

PERBANDINGAN KINERJA SISTEM PANEL SURYA DENGAN DAN TANPA PENJEJAK MATAHARI

Marhatang Marhatang¹⁾, R. Tandioga¹⁾

¹⁾Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

The purpose of this study is to measure and analyze the performance of solar panel systems with and without solar tracking. So that the optimal value is obtained from the absorption of solar radiation energy using solar panels, which will be applied in solar energy generation systems. The research was carried out by design and experimental, where the research began with making a solar panel test system with and without solar tracker, followed by performance testing and ending with an analysis of the test results to obtain optimal conditions. From the analysis, it is found that the average output power of the solar panel with solar tracker is 14.88 watts greater than without the solar tracker for position of 5° is 10.3 watts, 10° is 9.87 watts, 15° is 8.32 watts, 20° is 7.38 watts and 25° is 7.05 watts. The highest total power produced by solar panels with the solar tracker is 17.86 Watt with a horizontal position of 47 ° TL with an average total power of 14.73 Watt.

Keywords: solar panel, solar tracker, optimization

1. PENDAHULUAN

Energi suatu hal yang sangat penting bagi peradaban manusia, namun adanya keterbatasan dalam penyediaan energi telah menjadi permasalahan yang cukup krusial. Cadangan minyak bumi di Indonesia terus menurun kondisi serupa terjadi untuk cadangan gas alam dan batubara [1]. Sehingga diperlukan suatu energi konvensional dan terbarukan serta tidak merusak lingkungan, salah satunya adalah energi surya [2]. Energi surya dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik sebagai pengganti dari energi minyak fosil salah satu pemanfaatannya yaitu solar cell.

Penggunaan Solar cell di Indonesia, dilakukan dengan pembangunan infrastruktur Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada tahun 2016 yaitu sebanyak 109 unit, mengingat Indonesia merupakan negara tropis memiliki potensi energi surya yang sangat besar karena wilayahnya yang terbentang melintasi garis khatulistiwa dengan besar radiasi penyinaran 4,80 kWh/m²/hari [2]. Pemerintah dalam rangka mendorong perkembangan panel surya telah menetapkan Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 Bab III Bagian Kesatu Kebijakan Utama Paragraf 3 Pasal 12 ayat (1) bagian ke b tentang pemanfaatan sumber daya energi nasional berbunyi "Pemanfaatan sumber energi terbarukan dari jenis energi sinar matahari diarahkan untuk ketenagalistrikan, dan energi nonlistrik untuk industri, rumah tangga, dan transportasi" [3].

Jika gerakan matahari dilihat dari suatu tempat di permukaan bumi, maka akan nampak dari terbit hingga terbenam, mula-mula matahari bergerak dari arah timur menuju keatas hingga ke posisi yang paling tinggi, kemudian sore hari turun ke barat. Energi matahari dapat dikonversi ke energi listrik secara tidak langsung dengan menggunakan sel fotovoltaik. Sel fotovoltaik merupakan suatu alat yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik arus searah. *Solar cell* ini terbuat dari bahan semikonduktor antar lain *silicon* dan germanium yang mana bersifat sebagai konduktor maupun sebagai isolator yang baik.

Bila cahaya matahari yang berupa energi foton datang mengenai sisi permukaan lebih besar daripada energi celah atau gap yang memisahkan pita konduksi yang melalui junction P-N, dengan demikian hole yang berada pada sisi tipe N bergerak ke tipe posisi P dan sebaliknya elektron yang berada pada sisi tipe P bergerak ke sisi tipe N, sehingga mengakibatkan perbedaan tegangan antara kedua posisi P dan N dari semikonduktor dihubungkan dengan suatu beban tersebut sehingga dengan demikian diperoleh energi listrik.

Karena cahaya menembus kedua lapisan ini, maka akan terbentuk hole electron. Medan elektrik yang terdapat pada batas lapisan menghalangi lobang (hole) dan electron dapat berkombinasi kembali [4].

Optimal sudut tilt dan arah azimuth panel photovoltaic di Indonesia, berdasarkan hasil simulasi dan analisis dapat disimpulkan bahwa pengaturan arah azimuth dan sudut tilt dari bulan oktober s.d. februari adalah menghadap ke selatan dengan sudut tilt berkisar 5° - 10° karena pergerakan matahari masih berada di sebelah selatan bumi dan dari bulan maret s.d. september adalah menghadap utara dengan sudut tilt berkisar 5° - 25° karena pergerakan matahari berada di sebelah utara bumi [5].

¹⁾Korespondensi penulis: Marhatang Marhatang, Telp 085255323255, marhatang@poliupg.ac.id

Pembuatan sistem penjejak matahari membutuhkan peralatan atau komponen-komponen elektrik, yaitu:

Arduino Mega 2560 adalah papan pengembangan mikrokontroler yang berbasis Arduino dengan menggunakan chip ATmega 2560. Board ini sudah sangat lengkap, sudah memiliki segala sesuatu yang dibutuhkan untuk sebuah mikrokontroler [6];

LDR (Light Dependent Resistor) adalah suatu bentuk komponen yang mempunyai perubahan resistansi yang besarnya tergantung pada cahaya. Dalam keadaan gelap resistansi LDR sekitar $10M\Omega$ dan dalam keadaan terang sebesar $1K\Omega$ atau kurang [7];

Baterai adalah suatu proses kimia listrik, dimana pada saat pengisian energi listrik diubah menjadi kimia dan saat pengeluaran/discharge energi kimia diubah menjadi energi listrik [8];

Charger Controller adalah alat yang digunakan sebagai pengisi ulang baterai atau tempat penyimpanan energi lainnya dengan melawan arus listriknya. Kegunaan dari *charger controller* adalah untuk mengatur energi yang masuk ke dalam baterai mencegah dari *over charging* apabila baterai telah penuh, *over voltage*, dan hal-hal lain yang dapat mengurangi umur baterai [9];

SD Card Shield merupakan board external yang dapat dihubungkan dengan arduino secara compatible sehingga bisa mengakses data pada SD Card;

Sensor Arus dan Tegangan menggunakan ACS712 merupakan suatu IC, pada prinsipnya ACS712 sama dengan sensor *efek hall* lainnya yaitu dengan memanfaatkan medan magnetik disekitar arus kemudian dikonversi menjadi tegangan yang linier dengan perubahan arus [10];

Motor DC Power Window merupakan jenis motor yang menggunakan tegangan searah sebagai sumber tenaganya. Polaritas dari tegangan yang diberikan pada dua terminal menentukan arah putaran motor sedangkan besar dari beda tegangan pada kedua terminal menentukan kecepatan motor [11].

Penelitian tentang solar cell telah banyak dilakukan, mulai dari sistem kelistrikan dan sistem mekanik hingga sistem pengaturan posisi panel dengan penjejak (*tracker*). Adapun penelitian tentang sistem pengaturan posisi panel dengan penjejak surya, juga telah banyak dilakukan. Pembuatan penjejak surya otomatis dilakukan dengan tujuan agar dapat meningkatkan daya keluaran solar cell [12]. Umumnya penelitian tentang sistem penjejak matahari adalah lebih fokus pada pengembangan model konstruksi tanpa membandingkan kinerja antara satu model dengan model lainnya, dan yang lebih penting lagi apakah pengembangan model penjejak matahari tersebut mampu menghasilkan energi yang lebih besar dibandingkan tanpa penjejak matahari.

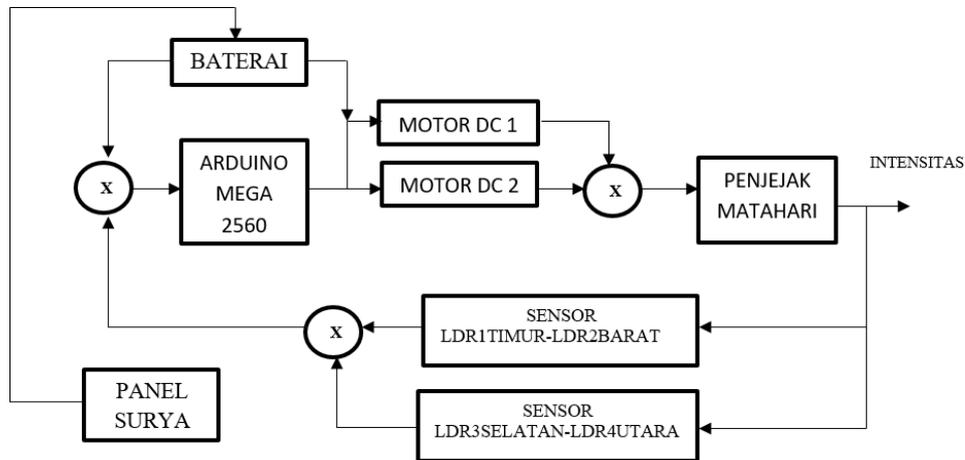
Penelitian lain yang telah dilakukan tentang perbandingan keluaran panel surya posisi tetap (tanpa penjejak) dan posisi bergerak (dengan penjejak). Pengaturan dilakukan dengan mengarahkan posisi panel surya selalu tegak lurus arah sinar matahari [13]. Penelitian lain tentang pengaruh sudut datang sinar matahari terhadap keluaran panel surya. Pengaturan dilakukan dengan mengatur posisi panel surya terhadap sudut elevasi radiasi matahari pada 0° , 45° , dan 90° [14]. Juga telah diteliti tentang pengaruh perubahan intensitas matahari terhadap daya keluaran panel surya. Pengaturan dilakukan mengendalikan posisi panel surya dengan mengukur pada tingkat intensitas matahari maksimum setiap waktu untuk melihat keluaran panel surya maksimum [15]. Penelitian tentang posisi pergeseran sudut kemiringan panel surya terhadap posisi matahari dan menghitung kerugian energi akibat penggunaan penjejak. Pengaturan dilakukan dengan mengendalikan posisi panel surya sesuai matahari dengan menggunakan penjejak (*tracker*) [16]. Penelitian lain tentang optimasi panel surya dengan menggunakan pelacak matahari. Pengendalian dilakukan dengan secara mekanis dengan mengarahkan panel surya selalu tegak lurus posisi matahari dengan menggunakan penjejak [17].

Sistem penjejak matahari membutuhkan motor penggerak, semakin besar motor penggeraknya maka semakin besar daya yang dibutuhkan, belum lagi jika sistem yang digerakkan sangat berat dan disainnya mengalami gesekan yang besar sehingga gerakannya menjadi kaku dan akan menyerap energi yang semakin besar untuk menggerakkannya. Dengan kondisi diatas dibutuhkan perbandingan kinerja sistem untuk setiap model penjejak matahari, serta dibutuhkan perbandingan kinerja sistem yang menggunakan penjejak matahari dengan yang tidak menggunakan sistem penjejak matahari.

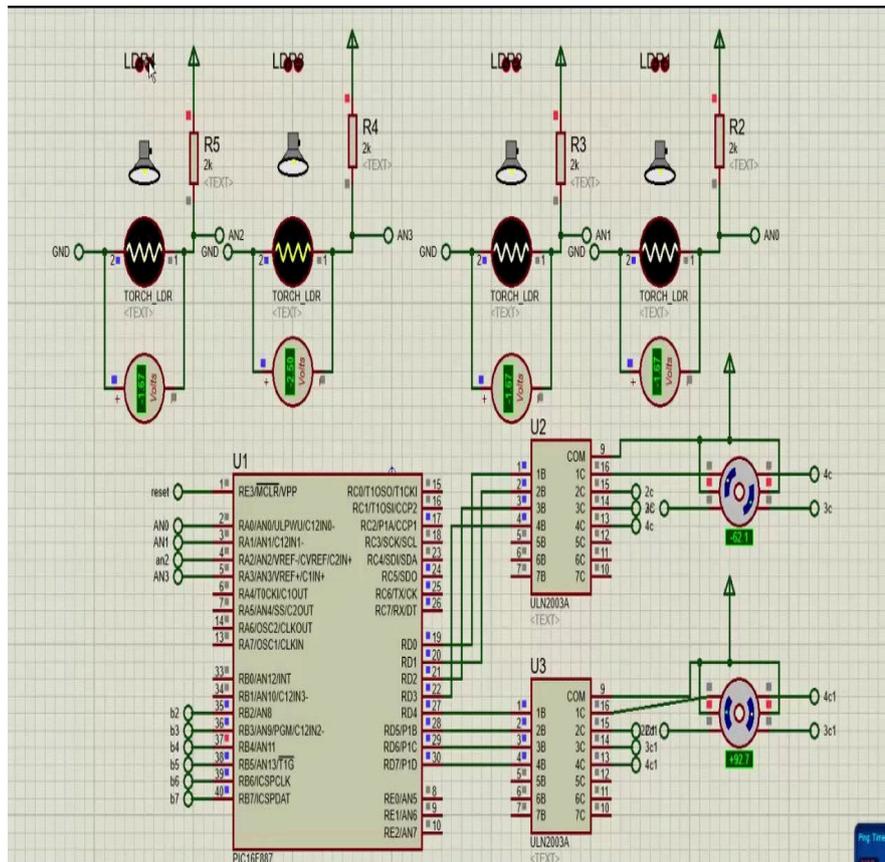
Penelitian yang akan dilakukan adalah membandingkan kinerja sistem panel surya yang menggunakan penjejak matahari dengan sistem panel surya yang tidak menggunakan sistem penjejak matahari. Kedua sistem tersebut memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing yaitu sistem, jika menggunakan penjejak matahari maka serapan energi surya lebih besar tetapi membutuhkan energi untuk menggerakkan motor sedangkan tanpa penjejak matahari serapan energi surya lebih kecil tetapi tidak membutuhkan energi untuk menggerakkan motor. Kedua sistem tersebut akan dibandingkan dalam penelitian ini yang mana yang menghasilkan kinerja yang lebih optimal.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Konversi Energi, Politeknik Negeri Ujung Pandang. Penelitian dimulai dengan merancang sistem mekanik yang dilanjutkan dengan perancangan sistem kontrol setelah itu dilakukan pengujian dan analisa hasil pengujian.



Gambar 1. Diagram sistem pengendalian penjejak surya otomatis.

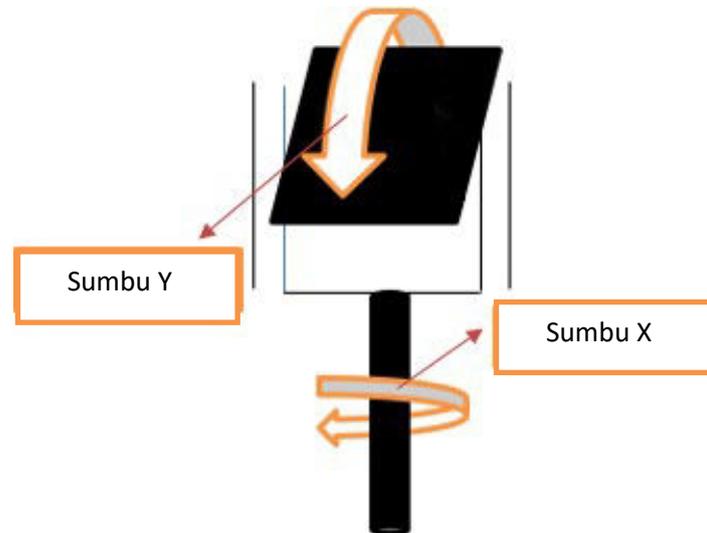


Gambar 2. Rangkaian kontrol penjejak surya otomatis pada papan PCB

Hasil perencanaan desain sistem penjejak matahari yang dapat mengarahkan panel surya tepat ke titik jatuh cahaya matahari, dapat dilihat pada diagram blok dari model penjejak matahari (gambar 1), dan diagram rangkaian kontrolnya dapat dilihat pada gambar 2.

Prinsip kerja dari penjejak surya otomatis yaitu mencari titik jatuhnya intensitas cahaya matahari menggunakan sensor cahaya dengan mengarahkan panel surya tepat ke titik jatuhnya sinar matahari, sehingga panel surya mendapatkan cahaya yang maksimal dari sinar matahari serta dapat meningkatkan daya output panel surya. Pada penjejak matahari ini menggunakan 2 sumbu (*dual axis*) sebagai penggerak panel surya

(gambar 3), dengan sumbu X yang bergerak lebih *flexible* untuk mengarahkan hadapan panel surya dan sumbu Y sebagai pengatur kemiringan posisi panel surya.



Gambar 3. Dual axis penjejak matahari

Prosedur pengujian alat ini dilakukan untuk menentukan daya output panel surya dengan penjejak matahari dan tanpa penjejak matahari dengan memperhitungkan posisi panel surya serta daya penggunaan untuk kontrol. Untuk langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

Menyiapkan alat ukur seperti *pyranometer*, multimeter, busur derajat, kompas, dan *stopwatch*; mengukur tegangan aki yang akan di *charger*; menyalakan kontrol penjejak matahari otomatis dengan menekan saklar; mengukur waktu setiap 30 menit dengan menggunakan *stopwatch*; mengukur intensitas radiasi matahari sesuai dengan posisi arah horizontal dan vertical panel surya dengan penjejak maupun tanpa penjejak matahari; mengukur arah horizontal panel surya dengan penjejak matahari dengan menggunakan kompas; mengukur arah vertikal panel surya dengan penjejak matahari dengan menggunakan busur derajat; mengukur tegangan dan arus panel surya dengan penjejak matahari menggunakan sensor tegangan dan arus serta daya penggunaan untuk kontrol dan mengukur tegangan dan arus panel surya tanpa penjejak matahari (sudut 5°, 10°, 15°, 20°, 25°) dengan menggunakan multimeter; mengukur tegangan aki; setelah pengambilan data selesai, tekan kembali saklar untuk mematikan kontrol panel surya dengan penjejak matahari.

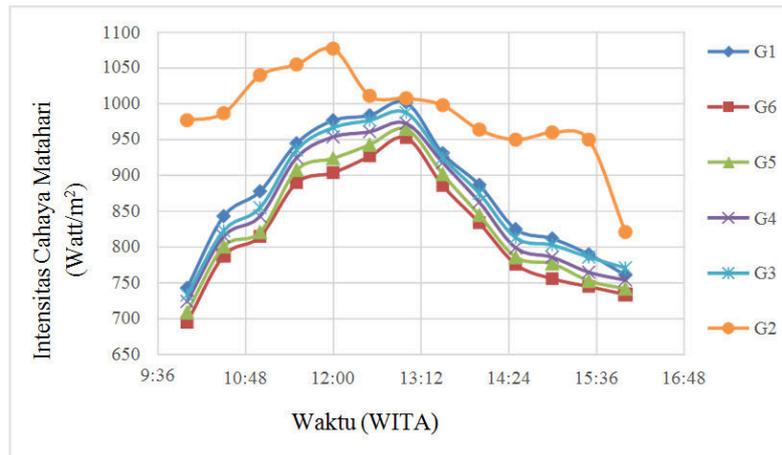
Setelah proses pengujian dilakukan maka diperoleh data yang akan dianalisa, adapun data yang dikumpulkan yaitu: intensitas radiasi matahari panel surya dengan penjejak matahari; sudut horizontal dan vertikal panel surya dengan penjejak matahari; tegangan *output* dari panel surya dengan penjejak matahari; arus output dari panel surya dengan penjejak matahari; tegangan pemakaian dari kontroller penjejak matahari; arus pemakaian dari kontroller penjejak matahari; intensitas radiasi matahari tanpa penjejak matahari (5°, 10°, 15°, 20°, 25°); tegangan output panel surya tanpa penjejak matahari (5°, 10°, 15°, 20°, 25°); dan arus output dari panel surya tanpa penjejak matahari (5°, 10°, 15°, 20°, 25°).

Dari data yang diperoleh di atas, maka dilakukan pengolahan dalam bentuk analisa data, adapun analisa data yang dilakukan adalah:

Menganalisis daya output dan daya input panel surya dengan penjejak matahari berdasarkan banyaknya pemakaian kontroller, maupun tanpa penjejak matahari dengan sudut 5°, 10°, 15°, 20°, dan 25°. Selanjutnya membandingkan daya keluaran dari kedua hasil analisis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

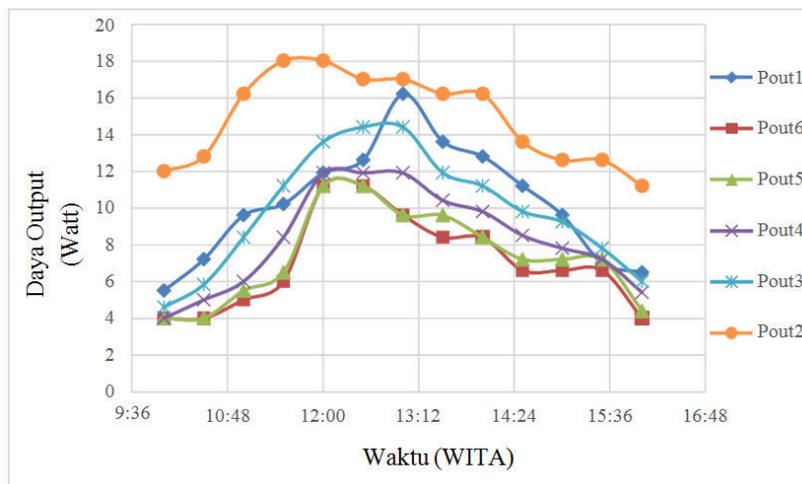
Dari hasil pengambilan data diperoleh nilai intensitas cahaya matahari (G) dengan penjejak matahari dan tanpa penjejak matahari dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Hubungan antara intensitas cahaya matahari tanpa penjejak dan intensitas cahaya matahari dengan penjejak (G₂) terhadap waktu

Pada gambar 4. terlihat perbedaan antara intensitas cahaya matahari yang diterima panel surya dengan penjejak matahari lebih besar dibandingkan tanpa penjejak matahari, dimana intensitas cahaya matahari yang diterima oleh panel surya tanpa penjejak terjadi pada kemiringan sudut 5° dengan kenaikan rata-rata intensitas cahaya sebesar 12,48%, hal ini dikarenakan posisi panel surya sehingga mempengaruhi arah sudut datang matahari dan intensitas yang diterima panel surya. Nilai intensitas cahaya matahari tertinggi dengan penjejak matahari sebesar 1077 Watt/m² sedangkan tanpa penjejak matahari sebesar 1002 Watt/m², adapun nilai intensitas cahaya matahari terendah dengan penjejak matahari senilai 821 Watt/m² sedangkan tanpa penjejak matahari senilai 695 Watt/m².

Dengan perhitungan daya output panel surya dengan penjejak matahari dan daya output panel surya tanpa penjejak matahari dapat dilihat pada gambar 5.

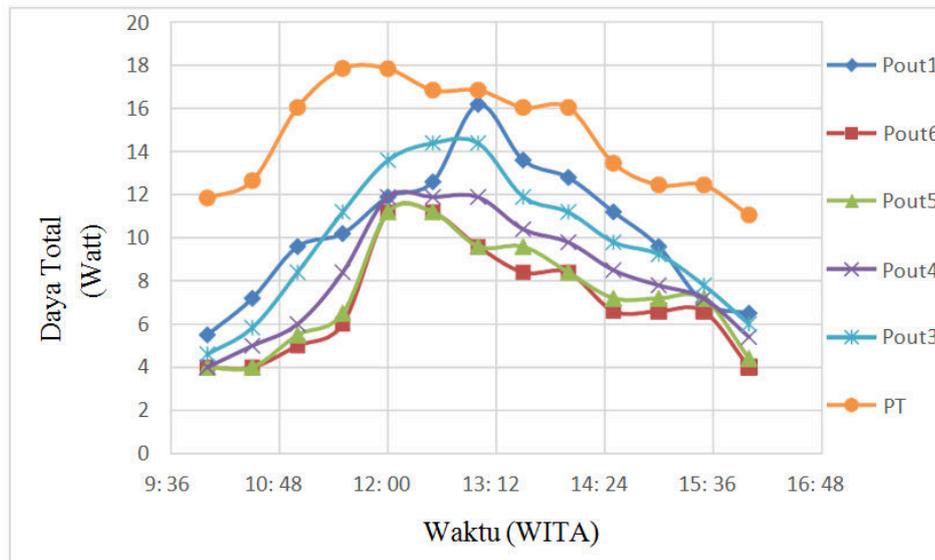


Gambar 5. Hubungan antara daya output panel surya tanpa penjejak dan daya output panel surya dengan penjejak (Pout₂) terhadap waktu

Pada gambar 5, terlihat bahwa hubungan antara daya output panel surya terhadap waktu berbentuk parabolik yang diakibatkan karena adanya perbedaan intensitas cahaya matahari yang diterima panel surya mulai jam 10:00 WITA sampai jam 16:00 WITA, hal ini berdampak pada tegangan yang dikeluarkan panel surya sehingga mempengaruhi daya output itu sendiri, daya output tertinggi panel surya dengan penjejak matahari diperoleh pada jam 11:30 WITA sampai jam 12:00 WITA sebesar 18 Watt dengan posisi vertikal 15° dan 5°, adapun posisi horizontal 47° Timur Laut dan 35° Timur Laut. Sedangkan daya output tertinggi panel surya tanpa penjejak matahari diperoleh pada jam 13:00 WITA sebesar 16,2 Watt dengan posisi vertikal 5° dan horizontal 0° Utara. Adapun daya output terendah panel surya dengan penjejak matahari diperoleh pada jam 16:00 WITA senilai 11,2 Watt dengan posisi vertikal 42° dan horizontal 288° Barat, sedangkan daya output terendah panel surya tanpa penjejak matahari diperoleh pada jam 10:00 WITA senilai 4,0 Watt dengan

posisi vertikal 15°, 20°, dan 25° posisi horizontal 0° Utara. Maka dari itu didapatkan kenaikan rata-rata daya output panel surya sebesar 44,44 %.

Setelah perhitungan daya total panel surya dengan penjejak matahari dan daya output panel surya tanpa penjejak matahari maka didapatkan hasil seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Hubungan antara daya output panel surya tanpa penjejak dan daya total (PT) dengan penjejak terhadap waktu

Pada gambar 6, terlihat bahwa daya total panel surya dengan penjejak matahari lebih besar dibandingkan daya output panel surya tanpa penjejak matahari, adapun daya kontroller rata-rata yang digunakan untuk menggerakkan panel surya sebesar 0,145 Watt, hal ini terjadi karena motor tidak bergerak secara terus menerus tetapi hanya terjadi minimal dalam 1 jam sekali dengan pergerakan maksimal mencapai 20° untuk pergerakan vertikal, dan 26° untuk pergerakan horizontal minimal 20 menit sekali sehingga tidak terjadi penggunaan daya yang berlebihan. Daya total yang dihasilkan panel surya terhadap waktu merupakan daya yang dipengaruhi oleh daya output panel surya dengan penjejak dan daya kontroller, dimana daya total terbesar yang diperoleh senilai 17,857 Watt pada jam 11:30 WITA dan daya total terendah senilai 11,054 Watt pada jam 16:00 WITA. Oleh karena itu didapatkan persentase kenaikan daya berdasarkan daya total adalah 43,03 %.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian/pengukuran dan analisa data serta perencanaan desain dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Daya output rata-rata panel surya dengan penjejak sebesar 14,88 watt sedangkan tanpa penjejak untuk posisi 5° sebesar 10,3 watt, 10° sebesar 9,87 watt, 15° sebesar 8,32 watt, 20° sebesar 7,38 watt dan 25° sebesar 7,05 watt.
- 2) Daya total tertinggi yang dihasilkan panel surya dengan penjejak sebesar 17,86 Watt dengan posisi horizontal 47° TL dengan daya total rata-rata sebesar 14,73 Watt.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPPT. 2018. Indonesia Darurat Energi. Dalam Berita BPPT, 25 September 2018. Jakarta.
- [2] Kementerian ESDM. 2016. Mengarusutamakan EBT Sebagai Energi Masa Depan. Dalam Jurnal Energi, II: 9-10. Jakarta.
- [3] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 79 Tahun 2014 Tentang Kebijakan Energi Nasional. 2014. Jakarta.
- [4] Hamzah, Nur. 2010. Job Sheet Sel Surya. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- [5] Darussalam, Rudi dkk. 2016. Pengaturan Arah Azimuth dan Sudut Tilt Panel Photovoltaic Untuk Optimasi Radiasi Matahari. Dalam Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2016, V: 31-35.

- [6] Datasheet Arduino Mega 2560. 2017.
- [7] Supatmi, Sri. 2011. Pengaruh Sensor LDR Terhadap Pengontrolan Lampu. *Majalah Ilmiah UNIKOM*, VIII (2): 175-179. Surabaya.
- [8] Amin, Mohamad. 2016. *Bahan Ajar Sistem Kelistrikan Alat Berat*. Balikpapan: Politeknik Negeri Balikpapan.
- [9] Ardhi, Faizal Zul. 2011. *Rancang Bangun Charge Controller Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. Skripsi. Depok: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- [10] Fitriandi, Afrizal dkk. 2016. Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler dengan SMS Gateway. *Dalam Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, X (2): 88-98.
- [11] Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. 2008. Bab 21 – Power Window.
- [12] Sutaya, Wayan. dan Ketut Udy Ariawan. 2016. Penjejak matahari Cerdas dan Murah Berbasis Mikrokontroler 8 BIT ATmega8535. *Dalam Jurnal Sains dan Teknologi*, V (1): 673-682.
- [13] Siallagan V. dkk. 2019. Perancangan Pembangkit Tenaga Surya Dengan Pengarah Sinar Matahari Otomatis Berbasis *Arduino Uno*. *Dalam Jurnal Sigma Teknik*, Vol.2, No.2 : 233-241 November 2019
- [14] Hendry Sakke Tira dkk. 2018. Pengaruh Sudut Surya terhadap Daya Keluaran Sel Surya 10 WP Tipe Polycrystalline. *Dalam Jurnal Teknik Mesin: Vol. 07, No. 2, Juni 2018*.
- [15] Subekti, Yuliananda, dkk. 2015. Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya. *Dalam Jurnal Pengabdian LPPM Untag Surabaya Nopember 2015*, Vol. 01, No. 02, hal 193 - 202
- [16] Rif'an M. dkk. 2012. Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya. *Dalam Jurnal EECCIS Vol. 6, No. 1, Juni 2012*
- [17] Dzulfikara D. 2016. Optimalisasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Surya Skala Rumah Tangga. *Dalam Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2016 VOLUME V, OKTOBER 2016 p-ISSN: 2339-0654 e-ISSN: 2476-9398*

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah mendanai kegiatan penelitian ini melalui pendanaan DIPAPNUP sesuai dengan SK Dirketur tentang tim Penelitian Penugasan N.B/472/PL10.PT.01.05/2020.