

Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Mengikuti Sinar Matahari Menggunakan Pewaktu

Reza Mohammad Taufik H, Tarsisius Kristyadi

Institut Teknologi Nasional Bandung
Email: rezataufik31@mhs.itenas.ac.id

Received DD MM YYYY | *Revised* DD MM YYYY | *Accepted* DD MM YYYY

ABSTRAK

Sinar matahari merupakan energi yang bisa dikonversikan menjadi energi listrik menggunakan panel surya, namun pengembangannya terbilang kurang. Sehingga pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebaiknya banyak dikembangkan di Indonesia. Salah satu pemanfaatan PLTS yang banyak dibutuhkan adalah lampu penerangan. Penggunaan panel surya umumnya bersifat statis dan mengakibatkan pemanfaatan matahari tidak maksimal. Untuk memaksimalkannya, panel surya harus mengikuti pergerakan matahari. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan rancangan PLTS yang mampu mengikuti sinar matahari menggunakan pewaktu dan menghasilkan PLTS yang mampu mengikuti sinar matahari. Penelitian ini dilakukan perancangan PLTS menggunakan aplikasi PVSyst, Solidworks, dan Proteus dengan spesifikasi panel surya jenis Monocrystalline dengan kapasitas 50 Wp, pewaktu Sinotimer TM630S, aktuator Matrix Harl 3618, relay 10 pin, limit switch, dan pillow block bearing. Hasil analisis awal menunjukkan bahwa rancangan PLTS mampu mengikuti sinar matahari dan mampu meningkatkan penyerapan sinar matahari. Oleh karena itu, perancangan ini diharapkan dapat menjadi metode pengembangan PLTS agar mengikuti sinar matahari.

Kata kunci: *Pewaktu, Sinar Matahari, Pembangkit Listrik Tenaga Surya*

ABSTRACT

Sunlight is energy that can be converted into electrical energy using solar panels, but the development is somewhat lacking. Usually use of solar panels is static and the result is not maximize. To maximize it, the solar panels must follow movement of the sun. This study aims to produce a PLTS design to follow the sun's rays using a timer and produce a PLTS that is able to follow the sun's rays. In this study, design of PLTS using PVSyst, Solidworks, and Proteus applications with specifications of solar panel is Monocrystalline type with capacity of 50 Wp, Sinotimer TM630S timer, Harl 3618 Matrix actuator, 10 pin relay, limit switch, and pillow block bearing. The results of the initial analysis show that PLTS is able to follow the sun and increase the absorption of sunlight. Therefore, this design is expected to be a method of developing PLTS to follow the sun.

Keywords: *Timer, Sunshine, PLTS*

1. PENDAHULUAN

Dalam pembangunan, tenaga listrik merupakan salah satu jenis energi yang sangat dibutuhkan. Sekitar 7%-10% pertumbuhan ekonomi akan meningkat per tahun hingga tahun 2025, maka konsumsi listrik di Indonesia akan meningkat dengan cepat (**Sigit & Hafidz, 2015**).

Potensi energi baru terbarukan di Indonesia terbilang cukup melimpah. Indonesia sendiri memiliki *Incoming Solar Radiation (Insolasi)* matahari dengan rata-rata sebesar 4,8 kWh/m² per hari (**Khotama et al., 2020**). Angka *Insolasi* tersebut dapat dirincikan di Indonesia bagian barat sebesar 4,5 kWh/m² per hari dan di Indonesia bagian timur sebesar 5,1 kWh/m² per hari (**Khotama et al., 2020**). Energi Sumber Daya Mineral bahwa energi fosil menyuplai sebesar 41,15% produksi listrik di Indonesia (**KementrianESDM, 2018**).

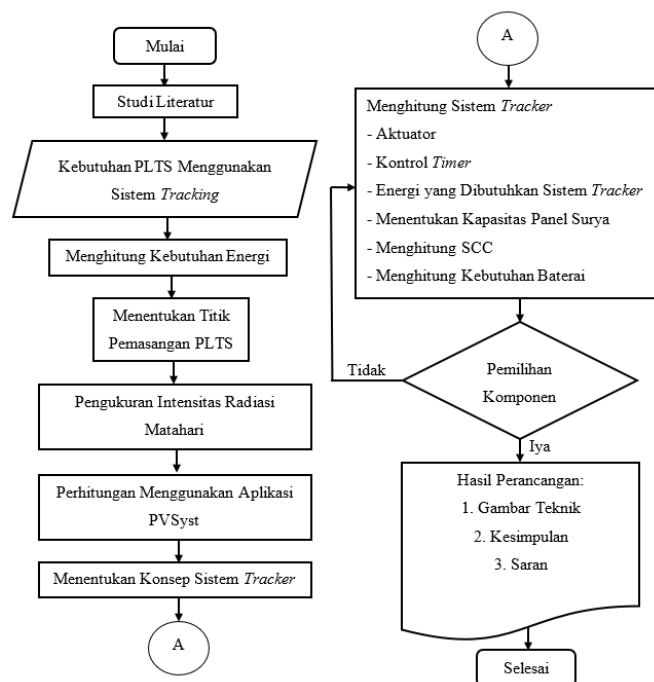
Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebaiknya digunakan untuk kebutuhan masyarakat seperti lampu penerangan, tepatnya pada saat malam hari. Lingkungan kampus yang sering beroperasi pada malam hari adalah pos satpam.

Pada umumnya penggunaan panel surya masih bersifat statis mengakibatkan pemanfaatan matahari tidak maksimal, maka panel surya harus mengikuti pergerakan matahari (**Hidayati et al., 2020**). Oleh karena itu perlu dibuat suatu model alat yang dapat diimplementasikan pada sistem panel surya yang dapat mengikuti arah pergerakan cahaya dari matahari (**Nopriansyah et al., 2018**). Maka dari itu Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang dirancang mengembangkan teknologi yang mampu mengikuti sinar matahari dengan tujuan untuk menghasilkan PLTS yang bersifat dinamis dengan maksud meningkatkan penyerapan sinar matahari terhadap panel surya.

2. METODOLOGI

2.1. Diagram Alir Langkah Penelitian

Berikut adalah diagram alir pada tahapan-tahapan penelitian yang telah dilaksanakan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2. Penjelasan Diagram Alir

1. Studi Literatur

Studi Literatur dilakukan untuk mendapatkan referensi teori yang relevan dengan pengumpulan materi tinjauan teknik yang berkaitan dengan perencanaan dan pembahasan pada PLTS menggunakan sistem *tracker* yang akan dibuat.

2. Kebutuhan PLTS Menggunakan Sistem *Tracking*

Pada perancangan PLTS menggunakan sistem *tracker* yang dibuat ini diperuntukan untuk memenuhi kebutuhan penerangan di pos satpam Itenas.

3. Menghitung Kebutuhan Energi

Menghitung kebutuhan energi pada tempat yang dibutuhkan untuk dipenuhi kebutuhan penerangannya meliputi lumens, Watt, kebutuhan energi perhari.

4. Menentukan Titik Pemasangan PLTS

Menentukan titik pemasangan yang cocok (panel tidak banyak terhalangi oleh benda/bangunan yang lebih tinggi).

5. Pengukuran Intensitas Radiasi Matahari

Proses ini bertujuan untuk validasi angka intensitas radiasi matahari pada titik pemasangan PLTS dengan angka intensitas radiasi matahari pada PVSyst.

6. Perhitungan Menggunakan Aplikasi PVSyst

Melakukan perhitungan panel surya dengan cara membandingkan kapasitas panel surya.

7. Menentukan Konsep Sistem *Tracker*

Menentukan akan seperti apa sistem *tracker* yang akan dipakai untuk perancangan ini.

8. Menghitung Sistem *Tracker*

Tahapan pengumpulan data terkait sistem *tracker* yang akan digunakan, meliputi perhitungan dari aktuator, kontrol *timer*, energi yang dibutuhkan sistem *tracker*, menentukan kapasitas panel surya, menghitung SCC, menghitung kebutuhan baterai.

9. Pemilihan Komponen

Setelah data-data yang diperlukan sudah didapat lalu melakukan pemilihan komponen-komponen PLTS dan *tracker* yang tersedia di pasaran. Ketika komponen-komponen tidak sesuai maka kembali lagi ke proses perhitungan atau pengumpulan data.

10. Hasil Perancangan

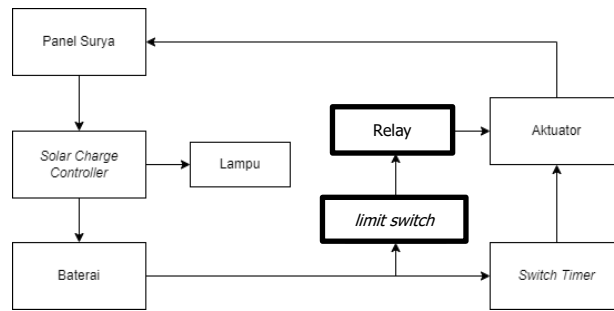
Hasil perancangan ini meliputi gambar teknik, kesimpulan, dan saran.

11. Selesai

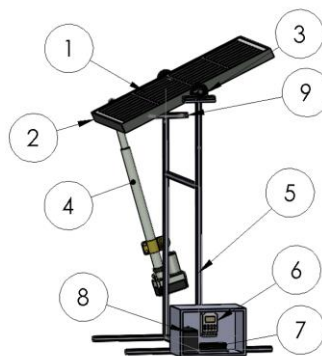
2.3. Prinsip Kerja

Prinsip kerja PLTS menggunakan sistem *tracker* ini menggunakan *timer switch* Sinotimer TM-630S untuk mengatur kapan aktuator harus bekerja, aktuator tersebut dikaitkan ke panel surya sehingga pada waktu tertentu aktuator tersebut akan mendorong panel surya sesuai dengan berapa derajat yang dibutuhkan, lalu saat tuas aktuator mencapai jarak maksimal, maka akan menekan *limit switch* sehingga akan merubah arah gerak dari aktuator dan mengembalikan posisi panel surya ke posisi awal.

2.4 Skema Rangkaian



Gambar 2. Skema Rangkaian



Gambar 3. Skema Rangkaian PLTS

Keterangan gambar:

1. Panel surya
2. *Frame* panel surya
3. Bantalan/*pillow block*
4. Aktuator listrik
5. Rangka
6. *Timer Switch*
7. *Solar Charge Controller*
8. Baterai
9. Dudukan *limit switch*

Skema blok diagram dapat dilihat pada Gambar 2, memuat mengenai rangkaian PLTS *tracking*. Dapat dilihat juga pada Gambar 3 merupakan desain dari PLTS *tracking* yang memuat mengenai komponen-komponen yang digunakan.

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1 Menentukan lumens lampu

Tabel 1. Standar Lux pada ruangan

Fungsi ruangan	Tingkat Pencahayaan (lux)	Kelompok renderasi warna	Keterangan
Rumah Tinggal :			
Teras	60	1 atau 2	
Ruang tamu	120 ~ 250	1 atau 2	
Ruang makan	120 ~ 250	1 atau 2	
Ruang kerja	120 ~ 250	1	
Kamar tidur	120 ~ 250	1 atau 2	
Kamar mandi	250	1 atau 2	
Dapur	250	1 atau 2	
Garasi	60	3 atau 4	
Perkantoran :			
Ruang Direktur	350	1 atau 2	
Ruang kerja	350	1 atau 2	
Ruang komputer	350	1 atau 2	Gunakan armatur berkisi untuk mencegah silau akibat pantulan layar monitor.
Ruang rapat	300	1 atau 2	
Ruang gambar	750	1 atau 2	Gunakan pencahayaan setempat pada meja gambar.
Gudang arsip	150	3 atau 4	
Ruang arsip aktif.	300	1 atau 2	
Lembaga Pendidikan :			
Ruang kelas	250	1 atau 2	
Perpustakaan	300	1 atau 2	
Laboratorium	500	1	
Ruang gambar	750	1	Gunakan pencahayaan setempat pada meja gambar.
Kantin	200	1	
Hotel dan Restoran			
Lobby, koridor	100	1	Pencahayaan pada bidang vertikal sangat penting untuk menciptakan suasana/kesan ruang yang baik.
Ballroom/ruang sidang.	200	1	Sistem pencahayaan harus di rancang untuk menciptakan suasana yang sesuai. Sistem pengendalian "switching" dan "dimming" dapat digunakan untuk memperoleh berbagai efek pencahayaan.
Ruang makan.	250	1	
Cafeteria.	250	1	
Kamar tidur.	150	1 atau 2	Diperlukan lampu tambahan pada bagian kepala tempat tidur dan cermin.
Dapur.	300	1	
Rumah Sakit/Balai pengobatan			
Ruang rawat inap.	250	1 atau 2	

Tabel 2. Reflektivitas cat

Warna Cat	Presentase pantulan cahaya
Putih	85%
Kuning	75%
Abu-abu terang	75%
Biru terang	55%
Biru gelap	10%
Maple	7%
Mahogany	12%
Walnut	16%

$$L = \frac{E \times p \times l}{n \times Cu \times LLF \times N}$$

Dimana

L = Lumens.

E = Kuat penerangan (Lux), didapatkan dari Tabel 1.

p = Panjang ruangan (m).

l = Lebar ruangan (m).

n = Jumlah lampu dalam 1 titik.

Cu = *Coefficient of Utilization*/koefisien penggunaan, didapatkan dari Tabel 2.
 LLF = *Lost Light Factor*/koefisien depresi sebesar 0,8, didapatkan dari Standar Nasional Indonesia (SNI).

Diketahui dari pengukuran panjang dan lebar ruangan pos satpam yaitu:

p = 2m
 l = 2m

$$L = \frac{120 \times 2 \times 2}{1 \times 0,85 \times 0,8 \times 1}$$

Lumens = 705.88

3.2 Menentukan Watt lampu

Tabel 3. Nilai lumens/Watt berdasarkan jenis lampu

Jenis Lampu	Lumens/Watt
Pijar	10
CFL	60
LED	90

$$Watt = \frac{705.88}{90}$$

Watt = 7,84

Dikarenakan dipasaran susah ditemukan lampu LED 7,84 Watt maka pada perancangan ini menggunakan lampu LED 10 Watt

3.3 Menentukan Kebutuhan Energi dalam Sehari

Energi = (Jumlah beban x daya beban) x lama pemakaian

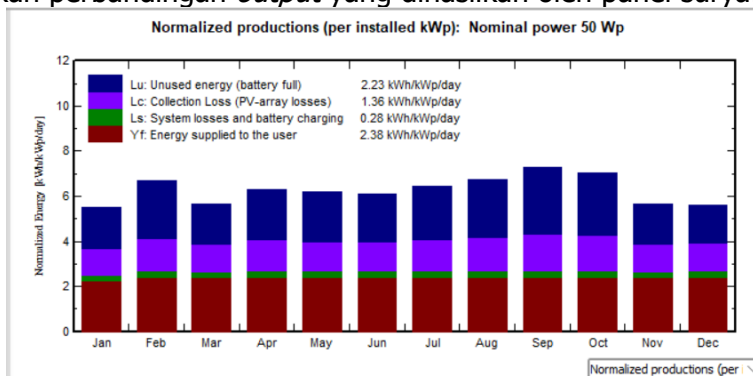
Penggunaan lampu dari pukul 18.00 WIB hingga pukul 06.00 WIB maka didapatkan penggunaan lampunya selama 12 jam

Energi = (1 x 10 Watt) x 12 jam

Energi = 120 Wh

3.4 Perhitungan menggunakan PVSyst

Pada aplikasi PVSyst dilakukan beberapa simulasi terhadap beberapa kapasitas panel surya untuk mendapatkan perbandingan *output* yang dihasilkan oleh panel surya.



Gambar 4. Salah satu simulasi pada PVSyst menggunakan panel surya 50 Wp

Tabel 4. Hasil Simulasi Panel Surya Menggunakan Aplikasi PVSyst

Kapasitas Panel Surya (Wp)	Output Energi Panel Surya <i>Fixed</i> (Wh)	Output Energi Panel Surya <i>Tracking</i> (Wh)
5	13,55	17,2
10	30,2	37,2
15	45,3	58,2
20	67,6	84,8
25	84,5	106,5
30	108,3	130,5
35	126,7	152,6
40	147,2	181,6
45	165,6	207
50	184	230,5

Hasil dari simulasi panel surya menggunakan aplikasi PVSyst dapat dilihat pada Tabel 4.

3.5 Pemilihan Konsep *Tracking*

Pemilihan konsep ini memanfaatkan waktu, dikarenakan waktu dalam sehari selama 24 jam maka waktu saat matahari terbit dan terbenam dijadikan acuan untuk konsep *tracking* pada perancangan ini. Sehingga pada perancangan ini menggunakan *timer* sebagai kontrol dari sistem tracking.

Untuk menggerakkan panel surya menggunakan aktuator listrik karena instalasinya yang mudah. Komponen pembalik polaritas (agar aktuator bisa memendek) memakai relay 10 pin dan limit switch.

3.6 Perhitungan Sistem *Tracking*

Perhitungan pergerakan aktuator menggunakan aplikasi Solidworks dengan memanfaatkan fitur Motion Study. Diketahui kecepatan dari aktuator adalah 2,7 mm/s.

Panel surya akan berpindah sebanyak satu kali dalam satu jam dan akan bekerja dari pukul 8.00 pagi hingga pukul 17.00.

Karena memanfaatkan waktu siang hari selama 12 jam dan memanfaatkan sudut 180° sebagai perbedaan sudut timur ke barat. Maka didapatkan:

$$\text{sudut panel per jam} = \frac{180}{12}$$

$$\text{sudut panel per jam} = 15^\circ$$

Didapatkan sebesar 15° perpindahan panel per jamnya.

Setelah melakukan simulasi pada Solidworks, didapatkan:

Tabel 5. Pergerakan Aktuator Per Jam

Waktu	Panjang Aktuator (mm)	Kemiringan Panel (°)	Lama aktuator aktif (s)
7.00	31,73	15	0
8.00	59,01	30	11
9.00	99,57	45	15
10.00	148,26	60	19
11.00	200,33	75	20
12.00	251,95	90	19
13.00	300	105	18
14.00	342,12	120	15
15.00	376,56	135	12
16.00	402,02	150	9
17.00	417,58	165	5

3.7 Perhitungan Kebutuhan Energi Sistem *Tracking*

Diketahui arus listrik aktuator sebesar 0,37 A dan menggunakan tegangan sebesar 12 V.

$$\begin{aligned} \text{Energi} &= \text{Watt} \times \text{penggunaan per hari} \\ \text{Watt} &= \text{Tegangan (V)} \times \text{Arus (A)} \\ \text{Watt} &= 12\text{V} \times 0,37 \text{ A} \\ \text{Watt} &= 4,44 \text{ W} \end{aligned}$$

Lama aktuator memanjang selama 144 detik dan memendek lagi membutuhkan waktu yang sama, maka dalam sehari didapatkan sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Lama pemakaian perhari} &= 144 \text{ detik} \times 2 \\ \text{Lama pemakaian perhari} &= 288 \text{ detik} \end{aligned}$$

Maka untuk mendapatkan energi yang dibutuhkan per hari:

$$\begin{aligned} \text{Energi} &= 4,44 \text{ W} \times \left(\frac{4}{60}\right) + \left(\frac{48 \text{ detik}}{3600}\right) \\ \text{Energi} &= 0,3 \text{ Wh} \end{aligned}$$

3.7 Kontrol *Timer*

Kontrol *timer* membutuhkan pengaturan untuk menyesuaikan dengan waktu saat ini maka untuk mengaturnya bisa dilakukan:

Tabel 6. Cara *setting timer switch* untuk menyesuaikan waktu saat ini

No	Tombol yang ditekan	Keterangan
1	Tekan "Clock" dan "Hour" bersamaan	Mengatur jam saat ini
2	Tekan "Clock" dan "Min" bersamaan	Mengatur menit saat ini
3	Tekan "Clock" dan "Day" bersamaan	Mengatur hari saat ini

Lalu men-*setting* kontrol *timer* agar bisa seperti pergerakan aktuator maka dapat *input setting*-nya seperti ini.

Tabel 7. Cara *setting timer switch* untuk menyesuaikan dengan pergerakan aktuator

No	Tombol yang ditekan	Keterangan
1	"C/R" sebanyak 4x	Untuk membuka <i>setting</i>
2	Tekan "Timer"	Mengatur perangkat aktif untuk pertama kali.
3	Tekan "H+"	Tekan "Hour" hingga menunjukkan pukul 7.00 untuk menentukan jam berapa aktuator bekerja.
4	Tekan "Week"	Tekan "Week" hingga seluruh hari muncul.
5	Tekan "Timer"	Mengatur perangkat mati untuk pertama kali.
6	Tekan "H+'	Tekan "H+" hingga muncul pukul 7.00 untuk menentukan jam berapa aktuator tidak bekerja.
7	Tekan "S+"	Tekan "S+" hingga muncul detik 11 untuk menentukan detik berapa aktuator tidak bekerja.
8	Tekan "Timer"	Tekan "Timer" untuk melanjutkan ke jam berikutnya kapan aktuator harus bekerja dan mati.
9	Untuk mengatur pukul berapa lagi aktuator harus bekerja dapat mengikuti langkah diatas.	

Lalu menghitung kebutuhan energi perhari kontrol *timer* didapatkan sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Energi} &= \text{Watt} \times \text{pemakaian perhari} \\ \text{Watt} &= \text{V} \times \text{A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Watt} &= 12V \times 0,31 A \\ \text{Watt} &= 3,48 W \\ \text{Energi} &= 3,48 W \times 24 \text{ jam} \\ \text{Energi} &= 83,52 Wh \end{aligned}$$

Total energi yang dibutuhkan perhari (beban lampu + sistem *tracking*)

$$\text{Jumlah energi yang dibutuhkan per hari} = E_{\text{beban}} + E_{\text{tracking}}$$

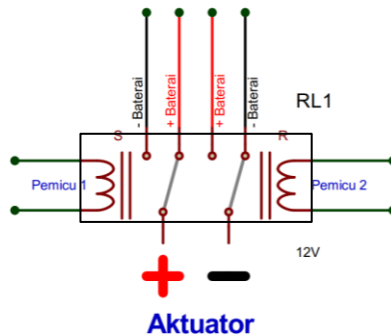
$$\text{Jumlah energi yang dibutuhkan per hari} = 120 Wh + 83,82 Wh$$

$$\text{Jumlah energi yang dibutuhkan per hari} = 203,82 Wh$$

Dari perhitungan diatas didapatkan 203,82 Wh atau sebesar 204 Wh.

3.8 Komponen pembalik aktuator

Setelah panel surya mencapai 165° maka aktuator telah mencapai maksimal panjangnya. Panel surya harus kembali ke 15° dan aktuator harus memendekkan tuasnya. Agar hal tersebut dapat terjadi maka polaritas dari motor aktuator harus dibalik, maka pada perancangan ini membutuhkan komponen yaitu:



Gambar 5. Pin-pin pada relay

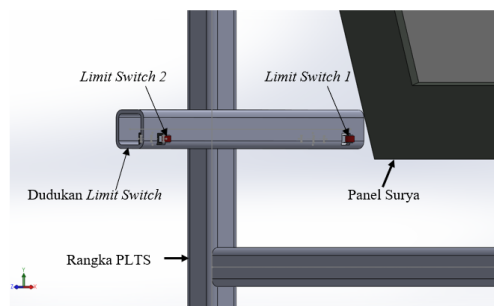
Ketika pemicu 1 teraliri listrik maka positif aktuator akan tersambung dengan negative baterai, begitu juga dengan negatif aktuator akan tersambung dengan positif baterai. Ketika pemicu 2 teraliri listrik maka akan kembali ke posisi awalnya.

3.9 Penentuan Pemicu Relay

Untuk merubah saklar pada relay maka dibutuhkan suatu pemicu baik itu membalikan polaritas dan mengembalikan polaritas. Maka pada perancangan ini dipilih *limit switch*.



Gambar 6. Limit Switch



Gambar 7. Penempatan Limit Switch

3.10 Komponen-komponen yang Digunakan

1. Panel surya Maysun Solar 50 Wp Monocrystalline

Tabel 8. Spesifikasi panel surya yang digunakan

<i>Rated Maximum Power (PM)</i>	50 W
<i>Voltage at Pmax (Vmp)</i>	18,4 V
<i>Current at Pmax (Imp)</i>	2,72 A
<i>Cell Technology</i>	Mono – Si



Gambar 8. Panel surya yang akan digunakan

2. Solar Charge Controller

Tabel 9. Spesifikasi SCC yang digunakan

<i>Rated voltage</i>	12 V/24 V
<i>Rated current</i>	20 A
<i>Max PV Voltage</i>	50 V



Gambar 9. SCC yang akan digunakan

3. Baterai *lead-acid*

Tabel 10. Spesifikasi baterai yang digunakan

<i>Voltage</i>	12 V
<i>Nominal Capacity</i>	100 Ah
<i>Weight</i>	28,5 kg



Gambar 10. Baterai yang akan digunakan

4. *Timer Switch* Sinotimer TM630S

<i>Time Interval</i>	<i>Hour, minute, seconds</i>
<i>Program</i>	28 ON/OFF
<i>Power Supply</i>	12 V DC



Gambar 11. Sinotimer TM630S

5. Aktuator listrik Matrix Harl-3618

<i>Input</i>	12 V DC
<i>Panjang Tuas</i>	460 mm
<i>Kecepatan</i>	2,7 mm/s
<i>Rating</i>	333 N



Gambar 12. Aktuator listrik Matrix Harl-3618

6. Relay 10 pin

<i>Input</i>	12 V DC
<i>Pin</i>	10
<i>Type</i>	<i>Double pole double throw</i>



Gambar 13 Relay 10 pin

7. *Limit Switch*

Limit Switch berfungsi sebagai pemberi sinyal kepada relay untuk merubah pergerakan dari aktuator.

3.11 Analisis

Lampu LED 10W

Pada perhitungan berapa Watt lampu LED yang dibutuhkan didapatkan sebesar 7,84 namun dikarenakan tidak ada dipasaran maka memakai 10W LED.

Kapasitas panel surya

Didapatkan dari perhitungan kebutuhan energi untuk beban dan sistem *tracking*-nya sebesar 204 Wh dan meninjau ke tabel 4 untuk memenuhi kebutuhan tersebut bisa memakai panel surya dengan kapasitas 45 Wp namun karena dipasaran tidak ada, maka memakai panel surya dengan kapasitas 50 Wp.

4. KESIMPULAN

1. Hasil analisis awal, panel surya mampu mengikuti sinar matahari dan membutuhkan waktu selama 144 detik untuk berputar dari timur ke barat. Sedangkan untuk sehari membutuhkan waktu selama 288 detik untuk berputar dari timur ke barat dan kembali lagi ke timur.
2. Berdasarkan PVSyst, dengan menggunakan panel surya 50 Wp, *output* dari PLTS *tracking* adalah sebesar 230,5 Wh sedangkan PLTS *fixed* adalah sebesar 184 Wh maka selisih *output* energi dari PLTS *fixed* dengan PLTS *tracking* adalah sebesar 46,5 Wh.

DAFTAR PUSTAKA

- Hidayati, Q., Yanti, N., & Jamal, N. (2020). P-7 SISTEM PEMBANGKIT PANEL SURYA DENGAN SOLAR TRACKER DUAL AXIS Tracker Cerdas dan Murah Berbasis membahas Sistem Kerja Solar Sell Dalam Solar Panel Tipe Polikristal yang dimana penelitian ini hanya sebatas mengukur hasil Perancangan Sistem Perancangan S. *Politeknik Negeri Balikpapan*, 1(1), 68–73.
- KementrianESDM. (2018). *Konsumsi Listrik Nasional*. Katadata.
- Khotama, R., Santoso, D. B., & Stefanie, A. (2020). Perancangan Sistem Optimasi Smart Solar Electrical pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan Metode Tracking Dual Axis Technology. *Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering)*, 7(2), 78–84. <https://doi.org/10.33019/jurnalecotipe.v7i2.1887>
- Nopriansyah, M. H., Notosudjono, D., & Fiddiansyah, D. B. (2018). Perancangan Miniatur Tracker PLTS Dan Kontrol MPPT Berbasis IOT Menggunakan Atmega 328P-PU. *Benakat*, 1, 1–12.
- Sigit, S., & Hafidz, M. (2015). Perancangan Dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 10 Mw on Grid Di Yogyakarta. *Jurusan Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknik PLN*, 7(JURNAL ENERGI & KELISTRIKAN VOL. 7 NO. 1, JANUARI-MEI 2015), 49.