

PENGOPTIMALAN PENYERAPAN ENERGI MATAHARI DENGAN SISTEM PENJEJAK MATAHARI DUA DERAJAT KEBEBASAN

Lia Hamanda¹⁾, Imam Sucahyo²⁾

¹⁾ Mahasiswa Prodi S1-Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email : liahmnd@gmail.com

²⁾ Dosen Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email : i.sucahyo@gmail.com

Abstrak

Penelitian skripsi ini dilaksanakan dengan tujuan untuk menganalisis pengaruh sel surya dengan sistem penjejak matahari dua derajat kebebasan terhadap keefektifan dalam penyerapan energi matahari, serta untuk menganalisis perbedaan daya keluaran dari sel surya yang menggunakan sistem penjejak matahari dua derajat kebebasan dengan sel surya statis. Sel surya dengan sistem penjejak matahari dua derajat kebebasan dikontrol oleh Arduino Uno 328p dan motor servo digunakan untuk menggerakkan sel surya agar didapatkan sudut yang sesuai. Sensor cahaya yang digunakan ada sensor LDR dimana untuk mengindra arah datangnya cahaya matahari. Pengujian alat dilakukan selama lima hari, di mana pengujian dilakukan dengan memberikan sumber cahaya pada sensor yang telah terangkai pada sel surya dengan sistem penjejak matahari dua derajat kebebasan, sehingga akan teramati motor yang bergerak sesuai dengan arah datangnya cahaya matahari dari pukul 06.00 WIB hingga pukul 17.00 WIB. Data yang diperoleh, digunakan untuk mengetahui perbedaan daya dari sel surya dan sebagai output dalam penelitian skripsi ini berupa tegangan dan arus keluaran yang dihasilkan oleh sel surya dengan dan tanpa menggunakan sistem penjejak matahari dua derajat kebebasan. Hasil analisa berdasarkan daya keluaran yang dihasilkan menunjukkan bahwa, sel surya yang menggunakan sistem penjejak matahari dua derajat kebebasan pada daerah dengan iklim tropis lebih efektif dan solusi yang tepat. Hal ini dibuktikan dari data yang telah diperoleh dari pengujian alat selama lima hari, bahwa daya keluaran dari sel surya dengan menggunakan sistem penjejak matahari dua derajat kebebasan akan cenderung lebih besar dibandingkan dengan daya keluaran dari sel surya statis. Dari data yang diperoleh dari penelitian ini, didapatkan nilai presentase kenaikan daya maksimal sebesar 43.56%, hal ini menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan oleh sel surya statis dan sel surya dengan sistem penjejak matahari dua derajat kebebasan bergantung oleh durasi dari sel surya ketika sel surya tegak lurus terhararap arah datangnya cahaya matahari. dan bergantung kepada faktor $\cos \theta$ dimana θ adalah sudut yang terbentuk antara arah datangnya sinar matahari dengan normal bidang dari sel surya.

Kata kunci : Sel surya, sistem penjejak matahari dua derajat kebebasan, kenaikan daya keluaran

Abstract

This research aims to analyze the influence of solar cells with two-degree of freedom solar tracking system to the effectiveness of the sun energy absorption, also to analyze the difference of generated power from solar cells using two- degree of freedom solar tracking system and solar cells with fixed elevating angles. Solar cells with two- degree of freedom solar tracking system controlled by Arduino Uno 328p and servo motor as the actuator of solar cell in order to get an appropriate angle, also LDR used as light sensors which is to sense the direction upcoming light of the sun .This trial has been done for five days, which is done by giving the light source to the sensors, so servo motor will be observed that it changed the position of the array relative to the sun irradiance direction from 6 AM to 5 PM. Data that used to analyze the difference of solar cells, and as the output are voltage and current that generatedd by the solar cells with or without two- degree of freedom solar tracking system. The result of analysis based on power generated by the solar cells wih two- degree of freedom solar tracking system to this tropical climate are more efficient and right solution, this could be proved by the trial resut that has been done for five days, it can be seen that the power generated from solar cells with two-degree of freedom solar tracking system was higher than than solar cells with fixed elevating angle. From the result, this research obtained the percentage of increased power for five days is 43.56%, It is also can be seen that the efficiency of power that generated by both solar cells with or without two-axis solar tracking system are depends on the duration where are the solar cells perpendicular to the direction of the sunlight and also depends on the \cos factor (θ), which θ is the angle formed between the incidence angle with the normal field of the solar cells

Keywords: Solar cells, two-degree of freedom solar tracking system, increased power.

PENDAHULUAN

Sektor energi adalah salah satu sektor terpenting di Indonesia karena merupakan dasar bagi semua pembangunan berkelanjutan, namun kenyataannya sumber energi merupakan sebuah permasalahan suatu bangsa (Purwono dkk, 2008). Seperti yang telah dipaparkan oleh Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi, bahwa terdapat banyak tantangan yang berkaitan dengan energi, dan salah satu hal yang menjadi perhatian adalah bagaimana cara memperluas jaringan listrik, terutama dengan membangun infrastruktur pasokan listrik ke daerah pedesaan dikarenakan masih banyak daerah pedesaan yang sering mengalami pemadaman listrik karena infrastruktur yang belum memadai. Banyak tempat yang tidak memiliki akses terhadap infrastruktur energi, sehingga masyarakat pedesaan/terpencil dan pada umumnya pulau-pulau terluar belum mendapatkan akses energi dan pada akhirnya sumber-sumber energi yang mahal dan tidak efisien dipergunakan oleh mereka.

Selain paparan tersebut, terjadinya peningkatan populasi di Indonesia merupakan salah satu hal yang memicu bertambahnya permintaan sumber energi dunia dimana pertumbuhan konsumsi energi rata-rata adalah 7% pertahun dan belum diimbangi dengan suplai energi yang cukup, berdasarkan data pada Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, rata-rata energi fosil dalam 10 tahun terakhir mengalami peningkatan hanya sebesar 4,33%. Sumber energi untuk pembangkit listrik di Indonesia sebagian besar dipasok dari energi fosil, namun sumber energi ini akan habis dalam kurun waktu sekitar 20 tahun ke depan dan bersifat tidak ramah lingkungan; karena menimbulkan polusi udara, air, dan tanah yang berdampak kepada penurunan tingkat kesehatan dan standar hidup.

Berbagai penelitian kini mengarah kepada pengembangan sumber-sumber energi alternatif seperti energi nuklir, energi surya (*solar energy*), energi air, energi angin, energi biomassa, energi panas bumi, dan energi gelombang laut. Selain terbarukan, sumber-sumber energi alternatif tersebut, merupakan sumber-sumber energi ramah lingkungan (*green energy*) karena tidak menimbulkan polusi, kecuali energi nuklir (Priatman, 2000). Oleh karena itu kita harus mengembangkan dan menggunakan secara bijak sumber energi alternatif tersebut. Indonesia sendiri berencana meningkatkan porsi pemanfaatan energi terbarukan, yang sangat sesuai untuk dikembangkan di daerah-daerah pedesaan dan daerah terpencil. Kebijakan Energi Nasional saat ini telah menetapkan target pembangunan energi jangka panjang

dan peran energi yang baru dan terbarukan hingga 25% pada tahun 2025 (Kementerian Dalam Negeri dalam Program PNPM)

Pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi alternatif bagi pemenuhan kebutuhan listrik di Indonesia sangatlah tepat mengingat letak geografis yang berada di daerah tropis dengan panas matahari tersedia sepanjang tahun. Keadaan alam Indonesia yang relatif sulit dijangkau oleh jaringan listrik terpusat menyebabkan pilihan terhadap energi surya merupakan suatu keharusan (Septiadi dkk, 2009). Dengan menggunakan teknologi energi surya fotovoltaik (*photovoltaic*) dimana teknologi tersebut memanfaatkan energi surya dengan cara mengonversi energi tersebut menjadi arus listrik dengan perantara sebuah piranti semikonduktor yang disebut sel surya (Syafrialdi, 2015). Sel surya merupakan solusi yang tepat dalam mengatasi masalah ketersediaan energi pada masa mendatang. Sel surya merupakan cara yang paling utama untuk mendapatkan energi dari matahari, dikarenakan sel surya dapat mengkonversikan secara langsung sinar matahari menjadi energi listrik dengan tingkat efisiensi yang tinggi (Wiley, 1981).

Sebagian besar instalasi panel surya yang terdapat di negara kita adalah yang bersifat permanen. Hal ini menyebabkan panel surya tidak berfungsi secara maksimal dalam penyerapan radiasi matahari, karena adanya pergerakan dari cahaya matahari yang disebabkan oleh perputaran bumi pada porosnya dan pergerakan bumi mengelilingi matahari. Posisi datangnya cahaya matahari bergantung terhadap lokasi, waktu penyinaran harian dan waktu penyinaran tahunan, hal ini juga dapat disebut sebagai dua gerak semu matahari yaitu gerak semu harian matahari dan gerak semu tahunan matahari. Gerak semu harian matahari adalah gerak semu matahari yang menyebabkan perubahan posisi matahari setiap harinya, dimana matahari setiap hari bergerak dari timur ke barat, dan akan bergeser secara periodik dari utara katulistiwa selatan dan kemudian akan kembali lagi sehingga diperlukan penjejak matahari dua derajat kebebasan. Sedangkan, gerak semu tahunan matahari adalah gerak semu matahari yang disebabkan oleh pergerakan bumi mengelilingi matahari dalam waktu satu tahun. Selain berevolusi bumi juga berotasi yaitu bergerak mengelilingi porosnya, namun sumbu rotasi dan sumbu revolusi memiliki posisi yang tidak sejajar, melainkan memiliki sudut kemiringan sebesar $23,5^\circ$, karena adanya sudut kemiringan inilah maka matahari tidak selalu terlihat tepat di atas khatulistiwa bumi, melainkan matahari akan terlihat berada di bagian utara dan selatan bumi.

Penyerapan radiasi matahari akan memiliki nilai yang optimal jika arah radiasi matahari tegak lurus terhadap permukaan bidang panel surya. Setiap hari, matahari akan bergerak menjauh dari posisi awal yang menghadap panel surya, dengan demikian daya keluaran dari panel surya juga akan menurun. Cara termudah untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan mengadaptasi panel surya yang mudah bergerak searah dengan datangnya cahaya matahari dengan menggunakan sistem penjejak matahari (*solar tracker*), hal ini digunakan untuk meningkatkan efisiensi pada aplikasi panel surya, oleh sebab itu, diperlukan upaya untuk mengarahkan permukaan panel surya agar selalu tegak lurus terhadap cahaya matahari, maka dengan menggunakan metode sistem penjejak matahari dimana metode tersebut tepat untuk dikembangkan karena arah dari panel surya selalu mengikuti arah datangnya sinar matahari. (*The method of tracking the sun*) (Huang dkk, 2009)

. Untuk menentukan bagaimana sistem penjejak matahari akan bergerak, sangatlah penting untuk mengetahui pergerakan matahari dalam satu tahun (Barsoum, 2011). Posisi matahari akan selalu bervariasi baik terhadap musim maupun waktu penyinaran matahari setiap harinya. Panel surya akan bekerja secara maksimal ketika tegak lurus terhadap arah datangnya matahari, sehingga sistem penjejak matahari terjadi peningkatan dalam keefektifitasannya. (Assaly, 2012).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk membuat penjejak matahari. Penelitian yang dilakukan oleh Simatupang dkk (2012) dengan menggunakan sensor cahaya berupa empat buah photodiode digunakan untuk dua sumbu putar, sebuah mikrokontroler ATMEGA 16 dan sebuah motor servo untuk menggerakkan panel surya. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, maka dalam jurnal ini akan dirancang sistem penjejak matahari berbasis dua derajat kebebasan dengan menggunakan LDR sebagai sensor cahaya, karena LDR lebih sensitif terhadap cahaya matahari dibandingkan dengan photodiode

Penelitian ini bertujuan untuk dapat mengetahui pengaruh penyerapan energi pada waktu yang berbeda, serta mengetahui perbandingan daya keluaran dari sel surya yang menggunakan penjejak matahari dua derajat kebebasan dengan sel surya statis.

METODE

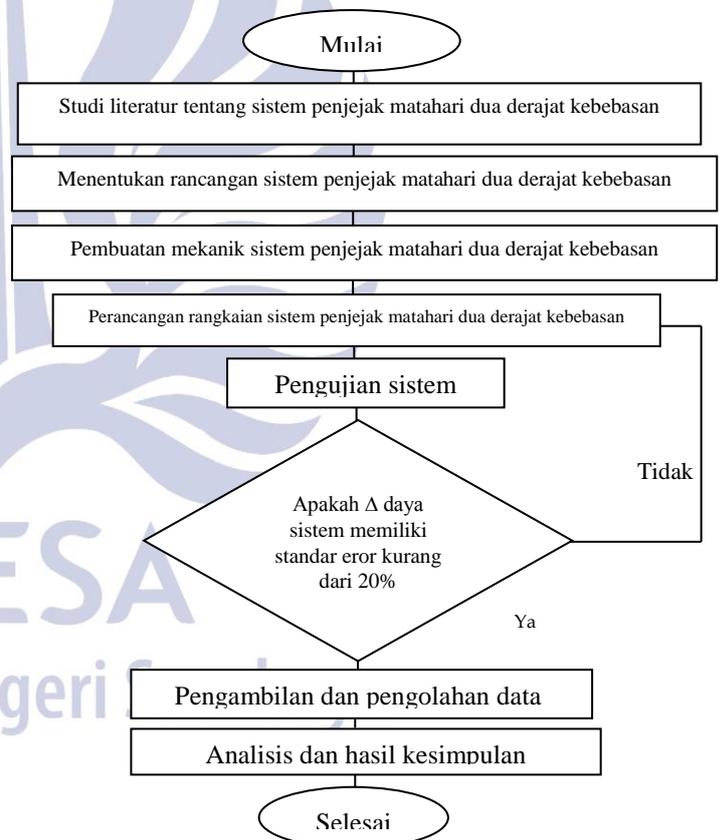
Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui nilai tegangan keluaran dan arus keluaran dari panel surya yang dipasang oleh penjejak matahari dua derajat kebebasan dan membandingkannya dengan panel surya yang terpasang secara statis.

Cara kerja sistem adalah 4 buah rangkaian LDR masuk dan diolah oleh arduino, setelah itu data

perbandingan 2 rangkaian LDR yang terletak pada sumbu x, jika nilai tersebut sudah optimal maka servo akan bergerak ke arah sumbu x positif atau ke sumbu x negatif. Begitu juga untuk perbandingan 2 rangkaian LDR yang terletak pada sumbu y, jika sudah bernilai optimal maka servo akan bergerak ke arah sumbu y positif atau ke arah sumbu y negatif.

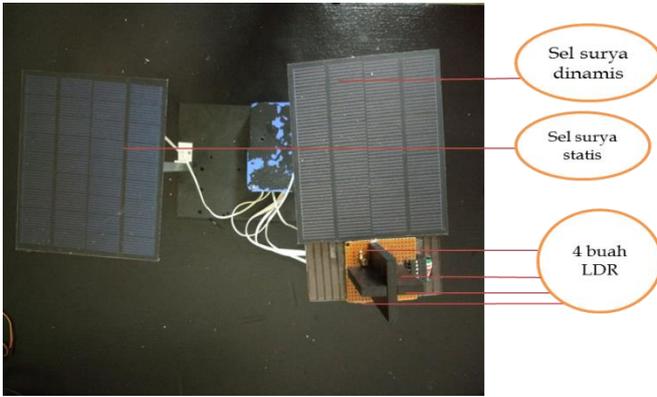
Kemudian dari kutub positif dan kutub negatif sel surya masuk ke dalam sensor INA219 lalu diolah oleh arduino menjadi output berupa nilai tegangan dan arus. Nilai arus dan tegangan yang terbaca oleh Arduino di akumulasikan menjadi nilai daya. Begitupun juga data waktu tiap jam yang di hasilkan oleh RTC. Semua data tersebut disimpan ke dalam *micro SD Card*, dengan sistem waktu penggantian *micro SD Card* diperkirakan setelah terbenam matahari dan akan dipasang kembali sebelum terbit matahari.

Dalam penelitian ini adapun tahap-tahap yang dilakukan adalah sebagai berikut:



Gambar 1 Diagram Alir Metode Penelitian

Pada tahap ini, peneliti membuat rancangan alat dari penjejak matahari dua derajat kebebasan sebagai berikut:



Gambar 2. Rancangan Alat Sistem Penjejak Matahari Dua Derajat Kebebasan

Teknik pengumpulan data meliputi dua tahap. Tahap pertama yaitu uji coba terbatas dimana hanya mengukur cahaya matahari yang mengenai sensor LDR pada sumbu x terlebih dahulu dan kemudian mengukur cahaya matahari yang mengenai sensor LDR pada sumbu y. Dalam pengambilan data ini tidak menggunakan sinar matahari secara langsung melainkan dimanipulasi dengan menggunakan sebuah lampu sebagai sumber cahaya.

Setelah mengetahui respon dari LDR dengan uji coba terbatas tersebut kemudian dengan tahap kedua yaitu pengukuran secara langsung. Panel surya dengan sistem penjejak matahari dengan dua derajat kebebasan diletakkan di tempat terbuka selama 5 hari pada pukul 06.00 WIB hingga pukul 17.00 WIB. LDR akan menerima cahaya matahari yang kemudian data dari LDR akan diolah oleh arduino untuk menggerakkan servo sesuai dengan perbandingan nilai dari LDR. Jika nilai dari LDR optimal maka servo akan berhenti bergerak. Kemudian, kutub positif dan kutub negatif sel surya masuk ke dalam sensor INA219 lalu diolah oleh arduino menjadi keluaran berupa nilai tegangan dan arus.

Nilai arus dan tegangan yang terbaca oleh Arduino di akumulasikan menjadi nilai daya. Begitupun juga data waktu tiap jam yang di hasilkan oleh RTC. Semua data tersebut disimpan ke dalam *micro SD Card*. Pengukuran secara langsung ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana respon dari keempat sensor LDR tersebut jika dikenai sinar matahari yang arah datangnya cahayanya acak.

Dari data yang diperoleh setelah dilakukannya pengambilan data secara langsung maka akan didapatkan data berupa tegangan dan arus keluaran beserta waktu, yang selanjutnya diolah agar diketahui nilai daya dari kedua sel surya yaitu sel surya statis atau tanpa menggunakan penjejak matahari dengan sel surya dinamis atau dengan penjejak matahari dua derajat kebebasan. Nilai daya yang telah dari sel surya diperoleh kemudian akan dimasukkan ke dalam rumus Δ daya yaitu:

$$\Delta P = P \text{ sel surya dinamis} - P \text{ sel surya statis}$$

Setelah data selisih antara sel surya dengan menggunakan sistem penjejak matahari dengan dua derajat kebebasan dan sel surya diketahui, selanjutnya data tersebut dijumlahkan setiap hari selama lima hari, maka akan diketahui presentase dari sel surya dengan sistem penjejak matahari dengan dua derajat kebebasan akan mengalami peningkatan keluaran daya dibandingkan dengan sel surya statis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

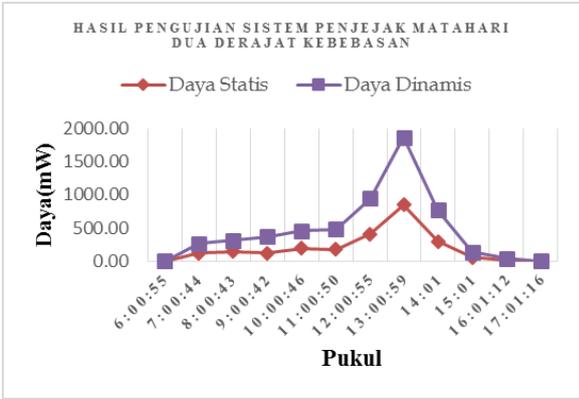
a. Hasil dan Analisis Hasil Pengujian Sistem Penjejak Matahari Dua Derajat Kebebasan

Data yang diperoleh secara langsung dari hasil pembacaan sistem penjejak matahari berupa data tegangan dan arus keluaran. Data tersebut selanjutnya diolah untuk mengetahui nilai daya dari kedua sel surya yaitu sel surya statis dan sel surya dinamis dengan menggunakan sistem penjejak matahari dua derajat kebebasan. Pengujian sistem penjejak matahari dilakukan selama 5 hari dan tidak berurutan setiap hari ,hal ini dikarenakan pada rentang waktu tersebut motor servo mengalami error maka harus diperbaiki terlebih dahulu, sehingga pengambilan data dilakukan pada tanggal 13 Mei 2017, 17 Mei 2017, 23 Mei 2017, 25 Mei 2017, dan 30 Mei 2017 dengan durasi 12 jam setiap harinya. Berikut merupakan tabel hasil pada tanggal 13 Mei 017:

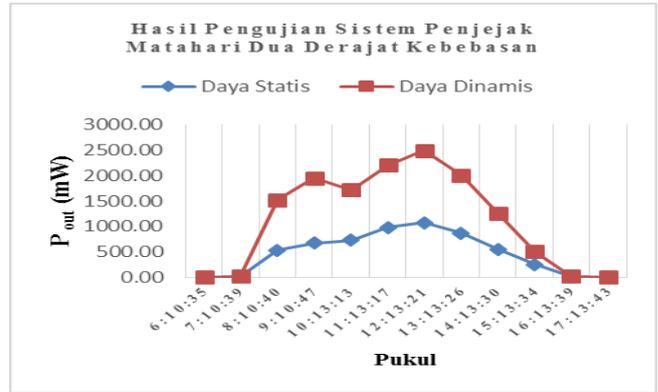
Pukul	Sel Surya Statis			Sel Surya Dinamis			ΔP	% Kenaikan
	V	I	P	V	I	P		
6	0.07	0.60	0.04	0.06	0.70	0.04	0.00	0.00
7	3.47	34.7	120.41	3.78	37.80	142.88	22.48	2.69
8	3.86	38.6	149.00	4.06	40.60	164.84	15.84	1.90
9	3.50	35.1	122.85	4.95	49.50	245.03	122.1	14.63
10	4.42	44.3	195.81	5.11	51.00	260.61	64.80	7.76
11	4.25	42.5	180.63	5.49	55.00	301.95	121.3	14.53
12	6.42	64.3	412.81	7.32	73.20	535.82	123.0	14.73
13	9.22	92.3	851.01	10.09	101.0	1019.09	168.0	20.12
14	5.48	54.8	300.30	6.84	68.30	467.17	166.8	19.98
15	2.44	24.4	59.54	2.84	28.40	80.66	21.12	2.53
16	1.32	13.2	17.42	1.64	16.40	26.90	9.47	1.13
17	0.25	2.50	0.63	0.26	2.50	0.65	0.03	0.00

Dari data pada tabel tersebut, maka diperoleh dua grafik, grafik pertama ditunjukkan pada gambar 1 di mana merupakan grafik hubungan antara daya dari sel surya dengan waktu yang diperoleh dari keluaran berupa tegangan dan arus dari sel surya. Sedangkan pada grafik kedua pada gambar 2 yang merupakan grafik selisih antara daya keluaran sel surya dinamis dengan sel surya statis diperoleh dari hasil keluaran daya pada sel surya

Pengoptimalan Penyerapan Energi Matahari Dengan Sistem Penjejak Matahari Dua Derajat Kebebasan



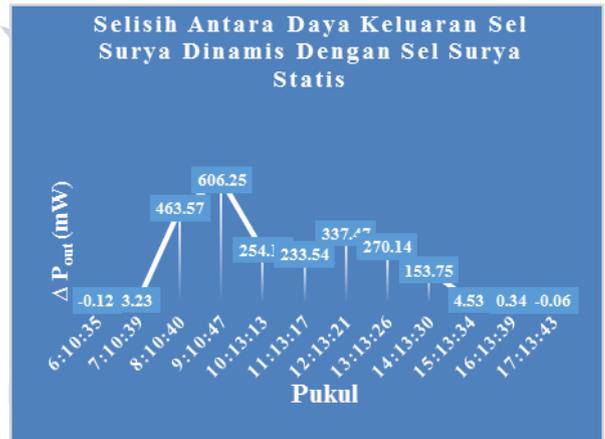
Gambar 1. Grafik Hubungan antara daya dan waktu pada sel surya statis dan sel surya dinamis tanggal 13 Mei 2017



Grafik 3. Grafik Hubungan antara daya dan waktu pada sel surya statis dan sel surya dinamis pada tanggal 25 Mei 2017.



Gambar 2. Grafik selisih antara daya keluaran sel surya dinamis dengan sel surya statis pada tanggal 13 Mei 2017.



Gambar 4. Grafik selisih antara daya keluaran sel surya dinamis dengan sel surya statis pada tanggal 25 Mei 2017.

Terlihat pada tabel dan pada kedua grafik diatas dengan menggunakan sistem penjejak matahari dua derajat kebebasan, daya yang diperoleh akan mengalami kenaikan dibandingkan tanpa menggunakan sistem penjejak matahari dua derajat kebebasan. Namun pada tanggal 25 Mei 2017 terdapat data yang tidak sesuai dari hasil yang diharapkan, dimana terdapat nilai dari daya sel surya statis lebih besar dibandingkan dengan sel surya dengan sistem penjejak matahari dua derajat kebebasan. Terlihat pada tabel hasil pada tanggal 25 Mei 2017 dibawah ini:

Dari uraian data yang tertera dapat ditunjukkan bahwa keefektifan penyerapan energi matahari ketika menggunakan sistem penjejak matahari dua derajat kebebasan dapat diketahui dari data yang diperoleh bahwa daya keluaran dari sel surya dinamis lebih besar daripada daya keluaran sel surya statis dan hal ini telah sesuai dengan apa yang diinginkan.

Dari semua tampilan grafik untuk daya dari sel surya statis maupun daya dari sel surya dinamis yang telah tertera, pengujian alat pada tanggal 25 Mei 2017 data yang telah diperoleh dengan tujuan yang diharapkan tidak sesuai, dikarenakan pada pukul 6:10:35 WIB dan pada pukul 17:13:43 WIB nilai daya keluaran dari sel surya statis lebih besar daripada sel surya dinamis, hal ini dikarenakan kerja dari motor servo lambat dan fenomena ini biasanya terjadi pada jam pertama dan pada jam terakhir seperti data yang tertera pada tanggal 25 Mei 2017.

Keefektifan dari penyerapan energi matahari juga dapat dilihat dari grafik daya dari kedua sel surya yang seharusnya berbentuk parabola terbuka ke bawah kecuali ada beberapa cuaca yang tidak mendukung dalam selang waktu tertentu, misalnya berawan atau mendung sehingga grafik tidak akan terbentuk parabola terbuka kebawah

Pukul	Sel Surya Statis			Sel Surya Dinamis			Δ P	%
	V	I	P	V	I	P		
6	0.41	4.10	1.68	0.40	3.90	1.56	-0.12	-0.01
7	1.0	10.0	10.0	1.15	11.5	13.23	3.23	0.14
8	7.29	72.9	531.4	9.97	99.8	995.01	463.57	19.92
9	8.21	82.1	674.0	11.3	113	1280.29	606.25	26.06
10	8.55	85.6	731.8	9.93	99.3	986.05	254.17	10.92
11	9.92	99.1	983.0	11.0	110	1216.61	233.54	10.04
12	10.3	103	1077	11.9	118	1414.91	337.47	14.50
13	9.33	93.3	870.4	10.6	106	1140.62	270.14	11.61
14	7.44	74.4	553.5	8.41	84	707.28	153.75	6.61
15	5.01	50.2	251.5	5.06	50	256.04	4.53	0.19
16	0.85	8.5	7.23	0.87	8.7	7.57	0.34	0.01
17	0.13	1.2	0.16	0.1	1.00	0.10	-0.06	0.00

Dari tabel diatas diperoleh dua grafik yaitu :

yang sempurna, dikarenakan ada beberapa titik pada jam tertentu daya yang dihasilkan begitu kecil. Dikarenakan negara kita beriklim tropis dengan cuaca yang sering berubah-ubah maka untuk grafik yang diperoleh dimana merupakan grafik hubungan daya dengan waktu pada sel surya statis dan sel surya dinamis tidak dapat terbentuk parabola terbuka kebawah secara sempurna.

Sedangkan, perolehan daya antara sel surya dengan sistem penjejak matahari dua derajat kebebasan dan sel surya statis bernilai tidak jauh berbeda pada rentang pukul 11:00 hingga pukul 13:00, dikarenakan dengan adanya sistem penjejak matahari dua derajat kebebasan, sel surya akan bergerak secara tegak lurus mengikuti arah datangnya matahari atau mendekati sejajar arah horizontal, dengan demikian posisi dari sel surya yang menggunakan sistem penjejak matahari dengan dua derajat kebebasan hampir sama dengan posisi dari sel surya statis yang diset secara permanen sejajar arah horizontal sehingga perbandingan daya keluaran dari sel surya statis dan sel surya dinamis hampir sama.

Sedangkan pada tanggal 25 Mei 2017 selisih daya terbesar terjadi pada pukul 09:00 WIB dan pukul 15:01 WIB, hal ini dikarenakan adanya faktor $\cos \theta$ dimana θ adalah sudut yang terbentuk antara arah datangnya sinar matahari dengan normal bidang dari sel surya. Pada saat tersebut, apabila sel surya statis membentuk sudut θ terhadap arah datangnya sinar matahari, dan sel surya yang menggunakan sistem penjejak matahari dua derajat kebebasan telah bekerja dan selalu tegak lurus terhadap arah datangnya cahaya matahari maka nilai keluaran dari sel surya statis cenderung kecil dibandingkan dengan nilai keluaran sel surya dinamis.

PENUTUP

Simpulan

Pada penelitian ini disimpulkan bahwa sel surya yang menggunakan sistem penjejak matahari dua derajat kebebasan lebih efektif dan solusi yang tepat untuk memperoleh keluaran daya yang lebih besar dibandingkan hanya dengan menggunakan sel surya statis. Hal ini dibuktikan dari data yang telah diperoleh dari pengujian alat selama lima hari, bahwa daya keluaran dari sel surya dengan menggunakan sistem penjejak matahari dua derajat kebebasan akan cenderung lebih besar dibandingkan dengan daya keluaran dari sel surya statis, selain itu juga grafik yang diperoleh pada penelitian ini secara umum memiliki pola yang sama yaitu membentuk parabola terbuka kebawah / garis melengkung. Hal ini sesuai dengan intensitas radiasi harian matahari yang sampai permukaan bumi.

Dalam hal ini perolehan daya antara sel surya dengan sistem penjejak matahari dua derajat kebebasan dan sel surya statis pada rentang pukul 11:00 hingga pukul 13:00 bernilai tidak jauh berbeda, dikarenakan dengan adanya sistem penjejak matahari dua derajat kebebasan, sel surya akan bergerak secara tegak lurus mengikuti arah

datangnya matahari atau mendekati sejajar arah horizontal, dengan demikian posisi dari sel surya yang menggunakan sistem penjejak matahari dengan dua derajat kebebasan hampir sama dengan posisi dari sel surya statis yang diset secara permanen sejajar arah horizontal sehingga perbandingan daya keluaran dari sel surya statis dan sel surya dinamis hampir sama.

Sedangkan pada tanggal 25 Mei 2017 selisih daya terbesar terjadi pada pukul 09:00 WIB dan pukul 15:01 WIB, hal ini dikarenakan adanya faktor $\cos \theta$ dimana θ adalah sudut yang terbentuk antara arah datangnya sinar matahari dengan normal bidang dari sel surya, apabila sel surya statis membentuk sudut θ terhadap arah datangnya sinar matahari, dan sel surya dengan menggunakan sistem penjejak matahari dua derajat kebebasan telah bekerja dan selalu tegak lurus terhadap arah datangnya cahaya matahari maka nilai keluaran dari sel surya statis cenderung kecil dibandingkan dengan nilai keluaran sel surya dinamis

Saran

Dalam melakukan pengujian alat, sebaiknya alat dapat dipasang tepat waktu sesuai dengan data yang dibutuhkan, tidak perlu dipasang satu jam sebelum pengujian dilakukan. Selain itu, kerja dari servo yang digunakan adalah 180 derajat seharusnya diberi batasan minimum dan maksimum agar servo tidak tertahan mekanik dari sel surya dengan menggunakan sistem penjejak matahari dua derajat kebebasan, karena jika sel surya dengan sistem penjejak matahari dua derajat kebebasan tidak terkena oleh cahaya matahari, servo cenderung pada posisi minimum dan maksimum. Penelitian ini selanjutnya dapat dikembangkan lebih lanjut dengan tanpa menggunakan *SD Card* dan langsung bisa dicek dengan menggunakan laptop melalui website/internet, atau dengan menggunakan sambungan *bluetooth*

DAFTAR PUSTAKA

- Assaly, J.A. 2012. *Dual Axis Solar Tracker*. Lebanon: Lebanese University.
- Barsoum, N. 2011. *Fabrication of Dual-Axis Solar Tracking Controller Project*. Malaysia: Curtin University. Published Online May 2011.
- George, E., 2015. *Interfacing Servo Motor with 8051 using Keil C*. (<http://electrosome.com>, diakses tanggal 20 Oktober 2016).
- Huang, Y.J., Kuo, T.C., Chen, C.Y., Chang, C.H., Wu, P.C., dan Wu, T.H., 2009, *The Design and Implementation of a Solar Tracking Generating Power System*, *Engineering Letters*, 17:4, EL_17_4_06, Advance online publication.
- Honsberg, C., dan Bowden, S. *Motion of the Sun*.

(<http://www.pveducation.org/>, diakses tanggal, 20 Januari 2016).

- Jansen, T.J., 1995: *Teknologi Rekayasa Sel Surya*, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Kho, D., 2015. Pengertian LDR dan Cara Mengukurnya, (<http://teknikelektronika.com/>, diakses tanggal 20 Oktober 2016).
- Priatman, J., 2000, *Perspektif Arsitektur Surya Di Indonesia, Dimensi Teknik Arsitektur*, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Prasetya, E. 2015. Arduino Uno dan RaspberryPi, (<http://kl601.ilearning.me>, diakses tanggal 20 Oktober 2016).
- Simatupang, S., Susilo, B., dan Hermanto, M.B. 2012. *Rancang Bangun dan Uji Coba Solar Tracker pada Panel Surya Berbasis Mikrokontroler ATmega16*. Malang: Jurusan Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem Universitas Brawijaya. Vol.1, No.1, 2.
- Septiadi, D., Nanlohy, P., Souissa, M., dan Rumlawang, F.Y., 2009, *Proyeksi Potensi Energi Surya Sebagai Energi Terbarukan (Studi Wilayah Ambon dan Sekitarnya)*, Universitas Pattimura, Ambon.
- Syafrialdi, R., dan Wildian, 2015. *Rancang Bangun Solar Tracker Berbasis Mikrokontroler Atmega8535 Dengan Sensor Ldr Dan Penampil Lcd*. Padang: Jurusan Fisika Universitas Andalas. Vol. 4, No. 2, 113-121.
- Tim *Contained Energy Indonesia*. *Buku Panduan Energi yang Terbarukan*. PT Cipta Tani Lestari.
- Wiley, John. 1981. *Physics of Semiconductor Devices 2nd Edition*. Bell Laboratories, Incorporated Murray Hill, New Jersey
- Yuwono, Budi. 2005. *Optimalisasi Panel Sel Surya Dengan Menggunakan Sistem Pelacak Berbasis Mikrokontroler AT89C5*. Surakarta: Jurusan Fisika Universitas Negeri Surakarta.

