

PENINGKATAN DAYA KELUARAN PANEL SURYA MENGGUNAKAN SISTEM PELACAK SURYA SUMBU GANDA

SOLAR PANEL OUTPUT POWER IMPROVEMENT USING DUAL AXIS SOLAR TRACKER SYSTEM

Gemilang Rizky Kesatu¹, Wahmisari Priharti², Istiqomah³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

gilangrizky@student.telkomuniversity.ac.id¹, wpriharti@telkomuniversity.ac.id²,
istiqomah@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Panel surya memungkinkan terjadinya konversi energi matahari menjadi energi listrik. Kebanyakan panel surya masih dipasang tetap, sehingga daya yang dihasilkan kurang optimal karena panel surya yang tidak mengikuti pergerakan matahari. Untuk mengupayakan daya keluaran yang lebih optimal, diperlukan suatu sistem yang dapat mengikuti pergerakan sinar matahari atau disebut pelacak surya.

Dalam penelitian ini sistem pelacak surya sumbu ganda dirancang agar dapat mengikuti pergerakan matahari dengan bantuan empat buah mini panel surya yang mengelilinginya. Empat buah mini panel surya ini diletakkan pada setiap sisi panel utama sebagai sensor cahaya, dimana panel surya utama digerakkan oleh dua buah motor servo menggunakan belt. Menggunakan mikrokontroler Arduino, daya keluaran yang dihasilkan oleh panel surya dipantau dan ditampilkan pada LCD serta disimpan dalam kartu SD.

Keseluruhan sistem dari alat ini diuji selama tiga hari untuk melihat perbandingan daya keluaran yang dihasilkan antara sistem pelacak surya sumbu ganda dan sistem pelacak surya tetap. Selama tiga hari pengujian, panel surya tetap diposisikan pada sudut kemiringan 0°, sementara sistem pelacak surya sumbu ganda bergerak mengikuti pergerakan matahari. Hasil dari penelitian ini didapatkan kenaikan rata-rata keluaran daya sebesar 12,44% pada pengujian pertama, 4,37% pada pengujian kedua, dan 3,95% pada pengujian ketiga.

Kata Kunci: Panel surya, pelacak surya sumbu ganda, mini panel

Abstract

Solar panel allows the conversion of solar energy into electrical energy. Most of the solar panels are still installed in fixed position, where the power generated is still less than optimal because the solar panel do not follow the movement of the sun. To seek a more optimal output power, it requires a system that can follow the movement of sunlight.

In this research, a dual axis solar tracker is made to follow the movement of the sun with the help of four mini solar panels surrounding it. These four mini solar panels are placed on each side of the main panel as light sensors, where the main solar panel is driven by two servo motors using belts. Using Arduino microcontroller, the output power generated by the solar panels is monitored for later display on the LCD and stored in the SD card.

The whole system of this tool was tested for three days to see the comparison of the output power generated between dual axis solar tracking system and fixed solar tracking system. During the three days of testing, the fixed solar panel is positioned at an angle of 0°, meanwhile the dual axis solar tracking system moves after the sun movement. The result of this research showed an increase in the average power output 12,44% in the first test, 4,37% in the second test, and 3,95% in the third test.

Keywords: Solar panel, dual axis solar tracker, mini panel

1. Pendahuluan

Energi surya adalah energi yang berupa sinar dan panas dari matahari. Selain berlimpah energi surya tidak bersifat polutif dan sangat berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai pengganti minyak bumi, batu bara, gas alam, dan lain-lain yang bisa memberi dampak negatif pada kelestarian lingkungan. Oleh sebab itu pemanfaatan energi terbarukan merupakan solusi dari permasalahan tersebut karena dapat dimanfaatkan secara terus-menerus dan tidak akan pernah habis.

Energi merupakan salah satu masalah utama yang di hadapi oleh seluruh negara di dunia pada akhir ini, khususnya energi listrik. Hal ini mengingatkan kita bahwa energi merupakan salah

satu faktor utama bagi terjadinya pertumbuhan ekonomi suatu negara. permasalahan energi menjadi semakin kompleks ketika kebutuhan yang meningkat akan energi dari seluruh negara di dunia untuk menopang pertumbuhan ekonominya [1]. Masalah energi juga tetap menjadi topik utama untuk penelitian yang menarik disepanjang peradaban manusia, karena kita tahu bahwa seluruh kehidupan kita pastinya sangat membutuhkan energi. Terlebih lagi, kebutuhan semakin meningkat apalagi pertumbuhan ekonomi akan cenderung meningkatkan kebutuhan energi di seluruh dunia [2].

Potensi energi surya di Indonesia sangat besar yakni sekitar 4,8 KWh/m² atau setara dengan 112.000 GWp, namun yang sudah dimanfaatkan baru

sekitar 10 MWp. Saat ini pemerintah telah mengeluarkan roadmap pemanfaatan energi surya yang menargetkan kapasitas PLTS terpasang hingga tahun 2025 adalah sebesar 0,87 GW atau sekitar 50 MWp/tahun. Jumlah ini merupakan gambaran potensi pasar yang cukup besar dalam pengembangan energi surya di masa datang [3]

Salah satu upaya teknologi untuk memanfaatkan energi cahaya matahari adalah dengan menggunakan sel surya atau *solar cell*. Sel surya adalah alat yang dapat mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik. Sel surya akan menghasilkan energi listrik sesuai besar radiasi cahaya yang diterimanya dari pancaran cahaya matahari [4]. Sel surya sebenarnya adalah sebuah sel *fotovoltaic* yang berfungsi sebagai pengkonversi energi cahaya surya menjadi energi listrik dalam bentuk arus searah (DC) secara langsung. Sel surya disusun menjadi panel agar efektif dalam menyerap energi surya. Semakin banyak sel surya yang digunakan, maka semakin banyak pula energi surya yang dapat dikonversi menjadi energi listrik.

Permasalahan yang ada pada saat ini adalah kebanyakan panel surya dipasang secara statis yang mengakibatkan energi listrik yang dihasilkan tidak optimal. Oleh karena itu, perlu dibuat suatu sistem yang dapat mengikuti arah pergerakan matahari. Alat yang digunakan untuk mengikuti arah gerak matahari dikenal sebagai pelacak surya atau *solar tracker*.

Pelacak surya memiliki dua tipe yaitu aktif dan pasif. Pelacak surya aktif adalah pelacak surya dimana sumber energi listrik yang dihasilkan pada panel surya digunakan sebagai sumber tegangan untuk aktuator penggerakannya sedangkan pelacak surya pasif tidak menggunakan energi listrik yang dihasilkan dari panel surya utama.

Pelacak surya juga dapat dibedakan menjadi sumbu tunggal (*single axis*) dan sumbu ganda (*dual axis*). Perbedaan pelacak surya sumbu tunggal dan sumbu ganda terletak pada jumlah sumbu yang digunakan. Pelacak surya sumbu tunggal hanya menggunakan satu sumbu sehingga pergerakannya hanya satu arah yaitu bolak-balik. Sedangkan pelacak surya dua sumbu menggunakan dua sumbu yaitu sumbu x dan y. Sumbu x akan menghasilkan pergerakan perputaran secara horizontal, sedangkan sumbu y akan menghasilkan pergerakan secara vertikal.

Pada penelitian ini, dirancang suatu pelacak surya menggunakan empat buah panel surya mini sebagai sensor cahaya yang dapat memperkirakan posisi matahari berdasarkan radiasi matahari yang diterima, dua buah motor servo yang dilengkapi dengan *van belt* digunakan sebagai penggerak panel surya pada sumbu x dan sumbu y. Dengan sistem pelacak surya ini panel surya dapat mengikuti arah pergerakan matahari sehingga diharapkan energi listrik yang dihasilkan akan lebih optimal.

2. Dasar Teori

2.1. Sel Surya

Sel surya sebenarnya adalah kumpulan sel fotovoltaiic yang berfungsi sebagai pengkonversi energi cahaya matahari atau cahaya surya menjadi energi listrik dalam bentuk arus searah (DC) secara langsung. Pada saat terkena cahaya yang mempunyai $E_g > 1 \text{ eV}$, maka terjadilah hubungan elektron dan *hole* melalui bahan semikonduktor ini. Maka timbullah aliran elektron pada satu arah dan juga timbul aliran *hole* pada satu arah yang berlawanan dan timbul aliran arus yang bila dihubungkan pada suatu beban akan menimbulkan tenaga listrik. Pada saat sumber cahaya tiba-tiba dimatikan, maka konsentrasi masing-masing elektron dan *hole* akan kembali seperti saat awal dimana belum diberi cahaya. Proses kembalinya konsentrasi elektron dan *hole* pada keadaan semula ini dikenal sebagai proses *recombination*. Jadi pada sel surya tidak akan ada penyimpanan energi, dan energi akan hilang begitu terjadi proses *recombination*. Elektron dan *hole* bebas diusahakan keluar melewati suatu beban luar dan memberikan energi kepada beban tersebut, hal ini jelas membutuhkan *life time* yang tinggi atau *recombination rate* yang rendah.

2.2. Bagian – bagian dari Sel Surya

Panel surya ini sendiri terdiri atas 3 lapisan, lapisan pertama adalah lapisan P dan terletak di bagian atas, lalu lapisan kedua yaitu lapisan pembatas dan terletak ditengah dan yang terakhir yaitu lapisan N yang terletak di bagian paling bawah.

2.3. Karakteristik Sel Surya

Kapasitas daya dari sel atau modul surya dilambangkan dalam *watt peak* (Wp) dan diukur berdasarkan standar pengujian Internasional yaitu *Standard Test Condition* (STC). Standar ini mengacu pada intensitas radiasi sinar matahari sebesar 1000 W/m^2 yang tegak lurus sel surya pada suhu 25°C . Modul *Fotovoltaic* memiliki hubungan antara arus dan tegangan. Pada saat tahanan *variable* bernilai tak terhingga (*open circuit*) maka arus bernilai minimum (nol) dan tegangan pada sel berada pada nilai maksimum yang dikenal sebagai tegangan *open circuit* (Voc).

2.4. Sistem Pelacak Surya

Sistem pelacak matahari (*solar tracking*) adalah sebuah sistem pelacak yang mampu untuk mendeteksi dan menggerakkan sebuah panel surya agar dapat mengikuti pergerakan matahari. Tujuan penggunaan sistem pelacak matahari adalah agar dapat mengoptimalkan daya keluaran dari panel surya. Semakin tegak lurus panel surya dengan matahari, maka semakin besar pula daya output yang dihasilkan.

2.5. Beban Listrik Arus Searah (DC)

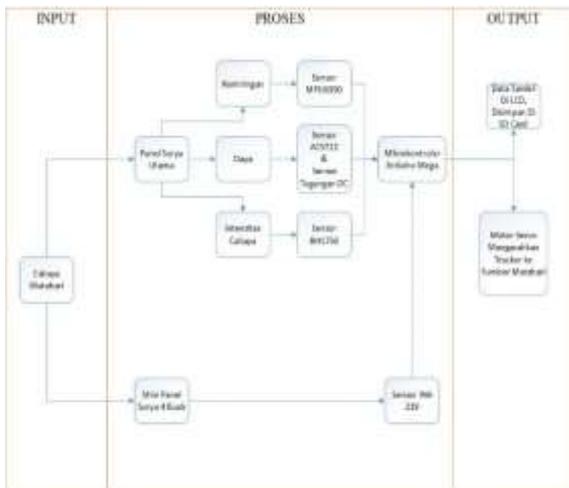
Tegangan DC adalah tegangan dengan aliran arus searah. Tegangan DC memiliki notasi/tanda positif pada satu titiknya dan negatif pada titik yang lain. Sumber-sumber tagangan DC diantaranya adalah elemen volta, *battery*, aki, *solar cell* dan *adaptor/power supply DC*. Pemasangan tegangan DC pada rangkaian harus benar sesuai kutubnya karena jika terbalik bisa berakibat kerusakan pada kedua bagian.

Simbol tegangan listrik dinyatakan dalam V ditulis dengan huruf besar. Pada beberapa kasus juga ditemui penggunaan simbol E, tujuannya agar tidak membingungkan antara V sebagai simbol dan V sebagai satuan (Volt). Khusus untuk tegangan DC juga bisa ditulis dengan simbol B, yaitu singkatan dari Battery.[9]

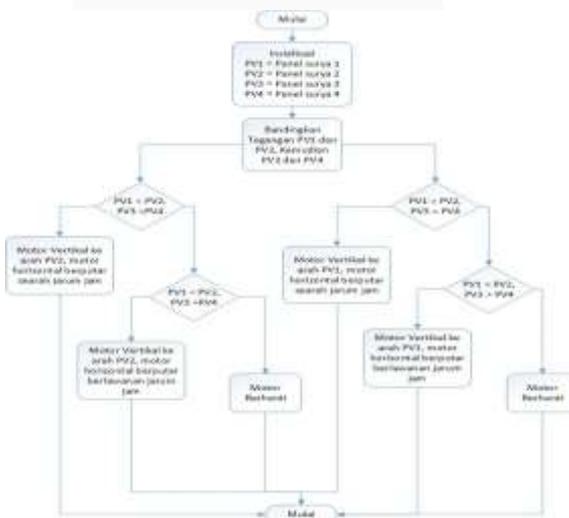
3. Perancangan Sistem

3.1. Desain Sistem

Pada penelitian ini topik yang akan dibahas adalah pelacak surya sumbu ganda untuk meningkatkan daya keluaran pada panel surya. Sistem pelacak surya menggunakan empat buah panel surya mini. Tegangan empat buah panel surya mini akan dibaca oleh sensor INA219 sebagai parameter perintah arduino untuk menggerakkan motor servo. Sistem dapat memonitor kinerja pada panel surya utama dengan membaca daya keluaran pada panel surya utama menggunakan sensor arus ACS712 dan sensor Tegangan DC.



Gambar 3-1. Diagram Blok Sistem



Gambar 3-2. Flowchart Sistem Panel Surya Mini



Gambar 3-3. Flowchart Proses Monitoring

3.2. Perancangan Perangkat Keras

Berikut merupakan desain hardware:



Gambar 3-4. Desain Tampak Atas



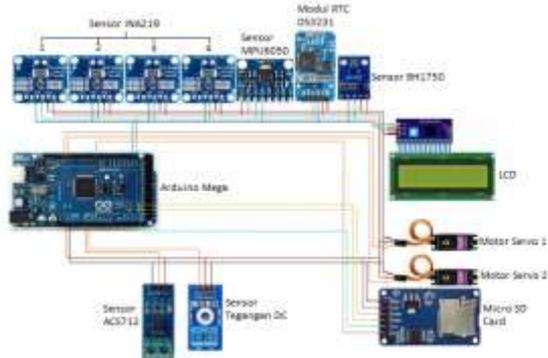
Gambar 3-5. Desain Tampak Samping

Pada Gambar 3.4 dan Gambar 3.5 diletakkan panel surya utama dan mini panel surya. Panel surya utama akan menyerap energi surya dengan maksimal karena tidak ada penghalang, sedangkan mini panel surya diberi penghalang disalah satu sisinya yang

dekat panel surya pertama agar dapat mendeteksi arah sumber cahaya.

3.3. Wiring Diagram

Berikut merupakan wiring diagram dari alat pada penelitian ini:



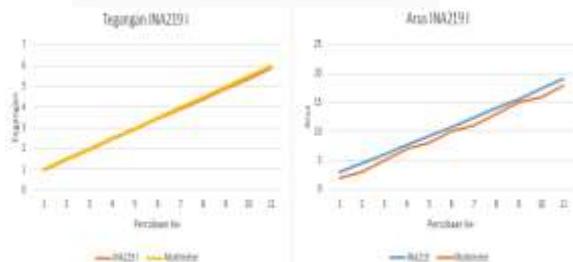
Gambar 3-6. Wiring Diagram

Pada Gambar 3.6 dapat dilihat beberapa komponen elektronika yang digunakan dalam perancangan alat monitoring panel surya seperti sensor ACS712 dan sensor tegangan DC terhubung dengan pin analog, sedangkan sensor INA219, sensor MPU6050, sensor BH1750, RTC DS3231, LCD 16x2, yang terhubung pada pin SCL dan SDA. Semua komponen tersebut akan diproses oleh mikrokontroler dan hasil pembacaannya disimpan pada *data logger*. Motor Servo kabel datanya dihubungkan pada pin digital.

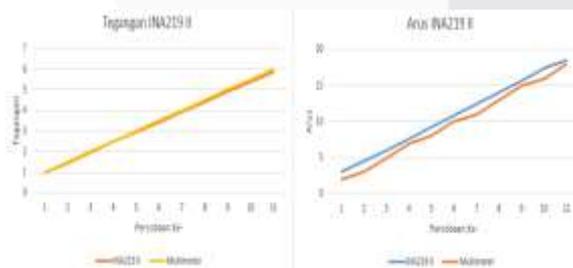
4. Hasil Pengujian dan Analisis

4.1. Kalibrasi Sensor

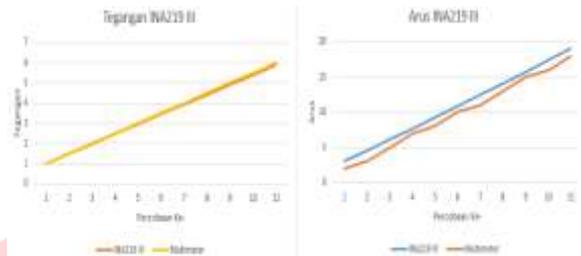
4.1.1. Sensor INA219



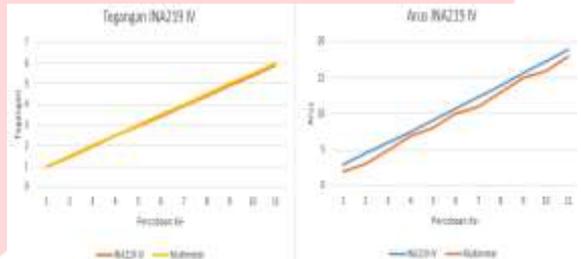
Gambar 4-1. Kalibrasi Sensor INA219 I



Gambar 4-2. Kalibrasi Sensor INA219 II



Gambar 4-3. Kalibrasi Sensor INA219 III

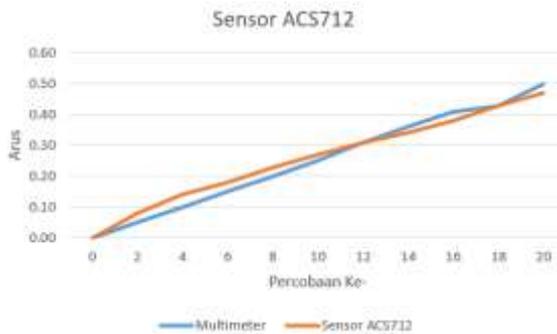


Gambar 4-4. Kalibrasi Sensor INA219 IV

Dari hasil pengujian sensor yang dilakukan sebanyak 12 kali dengan input tegangan DC 1V sampai 6V dengan rentang 0,5V didapatkan rata-rata pengukuran oleh sensor I sebesar 3,43V dan pada multimeter sebesar 3,5V kemudian diperoleh nilai persentase error sebesar 2% dan nilai absolute error 0,07. Pengukuran pada sensor II sebesar 3,438V dan pada multimeter sebesar 3,5V kemudian diperoleh nilai persentase error sebesar 1,71% dan nilai absolute error sebesar 0,06. Pengukuran pada sensor III sebesar 3,45V dan pada multimeter sebesar 3,5V kemudian diperoleh nilai persentase error sebesar 1,77% dan nilai absolute error 0,05. Pengukuran pada sensor IV sebesar 3,437V dan pada multimeter sebesar 3,5V kemudian diperoleh nilai persentase error sebesar 1,71% dan nilai absolute error sebesar 0,06.

Dari hasil pengujian sensor yang dilakukan sebanyak 12 kali dengan input tegangan DC 1V sampai 6V dengan rentang 0,5V didapatkan rata-rata pengukuran arus oleh sensor I sebesar 10,87 mA dan pada multimeter sebesar 9,81 mA kemudian diperoleh nilai persentase error sebesar -10,7% dan nilai absolute error sebesar 1,06. Pengukuran pada sensor II sebesar 10,85 mA dan pada multimeter sebesar 9,81 mA kemudian diperoleh nilai persentase error sebesar -10,6% dan nilai absolute error sebesar 1,04. Pengukuran pada sensor III sebesar 10,92 mA dan pada multimeter sebesar 9,81 mA kemudian diperoleh nilai persentase error sebesar -11,41% dan nilai absolute error 1,12. Pengukuran pada sensor IV sebesar 10,81 mA dan pada multimeter sebesar 9,81 mA kemudian diperoleh nilai persentase error sebesar -10,1% dan nilai absolute error sebesar 1.

4.1.2. Sensor ACS712



Gambar 4-5. Kalibrasi Sensor ACS712

Dari hasil pengujian sensor yang dilakukan sebanyak 11 kali dengan input tegangan DC 2V sampai 20V dengan rentang 2V didapatkan rata-rata pengukuran arus oleh sensor ACS712 sebesar 0,26 A dan pada multimeter sebesar 0,25 A kemudian diperoleh nilai persentase error sebesar -4% dan nilai absolute error sebesar 0,01

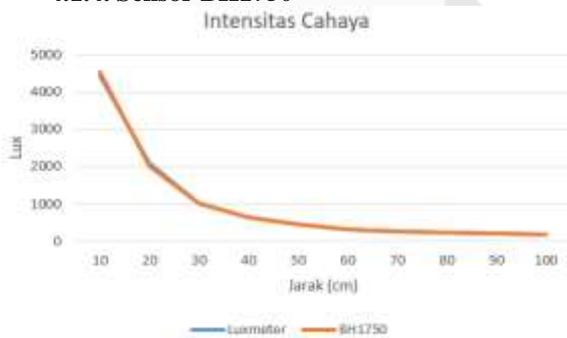
4.1.3. Sensor Tegangan DC



Gambar 4-6. Kalibrasi Sensor Tegangan DC

Dari hasil pengujian sensor yang dilakukan sebanyak 11 kali dengan input tegangan DC 2V sampai 20V dengan rentang 2V didapatkan rata-rata pengukuran tegangan oleh sensor sebesar 9,83V dan pada multimeter sebesar 9,69V kemudian diperoleh nilai persentase error sebesar -1,4% dan nilai absolute error sebesar 0,14.

4.1.4. Sensor BH1750

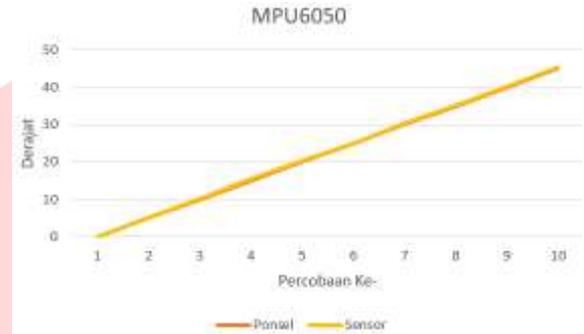


Gambar 4-7. Kalibrasi Sensor BH1750

Dari hasil pengujian sensor BH1750 yang telah dilakukan 10 kali dengan jarak sumber cahaya yang berbeda-beda didapatkan rata-rata pengukuran intensitas cahaya oleh sensor sebesar 980,8 lux dan

pada luxmeter sebesar 982,8 lux kemudian diperoleh nilai persentase error sebesar -0,2% dan nilai absolute error sebesar 2.

4.1.5. Sensor MPU6050



Gambar 4-8. Kalibrasi Sensor MPU6050

Dari hasil pengujian sensor yang dilakukan sebanyak 10 kali dengan sudut kemiringan yang berbeda-beda didapatkan rata-rata pengukuran sudut oleh sensor MPU6050 sebesar 22,75° dan sudut aktual sebesar 22,5° kemudian diperoleh nilai persentase error sebesar -1,1% dan nilai absolute error sebesar 0,25.

4.2. Analisis Pengujian Sistem Pelacak Matahari

Pengujian sistem pelacak surya sumbu ganda didapatkan hasil rata-rata tegangan, arus, dan daya panel surya dinamis dan panel surya statis. Dengan membandingkan hasil rata – rata daya panel surya dinamis dengan hasil rata – rata daya panel surya statis didapat hasil peningkatan yang terjadi.

Tabel 4.1 Perbandingan Rata-rata Hasil Pengujian Panel Surya Dinamis dan Panel Surya Statis

| Hari | Tegangan (V) | | | Arus (A) | | | Daya | | | F Gain (%) |
|-----------|--------------|--------|--------|----------|--------|--------|---------|--------|--------|------------|
| | Dinamis | Statis | Selish | Dinamis | Statis | Selish | Dinamis | Statis | Selish | |
| 1 | 20,29 | 20,22 | 0,07 | 0,37 | 0,33 | 0,04 | 7,50 | 6,67 | 0,83 | 12,44 |
| 2 | 20,43 | 20,31 | 0,12 | 0,28 | 0,27 | 0,01 | 5,72 | 5,48 | 0,24 | 4,37 |
| 3 | 20,36 | 20,26 | 0,10 | 0,31 | 0,30 | 0,01 | 6,31 | 6,07 | 0,24 | 3,95 |
| Rata-rata | 20,36 | 20,26 | 0,09 | 0,32 | 0,30 | 0,02 | 6,51 | 6,07 | 0,44 | 7,24 |

Dengan demikian, sistem pelacak surya sumbu ganda yang dirancang dan diuji pada penelitian ini mampu menghasilkan daya keluaran yang lebih besar sebesar 7,24% daripada panel surya statis.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan pada penelitian tugas akhir ini maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan alat dan pengujian sistem pelacak matahari sumbu ganda sudah bekerja dengan baik untuk meningkatkan penghasilan daya listrik dari panel surya yang lebih maksimal dibandingkan panel surya tanpa dilengkapi *tracker* pelacak matahari. Didapat hasil daya keluaran dari panel

surya dinamis sebesar 7,5 Watt pada pengujian hari pertama, 5,72 Watt pada pengujian hari kedua, dan 6,31 Watt pada pengujian hari ketiga.

2. Dengan melihat daya dari panel surya dinamis dan panel surya statis, maka didapat hasil daya panel surya dinamis pada pengujian pertama lebih meningkat sebesar 12,44%, pada pengujian kedua lebih meningkat sebesar 4,37%, dan pada pengujian ketiga lebih meningkat sebesar 3,95%.

5.2. Saran

Adapun saran untuk pengembangan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Menggunakan panel surya yang lebih besar kapasitas penyerapannya.
2. Menggunakan aktuator penggerak yang memiliki torsi yang lebih besar agar mampu mengangkat beban yang lebih berat.
3. Penggunaan panel surya sebagai energi terbarukan dapat dikombinasikan dengan turbin angin sehingga ketika sinar matahari redup atau berawan dapat digantikan oleh turbin angin tersebut.
4. Menggunakan sistem monitoring berbasis *IoT* untuk mempermudah dalam proses pemantauan daya keluaran panel surya.

Referensi

- [1] Daryanto. 2016 .”Teknik Pengerjan Listrik”. Jakarta : Bumi Aksara
- [2] Neide, Michael. 2008. “Teknologi Instalasi Listrik “. Jakarta : Erlangga
- [3] (<https://www.esdm.go.id>) Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral
- [4] K. Fadhlullah, “Solar Tracking System Berbasis Arduino,” *Skripsi ,FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UIN ALAUDDIN MAKASSAR*, 2017.
- [5] A. E. Febtiwiyanti and S. Sidopekso, “Studi Peningkatan Output Modul Surya dengan menggunakan Reflektor,” *J. Fis. dan Apl.*, vol. 6, no. 2, p. 100202, 2016.
- [6] H. Zuddin dan S. I. Harduyo, “Perancangan Dan Implementasi Sistem Instalasi Solar Tracking Dual Axis Untuk Optimasi Panel Surya,” *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 8, no. 03, pp. 563-570, 2019.
- [7] K. Fadhlullah, “Solar Tracking System Berbasis ARDUINO,” Skripsi, Fakultas Sains dan Teknologi UIN ALAUDDIN MAKASSAR, 2017.
- [8] Addumairi Azharmaksum , “ Rancang Bangun Sistem Pelacak Matahari Pasif Sumbu Ganda untuk Meningkatkan Daya Keluaran Panel Surya”, 2021
- [9] Prasetya Dodi, "Perbandingan Kinerja Pompa Air DC yang Disupply dari Panel Surya dengan Reflektor dan Tanpa Reflektor, Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, 2019
- [10] E. Myori, R. Mukhaiyar dan E. Fitri, “Sistem Tracking Cahaya Matahari pada Photovoltaic,” *Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi*, vol. 19, no. 1, 2019.
- [11] J. Rezkyanzah, L. Purba dan C. A. Putra, “Perancangan Solar Tracker Berbasis Arduino Sebagai Penunjang Sistem Kerja Solar Cell Dalam Penyerapan Energi MataharI,” vol. XI, no. 2, 2016.
- [12] Irianti, Monica, “Rancang Bangun Alat Ukur Intensitas Cahaya Dengan Menggunakan Sensor BH1750 Berbasis Arduino”, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara, 2017