

ANALISA PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN *SOLAR TRACKER SINGLE AXIS* PADA PLTS BERBASIS *IoT* DAN *REAL TIME CLOCK* TERHADAP DAYA KELUARAN

Fitriani Said¹, Abil Huda², Rezky Septiawan³

^{1,2,3}Universitas Borneo Tarakan, Kota Tarakan, Provinsi Kalimantan Utara, Indonesia

¹fitrianiubt22@gmail.com; fitriani@gmail.com

²abil@borneo.ac.id

³rezkyseptiawan45@gmail.com

Abstract— *Solar Power Plants (PLTS) are a renewable energy technology that converts solar radiation into electrical energy. The performance of photovoltaic (PV) modules is strongly influenced by the tilt angle of the panel relative to the sun's position. This study aims to analyze the effect of tilt angle variation on output power and to compare the performance of static PV modules with a single-axis solar tracker system integrated with the Internet of Things (IoT) and a Real Time Clock (RTC). The research was conducted by measuring light intensity, voltage, current, and output power from both systems. The static module was fixed at 0°, while the tracker module automatically adjusted its tilt angle to follow the sun's movement. Data were collected from 07:00 to 18:00 Central Indonesia Time (WITA) and analyzed to determine the optimal tilt angle. The results show that tilt angle significantly affects the output power, with the optimal range between 82.5° and 112.5°, peaking at 105°. The solar tracker system achieved higher efficiency compared to the static system, with improvements of 5.8% on the first day and 7.98% on the second day. These findings demonstrate that employing a solar tracker can enhance energy capture and optimize solar power utilization.*

Keywords— *Solar Power Plant, photovoltaic module, tilt angle, solar tracker, Internet of Things, Real Time Clock.*

Intisari— Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu teknologi energi terbarukan yang memanfaatkan radiasi matahari untuk menghasilkan energi listrik. Kinerja modul surya sangat dipengaruhi oleh sudut kemiringan panel terhadap arah datangnya sinar matahari. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi sudut kemiringan terhadap daya keluaran, serta membandingkan kinerja sistem statis dengan sistem solar tracker berbasis Internet of Things (IoT) dan Real Time Clock (RTC). Metode penelitian meliputi pengukuran intensitas cahaya, tegangan, arus, dan daya keluaran pada panel statis (sudut tetap) serta panel tracker (sudut mengikuti posisi matahari). Pengambilan data dilakukan dari pukul 07.00 hingga 18.00 WITA, kemudian hasil dibandingkan untuk menentukan sudut optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sudut kemiringan berpengaruh signifikan terhadap daya keluaran, dengan sudut optimal pada rentang 82,5°–112,5° dan puncak di 105°. Sistem solar tracker terbukti lebih efisien dibandingkan panel statis, dengan peningkatan efisiensi 5,8% pada hari pertama dan 7,98% pada hari kedua. Dengan demikian, penggunaan solar tracker mampu meningkatkan pemanfaatan energi surya secara lebih optimal.

Kata Kunci— Pembangkit Listrik Tenaga Surya, panel surya, sudut kemiringan, solar tracker, IoT, Real Time Clock.

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik terus meningkat, sedangkan cadangan energi fosil semakin berkurang dan berdampak negatif bagi lingkungan. Oleh karena itu, energi terbarukan menjadi solusi yang perlu dikembangkan. Salah satu sumber energi terbarukan yang potensial adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), karena memanfaatkan sinar matahari yang melimpah di wilayah tropis seperti Indonesia, khususnya di Kota Tarakan yang mendapat paparan matahari hampir sepanjang tahun..

Kinerja panel surya sangat dipengaruhi oleh sudut kemiringannya. Panel dengan posisi tetap (statis) hanya menghasilkan daya maksimal pada waktu tertentu, biasanya siang hari, sedangkan pada pagi dan sore daya yang dihasilkan menurun. Untuk mengatasi hal ini digunakan solar tracker, yaitu sistem yang dapat menggerakkan panel agar mengikuti pergerakan matahari. Dengan begitu, panel dapat menerima sinar matahari secara lebih optimal sehingga daya yang dihasilkan lebih tinggi dan stabil sepanjang hari.

Beberapa penelitian sebelumnya telah membuktikan bahwa sudut kemiringan berpengaruh besar terhadap daya keluaran panel surya, namun sebagian besar masih menggunakan sudut tetap atau penyesuaian manual. Penelitian ini berfokus pada analisis sudut kemiringan panel surya dengan membandingkan sistem statis dan sistem solar tracker berbasis Internet of Things (IoT) dan Real Time Clock (RTC). Integrasi IoT dan RTC memungkinkan pengaturan sudut secara otomatis dan pemantauan data secara real-time. Hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi PLTS serta menjadi referensi dalam pengembangan energi terbarukan di Indonesia.

II. LANDASAN TEORI

A. Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS)

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan sistem yang mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik melalui modul fotovoltaik (PV). Proses ini terjadi karena efek fotovoltaik pada material semikonduktor seperti silikon, di mana foton cahaya yang mengenai sel surya melepaskan elektron sehingga menghasilkan arus listrik. Sistem PLTS terbagi menjadi dua jenis, yaitu on-grid, yang terhubung langsung dengan

jaringan listrik, dan off-grid, yang bekerja mandiri untuk daerah terpencil.

B. Modul Surya

Modul surya tersusun atas sel-sel fotovoltaik yang mengubah radiasi matahari menjadi listrik arus searah (DC). Tegangan dan arus modul sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya dan suhu. Salah satu jenis yang umum digunakan adalah modul monocrystalline, yang memiliki efisiensi tinggi namun berharga lebih mahal. Kinerja modul surya dapat dihitung dengan beberapa persamaan penting, yaitu:

$$FF = \frac{V_{mp} \cdot I_{mp}}{V_{oc} \cdot I_{sc}} \quad (1)$$

$$P_{in} = G \cdot A \quad (2)$$

$$\% \text{ gain} = \frac{P_{tracker} - P_{statis}}{P_{statis}} \times 100\% \quad (3)$$

C. Prinsip Kerja Modul Surya dan Solar Tracker

Panel surya bekerja berdasarkan prinsip semikonduktor p-n junction yang menghasilkan arus ketika disinari cahaya matahari. Untuk meningkatkan penyerapan energi, digunakan solar tracker. Jenis single axis tracker menggerakkan panel dari timur ke barat mengikuti pergerakan harian matahari, sedangkan dual axis tracker bergerak pada dua sumbu. Penggunaan tracker terbukti meningkatkan daya keluaran dibandingkan panel statis dengan sudut tetap.

D. Komponen Pendukung

Dalam penelitian ini digunakan beberapa komponen utama, antara lain: Solar Charge Controller (SCC) untuk melindungi baterai dari overcharge, baterai untuk penyimpanan energi, mikrokontroler ESP32 untuk pemrosesan data dan koneksi IoT, Real Time Clock (RTC DS3231SN) untuk pengaturan waktu yang presisi, serta Blynk sebagai platform pemantauan data secara real-time melalui smartphone.

III. METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan **kuantitatif** karena fokus pada pengumpulan data yang objektif dan terukur untuk mengetahui intensitas cahaya matahari serta perbandingan daya keluaran modul surya statis dengan modul surya sistem solar tracker.

B. Lokasi dan Waktu

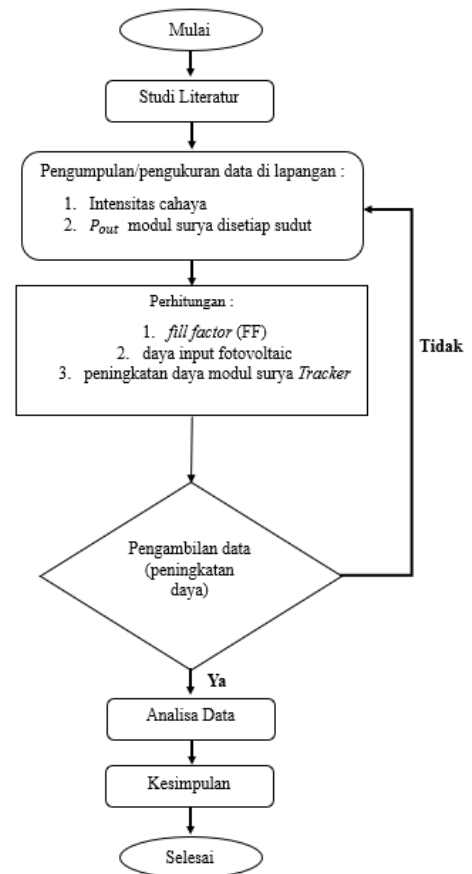
Penelitian dilaksanakan Universitas Borneo Tarakan di Fakultas Teknik selama kurang lebih enam bulan, termasuk tahap persiapan, perancangan sistem, serta pengolahan data. Pengambilan data lapangan dilakukan selama 14 hari berturut-turut, mulai pukul 07.00 hingga 18.00 WITA setiap harinya, untuk mendapatkan variasi kondisi intensitas matahari dari pagi hingga sore.

C. Alat Penelitian.

1. Multimeter Digital
2. Solar power mete

3. Handphone

D. Alur Metode Penelitian



Gambar 1. Flowchart Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

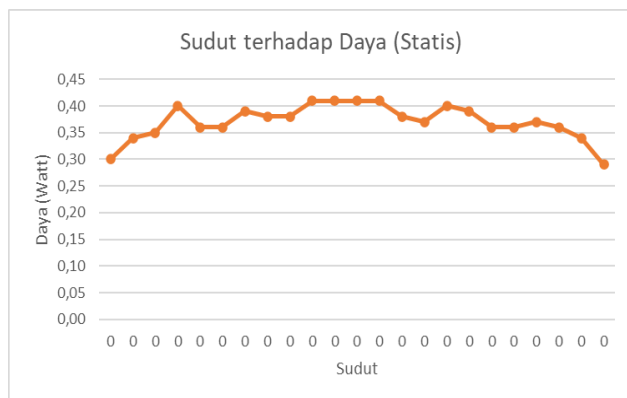
Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data untuk mengetahui kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berbasis Internet of Things (IoT) dan Real Time Clock (RTC). Fokus penelitian adalah menganalisis pengaruh sudut kemiringan pada sistem solar tracker single axis terhadap daya keluaran. Data diambil dari hasil pengukuran dua jenis modul surya, yaitu modul statis dan modul dengan solar tracker.

Tabel I
Data pengukuran Statis Tanggal 11 Juni

Waktu	Sudut Traker (°)	Daya Statis (W)	Daya Traker (W)
7:00	30	0,21	0,30
7:30	30	0,24	0,31
8:00	30	0,30	0,33
8:30	37,5	0,33	0,36
9:00	45	0,37	0,37
9:30	52,5	0,38	0,37
10:00	60	0,37	0,37
10:30	67,5	0,39	0,39
11:00	75	0,42	0,43
11:30	82,5	0,42	0,45
12:00	90	0,42	0,41

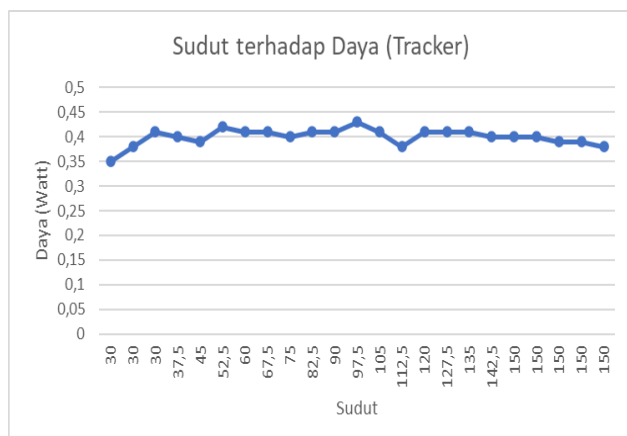
Tabel I
Data pengukuran Statis Tanggal 11 Juni

Waktu	Sudut <i>Tracker</i> (°)	Daya Statis (W)	Daya <i>Tracker</i> (W)
12:30	97,5	0,41	0,42
13:00	105	0,41	0,41
13:30	112,5	0,42	0,42
14:00	120	0,38	0,36
14:30	127,5	0,42	0,43
15:00	135	0,41	0,41
15:30	142,5	0,41	0,46
16:00	150	0,37	0,38
16:30	150	0,38	0,42
17:00	150	0,36	0,38
17:30	150	0,33	0,38
18:00	150	0,31	0,36



Gambar 2. Grafik daya terhadap sudut (Statis)

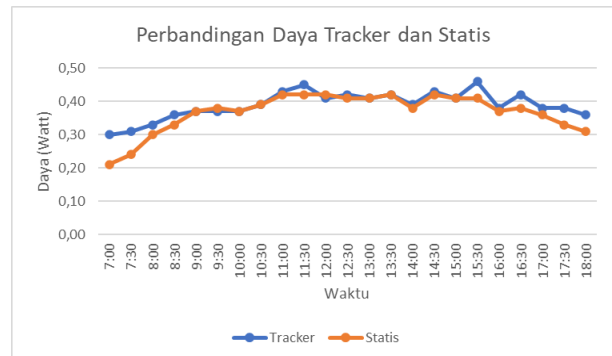
Grafik di atas menunjukkan bahwa sudut kemiringan panel statis tetap pada 0° sepanjang hari. Daya keluaran panel berfluktuasi antara 0,29 W hingga 0,44 W, dengan nilai terendah pada pukul 18.00 dan tertinggi pada pukul 14.30, sesuai dengan intensitas cahaya yang diterima. Karena sudut panel tidak mengikuti pergerakan matahari, penerimaan energi hanya optimal dalam waktu terbatas. Hal ini menyebabkan efisiensi penangkapan energi menurun, terutama pada pagi dan sore hari.



Gambar 3. Grafik daya terhadap sudut (Tracker)

Grafik di atas menunjukkan bahwa sistem tracker mengatur sudut panel antara 30° hingga 150° mengikuti pergerakan matahari. Daya yang dihasilkan stabil pada

kisaran 0,35–0,44 W, meskipun sudut berubah drastis sepanjang hari. Berdasarkan Tabel I, daya mencapai 0,41 W pada sudut 30° (pagi) dan tetap tinggi di kisaran 0,38–0,40 W pada sudut 150° (sore). Hal ini menunjukkan bahwa penyesuaian sudut panel terhadap matahari mampu mempertahankan efisiensi penangkapan energi.



Gambar 4 Grafik Perbandingan daya Tracker dan Statis

Grafik di atas menunjukkan bahwa modul surya dengan sistem tracker menghasilkan daya lebih tinggi dibandingkan modul statis hampir sepanjang waktu pengamatan (07.00–18.00 WITA). Modul statis mencapai puncak daya sekitar pukul 12.00–13.00, lalu menurun. Sebaliknya, modul tracker menghasilkan daya lebih stabil karena mengikuti posisi matahari. Hasil perhitungan menunjukkan efisiensi sistem tracker 8,5% lebih tinggi dibandingkan sistem statis.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai “Analisa Pengaruh Sudut Kemiringan *Solar Tracker Single Axis* pada PLTS Berbasis IoT dan *Real Time Clock* terhadap Daya Keluaran”, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Pengaruh Sudut Kemiringan terhadap Daya Keluaran Sudut kemiringan panel surya berpengaruh signifikan terhadap daya keluaran. Pada sistem statis (0°), daya cenderung fluktuatif dan hanya optimal pada saat tertentu, terutama ketika posisi matahari tegak lurus. Sebaliknya, sistem tracker (30°–150°) menghasilkan daya lebih tinggi dan stabil sepanjang hari karena panel selalu menghadap matahari.
2. Perbandingan Daya Keluaran Sistem Statis dan Tracker

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa modul dengan solar tracker menghasilkan daya lebih besar dan efisien dibandingkan modul statis. Efisiensi sistem tracker tercatat $\pm 8\%$ lebih tinggi, dengan keunggulan mampu mengikuti pergerakan matahari dari timur ke barat. Dengan dukungan IoT dan Real Time Clock, sistem dapat menyesuaikan sudut secara otomatis sehingga lebih efektif dalam memanfaatkan energi surya.

REFERENSI

- [1] Suhendar. (2022). Dasar-Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (D. Tesniyadi (ed.)).

- [2] Abdul Kodir Albahar, & Muhammad Faizal Haqi. (2020). Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya (PV) Terhadap Keluaran Daya.
- [3] Bagas Wicaksono. (2023). Analisis Daya Output Solar Tracker Panel Surya Dengan Penambahan Reflektor.
- [4] Dian Furqani Alifyanti. (2016). Pengaturan tegangan pembangkit Listrik tenaga surya(Plts) 1000 Watt.
- [5] Eko. (2022). Rancang Bangun Solar Tracker Berbasis Arduino Uno Dengan Menggunakan Metode Real Time Clock.
- [6] Hariningrum, R., & Artikel, S. (2021). Marine Science And Technology Journal Analisa Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya100 Wp Terhadap Daya Listrik Info Articles Abstrak. <https://doi.org/10.31331/Maristec.V1i2>
- [7] Luthfian Ramdhan. (2022). Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap Ongrid Residensial Berkapasitas 46,6 Kwp Serpong, Tangerang.
- [8] M Kiki Khusyairi. (2022). Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kemiringan Terhadap Daya Yang Dihasilkan Oleh Panel Surya Di Desa Bungku Kecamatan Bajubang.
- [9] Samsurizal, Andi Makkulau, & Christiono. (2018). Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Terhadap Arus Keluaran Pada Photovoltaic Dengan Menggunakan Regretion Quadratic Method. *Jurnal Energi & Kelistrikan*, 10(2).
- [10] Sianipar, R. (2014). Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya. 11, 61–78.
- [11] Wijayanti Sekarningrum. (2023). Analysis Of The Effect Of Tilt Angle On The Optimization Of Power Output Of 50 Wp Monocrystalline Solar Panel (Photovoltaic) Final Project.
- [12] Yesta George Emes, Jemmy Charles Kewas, & Moh Fikri Pomalingo. (2022). Analisa Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Kapasitas 10 Watt Peak (Wp) Tipe Monocrystalline Terhadap Daya Output.