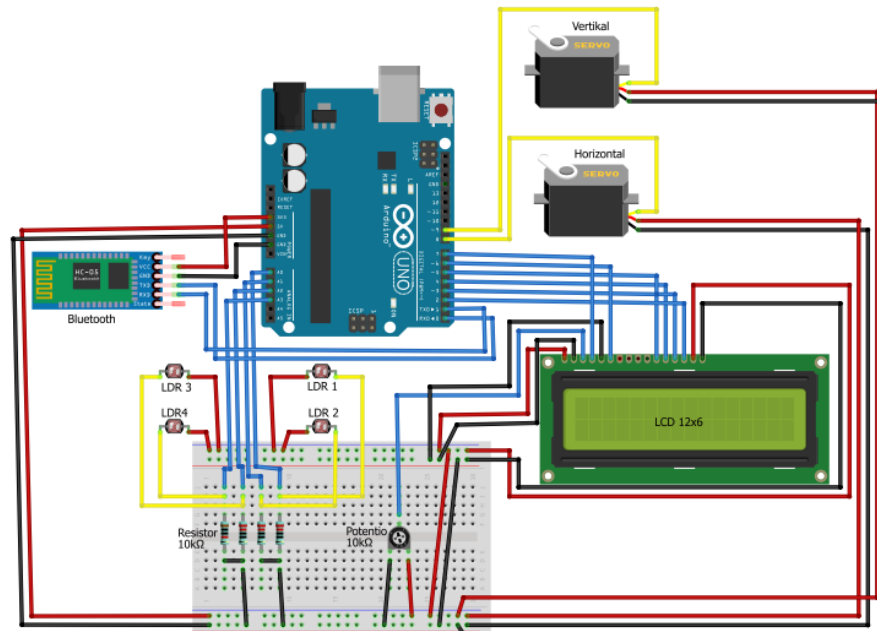
LCD merupakan perangkat yang biasa digunakan untuk menampilkan suatu simbol, angka maupun huruf. LCD yang digunakan pada alat ini adalah 16x2 yang berarti dapat menampilkan enam belas karakter dengan dua baris. Pada penelitian ini LCD berfungsi untuk menampilkan data pembacaan rata-rata ADC oleh Arduino. Data ADC tersebut ditampilkan untuk keperluan analisis.

7. Penyangga

Penyangga bertujuan untuk memposisikan bracket motor servo agar *workspace* motor servo dapat menghadapkan *solar panel* ke arah cahaya matahari sepanjang hari.

3.3 Perancangan Alat

4 buah sensor peka cahaya (LDR) ditempatkan disetiap sudut untuk membaca arah datangnya cahaya. Intensitas cahaya yang diterima sensor LDR dibaca oleh Arduino melalui pin analog dalam bentuk data ADC. Semakin besar intensitas cahaya yang diterima sensor LDR semakin besar pula nilai ADC yang dibaca Arduino. Sudut dengan nilai ADC terbesar dari sensor LDR tersebut diasumsikan sebagai sudut arah datangnya cahaya matahari, sehingga posisi sudut tersebut yang akan dituju oleh pergerakan *solar tracker* ini. Skema perangkat dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Skema Perangkat

Power supply Arduino uno dapat dialirkan melalui koneksi kabel USB, atau via *power supply* eksternal menggunakan *jack* VDC atau dapat menghubungkan langsung GND dan pin *Vin* yang ada pada *board* Arduino Uno. Arduino uno dapat beroperasi dengan *power supply* eksternal yang memiliki tegangan antara 6V sampai dengan 20V. Namun, tegangan yang di rekomendasikan

adalah 7V hingga 12V. Karena ketika di-*supply* dengan tegangan di bawah 7V arus *output* tegangan pada *board* Arduino tidak mencapai 5 VDC. Sedangkan bila di-*supply* dengan tegangan di atas 12V dapat membuat perangkat Arduino panas.

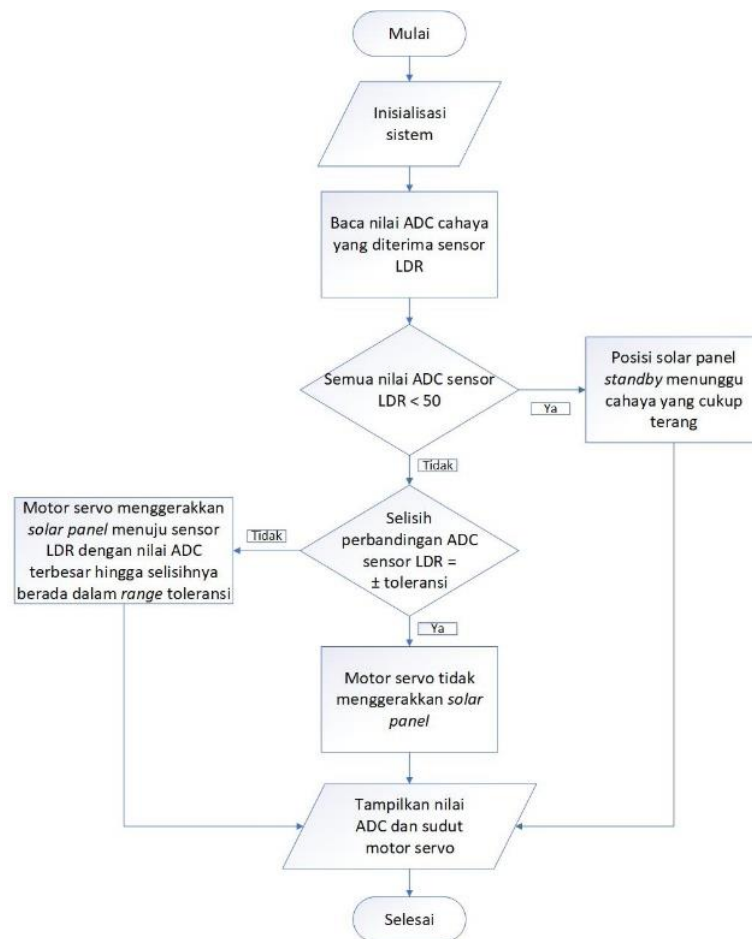
Kedua motor servo diletakkan pada *axis* (sumbu) yang berbeda, yaitu horizontal dan vertikal. Penempatan 2 *axis* ini bertujuan agar motor servo dapat menggerakkan *solar panel* mengikuti orientasi matahari. Dimana *axis* horizontal untuk memposisikan *solar panel* pada orientasi matahari dari timur ke barat dan *axis* vertikal untuk orientasi matahari terbit hingga terbenam. Motor servo dihubungkan pada pin 8 dan 9 *board* Arduino yang dapat memberikan sinyal PWM untuk menggerakkan motor servo.

Pada *bluetooth* pin Tx dihubungkan pada pin Rx, sedangkan pin Rx di hubungkan pada pin Tx Arduino. Tujuannya adalah agar saat *bluetooth* mengirim data via pin Tx, Arduino dapat menerimanya melalui pin Rx dan saat Arduino mengirim data via pin Tx, *bluetooth* dapat menerimanya melalui pin Rx.

Selain sensor LDR dan motor servo, semua perangkat diletakkan di dalam suatu wadah yang tertutup. Wadah dibuat dari bahan *acrylic* agar dapat melindungi perangkat tersebut dari panas cahaya matahari dan air hujan.

3.4 Perancangan Sistem

Pemrograman dilakukan agar perangkat dapat berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. *Software* yang digunakan untuk mengolah data Arduino adalah Arduino IDE (*Integrated Development Environment*). Bahasa pemrograman yang digunakan untuk memprogram Arduino adalah Bahasa C. 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 3.3.



Gambar 3.3 Flowchart Solar Tracker System

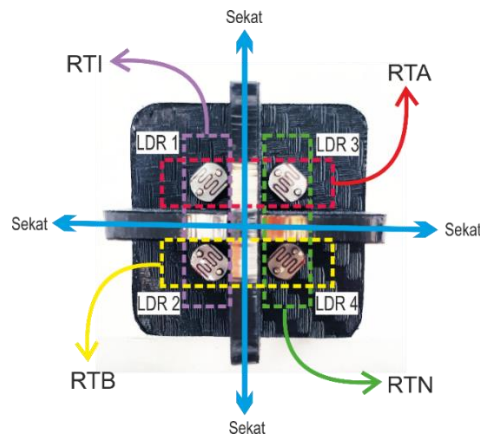
Pembacaan hambatan sensor LDR dilakukan melalui proses ADC pada mikrokontroller. Resolusi ADC pada Arduino adalah 10 bit yang berarti dapat menghasilkan maksimal 1024 data dengan rentang nilai 0-1023. Besarnya nilai ADC dapat di hitung dengan menggunakan Persamaan (3.1) [11].

$$Data\ ADC = Maksimal\ Data \times Vin \div Vref \quad (3.1)$$

Keterangan :

- Maksimal Data = 1023, karena dimulai dari 0
- V_{in} = Tegangan keluaran LDR (Volt)
- V_{ref} = Tegangan referensi ADC (Volt)

Selanjutnya mikrokontroller akan 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 Gambar 3.4.



Gambar 3.4 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 di bandingkan adalah RTA dan RTB. *Response* motor servo terhadap perbandingan rata-rata ADC setiap sisi tersebut tergantung terhadap algoritma kendali yang diterapkan, algoritma kendali dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Algoritma Kendali

Kondisi	Servo Vertikal	Servo Horizontal	Keterangan
Awal (<i>Start</i>)	60^0	180^0	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)	60^0	180^0	Kondisi <i>standby</i> menghadap matahari terbit
Nilai sudut servo $> servoLimitHigh$	<i>servoLimitHigh</i>	<i>servoLimitHigh</i>	Batas besar sudut maksimal
Nilai sudut servo $< servoLimitLow$	<i>servoLimitLow</i>	<i>servoLimitLow</i>	Batas besar sudut minimal

Berdasarkan Tabel 3.2, saat program dimulai posisi motor servo diatur pada posisi 60° (servo vertikal) dan 180° (servo horizontal). Posisi ini diasumsikan sebagai posisi sudut matahari terbit terhadap perangkat, sehingga awal mula program dimulai *solar panel* menghadap kearah matahari terbit. Posisi ini akan bertahan hingga salah satu sensor LDR mendapat cahaya yang cukup terang dengan nilai ADC 50.

Ketika salah satu sensor LDR mendapat cahaya dengan nilai LDR lebih dari 50, maka mikrokontroller memerintahkan motor servo untuk menggerakkan *solar panel*. Ketika malam hari (gelap) dengan nilai ADC setiap sensor kurang dari 50, poisisi sudut motor servo dikembalikan pada posisi semula yaitu pada posisi 60° (servo vertikal) dan 180° (servo horizontal) dalam keadaan *standby*. Pada program juga ditambahkan nilai *Servo Limit High* dan *Servo Limit Low* untuk membatasi nilai sudut yang diatur mikrokontroller untuk motor servo. Pergerakan motor servo diatur oleh mikrokontroller dengan memberikan nilai sudut sebagai posisi yang dituju oleh motor servo. Kedua motor servo yang digunakan memiliki *range* putaran 0° - 180° . Jika 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 perbedaan 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 3.3.

Tabel 3.3 Toleransi selisih nilai ADC

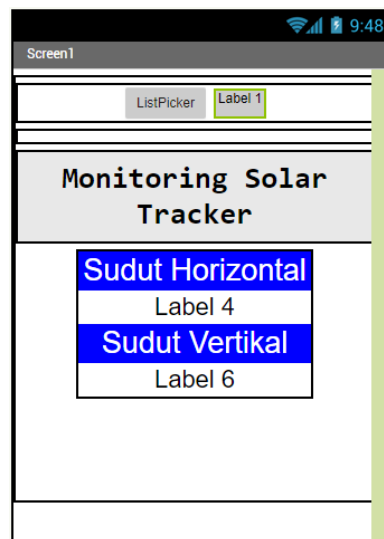
Kondisi	Nilai ADC sensor	Toleransi	Keterangan
1	≥ 990	± 2	Cerah
2	≤ 990 dan ≥ 850	± 5	berawan tipis
3	≥ 850	± 10	berawan tebal

Nilai toleransi yang yang ditunjukkan Tabel 3.3 dibuat berdasarkan kondisi cahaya matahari. Ketika cerah, cahaya matahari akan memberikan bayangan yang sangat jelas oleh sekat yang membuat selisih perbandingan nilai ADC sangat jelas yang memungkinkan motor servo dapat mencari posisi dengan selisih perbandingan ADC yang kecil, pada kondisi ini toleransi yang digunakan bernilai kecil pula, yaitu hanya sebesar 2. Ketika cahaya matahari ditutupi awan tipis maka bayangan yang diberikan oleh sekat sedikit samar sehingga selisih perbandingan ADC lebih

sukar dibaca bila dibandingkan pada kondisi cerah. Dan ketika cahaya matahari ditutupi awan tebal selisih perbandingan ADC akan sulit dibaca karena bayangan sangat tipis bahkan tidak dapat dilihat oleh mata sehingga nilai toleransi yang diberikan cukup besar yaitu 10.

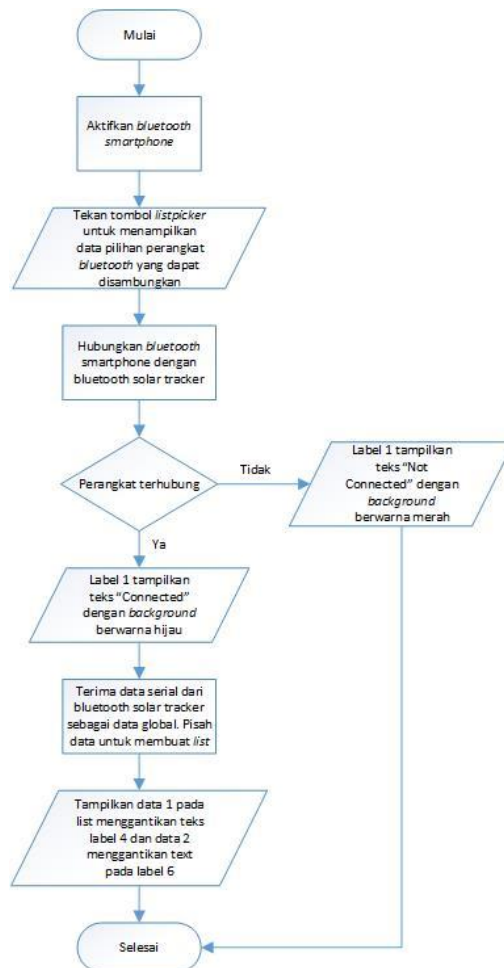
Data nilai ADC kemudian ditampilkan sebagai data serial yang dapat ditampilkan pada LCD untuk keperluan monitor. Penulisan karakter diatur pada program mikrokontroler dengan mengatur posisi karakter dalam baris dan kolom yang tersedia pada LCD yang diinisialisasi sebagai x (baris) dan y (kolom). Monitor data ADC dilakukan untuk mempermudah pengguna mengetahui dan menganalisis ketika komponen sensor pada perangkat *solar tracker* ketika terjadi masalah.

Data sudut motor servo dibaca sebagai data serial yang dapat ditampilkan pada serial monitor software IDE Arduino. Kemudian data tersebut dapat dikirimkan ke modul *bluetooth* HC-05. Data yang diterima oleh *bluetooth* ditampilkan pada *smartphone* dengan aplikasi Android. Aplikasi Android dibuat pada web MIT App Inventor. Perancangan aplikasi Android pada web berupa desain tampilan dan perancangan program. Desain tampilan dapat dilihat pada Gambar 3.5.



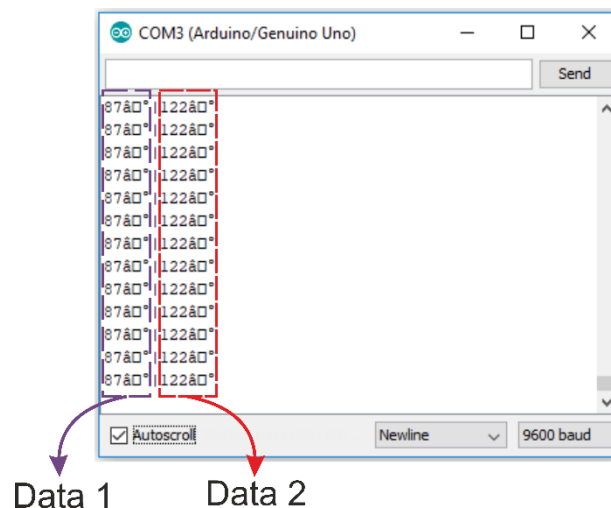
Gambar 3.5 Rancangan aplikasi Android

Saat aplikasi dijalankan label 1, 4, dan 5 yang terlihat seperti Gambar 4.2 akan diubah berdasarkan desain blok yang dibuat pada web MIT App Inventor. Desain blok tersebut merupakan program yang mengatur teknis tampilan aplikasi Android tersebut. Mekanisme blok pada aplikasi tersebut dapat dilihat pada gambar Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Flowchart komunikasi solar tracker dengan smartphone

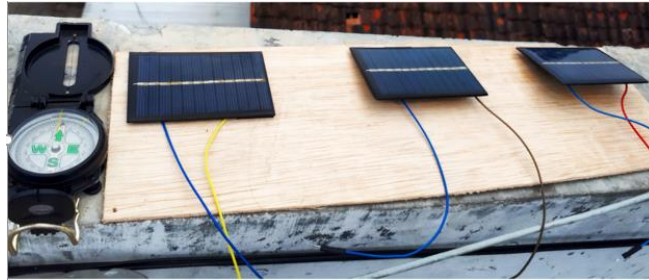
Dari gambar Gambar 3.6 dapat diketahui bahwa data yang masuk berupa data global pada serial monitor Arduino. Data tersebut dipisahkan dengan karakter *pipe* “|” agar dapat dibuat *list* data. Data yang dikirim Arduino adalah data besar sudut servo horizontal (data 1) dan servo vertikal data 2). Kemudian data tersebut ditempatkan ke alamatnya masing-masing, yaitu data 1 pada Label 4 dan data 2 pada Label 6. Data pada serial monitor *software* IDE Arduino yang dipisah oleh karakter “|” dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Serial monitor IDE Arduino

3.5 Sistem Analisis

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° dimana *solar panel* diletakkan menghadap utara menghadap garis khatulistiwa seperti yang terlihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 *Solar panel* sudut tetap

Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Duffie dan Beckmen dimana untuk sudut *azimuth* yang paling optimal untuk belahan bumi selatan sebesar 180° [12]. Sedangkan sudut *tilt* divariasikan dengan sudut 0° , 10° dan 20° , karena dalam satu tahun sudut *tilt solar panel* yang paling optimal untuk menangkap cahaya matahari berbeda-beda berkisar antara 0° - 24° [12].

Selanjutnya pengambilan data tegangan dan arus dari setiap *solar panel* dilakukan dengan pengukuran manual menggunakan multimeter digital. Pengambilan data tegangan dan arus dilakukan setiap jam sekali pada pukul 06.00 hingga 18.00 WIB. Sedangkan data daya didapat dengan hasil perhitungan menggunakan Persamaan (3.2) [13].

$$P = I \times V \quad (3.2)$$

Keterangan :

P = Daya (watt)

I = Arus (Ampere)

V = Tegangan (Volt)

Data daya digunakan untuk membandingkan total *output* yang dihasilkan pada setiap *solar panel*. Perbandingan tersebut dianalisis untuk mengetahui apakah dengan menggunakan *solar tracker* dapat mengoptimalkan kinerja *solar panel* untuk menghasilkan listrik.

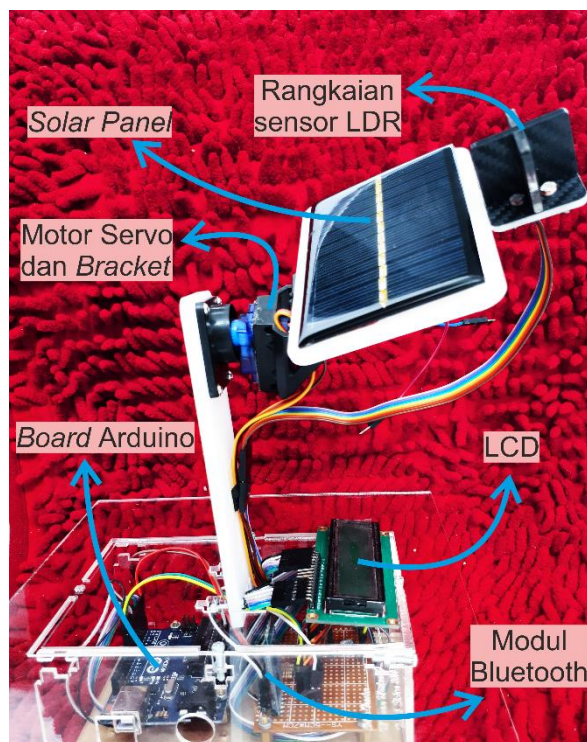
Nilai ADC pada setiap sensor LDR serta posisi motor berupa sudut ditampilkan pada serial monitor *software* IDE Arduino. Data sudut motor servo kemudian dibandingkan dengan sudut arah datang cahaya matahari untuk menganalisis berapa persen *error solar tracker* dalam melacak cahaya matahari.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan

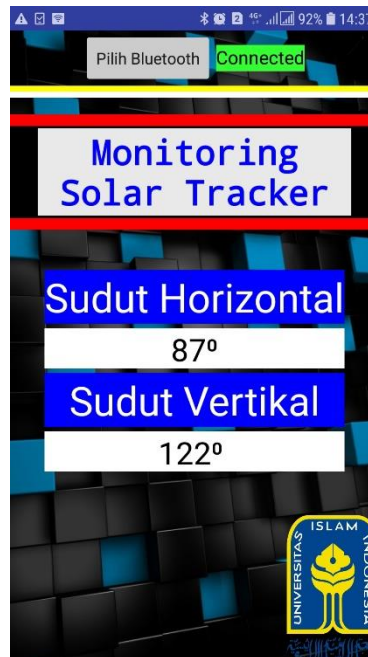
Perangkat yang menjadi beban motor servo berbahan yang memiliki berat ringan. Karna meskipun *actuator solar tracker* (motor servo) memiliki maksimum torsi sebesar 1.2 kgcm tidak mampu mengangkat beban lebih dari 0,24 kg karena lengan pan *tilt* sebagai *bracket* (penampang) tempat menyangga motor servo vertikal memiliki panjang total 5 cm. Gambar 4.1 adalah tampilan prototipe *solar tracker* yang perancangan pada penelitian ini.



Gambar 4.1 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 4.2 adalah tampilan aplikasi Android yang menampilkan informasi sudut kedua motor servo.



Gambar 4.2 Hasil tampilan aplikasi Android

Gambar 4.2 adalah tampilan monitoring posisi *solar tracker* dari Arduino yang data serial monitor pada *software* IDE Arduinonya dapat dilihat pada Gambar 3.7. 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. Jarak maksimal didapat dari pengujian langsung dengan mencoba menghubungkan kedua perangkat pada kondisi tanpa penghalang seperti tembok. Koneksi keduanya masih terhubung hingga jarak 15 meter dan mulai terputus-putus pada jarak 16 meter.

4.2 Hasil Pengukuran

Setiap kali pengukuran *solar panel* yang menggunakan *solar tracker* memiliki *output* tegangan dan arus listrik yang paling besar yang berarti menghasilkan *output* daya yang besar pula. Data hasil pengukuran manual *output* tegangan dan arus menggunakan multimeter digital dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Tegangan dan arus *solar panel*

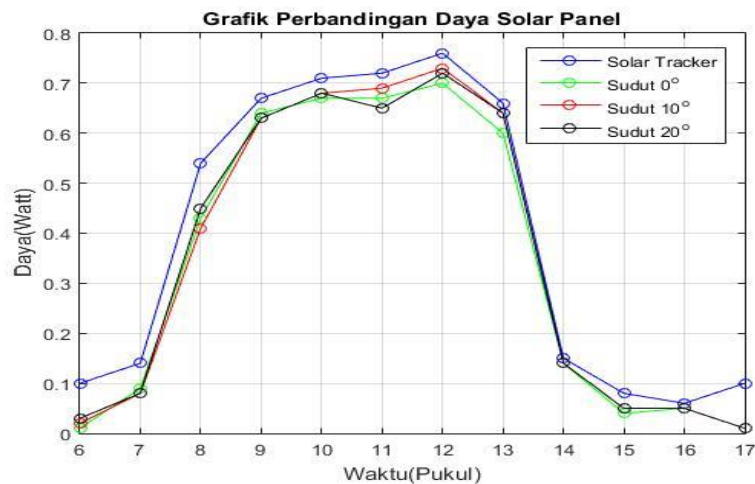
Waktu (Pukul)	Tegangan yang dihasilkan <i>solar cell</i> (V)				Arus yang dihasilkan <i>solar cell</i> (mA)				Keterangan
	Tracker	Posisi Tetap			Tracker	Posisi Tetap			
		0°	10°	20°		0°	10°	20°	
06.00	6,37	5,54	5,49	5,68	16,40	2,60	3,00	4,50	cerah
07.00	6,31	6,26	6,26	6,24	35,60	14,90	13,20	12,30	cerah
08.00	6,92	6,70	6,62	6,79	78,00	64,60	62,40	65,70	cerah
09.00	6,84	6,73	6,55	6,65	97,80	95,50	96,60	94,70	cerah
10.00	6,94	6,71	6,66	6,71	102,30	100,20	101,90	101,20	cerah
11.00	6,67	6,52	6,47	6,59	107,80	103,10	107,10	99,00	cerah
12.00	6,55	6,37	6,37	6,47	115,60	109,50	115,30	110,80	cerah
13.00	6,73	6,36	6,61	6,70	98,20	94,20	96,80	95,10	cerah
14.00	6,15	5,99	5,98	6,15	24,20	22,90	23,20	22,00	berawan
15.00	5,70	5,23	5,33	5,58	13,40	8,20	8,50	9,20	berawan
16.00	5,40	5,43	5,44	5,64	10,74	9,60	9,50	9,30	berawan
17.00	6,21	5,78	5,84	5,32	15,40	2,30	2,30	2,13	cerah

Dari data Tabel 4.1 dapat dilihat untuk *solar panel* yang diletakkan pada posisi tetap *output* tegangan terbesar adalah *solar panel* dengan sudut *tilt* 10°. Setelah dihitung dengan Persamaan (3.1) *solar panel* yang menggunakan *solar tracker* lebih banyak menghasilkan daya listrik yang ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Perbandingan daya *solar panel*

Waktu (Pukul)	Daya yang dihasilkan <i>solar cell</i> (watt)				Keterangan
	Tracker	Posisi tetap			
		0°	10°	20°	
06.00	0,10	0,01	0,02	0,03	cerah
07.00	0,14	0,09	0,08	0,08	cerah
08.00	0,54	0,43	0,41	0,45	cerah
09.00	0,67	0,64	0,63	0,63	cerah
10.00	0,71	0,67	0,68	0,68	cerah
11.00	0,72	0,67	0,69	0,65	cerah
12.00	0,76	0,70	0,73	0,72	cerah
13.00	0,66	0,60	0,64	0,64	cerah
14.00	0,15	0,14	0,14	0,14	berawan
15.00	0,08	0,04	0,05	0,05	berawan
16.00	0,06	0,05	0,05	0,05	berawan
17.00	0,10	0,01	0,01	0,01	cerah

Untuk *solar panel* yang diletakkan pada posisi tetap sudut *tilt* 10° adalah sudut yang paling optimal untuk menghasilkan listrik dibandingkan sudut lainnya (sudut 0° dan 20°) yang diuji dalam percobaan ini. Setelah melakukan perhitungan rata-rata daya listrik dari data yang dihasilkan setiap *solar panel* terlihat bahwa *solar panel* yang menggunakan *solar tracker* menghasilkan daya 11,57% lebih besar dibandingkan *solar panel* yang diletakkan pada posisi tetap dengan sudut *tilt* paling optimal (*tilt* 10°). Grafik *output* daya tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik perbandingan daya *solar panel*

Pada pukul 06.00-08.00 selisih daya yang dihasilkan *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 semestinya 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. Perbedaan ini lah yang membuat *solar panel* dengan *tracker* memiliki *output* daya yang lebih besar. Sedangkan ketika pukul 06.00-08.00 dan 15.00-17.00 selisih *output* daya semestinya lebih besar dibandingkan pukul 09.00-14.00. Ketika pukul 06.00-08.00 arah datang cahaya matahari dari sisi kanan *solar panel* (timur) dan ketika pukul 15.00-17.00 arah datang cahaya matahari berada di sisi kiri *solar panel* (barat) yang diletakkan pada posisi tetap. Sehingga cahaya matahari yang diterima *solar panel* pada posisi tetap sangat kecil dibandingkan *solar panel* yang menggunakan *solar tracker* yang menghadap cahaya matahari. Namun karna saat pengambilan data pada pukul 14.00-16.00 cuaca berawan, perbedaan

daya yang dihasilkan *solar panel* yang menggunakan *tracker* dengan yang diletakkan pada posisi tetap hanya terlihat sedikit.

4.3 Nilai ADC

Tabel 4.3 Nilai ADC

Waktu (Pukul)	Nilai ADC				Keterangan
	RTA	RTB	RTN	RTI	
06.00	948	945	944	948	cerah
07.00	980	982	982	983	cerah
08.00	983	980	983	980	cerah
09.00	988	985	989	985	cerah
10.00	910	918	910	918	cerah
11.00	990	992	991	992	cerah
12.00	984	988	986	987	cerah
13.00	991	991	990	991	cerah
14.00	992	991	992	991	berawan
15.00	974	971	973	972	berawan
16.00	982	984	981	985	berawan
17.00	909	909	911	907	cerah

Dari data Tabel 4.3 dapat di lihat maksimal selisih nilai ADC pada setiap sensor LDR dari pukul 06.00-17.00 bervariasi. Ini disebabkan karna pemberian nilai toleransi pada algoritma kendali program mikrokontroller yang bervariasi. Saat cerah nilai baca ADC sensor lebih dari 990 sehingga nilai toleransi yang diterapkan sebesar 2. Pada saat tersebut toleransi yang kecil ini memungkinkan motor servo untuk megarahkan *solar panel* pada posisi tegak lurus menghadap matahari. Bayangan yang dihasilkan oleh sekat saat cerah membuat pemnbacaan sensor LDR sangat akurat berkat bayangan menjadi sangat jelas dan jatuh pada permukaan sensor LDR saat posisi seluruh sensor LDR tidak menghadap cahaya matahari.

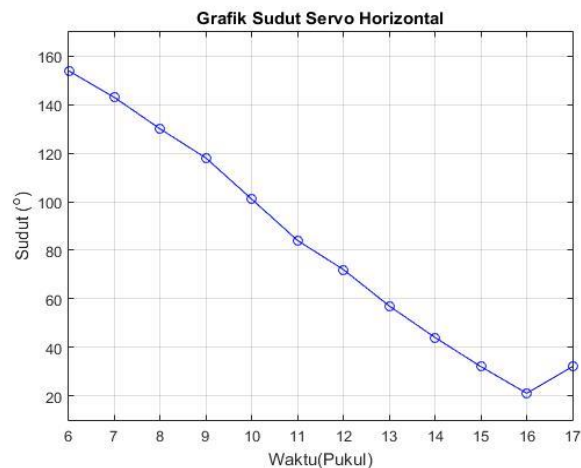
Ketika matahari ditutupi awan tipis, nilai ADC sensor berada pada rentang nilai ≤ 990 dan ≥ 850 . Pada kondisi ini bayangan yang dihasilkan sekat tidak sejelas pada kondisi cerah. Sehingga pada kondisi ini toleransi yang diterapkan lebih besar dari kondisi cerah yaitu bernilai 5. Jika pada kondisi ini menggunakan toleransi sebesar 2 solar panel selalu bergerak mengkoreksi posisinya dan bahkan ketika mendapat cahaya pantulan posisi *solar panel* menjadi menghadap ke arah pantulan cahaya dimana arah tersebut bukan arah posisi cahaya matahari langsung, hal ini dikarenakan pada kondisi ini nilai selisih perbandingan ADC selalu lebih dari 2 dan kurang dari 10 dan cahaya pantul membuat bayangan di salah satu sisi lebih jelas. Pada kondisi ini solar panel tidak persis menghadap matahari, terdapat sedikit *error* pada sudut yang dibentuk motor servo

karena toleransi yang digunakan cukup besar. Umumnya teknis untuk kondisi berawan tebal sama halnya seperti berawan tipis. Pada kondisi awan tebal nilai toleransi yang diterapkan lebih besar yaitu 10 karena bayangan yang dihasilkan oleh sekat hampir tidak dapat dilihat.

Pada pukul 18.00 ADC setiap pembacaan sensor LDR kurang dari 50. Ketika nilai ADC dari setiap sensor kurang dari 50 *solar tracker* tidak lagi melacak cahaya dan kembali ke posisi awal (*standby*).

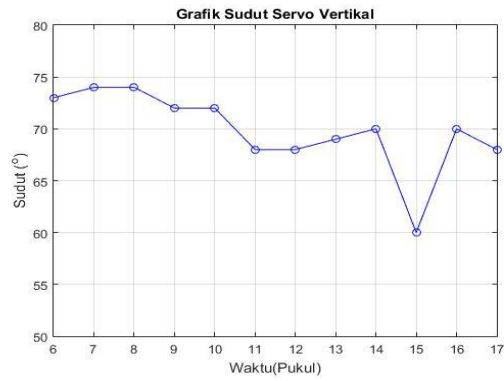
4.4 Sudut

Tujuan penelitian untuk membuat perangkat dinamis dapat dicapai dengan *2 axis solar tracker* yang dirancang pada skripsi ini. Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 membuktikan kinerja *solar tracker* dapat melacak posisi matahari memposisikan *solar panel* menghadap matahari meski terdapat sedikit *error* pada saat kondisi berawan.



Gambar 4.4 Grafik sudut servo horizontal

Gambar 4.4 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° lalu pada siang hari (pukul 12.00) 72° dan pada sore hari (16.00) 32° 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 4.5 Grafik sudut servo vertikal

Gambar 4.5 menunjukkan grafik sudut motor servo vertikal yang pada kondisi cerah berkisar antara 74° - 68° . Saat berawan yaitu pada pukul 15.00 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.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 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% (dalam satuan watt) dibandingkan *solar panel* yang diletakkan pada posisi tetap.
3. *Solar panel* yang diletakkan pada posisi tetap dengan sudut *tilt* 10^0 yang memiliki *output* daya yang lebih besar dibandingkan dengan sudut *tilt* 0^0 dan 20^0 .
4. Jarak maksimal perangkat *smartphone* dengan perangkat *solar tracker* yang dapat dijangkau oleh koneksi *bluetooth* kedua perangkat adalah 15 meter.

5.2 Saran

1. Penambahan *solar panel controller* agar informasi *output solar panel* dapat dimonitor dan dapat diputus ketika batre (penyimpan) penuh.
2. Menggunakan komponen yang tahan terhadap panas matahari, serta menutup kotak perangkat agar air tidak masuk saat hujan yang dapat merusak komponen

DAFTAR PUSTAKA

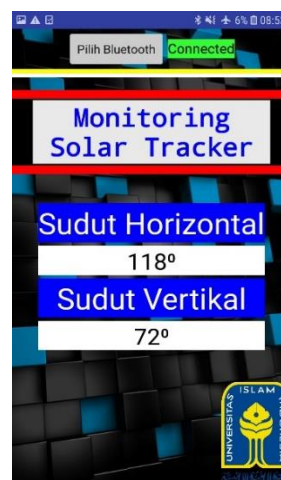
- [1] K. Fadhlullah, "Solar Tracking System Berbasis Arduino," Repositori UIN Alauddin, 2017.
- [2] Y. Hu, H. Shen, dan Y. Yao, "A Novel Sun-Tracking and Target-Aiming Method to Improve the Concentration Efficiency of Solar Central Receiver Systems," *Renew. Energy*, vol. 120, hal. 98–113, 2018.
- [3] 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," *Eeccis*, 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.
- [7] K. Resi, "Pembuatan Penggerak Panel Surya untuk Mengikuti Gerak Matahari dengan Menggunakan Logika Fuzzy," *J. Otomasi Kontrol dan Instrumentasi*, vol. 5, no. 1, hal. 47–56, 2015.
- [8] I. W. Sutaya dan K. U. Ariawan, "Solar Tracker Cerdas dan Murah Berbasis Mikrokontroler 8 BIT ATmega8535," vol. 5, no. 1, hal. 683–696, 2016.
- [9] R. Syafrialdi dan Wildian, "Rancang Bangun Solar Tracker Berbasis ATmega8535 dengan Sensor LDR dan Penampil LCD," vol. 4, no. 2, hal. 113–122, 2015.
- [10] D. Pratama, D. A. Hakim, Y. Prasetya, N. R. Febriandika, M. Trijati, dan U. Fadlilah, "Rancang Bangun Alat dan Aplikasi untuk Para Penyandang Tunanetra Berbasis Smartphone Android," *Khazanah Inform. J. Ilmu Komput. dan Inform.*, vol. 2, no. 1, hal. 14–19, 2016.
- [11] S. B. Sutikno, M. Aswin, M. Rusli, dan A. D. B. Sistem, "Perangkat Pembacaan Data Analog Peralatan Industri Dengan Komunikasi Standard RS-485," vol. 1, no. 1, hal. 1–7, 2007.
- [12] D. L. Pangestuningtyas, Hermawan, dan Karnoto, "Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Terhadap Radiasi Matahari Yang Diterima Oleh Panel Surya Tipe Larik Tetap," *Transient*, vol. 2, hal. 0–7, 2013.
- [13] S. Yuliananda, G. Sarya, dan R. R. Hastijanti, "Pengaruh perubahan intensitas matahari terhadap daya keluaran panel surya," *J. Pengabd. LPPM Untag Surabaya*, vol. 01, no. 02, hal. 193–202, 2015.

LAMPIRAN

1. Gambar posisi solar panel saat pukul 09.00



2. Tampilan Aplikasi Android saat pukul 09.00



3. Gambar dokumentasi pengukuran pukul 11.00



4. Gambar percobaan keluaran sensor LDR

