

# PERANCANGAN SISTEM SOLAR TRACKING DUAL AXIS UNTUK OPTIMASI PANEL SURYA MENGGUNAKAN SENSOR LDR DAN GYROSCOPE BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)

Meiko Pardawantara <sup>1)</sup>, Fery Antony, S.T.,M.Kom <sup>2)</sup>, Rachmansyah.,M.Kom <sup>3)</sup>

Program Studi Sistem Komputer UNIVERSITAS INDO GLOBAL MANDIRI

Jl. Jend Sudirman No. 629, Palembang 30129, Sumatera Selatan

Email: 2018310027@students.uigm.ac.id <sup>1)</sup>, feryantony@uigm.ac.id <sup>2)</sup>, rachmansyah@uigm.ac.id <sup>3)</sup>

## ABSTRAK

Sistem instalasi *solar tracking dual axis* merupakan sebuah sistem yang mampu untuk menggerakkan panel surya untuk selalu mengikuti pergerakan dari sumber cahaya secara otomatis. Pergerakan dari sistem *solar tracking dual axis* memiliki dua arah pergerakan yaitu secara horizontal dan vertical. Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan sistem instalasi *solar tracking dual axis* yang mampu menggerakkan panel surya secara otomatis agar selalu dapat mengikuti gerak dari sumber cahaya. Sistem ini dilengkapi dengan sensor light dependent resistor yang mampu mendeteksi sumber cahaya, sensor BNO055 (gyroscope) untuk mengetahui sudut dari solar panel, arduino uno yang berfungsi sebagai sistem kontrol dari sistem *solar tracking dual axis*, sensor arus dan tegangan yang bertujuan untuk mengetahui arus serta tegangan dari solar panel yang masuk ke load, serta memiliki NodeMCU ESP8266 sebagai media komunikasi dengan website monitoring sistem solar tracker. Selain itu sistem ini juga dilengkapi dengan *solar charge controller* yang berfungsi untuk mengontrol arus pengisian dan arus yang disupply ke beban. Hasil dari penelitian ini diketahui bahwa sistem *solar tracking dual axis* yang telah di rancang dan diimplementasikan mampu untuk menggerakkan panel surya untuk selalu tegak lurus dengan arah datangnya sumber cahaya. Sistem ini lebih efisien untuk meningkatkan hasil energi yang di hasilkan oleh panel surya dibandingkan dengan menempatkan panel surya pada sudut elevasi tertentu.

**Kata Kunci :** Arduino Uno, Gyroscope, *Light Dependent Resistor*, *Solar tracking dual axis*, Website

## ABSTRACT

*The dual axis solar tracking installation system is a system that is able to move solar panels to always follow the movement of the light source automatically. The movement of the dual axis solar tracking system has two directions of movement, namely horizontally and vertically. The aim of this research is to produce a dual axis solar tracking installation system that is able to move solar panels automatically so that they can always follow the movement of the light source. This system is equipped with a light dependent resistor sensor which is capable of detecting light sources, BNO055 sensor (gyroscope) to determine the angle of the solar panel, Arduino Uno which functions as a control system for the dual axis solar tracking system, current and voltage sensors which aim to determine current and the voltage from the solar panel that goes into the load, and has the NodeMCU ESP8266 as a communication medium with the solar tracker system monitoring website. In addition, this system is also equipped with a solar charge controller which functions to control the charging current and the current supplied to the load. The results of this study showed that the dual axis solar tracking system that has been designed and implemented is able to move the solar panels to always be perpendicular to the direction of the light source. This system is more efficient for increasing the energy yield produced by solar panels compared to placing solar panels at a certain elevation angle.*

**Keywords :** Arduino Uno, Gyroscope, *Light Dependent Resistor*, *Solar tracking dual axis*, Website

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Listrik telah menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari kehidupan manusia. Hampir semua aktivitas manusia, baik di rumah tangga, perkantoran, maupun industri sangat bergantung pada energi listrik.

Di Indonesia sendiri, Listrik sudah sepenuhnya disediakan oleh PLN, Namun hal tersebut memiliki beberapa keterbatasan antara lain seringnya ada pemadaman listrik karena faktor teknis dan alam,

selain itu belum semua wilayah di Indonesia dapat tercover listrik PLN, dan harga tarif dasar listrik setiap tahun naik, serta isu lingkungan.

Untuk memenuhi kebutuhan yang semakin meningkat dan mengatasi keterbatasan akan listrik yang ada, diperlukan pengembangan sumber daya energi, yang berupa fosil maupun terbarukan. Pemanfaatan energi surya sebagai sumber alternatif bagi pemenuhan kebutuhan listrik di Indonesia

sangatlah tepat mengingat letak geografis yang berada di daerah tropis dengan panas matahari tersedia sepanjang tahun.

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 datangnya 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*.

Lokasi penelitian ini berada di Desa Petaling, Kec. Banyuasin III, Kab. Banyuasin, Sumatera Selatan. Dengan Garis Lintang (Latitude) - 2.934611, dan Garis Bujur (Longitude) 104.304395 atau Titik Koordinat Derajat, Menit dan Detik (DMS) yaitu 2°56'04.6"S 104°18'15.8"E.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah dalam penulisan ini adalah sebagai berikut:

1. Cara merancang dan membuat sistem *solar tracker dual axis* menggunakan sensor LDR dan Gyroscope berbasis Internet Of Things.
2. Desain mekanik *solar tracker* yang dipakai.
3. Membandingkan energi listrik yang diterima panel surya sebelum dan setelah melewati Solar Charge Controller.

## 1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

A. Adapun tujuan penelitian dari peneliti yaitu:

1. Dapat merancang dan membangun sistem *solar tracker dual axis* menggunakan sensor LDR dan Gyroscope berbasis Internet Of Things.
2. Dapat merancang dan membuat desain mekanik *solar tracker*.
3. Mengetahui perbandingan energi listrik yang diterima panel surya sebelum dan setelah melewati Solar Charge Controller.

B. Adapun manfaat penelitian dari peneliti yaitu:

1. Sebagai referensi untuk peneliti-peneliti selanjutnya agar perkembangan teknologi semakin luas.
2. Dapat menghasilkan alat yang mempermudah untuk mendapatkan sinar matahari yang optimal tanpa harus memindahkan panel surya secara manual.
3. Untuk dapat membantu masyarakat dalam mengatasi masalah energi terutama dalam bidang alternatif.

## 2. PEMBAHASAN

### 2.1 Solar Cell & Panel Surya.

Sel surya (*solar cell*) atau yang disebut juga (*photovoltaic*) adalah *semiconductor* yang dapat mengubah energi matahari secara langsung menjadi energi listrik DC (arus searah) dengan menggunakan kristal *Si (silicon)* yang tipis. Sedangkan Panel surya merupakan gabungan dari beberapa modul surya dan merupakan pembangkit listrik yang mampu mengkonversi penyinaran matahari yang diubah menjadi arus listrik. [1]

Jenis-jenis sel surya digolongkan berdasarkan teknologi pembuatannya. Secara garis besar sel surya dibagi dalam tiga jenis, yaitu Polycrystalline, Monocrystalline, Thin Film Solar Cell (TFSC).

### 2.2 Solar Tracker

Perangkat Solar Tracker berfungsi untuk mengikuti pergerakan matahari dan mengatur panel surya agar selalu menghadap ke arah matahari. Dalam penggunaannya, Solar Tracker dapat digabungkan dengan panel surya untuk meningkatkan produksi energi.[2]

Terdapat dua jenis sistem tracking yang dapat dipilih, yaitu single axis tracking system dan dual axis tracking system. Perbedaan antara kedua sistem tersebut terletak pada jumlah sumbu yang digunakan. Single axis tracking system hanya menggunakan satu sumbu sehingga gerakannya terbatas pada satu arah. Sementara itu, dual axis tracking system menggunakan dua sumbu, sumbu x untuk pergerakan horizontal dan sumbu y untuk pergerakan vertical.[3]

### 2.3 Internet Of Things

*Internet of Things* (IoT) merupakan suatu jaringan yang menghubungkan berbagai objek yang memiliki identitas pengenalan serta alamat IP, sehingga dapat saling berkomunikasi dan bertukar informasi mengenai dirinya maupun lingkungan yang ada di inderanya. *Internet of Things* bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus. [4]

### 2.4 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan suatu komputer mikro dalam satu chip tunggal. Mikrokontroler menggabungkan antara *CPU, ROM, RAM, I/O paralel, I/O seri, counter-timer*, dan rangkaian *clock* menjadi sebuah *chip*. Prinsip kerja dari mikrokontroler yaitu membaca dan menulis data.[5]

#### 1. Arduino Uno

Arduino adalah pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open source*, diturunkan dari *wiring platform*, dirancang untuk memudahkan untuk penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Hardwarenya memiliki prosesor Atmel AVR dan softwarenya memiliki bahasa pemrograman sendiri.[3]

## 2. NodeMCU ESP8266

NodeMCU adalah sebuah *board* elektronik yang berbasis chip ESP8266 sebuah platform *IoT* yang bersifat *open source* dengan kemampuan menjalankan fungsi mikrokontroler dan juga koneksi internet (*WiFi*), Terdapat beberapa pin *I/O* sehingga dapat dikembangkan menjadi sebuah aplikasi *monitoring* maupun *controlling* pada proyek *IOT*. [6]

## 2.5 Sensor

### 1. Sensor Cahaya LDR

*Light Dependent Resistor* atau *photoresistor* merupakan sensor yang merespon intensitas cahaya dan mengubahnya menjadi tahanan. [3]

### 2. Sensor BNO055

Sensor BNO055 adalah sebuah sensor inersial yang menggabungkan informasi dari tiga jenis sensor yaitu akselerometer, giroskop, dan magnetometer untuk mengukur orientasi suatu objek atau perangkat dalam ruang tiga dimensi.

### 3. Sensor INA219

INA219 merupakan modul sensor yang dapat memonitoring tegangan dan arus serta daya pada suatu rangkaian listrik. [7]

### 4. Motor Servo

Motor servo adalah motor DC yang mempunyai kualitas tinggi. Motor servo sering digunakan pada kontrol loop tertutup, sehingga dapat menangani perubahan posisi secara tetap juga pengaturan kecepatan. [5]

## 2.6 Solar Charge Controller

Fungsi dari komponen ini adalah untuk menjaga agar baterai tidak kelebihan tegangan (*over charger*) dengan begitu maka akan memperawet umur baterai.[2]

Solar Charge Controller terbagi menjadi 2 jenis. Yaitu MPPT (Maximum Power Point Tracking) dan PWM (Pulse Width Modulation). MPPT mampu menyesuaikan tegangan input dan arus output untuk mengoptimalkan daya yang dihasilkan oleh panel surya. Sementara itu, PWM mengatur tegangan input dengan cara memotong sinyal DC secara periodik untuk menjaga kestabilan baterai.[8]

## 2.7 Baterai / Akumulator

Baterai atau *Accu* merupakan alat penyimpanan energi listrik melalui proses elektrokimia. Proses elektrokimia adalah proses terjadinya perubahan kimia menjadi listrik (proses pengosongan) dan listrik menjadi kimia dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda pada baterai yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan pada sel.[3]

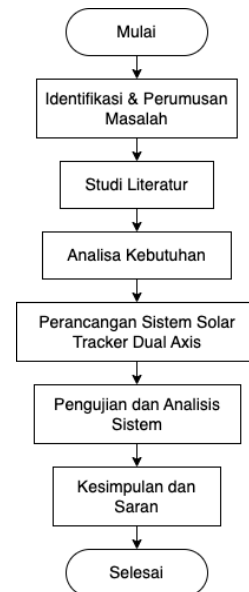
## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Desa Petaling, Kecamatan Banyuasin III, Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan Dengan Titik Koordinat Garis Lintang (Latitude) -2.934611, dan Garis Bujur (Longitude) 104.304395 atau Titik Koordinat Derajat, Menit dan Detik (DMS) yaitu 2°56'04.6"S 104°18'15.8"E. Pemilihan lokasi ini dikarenakan merupakan kampung halaman peneliti, yang memang pada saat ini semua rumah warga disana telah teraliri listrik yang disediakan oleh PLN, tetapi masih sangat sering terjadinya pemadaman listrik yang bahkan hampir setiap hari. Maka dari itu diharapkan penelitian ini dapat menjadi referensi untuk masyarakat di daerah tersebut jika mempunyai keinginan untuk menggunakan Energi Listrik Alternatif yang berasal dari Energi Surya.

### 3.2 Tahapan Penelitian

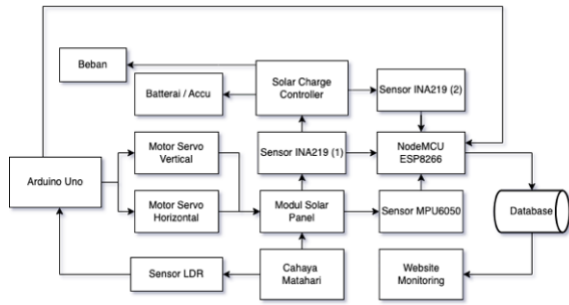
Metode penelitian ini menggunakan beberapa tahapan dalam pembuatan “Sistem *Solar Tracker Dual Axis* Menggunakan Mikrokontroler Berbasis *Internet of Things* “. Gambar 3.1 menampilkan diagram alir tahapan dari penelitian ini.



Gambar 1 Diagram Alir (Flowchart) Tahapan Penelitian

### 3.3 Diagram Blok Sistem

Tahapan perancangan adalah tahapan langkah - langkah yang dilakukan dalam pengerjaan dan penyelesaian penelitian. Pada perancangan sistem *Solar Tracker dual axis* ini menggunakan Mikrokontroler berbasis *Internet Of Things*. Untuk memudahkan perancangan sistem diperlukan sebuah diagram blok sistem. Berikut merupakan diagram blok sistem :



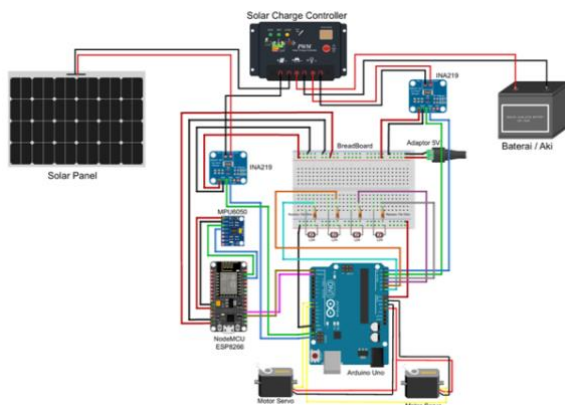
Gambar 2 Diagram Blok Sistem

### 3.4 Perancangan Hardware & Software

Perancangan alat ini mencakup rancangan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Rancangan perangkat keras berisi penjelasan perancangan komponen perangkat keras yang digunakan dalam sistem ini. Sedangkan perancangan perangkat lunak berisi perancangan alur dalam sistem *solar tracker dual axis*.

#### 1. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan rangkaian alat merupakan perancangan yang menghubungkan Arduino dan NodeMCU dengan komponen lainnya seperti sensor LDR, Sensor INA219, Sensor Gyroscope BNO055, Motor Servo Power HD LW-20MG, Solar Panel, Solar Charge Controller, dan Baterai/Accu. Keterkaitan antar komponen dalam sistem dan skema Rangkaian Keseluruhan perancangan *hardware* ditunjukkan pada gambar 3.8 berikut.

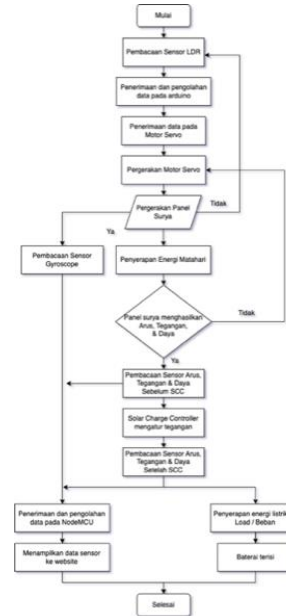


Gambar 3 Skema Perancangan Hardware

#### 2. Perancangan Perangkat Lunak

Dalam perancangan perangkat lunak, program Arduino IDE dan Bootloader Arduino Uno digunakan untuk menulis dan mengupload program ke mikrokontroler. Sensor LDR, Sensor Gyroscope BNO055, dan Sensor INA219 akan mengumpulkan data untuk menggerakkan Solar Panel, menampilkan sudut Solar panel, dan menampilkan besarnya arus, tegangan, dan daya yang dihasilkan.

Berikut ini merupakan diagram alur/flowchart dari cara kerja keseluruhan sistem solar tracker dual axis :



Gambar 4 Flowchart Keseluruhan Sistem

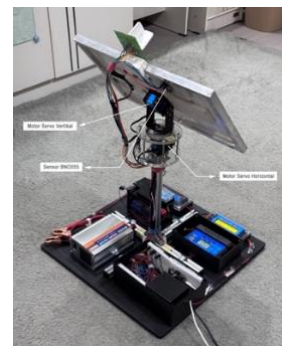
### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Perancangan Hardware

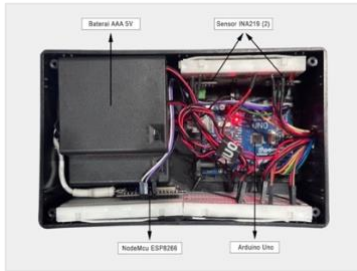
Tampilan alat Sistem Solar Tracking Dual Axis yang telah dibangun dapat pada gambar di bawah.



Gambar 5 Alat Solar Tracker Tampak Depan



Gambar 6 Alat Solar Tracker Tampak Belakang



Gambar 7 Sistem Mikrokontroler

Pada gambar di atas, dapat dilihat bahwa sistem ini juga dilengkapi dengan Watt meter 2 buah yang berfungsi untuk mengukur tegangan, arus dan daya secara manual, lalu dilengkapi juga dengan inverter yang berfungsi untuk mengubah listrik DC menjadi listrik AC dan juga dapat dijadikan sebagai beban pada sistem solar tracker. Sedangkan 2 buah mikrokontroler yaitu Arduino Uno dan NodeMcu serta 2 buah sensor INA219 di letakkan didalam box berukuran 18x11 cm.

#### 4.2 Pengujian Fungsional Komponen

Pengujian fungsional ini bertujuan untuk mengetahui kinerja pembacaan dari masing-masing komponen/sensor serta memeriksa fungsi operasional sistem yang telah di implementasikan apakah telah sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan dan apakah sistem dapat menjalankan fungsinya sesuai dengan pengembangannya.

##### 1. Pengujian Sensor LDR

Pengujian sensor LDR bertujuan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam membaca cahaya yang diterima. Pengujian ini dilakukan dengan cara merubah kondisi cahaya yang bervariasi menggunakan senter dan menutup sensor photoresistor untuk mengetahui kondisi sensor pada kondisi cahaya yang berbeda beda.

Berikut merupakan hasil dari pengujian sensor LDR :

No	Kondisi	ADC	Tegangan (V)
1	Gelap	118	4,51
2	Sedang	527	2,15
3	Terang	997	0,09

Tabel 1 Hasil Pengujian Sensor LDR

##### 2. Pengujian Sensor INA219

Tujuan dari pengujian sensor INA219 ini untuk mengetahui masukan dan keluaran sistem kelistrikan pada Panel surya dengan benar. Pengujian sensor ini dilakukan dengan menggunakan Adaptor yang difungsikan sebagai pengganti Panel surya, dan juga menggunakan Motor servo sebagai beban dan berfungsi sebagai pengganti dari beban panel surya. Berikut merupakan hasil dari pengujian sensor INA219

No	Input Adaptor	INA219		Multimeter		Selisih	
		Volt	Arus	Volt	Arus	Volt	Arus
1	12 V	11,57 V	6,40 mA	11,43 V	0,65 A	0,07 V	0,21 A
2	10 V	9,98 V	6,20 mA	10,13 V	0,63 A	0,15 V	0,1 A
3	8 V	8,05 V	6,10 mA	8,12 V	0,62 A	0,07 V	0,1 A
4	6 V	6,06 V	6,10 mA	6,09 V	0,62 A	0,03 V	0,1 A
5	5 V	5,00 V	6,10 mA	5,05 V	0,61 A	0,05 V	0 A

Tabel 2 Hasil Pengujian Sensor INA219

### 3. Pengujian Sensor BNO055/Gyroscope

Pengujian ini meliputi pengujian fungsional dan karakteristik sensor, seperti akurasi, presisi, sensitivitas, linearitas, dan resolusi. Tujuan pengujian sensor BNO055 adalah untuk memastikan bahwa sensor dapat memberikan hasil pengukuran yang akurat dan stabil dalam berbagai kondisi penggunaan, sehingga dapat diandalkan dalam aplikasi Sistem Solar Tracker Dual Axis. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan Penggaris dan busur sebanyak 3 kali untuk mengukur Sudut Pitch, Roll dan Yaw.

#### A. Sudut Pitch

Nilai Busur	Pengambilan Nilai Pitch Pada Sensor			Nilai Error
	1	2	3	
-90°	-90.54°	-90.21°	-90.58°	1,33
-60°	-60.12°	-60.08°	-60.10°	0,30
-45°	-45.00°	-45.05°	-45.15°	0,20
-30°	-30.17°	-30.23°	-30.35°	0,75
0°	0°	0°	0°	0
30°	30.11°	30.09°	30.04°	0,24
45°	45.09°	45.16°	45.23°	0,48
60°	60.22°	60.31°	60.39°	0,92
90°	89.41°	89.67°	89.51°	1,59
Total Nilai Error Pengujian Data				5,81

Tabel 3 Hasil Pengujian Sumbu Y (Pitch)

#### B. Sudut Roll

Nilai Busur	Pengambilan Nilai Roll Pada Sensor			Nilai Error
	1	2	3	
-90°	-90.05°	-90.09°	-90.05°	0,19
-60°	-60.12°	-60.10°	-60.15°	0,37
-45°	-45.02°	-45.05°	-45.02°	0,09
-30°	-30.19°	-30.22°	-30.10°	0,51
0°	0	0	0	0
30°	30.11°	30.16°	30.09°	0,36
45°	45.11°	45.01°	45.07°	0,19
60°	60.01°	60.05°	60.02°	0,08
90°	90.19°	90.21°	90.11°	0,51
Total Nilai Error Pengujian Data				2,30

Tabel 4 Hasil Pengujian Sumbu Z (Roll)

#### C. Sudut Yaw

Nilai Busur	Pengambilan Nilai Roll Pada Sensor			Nilai Error
	1	2	3	
-90°	-90.05°	-90.09°	-90.07°	0,25
-60°	-60.02°	-60.10°	-60.09°	0,21
-45°	-45.17°	-45.05°	-45.10°	0,32
-30°	-30.11°	-30.08°	-30.10°	0,29
0°	0°	0°	0°	0°
30°	30.03°	30.04°	30.03°	0,10
45°	45.09°	45.14°	45.11°	0,34
60°	60.06°	60.10°	60.13°	0,29
90°	90.11°	90.12°	90.18°	0,41
Total Nilai Error Pengujian Data				2,21

Tabel 5 Hasil Pengujian Sumbu X (Yaw)

Data yang diperoleh dari hasil pengujian, menunjukkan bahwa terdapat beberapa perbedaan nilai sensor dan busur. Dalam 3 kali pengujian

yang dilakukan pada sumbu X,Y dan Z dapat diketahui bahwa jumlah nilai error pada ketiganya adalah 10,32. Hal tersebut masih bisa di maklumi dikarenakan tidak akuratnya sensor 100% dapat disebabkan oleh hal-hal lain seperti minimnya alat ukur derajat sehingga tidak dapat dijadikan acuan 100%. Dengan demikian, sensor sudah bekerja dengan sangat baik, sehingga nilai yang dihasilkan hampir akurat 100% dengan nilai error mendekati 0% dan dapat dijadikan sebagai pengukur kemiringan panel surya.

### 4.3 Pengujian Keseluruhan Alat

Pengujian ini merupakan pengujian keseluruhan alat untuk mengetahui hasil kerja dari sistem instalasi solar tracking dual axis, apakah sistem instalasi solar tracking dual axis ini telah berjalan sebagaimana mestinya. Pengujian dilakukan diluar ruangan yaitu di atas balkon rumah peneliti yang berada di Desa Petaling, Kec.Banyuasin, Sumatera Selatan. Adapun waktu pelaksanaan pengujian dilakukan selama 7 hari, yaitu pada tanggal 09 Februari 2023 – 15 Februari 2023 pada pukul 07.00-17.00 di setiap harinya dengan harapan mendapatkan sinar matahari selama 9 jam perhari.

### 4.4 Hasil Pengujian Selama 1 Minggu

Untuk mendapatkan hasil pengujian selama satu minggu, dilakukan pencarian rata-rata dan total data pada setiap jam pengujian di setiap harinya.

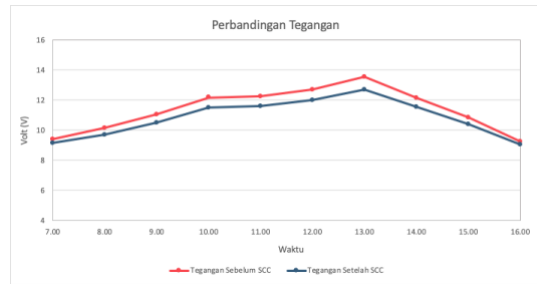
#### 1. Data rata-rata hasil pengujian

Berikut adalah data hasil rata-rata energi yang diperoleh dari pengujian selama satu minggu.

No	Waktu	Sensor INA219 Sebelum SCC			Sensor INA219 Setelah SCC			Selisih		
		Volt (V)	Arus (mA)	Daya (W)	Volt (V)	Arus (mA)	Daya (W)	Volt (V)	Arus (mA)	Daya (W)
1	07.00-08.00	9.43	119.31	1.19	9.16	81.50	0.79	0.28	37.82	0.40
2	08.00-09.00	10.15	177.52	1.93	9.73	120.09	1.23	0.41	57.42	0.70
3	09.00-10.00	11.07	249.24	2.88	10.52	171.07	1.85	0.55	78.18	1.03
4	10.00-11.00	12.19	397.96	5.05	11.51	254.69	3.00	0.68	143.27	2.05
5	11.00-12.00	12.25	426.47	5.51	11.60	264.22	3.18	0.64	162.25	2.33
6	12.00-13.00	12.71	449.85	5.90	12.00	292.32	3.46	0.71	157.53	2.43
7	13.00-14.00	13.52	573.68	7.86	12.65	339.00	4.31	0.87	234.68	3.54
8	14.00-15.00	12.16	356.40	4.49	11.57	253.38	3.02	0.60	103.01	1.48
9	15.00-16.00	10.85	264.98	3.16	10.43	176.96	1.99	0.43	88.02	1.17
10	16.00-17.00	9.25	119.07	1.13	9.06	80.99	0.75	0.19	38.08	0.37
Minimum		7.53	52.20	0.43	7.43	30.49	0.25			
Maximum		13.99	713.36	10.04	15.39	360.45	4.69			
Rata Rata		11.43	319.87	4.00	10.88	207.32	2.42	0.55	112.55	1.58
Total		795.09	3134.48	39.10	108.22	2034.22	23.59	5.37	1100.26	15.51

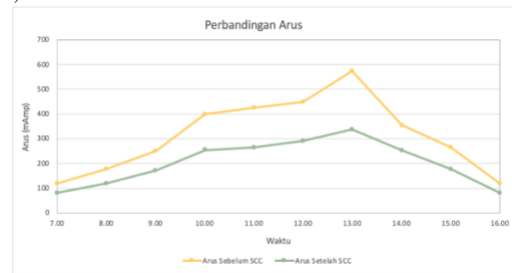
Tabel 6 Hasil Rata-Rata Pengujian

Dapat dilihat pada Tabel diatas, Tegangan, arus dan daya tertinggi terjadi pada Jam 13.00. Hal tersebut dikarenakan pada jam tersebut, matahari bersinar sangat terik yang membuat produksi energi listrik menjadi maksimal. Sedangkan tegangan, arus dan daya terendah terjadi pada pukul 5 sore, hal tersebut dikarenakan matahari akan segera menghilang dibawah garis cakrawala. Rincian lebih jelas dapat dilihat pada grafik berikut :



Gambar 8 Rata-Rata Perbedaan Tegangan

Dapat dilihat rata-rata perbedaan antara tegangan sebelum dan sesudah SCC yaitu berkisar 0,55V.



Gambar 9 Rata-Rata Perbedaan Arus

Rata-rata perbedaan pada arus sebelum dan sesudah SCC yaitu berkisar antara 112.55 mAmp.



Gambar 10 Rata-Rata Perbedaan Daya

Dan rata-rata perbedaan daya sebelum dan sesudah SCC yaitu berkisar 1,58 Watt. Pada ketiga grafik bisa di simpulkan bahwa adanya pengurangan Tegangan, arus maupun daya yang cukup signifikan setelah melewati SCC.

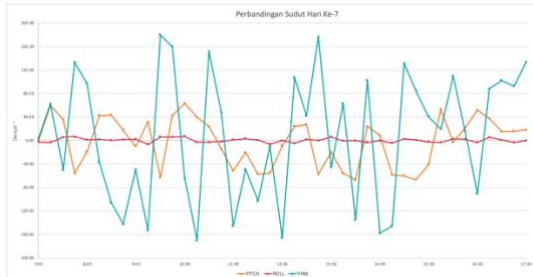
Selanjutnya adalah data hasil dari sensor gyroscope selama 1 minggu. Data ini hanya diambil pada hari pertama dan terakhir pengujian. Untuk melihat perbedaan diantara keduanya. Rincian lebih jelas dapat dilihat pada grafik berikut :



Gambar 11 Grafik Sudut Hari Pertama



Pada grafik sudut hari pertama dapat dilihat bahwa sudut pitch dimulai pada titik  $-44.88^\circ$  derajat pada pukul 7, menemui titik  $0^\circ$  pada pukul 12 siang, dan berakhir di  $62.75^\circ$  pada pukul 18 sore. Lalu sudut Roll konsisten di 0 sampai  $-3^\circ$  dan sudut yaw dimulai  $-0.06^\circ$  pada jam 7 pagi, lalu naik ke  $112.06^\circ$  pada jam 12 siang, dan berakhir  $-15.75^\circ$  pada sore hari.



**Gambar 12** Grafik Sudut Hari Ketujuh

Sementara itu pada grafik hari ketujuh, dapat dilihat bahwa sudut pitch dimulai pada titik  $-32.62^\circ$  pada pukul 07.00, mencapai titik  $0^\circ$  pada pukul 12.00 siang, dan mencapai sudut tertinggi pada  $74.88^\circ$  pada sore hari. Sementara itu, sudut Roll konsisten berada di kisaran 0 hingga  $-3^\circ$ , sedangkan sudut yaw dimulai dari  $2.85^\circ$  pada pukul 07.00 pagi, naik ke  $111.19^\circ$  pada siang hari, dan akhirnya mencapai  $12.55^\circ$  pada sore hari.

Perbedaan antara grafik sudut pertama dan grafik sudut pada hari ketujuh menunjukkan adanya perbedaan pada sudut pitch, sudut yaw, dan sudut roll. Terjadi penurunan sudut pitch sebesar  $12,26^\circ$  dan kenaikan sudut yaw sebesar  $2,79^\circ$ . Namun, sudut roll konsisten berada di kisaran 0 hingga  $-3^\circ$  pada kedua grafik. Perubahan sudut tersebut disebabkan oleh pergerakan matahari yang terus berpindah setiap harinya.

## 2. Data Total Hasil Pengujian

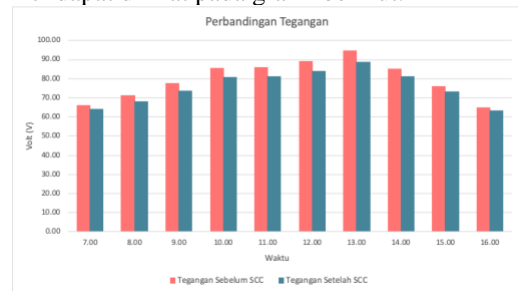
Berikut adalah data total hasil energi yang diperoleh dari pengujian selama satu minggu.

No	Waktu	Sensor INA219 Sebelum SCC			Sensor INA219 Setelah SCC			Selisih		
		Volt (V)	Arus (mA)	Daya (W)	Volt (V)	Arus (mA)	Daya (W)	Volt (V)	Arus (mA)	Daya (W)
1	07.00-08.00	66.04	835.20	8.36	64.09	570.47	5.55	1.95	264.73	2.82
2	08.00-09.00	71.02	1242.63	13.51	68.13	840.66	8.63	2.89	401.97	4.88
3	09.00-10.00	77.52	1744.71	20.17	73.64	1197.46	12.97	3.88	547.25	7.20
4	10.00-11.00	85.32	2785.71	35.37	80.54	1782.83	20.99	4.78	1002.88	14.37
5	11.00-12.00	85.72	2985.28	38.56	81.21	1849.55	22.23	4.51	1135.73	16.33
6	12.00-13.00	88.95	3148.94	41.27	84.00	2046.21	24.23	4.95	1102.73	17.04
7	13.00-14.00	94.67	4015.74	54.99	88.56	2372.98	30.19	6.11	1642.76	24.80
8	14.00-15.00	85.14	2494.78	31.46	80.97	1773.69	21.12	4.17	721.08	10.34
9	15.00-16.00	75.98	1854.89	22.09	73.00	1238.74	13.91	2.99	616.15	8.18
10	16.00-17.00	64.73	833.51	7.89	63.39	566.96	5.27	1.34	266.54	2.62
Minimum		52.70	365.40	3.04	52.04	213.40	1.76			
Maximum		97.90	4993.49	70.28	107.72	2523.17	32.80			
Rata Rata		80.02	2239.10	28.02	76.14	1451.26	16.96	3.87	787.84	11.06
Total		795.09	21941.38	273.68	757.53	14239.56	165.10	37.56	7701.81	108.58

**Tabel 7** Hasil Total Pengujian

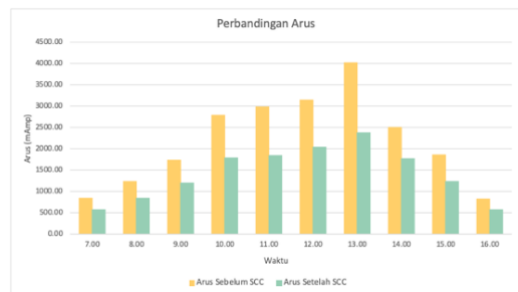
Data yang tertera pada tabel menunjukkan bahwa jumlah tegangan yang dihasilkan sebelum Solar Charge Controller (SCC) selama satu minggu adalah 795,09 Volt, jumlah arus yang dihasilkan sebelum SCC selama satu minggu adalah 21941,38 mAmp, dan jumlah watt yang dihasilkan sebelum SCC selama satu minggu adalah 273,68 watt. Sedangkan setelah melalui SCC, jumlah tegangan yang dihasilkan selama

satu minggu adalah 757,53 Volt, jumlah arus yang dihasilkan selama satu minggu adalah 14239,56 mAmp, dan jumlah daya yang dihasilkan selama satu minggu adalah 165,10 watt. Informasi lebih rinci dapat dilihat pada grafik berikut.



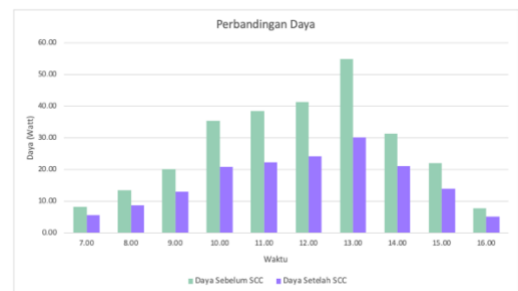
**Gambar 13** Total Perbedaan Tegangan

Dapat dilihat pada grafik diatas, total perbedaan antara tegangan sebelum dan sesudah SCC selama 1 minggu yaitu berkisar 35Volt.



**Gambar 14** Total Perbedaan Arus

Total perbedaan arus sebelum dan sesudah SCC yaitu berkisar antara 7701.81 mAmp atau 7.70 Ampere. Terjadi penurunan arus yang sangat banyak selama masa pengujian.



**Gambar 15** Total Perbedaan Daya

Dan total perbedaan daya sebelum dan sesudah Solar Charge Controller (SCC) sekitar 108,58 Watt. Penurunan arus yang signifikan selama pengujian menyebabkan penghasilan energi menurun, sehingga terjadi banyak energi yang terbuang.

## 4.5 Pengujian Baterai

Pengujian baterai adalah proses pengujian kinerja baterai yang digunakan untuk menyimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya. Baterai yang digunakan dalam pengujian ini merupakan baterai aki 12 Volt 5Ah atau dengan kapasitas

60Wh. Yang mana jika baterai dalam kondisi penuh, tegangan baterai yaitu 12.89 Volt sedangkan jika dalam baterai dalam kondisi habis tegangan baterai adalah 11.63 Volt.

### 1. Pengujian Charging / Pengisian Baterai

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berapa lama waktu pengisian untuk baterai dengan kapasitas 12 V 5 AH, dan pengamatan dilakukan setiap 60 menit. Pengujian ini dilakukan selama 6 hari dan dibagi menjadi 3 siklus. Yang mana pada setiap 2 hari baterai akan dikosongkan dan akan di isi kembali.

#### A. Pengujian Pertama

Pengujian pertama dilakukan pada hari ke-1 dan ke-2. Kapasitas awal baterai pada pengujian pertama yaitu 12.03 Volt atau kisaran 35%. Berikut merupakan hasil dari pengujian pertama.

No	Waktu	Hari Ke 1		Hari Ke 2	
		Volt (V)	Persen(%)	Volt (V)	Persen(%)
1	07.00 - 08.00	12.05	37%	12.60	77%
2	08.00 - 09.00	12.08	38%	12.62	78%
3	09.00 - 10.00	12.11	40%	12.65	80%
4	10.00 - 11.00	12.13	42%	12.72	86%
5	11.00 - 12.00	12.17	45%	12.76	89%
6	12.00 - 13.00	12.28	53%	12.84	95%
7	13.00 - 14.00	12.39	60%	12.89	100%
8	14.00 - 15.00	12.48	67%	12.90	100%
9	15.00 - 16.00	12.55	73%	13.00	100%
10	16.00 - 17.00	12.57	75%	13.00	100%

Tabel 8 Pengujian Pertama Pengisian Baterai

Dapat dilihat dari tabel di atas, bahwa pada hari pertama kapasitas baterai pada awal hari sekitar 35% atau sebesar 12.03 volt, dan meningkat setiap jamnya hingga mencapai sekitar 75% atau 12.57 volt pada akhir hari. Kemudian pada hari kedua, tegangan awal baterai sekitar 75% atau 12.57 volt, dan mencapai kapasitas penuh sebesar 100% pada pukul 14.00.

#### B. Pengujian Kedua

Pengujian kedua dilakukan pada hari ke-3 dan kemudian dilanjutkan pada hari ke-4. Kapasitas awal baterai pada pengujian kedua yaitu 12.10 Volt atau kisaran 40%. Berikut merupakan hasil dari pengujian kedua.

No	Waktu	Hari Ke 3		Hari Ke 4	
		Volt (V)	Persen(%)	Volt (V)	Persen(%)
1	07.00 - 08.00	12.12	41%	12.59	76%
2	08.00 - 09.00	12.14	42%	12.61	78%
3	09.00 - 10.00	12.17	45%	12.67	82%
4	10.00 - 11.00	12.21	49%	12.75	88%
5	11.00 - 12.00	12.28	53%	12.84	95%
6	12.00 - 13.00	12.39	59%	12.89	100%
7	13.00 - 14.00	12.47	67%	13.00	100%
8	14.00 - 15.00	12.54	72%	13.00	100%
9	15.00 - 16.00	12.57	75%	13.00	100%
10	16.00 - 17.00	12.58	76%	13.00	100%

Tabel 9 Pengujian Kedua Pengisian Baterai

Dapat dilihat dari tabel diatas, bahwa pada hari kedua kapasitas baterai pada awal hari sekitar 40% atau setara dengan 12.10 volt, dan meningkat setiap jamnya hingga mencapai

sekitar 76% atau setara dengan 12.58 volt pada akhir hari. Selanjutnya, pada hari ketiga, tegangan awal baterai sekitar 76% atau 12.58 volt, dan mencapai kapasitas penuh sebesar 100% pada pukul 13.00.

### C. Pengujian Ketiga

Pengujian ketiga dilakukan pada hari ke-5 dan kemudian dilanjutkan pada hari ke-6. Kapasitas awal baterai pada pengujian kedua yaitu 11.81 Volt atau kisaran 20%. Berikut merupakan hasil dari pengujian kedua.

No	Waktu	Hari Ke 5		Hari Ke 6	
		Volt (V)	Persen(%)	Volt (V)	Persen(%)
1	07.00 - 08.00	11.84	22%	12.47	67%
2	08.00 - 09.00	11.86	24%	12.53	72%
3	09.00 - 10.00	11.93	29%	12.58	75%
4	10.00 - 11.00	12.04	35%	12.66	81%
5	11.00 - 12.00	12.12	41%	12.73	86%
6	12.00 - 13.00	12.20	48%	12.80	92%
7	13.00 - 14.00	12.32	55%	12.88	99%
8	14.00 - 15.00	12.42	61%	12.90	100%
9	15.00 - 16.00	12.45	64%	13.00	100%
10	16.00 - 17.00	12.46	65%	13.00	100%

Tabel 10 Pengujian Pertama Pengisian Baterai

Dapat dilihat dari tabel di atas, kapasitas baterai pada awal hari sekitar 20% atau sebesar 11.81 volt, dan meningkat setiap jamnya hingga mencapai sekitar 65% atau 12.46 volt pada akhir hari. Selanjutnya, pada hari tersebut, tegangan baterai awal sekitar 65% atau 12.46 volt dan mencapai kapasitas penuh sebesar 100% pada pukul 15.00.

### 2. Pengujian Discharging / Pemakaian Baterai

Pengujian discharging adalah proses pengujian kinerja baterai dengan cara mengeluarkan atau menggunakan muatan listrik dari baterai hingga mencapai batas minimum. Pengujian ini dilakukan dengan cara memasang beban pada baterai dan mengukur tegangan baterai dengan cara berkala.

#### A. Pengujian Pertama

Pengujian pertama menggunakan beban lampu DC 10 watt dan dilakukan pemantauan setiap 30 menit untuk mengetahui penurunan kapasitas baterai. Dimulai pada kapasitas baterai 100% atau 12.89 volt dan dihentikan ketika tegangan baterai mencapai batas minimum 0% atau 11.63 volt.

No	Waktu	Volt (V)	Persen(%)
1	0 Menit	12.89	100%
2	30 Menit	12.80	92%
3	60 Menit	12.66	81%
4	90 Menit	12.55	73%
5	120 Menit	12.41	60%
6	150 Menit	12.19	47%
7	180 Menit	12.07	38%
8	210 Menit	11.88	25%
9	240 Menit	11.77	17%
10	270 Menit	11.68	9%
11	290 Menit	11.63	0%

Tabel 11 Hasil Pengujian Pertama Discharging

Dapat dilihat pada tabel hasil diatas, tegangan awal baterai yaitu 12.89 volt atau



100%, dan terjadi penurunan di setiap 30 menit hingga mencapai batas ambang kapasitas yaitu pada tegangan 11.63 volt atau 0% dalam kurun waktu 290 menit. Dari data tersebut, dapat disimpulkan bahwa baterai yang digunakan memiliki kapasitas 100% dari kapasitas nominalnya serta diketahui bahwa baterai yang digunakan memiliki karakteristik yang relatif stabil dalam hal penurunan kapasitasnya saat diberi beban lampu dc 10watt.

## B. Pengujian Kedua

Pengujian kedua dilakukan menggunakan inverter yang diberi beban lampu ac 10 watt dan kipas angin 15 watt. Pengujian kedua ini bertujuan untuk mengetahui performa baterai saat digunakan untuk beban campuran. Pengujian ini dilakukan pada kapasitas awal baterai yaitu 100% atau 12.89 volt hingga baterai mencapai batas minimum.

No	Waktu	Volt (V)	Persen(%)
1	0 Menit	12.89	100%
2	30 Menit	12.69	83%
3	60 Menit	12.51	70%
4	90 Menit	12.35	57%
5	120 Menit	12.14	43%
6	126 Menit	12.11	40%
7	130 Menit	11.63	0%

Tabel 12 Hasil Pengujian Kedua Discharging

Dapat dilihat pada tabel dan grafik diatas, tegangan awal baterai yaitu 12.89 volt atau 100%, dan terjadi penurunan di setiap 30 menit hingga mencapai batas ambang kapasitas yaitu pada tegangan 12.11 volt atau 40%. Yang mana jika tegangan telah melewati 40% maka inverter akan mati dengan sendirinya.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pengujian pada Sistem Solar Tracker Dual Axis Untuk Optimasi Panel Surya menggunakan Sensor LDR dan Sensor Gyroscope berbasis internet of things yang telah dilakukan oleh penulis pada penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Sistem Solar Tracker Dual Axis menggunakan Sensor LDR dan Motor Servo berhasil memaksimalkan penerimaan cahaya matahari dan meningkatkan efisiensi dalam menghasilkan energi listrik. Penggunaan Sensor Gyroscope BNO055 juga akurat dalam mengukur sudut roll, pitch, dan yaw dari panel surya. Dengan aplikasi Internet of Things, semua informasi dapat dimonitoring melalui website. Proses pembacaan dan pengiriman data dari sensor cukup efisien dengan waktu 1-5 detik.
2. Dari penelitian, diketahui bahwa Sensor LDR, Motor servo, dan Sensor INA219 terhubung ke Arduino Uno dapat mengirimkan data ke Nodemcu yang terhubung ke Sensor Gyroscope

BNO055 dan dapat langsung diteruskan ke Database. Faktor-faktor seperti ukuran panel surya, kapasitas baterai, serta cuaca dan suhu mempengaruhi kecepatan pengisian baterai sebagai penyimpanan energi.

3. Sensor INA219 digunakan telah berhasil dalam mengukur perbandingan tegangan, arus, dan daya listrik sebelum dan sesudah melalui solar charge controller. Hasil pengukuran menunjukkan daya yang dihasilkan sebelum SCC selama 1 minggu adalah 273.65 watt, dan setelah SCC adalah 165.10 watt.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Azarin and B. Fidela, 'ANALISIS EFISIENSI PHOTOVOLTAIC DITINJAU DARI VARIASI BAYANGAN PADA PANEL SURYA', Jan. 2017.
- [2] Wiguna and A. W. Adhi, 'ANALISIS PERBANDINGAN PERFORMANSI SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA STATIS DAN TRACKING SISTEM', *Teknik Mesin Unisma*, Jul. 2022.
- [3] H. Zuddin and S. I. Haryudo, 'Perancangan Dan Implementasi Sistem Instalasi Solar Tracking Dual Axis Untuk Optimasi Panel Surya', *Jurnal Teknik Elektro.*, vol. 8, no. 3, 2019.
- [4] F. Adani and S. Salsabil, 'INTERNET OF THINGS: SEJARAH TEKNOLOGI DAN PENERAPANNYA', *ISU TEKNOLOGI STT MANDALA*, vol. 14, no. 2, Dec. 2019.
- [5] Utama and I. Candra, 'Sistem Navigasi Robot Pembantu Orang Cacat Pada Mode Serve', *Elibrary Unikom*, Jan. 2021.
- [6] N. H. L. Dewi, M. F. Rohmah, and S. Zahara, 'PROTOTYPE SMART HOME DENGAN MODUL NODEMCU ESP8266 BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)', *JURNAL 5.14.04.11.0.097*, Dec. 2019.
- [7] T. M. Hasbi and S. R. Paula, 'Sistem Pengukuran Daya pada Sensor Node Wireless Sensor Network', *Industrial Research Workshop and National Seminar*, vol. 9, Oct. 2018.
- [8] N. F. Wahidin, E. Yadie, and M. A. Putra, 'Analisis Perbandingan Solar Charging Controller (SCC) Jenis PWM Dan MPPT Pada Automatic Handwasher with Workstation Bertenaga Surya Politeknik Negeri Samarinda', *PoliGrid*, vol. 3, no. 1, p. 12, Jun. 2022, doi: 10.46964/poligrid.v3i1.1490.