

## DESAIN OPTIMAL DAN IMPLEMENTASI PENGGERAK PANEL SURYA MENGUNAKAN METODE PERHITUNGAN SUDUT AZIMUTH MATAHARI

### OPTIMAL DESIGN AND IMPLEMENTATION OF SOLAR PANEL DRIVE USING AZIMUTH SOLAR ANGLE CALCULATION METHODS

Radhiansyah<sup>1</sup>, DR.Muhamad Reza, S.T., M.Sc.<sup>2</sup>, Cahyantari Ekaputri,S.T., M.T.<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Prodi S1 Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

<sup>1</sup>[adhia@4nesia.com](mailto:adhia@4nesia.com), <sup>2</sup>[muhamad.reza@gmail.com](mailto:muhamad.reza@gmail.com), <sup>3</sup>[cahyantarie@telkomuniversity.ac.id](mailto:cahyantarie@telkomuniversity.ac.id)

#### Abstrak

Pengembangan listrik tenaga surya yang berbasis kepada efek photovoltaic dari peranti sel surya sebagai salah satu sumber tenaga listrik alternatif merupakan salah satu pilihan yang tepat saat sekarang ini dimana banyak perusahaan pembangkit energi terbarukan yang berlomba lomba untuk mengembangkan penggunaan photovoltaic. Akan tetapi dalam pengaplikasiannya, kemampuan dari panel surya untuk menghasilkan tenaga listrik, belum optimal. Karena pengaturan sudut penerimaan cahaya pada panel surya yang masih belum efektif. Sehingga diperlukan sebuah pengontrol gerakan dari penampang tempat panel surya berada, agar dapat diperoleh suatu sudut kemiringan yang sesuai dengan arah datang cahaya matahari sehingga kemampuan panel surya dalam menghasilkan energi listrik bias lebih optimal.

Panel surya akan bekerja dengan baik, apabila memiliki posisi yang tegak lurus dengan arah datangnya sinar matahari. Dengan demikian, sistem yang akan dirancang bertujuan agar posisi panel surya, tetap tegak lurus dengan arah datangnya sinar matahari. Pada sistem ini digunakan module Real-Time Clock yang akan mengirimkan data waktu ke NodeMCU sebagai microcontroller untuk diolah menjadi data sudut dengan metode perhitungan azimuth. Setelah didapatkan sudut posisi matahari maka Microcontroller akan menggerakkan motor servo pada penampang tempat panel surya berada sehingga posisi panel surya tegak lurus dengan posisi matahari. Dari perancangan sistem ini, dihasilkan sistem yang secara otomatis mampu untuk mengontrol posisi dari panel surya agar tetap tegak lurus dengan cahaya matahari.

**Kata kunci :** panel surya, optimal, *Real-Time Clock*, azimuth, motor penggerak, tegak lurus

#### Abstract

The development of solar electricity based on the photovoltaic effect of solar cell devices as an alternative power source is one of the right choices right now, where many renewable energy companies try to make develop photovoltaic. However, on the application, the ability of solar panels to produce electricity is not optimal yet. Because of the arrangement of the angle of reception of light on solar panels that are still not effective. So we need a motion controller from the cross section where the solar panel is located, so that a slope angle can be obtained that corresponds to the direction of the sun's light, so that the ability of the solar panel to produce electrical energy can be optimized.

The solar panel will work well, if it has a position that is perpendicular to the direction the sun is coming from. Therefore, the system that will be designed aims to position the solar panel, remaining perpendicular to the direction of sunlight. In this system, Real-Time Clock module is used to send time data to NodeMCU as a microcontroller to be processed into angular data with azimuth calculation's method. After obtaining the angle of position of the sun, the microcontroller will move the servo motor in the cross section where the solar panel is located so that the position of the solar panel is perpendicular to the position of the sun.

**Keywords:** solar panel, optimal, Real-Time Clock, azimuth, drive motor, perpendicular.

#### 1. Pendahuluan

Matahari merupakan sumber energi utama dari panel surya, dimana setiap hari nya matahari terbit di sebelah timur dan terbenam di sebelah barat, pengetahuan tentang pola pergerakan matahari pun terus dikembangkan mulai dari siklus tahun, bulan, hari, bahkan pola pergerakan dalam jam kini sudah ditemukan, salah satunya sudut azimuth matahari dimana kita dapat menentukan posisi matahari berdasarkan metode perhitungan sudut azimuth tersebut sehingga didapat posisi matahari secara tepat dalam jangka waktu jam, bahkan dalam menit posisi matahari dapat berubah.

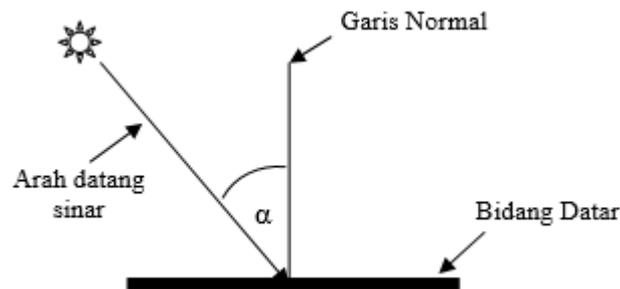
Mikrokontroler mempunyai kelebihan yaitu dapat membuat otomatisasi pada sebuah alat sehingga alat tersebut dapat digunakan dan membantu bagi pengguna. Pada penelitian ini akan merancang desain dan implementasi alat penggerak panel surya secara optimal. Pemilihan judul ini karena dalam penggunaannya kedepan akan memudahkan untuk menggerakkan panel surya secara otomatis. Implementasi alat ini dibutuhkan untuk memudahkan menggerakkan panel surya, sistem pergerakan dalam hal ini dilakukan dengan ketepatan dan efektif. Maka dibuatlah sebuah sistem yang bekerja dengan menggunakan modul RTC untuk mengirimkan data waktu ke

Microcontroller kemudian diolah dengan metode perhitungan sudut azimuth menjadi data posisi matahari dalam bentuk sudut untuk menggerakkan panel surya. Pemilihan metode ini dikarenakan pada tugas akhir fokus kepada control optimal yang harus dicapai oleh system penggerak panel surya ini. sehingga panel surya dapat bekerja secara optimal dan dihasilkan daya yang lebih besar.

## 2. Dasar Teori /Material dan Metodologi/perancangan

### 2.1 Teori Intensitas Cahaya

Ketika permukaan sel surya menghadap tegak lurus ke arah matahari, intensitas cahaya yang jatuh ke permukaan sel surya mencapai maksimum. Sesuai hukum kosinus Lambert yang mengatakan bahwa: "intensitas cahaya yang jatuh pada sebuah bidang datar adalah berbanding lurus terhadap kosinus dari sudut yang dibentuk oleh arah sumber cahaya dengan garis normal dari bidang datar tersebut", seperti terlihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 1, Hukum Cosinus Lambert

Berikut Persamaannya:

$$I = k \cdot \cos\alpha$$

Dimana:

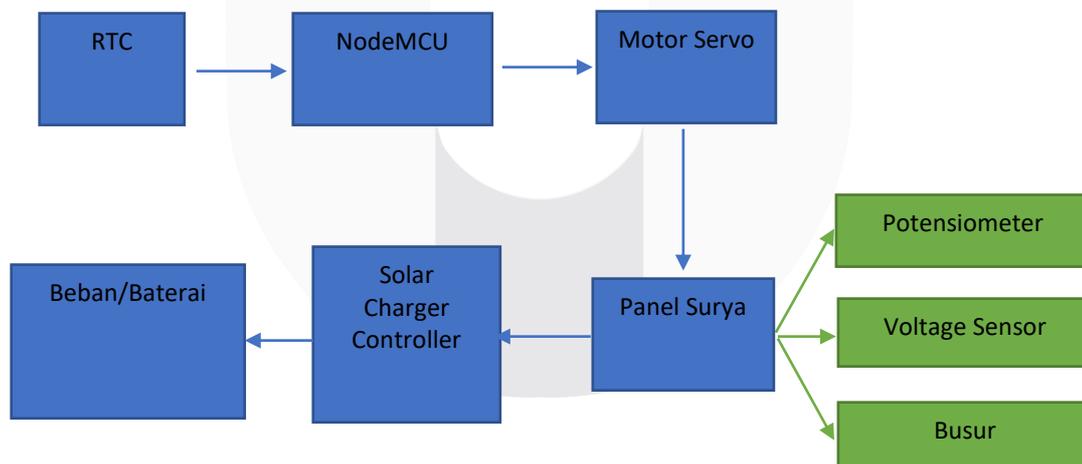
I : Intensitas cahaya yang mengenai permukaan bidang datar.

k : Konstanta intensitas matahari yang mencapai permukaan bumi.

$\alpha$  : Sudut jatuhnya sinar terhadap garis normal.

Dari persamaan diatas dapat didapat bahwa, jika sudut  $\alpha$  bernilai  $0^\circ$  (arah jatuh sinar tegak lurus terhadap permukaan bidang datar) maka nilai intensitas akan maksimum. Dengan kata lain, jika sel surya bisa dijaga posisinya agar selalu tegak lurus dengan arah datang sinar matahari maka sel surya akan menghasilkan daya output maksimum setiap waktu

### 2.2 Sistem Kerja pada Penggerak Panel Surya



Gambar 2. Diagram Blok Sistem

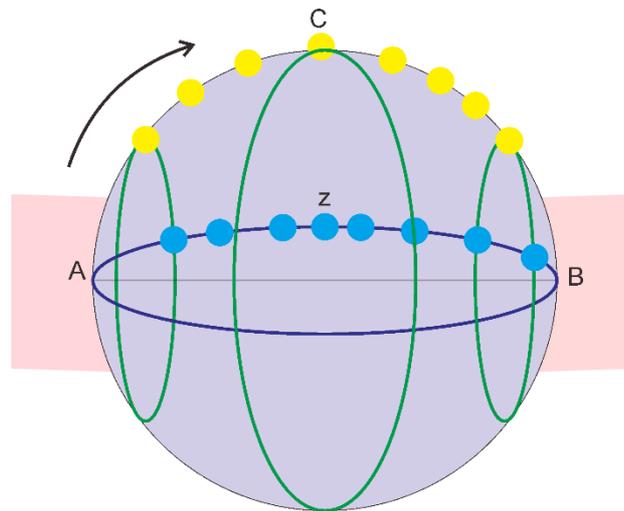
Secara umum sistem pada gambar 2, merupakan penggerak panel surya dimana terdapat dua penggolongan berdasarkan warna, yaitu warna biru merupakan sistem utama sedangkan warna hijau merupakan sistem yang hanya masuk pada sistem utama saat pengujian alat. Pada sistem penggerak utama terdapat modul RTC untuk mengirim masukan kepada NodeMCU berupa jam serta tanggal, kemudian NodeMCU akan mengolah data tersebut untuk dijadikan data sudut dengan metode perhitungan sudut azimuth, setelah mendapatkan data sudut matahari maka NodeMCU akan mengirim data sudut ke Motor Servo untuk menggerakkan Panel Surya, selain sistem penggerak pada sistem secara keseluruhan terdapat Solar Charger Controller yang berfungsi untuk mengatur Voltage dari panel surya untuk didistribusikan baik untuk baterai ataupun dipakai secara langsung.

Untuk mengendalikan motor servo, digunakan NodeMCU yang merupakan mini arduino yang sudah dilengkapi dengan modul wifi yang memungkinkan sistem mengirimkan data langsung ke sebuah aplikasi berbasis android

ketika sistem terhubung ke jaringan. Pada diagram blok di atas terdapat potensiometer yang dijadikan sensor sudut dengan pembacaan 0 sampai 300 derajat, kemudian terdapat sensor voltage untuk mengukur tegangan keluaran panel surya dalam satuan waktu serta terdapat busur draja yang dijadikan pengukuran manual sudut sistem, ketiga-tiganya digunakan pada saat pengujian saja.

### 2.3 Sudut Azimuth Matahari

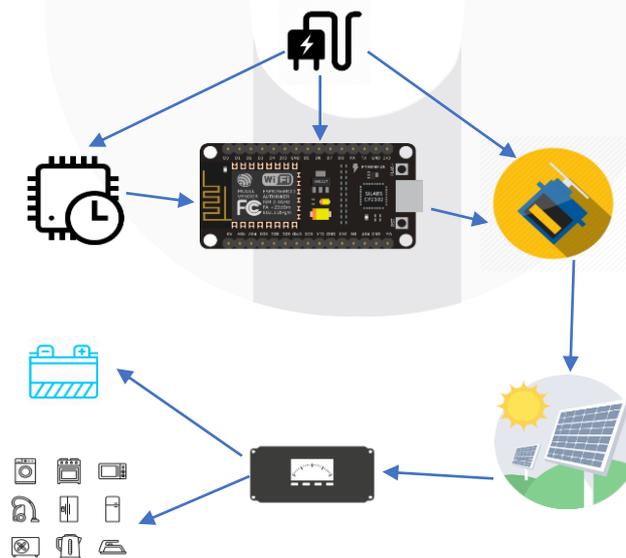
Sudut azimuth atau juga sering disebut bearing merupakan sudut yang dibentuk oleh dua garis lurus, garis pertama menuju utara peta/grid atau utara kompas dan garis ke dua menuju suatu titik sasaran yang dihitung searah jarum jam, Atau dengan kata lain bahwa sudut azimuth adalah sudut yang dibentuk dari pengamat menuju objek dengan arah utara sebagai acuannya.



Gambar 3 Ilustrasi Sudut Azimuth Matahari

Berdasarkan gambar III-5 terdapat jalur matahari sepanjang hari melalui titik A-C-B dimana arah tersebut akan berubah setiap waktu sedangkan sudut azimuth nya sendiri berada pada bidang horizontal A-Z-B yang selalu sejajar dengan pola pergerakan dari matahari itu sendiri.

### 2.4 Perancangan Sistem

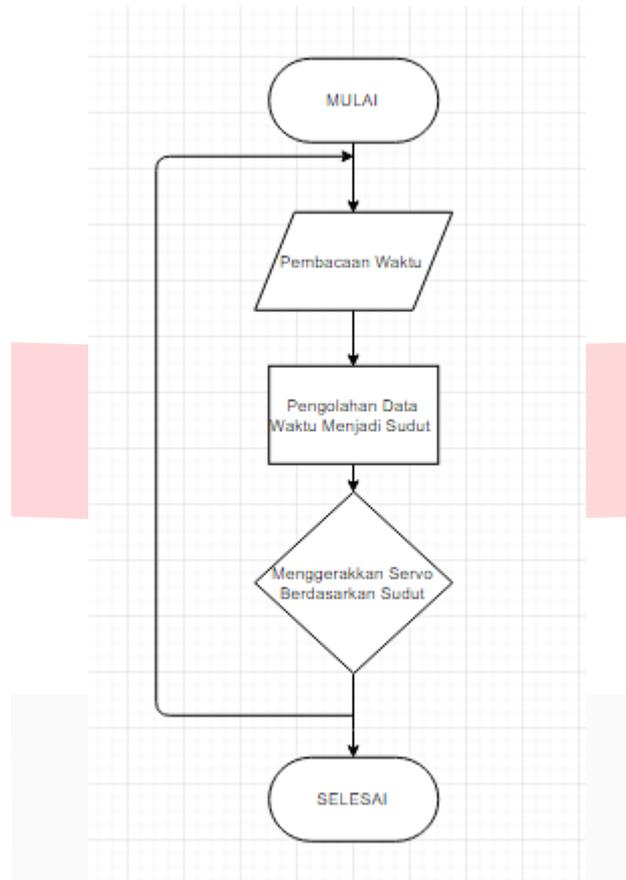


Gambar 4 Skema Perancangan Sistem

Pada gambar III-2 dapat dilihat perancangan sistem secara keseluruhan dimana terdapat adapter sebagai power supply untuk perangkat RTC, NodeMCU beserta Motor Servo, untuk alur sistem dapat dilihat melalui tanda panah dimana data dari RTC ke NodeMCU untuk diolah kemudian menggerakkan servo pada panel surya. Keluaran panel

surya diatur oleh *solar charger controller* yang kemudian disimpan dalam baterai aki serta digunakan secara langsung melalui jalur *loads*.

## 2.5 Algoritma Pengendalian



**Gambar 5. Flowchart Skema yang Diusulkan**

Algoritma dari perangkat lunak yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Inisialisasi Waktu sekarang.

Inisialisasi waktu sekarang diproses pada modul *Real Time Clock* dengan perintah `// Rtc.SetDateTime(currentTime);//` untuk menentukan waktu sekarang saat sistem dijalankan

2. Mengirim data waktu ke NodeMCU

Untuk pengambilan data dari modul *Real Time Clock* dilakukan dengan perintah `//RtcDateTime currentTime = Rtc.GetDateTime();//` yaitu mengambil data waktu dari *RTC*

3. Pengolahan data waktu sebagai masukan perhitungan azimuth sudut.

Pada Proses ini selain data waktu ada beberapa data yang dipakai untuk perhitungan sudut azimuth yaitu data posisi tempat peletakan panel dan *time zone* tempat pengukuran, untuk inisialisasinya posisi dan zona waktu yaitu `//sundata test=sundata( -6.9,107.6,7);//` dimana (-6.9,107.6) adalah kordinat posisi dayeuhkolot sebagai tempat pengujian dan (7) adalah zona waktu yang berarti GMT+7. Untuk perhitungan sendiri menggunakan pemanggilan library pada `//sundata.h//` sebagai file yang memanggil data data waktu pada library dari <http://pveducation.org/> yang merupakan sumber perhitungan sudut azimuth matahari.

4. Sudut matahari didapatkan sebagai nilai masukan ke motor servo

Setelah didapatkan sudut posisi matahari selanjutnya yaitu menggerakkan motor servo yang terhubung ke panel surya dengan perintah `//myservo.write(pos);//` yaitu mengambil data dari pos yang merupakan data sudut yang dituliskan pada server setelah perhitungan selesai.

### 3. Pembahasan

#### 3.1. Analisa Pergerakan Panel Surya terhadap waktu

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kehandalan dari sistem yang telah dibuat. Pengujian ini dilakukan pada saat Hardware telah terintegrasi untuk dianalisa beberapa bagian yang berhubungan dengan penelitian tugas akhir ini. Pengujian ini dibagi dalam beberapa tahap yaitu sebagai berikut.

No	Waktu	Hari Pertama	Hari Kedua
1	6:30:40	19	19
3	7:30:41	22	22
5	8:30:42	27	27
7	9:30:43	35	35
9	10:30:00	50	50
11	11:30:4	76	75
13	12:30:4	108	108
15	13:30:4	132	132
17	14:30:3	145	146
19	15:30:3	153	153
21	16:30:4	158	158
23	17:30:4	160	161

**Tabel 2. Pengujian Sudut Hasil Perhitungan Dalam Dua Hari dengan Range 30 menit**

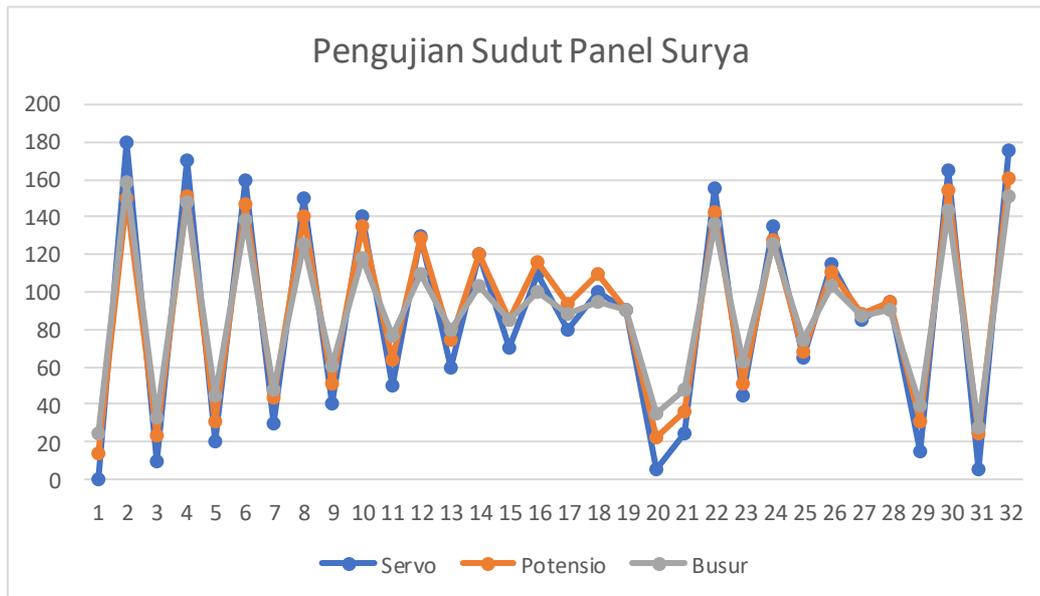
Berdasarkan hasil pengujian di atas dapat terlihat jelas perbandingan antara pengujian hari pertama dan kedua yang dilakukan pada jam yang sama namun ada beberapa perbedaan sudut, dengan begini dapat disimpulkan bahwa perubahan sudut posisi matahari tidak sama setiap harinya walaupun pada jam yang sama. Berdasarkan data di atas juga dapat dilihat dengan jelas bahwa perubahan waktu tidak berbanding lurus dengan perubahan sudut matahari.

### 3.2 Analisis keakuratan sudut keluaran dengan pengukuran sensor sudut dan busur

No	Keluaran	Potensio	Busur	Keluaran Terhadap Potensio	Keluaran Terhadap Busur
1	0	14	25	7,7%	13,8%
2	10	23	33	7,6%	13,5%
3	20	31	45	6,8%	15%
4	30	44	48	8,7%	12%
5	40	51	61	7,8%	15%
6	50	64	77	10,7%	20%
7	60	75	80	12,5%	16%
8	70	85	85	13,5%	13%
9	80	94	88	14%	8%
10	90	90	90	0%	0%
11	100	98	95	2%	5%
12	110	107	100	2,7%	9%
13	120	120	103	0%	14%
14	130	129	110	0,7%	15%
15	140	135	118	3,5%	15,7%
16	150	140	126	6,6%	16%
17	160	147	138	8,1%	13%
18	170	151	148	11,1%	12%
19	180	150	159	16%	11,6%

**Tabel 3. Pengujian Sudut Menggunakan Sensor Sudut (Potensiometer) dan Busur**

Pengujian dilakukan secara acak dari 0 sampai 180 dengan frekuensi berbeda beda untuk melihat perbedaan pada ketiganya, dapat kita lihat perbedaan hasil pada ketiganya dimana terdapat perbedaan rasio gear pada panel sebesar  $\frac{3}{4}$  sehingga sudut pada servo akan berbeda pada potensio dan busur, disamping itu terdapat kelonggaran pada rantai mengakibatkan terdapat kelebihan ataupun kekurangan beberapa derajat pada pengujian.



**Gambar 5 Grafik Pengujian Sudut terhadap Potensio dan Busur**

Dapat kita lihat pada Gambar IV yaitu grafik dari hasil pengujian sudut pada panel surya, bahwa terdapat beberapa perbedaan pada hasil pengujian, diakibatkan oleh beberapa gangguan gesekan dan sebagainya, dengan pusat pada sudut 90 disamakan pada setiap poin pengujian, kemudian dilakukan pengujian dengan memberi perintah pada servo untuk bergerak sejauh 0 derajat kemudian 180 derajat lalu kembali lagi ke 10 derajat, pengujian dilakukan dengan selang dari sudut kecil kemudian ke sudut besar seberang sudut 90 derajat. Akan tetapi saat pengujian berjalan terdapat beberapa gangguan yang mengakibatkan hasil pengukuran yang berbeda.

### 3.3 Analisa Keluaran Panel Surya yang bergerak dengan panel surya yang diam

Pada pengujian ini Panel Surya yang bergerak mengikuti matahari diukur tegangan arus serta suhu pada panel, berbeda dengan pengukuran tegangan keluaran, pada pengukuran ini beberapa aspek ditambahkan untuk dibandingkan pada panel surya yang diam, data pengujian dapat dilihat sebagai berikut

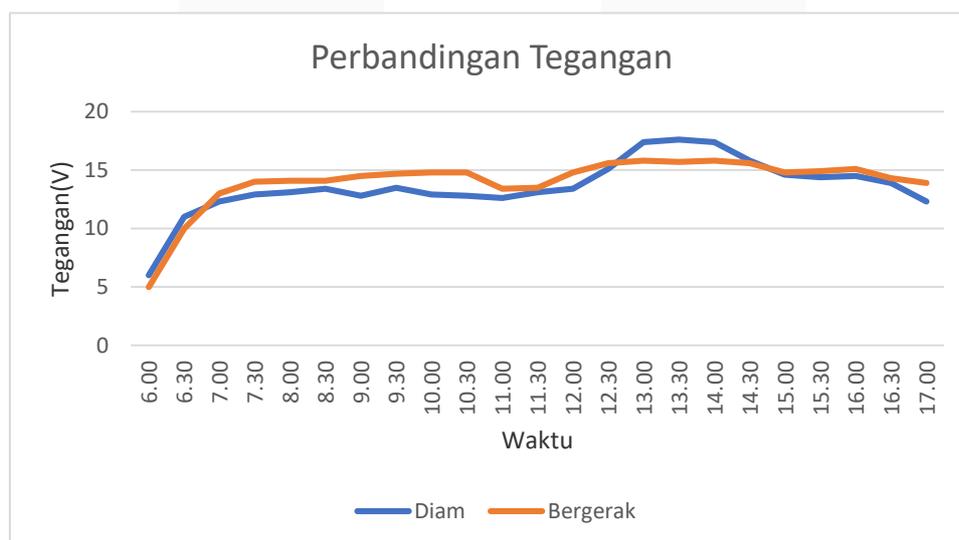
Keluaran Panel Mengikuti Sudut Matahari				
	Jam	Tegangan(V)	Arus(A)	Suhu°C
1	6.00	5	0,5	23,1
2	6.30	10	0,6	24,1
3	7.00	13	1	25,2
4	7.30	14	1,1	24,2
5	8.00	14,1	1,2	28,5
6	8.30	14,1	1,6	25,5
7	9.00	14,5	1,5	33,7
8	9.30	14,7	1,4	28,5
9	10.00	14,8	1,2	41,8
10	10.30	14,8	1,2	33,7
11	11.00	13,4	1,3	41,8
12	11.30	13,5	1,2	39,5
13	12.00	14,8	2,9	39,5
14	12.30	15,6	2,5	40,1
15	13.00	15,8	2,8	36,1
16	13.30	15,7	2,3	40,2
17	14.00	15,8	2	41,3
18	14.30	15,6	1,9	41,1
19	15.00	14,8	1,5	41,2
20	15.30	14,9	1,8	40,1
21	16.00	15,1	1,1	40,8
22	16.30	14,3	0,9	38,1
23	17.00	13,9	0,5	35,5

**Tabel 4. Keluaran Panel Surya yang bergerak**

Keluaran Panel Diam Pada Satu Sudut				
	Jam	Tegangan(V)	Arus(A)	Suhu°C
1	6.00	6	0,1	21,9
2	6.30	11	0,2	22
3	7.00	12,3	0,2	24,4
4	7.30	12,9	0,3	25,3
5	8.00	13,1	0,6	26,8
6	8.30	13,4	0,7	25
7	9.00	12,8	0,8	25,6
8	9.30	13,5	1	26,9
9	10.00	12,9	1,1	29
10	10.30	12,8	1	32
11	11.00	12,6	1,3	35
12	11.30	13,1	1,2	37
13	12.00	13,4	1,4	40
14	12.30	15,1	1,9	41
15	13.00	17,4	3	39
16	13.30	17,6	2,9	38,5
17	14.00	17,4	2,8	38,6
18	14.30	15,8	1,4	36,8
19	15.00	14,6	1,3	37,7
20	15.30	14,4	1,1	36,4
21	16.00	14,5	1	37,1
22	16.30	13,9	0,8	36
23	17.00	12,3	0,3	34

**Tabel 5. Keluaran Panel Surya yang diam**

Berdasarkan tabel 4 dan tabel 5 dapat kita lihat perbedaan keluaran dari kedua percobaan yang diakibatkan oleh beberapa faktor, untuk lebih jelasnya dapat kita lihat pada grafik berikut



**Gambar 6 Perbedaan Tegangan Keluaran Panel Surya yang bergerak dengan Panel Surya yang diam**

Berdasarkan Gambar 6 di dapat dilihat bahwa tegangan tertinggi pada diam lebih tinggi diakibatkan pada titik tersebut cahaya matahari tepat di atas panel akan tetapi suhu panel tidak terlalu panas, berbeda dengan panel yang bergerak yang terus menerus mengikuti matahari sehingga panas pada panel tetap tersimpan dan mempengaruhi keluaran panel. Untuk arus keluaran nya sendiri untuk mengetahui output dari panel surya nanti nya yaitu pada panel surya yang bergerak mengikuti sudut matahari memiliki arus rata rata 1,4 ampere sedangkan pada panel surya yang diam memiliki rata rata arus keluaran sebesar 1,1 ampere, sehingga untuk mengetahui

penggunaannya dikalikan dengan tegangan rata-rata, yaitu pada panel bergerak memiliki tegangan rata-rata 13,7 volt sehingga dayanya sebesar 19,18 watt yang bisa digunakan pada lampu dan telepon genggam, sedangkan pada panel yang diam memiliki tegangan rata-rata sebesar 13,6 volt yang menghasilkan daya sebesar 14,96 watt yang penggunaannya lebih dibawah daripada panel yang bergerak.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis Desain Optimal Dan Implementasi Penggerak Panel Surya Menggunakan Metode Perhitungan Sudut Azimuth Matahari dengan membandingkan dengan tujuan dari sistem yang dibuat maka sasaran dari tujuan sistem telah tercapai dengan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Panel Surya dapat mengikuti posisi matahari sepanjang hari
2. Implementasi sudut azimuth pada pemrograman *microcontroller* dilakukan dengan bantuan *library* dari sudut azimuth.
3. Keluaran pada Panel Surya yang bergerak berdasarkan sudut matahari lebih efektif daripada Panel Surya yang diam, dimana pada panel surya yang bergerak memiliki daya rata-rata 19,18 watt lebih besar dibanding daya panel yang diam yaitu hanya sebesar 14,96 watt, sehingga dengan daya 19,18 watt dapat digunakan langsung pada beberapa perangkat elektronik diantaranya untuk penerangan lampu serta pengisian daya pada perangkat telepon genggam.

#### Daftar Pustaka:

- [1] Rifqi Azmi M., Sony S., Cahyantari, E. (2017). Desain Dan Implementasi Modul Pengisian Baterai Dan Penyimpanan Energi Potensial Air Menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya
- [2] Erwin, S., Ig. Prasetya, D., Agung, S., & Cahyantari, E. (2015). *Pengantar Kontrol Maju*. Bandung.
- [3] Fernaza, O. (n.d.). Studi Metoda Kendali Linear Quadratic Regulator (LQR) dan Aplikasinya pada Sistem Automatic Voltage Regulator (AVR) .
- [4] Kittithuch, P., & Mongkol, K. (2015). LQR state feedback controller based on particle swarm optimization for IPMSM drive system. *Industrial Electronics and Applications (ICIEA)*. Auckland, New Zealand: IEEE.
- [5] M. Abdur, R., Ahmed, S., & Salam, K. M. (2014). Induction motor drive system using Push-Pull converter and three-phase SPWM inverter fed from solar photovoltaic panel. *Power and Energy Systems Conference*. Bangalore, India: IEEE.
- [6] Goodwin, Graham C., Stefan F. Graebe, dan Mario E. Salgado. 2001. Control System Design, International Edition. Upper Saddle River NJ: Prentice Hall International.
- [7] Torsten H. (2018 Mei 1). "Computation path of the sun". 10 Mei 2018. <http://suncalc.org>.
- [8] Christiana H., Stuart B. "Azimuth Angle". 11 Oktober 2015. <https://www.pveducation.org/pvcdrom/properties-of-sunlight/azimuth-angle>.