

TRACKER TIGA POSISI PANEL SURYA UNTUK PENINGKATAN KONVERSI ENERGI DENGAN CATU DAYA RENDAH

Welly Yandi¹, Syafii^{1*}, Ali Basrah Pulungan²

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas

*Corresponding author, e-mail: syafii@ft.unand.ac.id

Abstrak— Artikel ini memaparkan tentang penggunaan *tracker* tiga posisi untuk meningkatkan konversi energi listrik dari matahari dengan catu daya rendah. Sistem *tracker* tiga posisi telah diuji menggunakan dua buah panel surya yang identik dengan kapasitas 250 Wp yang dipasang *flat* dan dengan *tracker*. Proses pengujian dilakukan selama 3 hari di atas gedung Jurusan Teknik Elektro Universitas Andalas Padang. Hasil pengujian menunjukkan persentase rata-rata peningkatan konversi energi sebesar 0,263 kWh/hari atau 27,9% per hari. Sedangkan kebutuhan energi untuk aktuator *tracker* tiga posisi sebesar 0,624 Wh/hari dan sistem kontrol *tracker* sebesar 18 Wh/hari. Sehingga besar konsumsi energi sistem *tracker* tiga posisi adalah sebesar 0,0186 kWh/hari. Hal ini disebabkan karena sistem *tracker* tiga posisi menggunakan aktuator dengan motor DC yang dilengkapi *gearbox* sehingga kemampuan torsi *tracker* menjadi lebih besar. Konsumsi energi untuk pengontrolan *tracker* menggunakan arduino lebih besar dibandingkan energi *tracker* itu sendiri karena pengontrolan selalu dalam keadaan aktif selama 24 jam. Sementara *tracker* tiga posisi hanya aktif selama 100 detik. Dengan demikian, konsumsi energi yang digunakan oleh sistem *tracker* tiga posisi jauh lebih kecil dibandingkan peningkatan konversi energi yang dihasilkan panel surya.

Kata Kunci : *Tracker tiga posisi, Peningkatan konversi energi panel surya*

Abstract— This article describes the use of a three-position tracker to increase the conversion of electrical energy from the sun with a low power supply. The three-position tracker system has been tested using two identical solar panels with 250 Wp capacities mounted flat and with tracker. The testing process carried out for 3 days in the top of the building Department of Electrical Engineering Andalas University of Padang. The test results show the average percentage increase in energy conversion is 0.263 kWh / day or 27.9% per day. While the energy requirement for three position tracker actuator are 0.624 Wh / day and track control system of 18 Wh / day. So that the energy consumption of tracker system three positions is equal to 0.0186 kWh / day. This is because the three-position tracker system uses actuators with DC motors equipped with a gearbox so that the tracker's torque becomes greater. Energy consumption for tracker control using arduino is greater than tracker energy itself because the control is always active for 24 hours. While the three-position tracker is only active for 100 seconds. Thus, the energy consumption used by the three-position tracker system is much smaller than the increase in energy conversion produced by solar panels.

Keywords : *Three position tracker, Increased solar panel energy conversion*

Copyright © 2017 JNTE. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Energi terbarukan yang banyak banyak dikembangkan saat ini adalah panel surya. Penggunaan cahaya matahari sebagai sumber energi sangat memungkinkan dalam pembangkitan energi listrik terutama pada daerah katulistiwa khususnya Indonesia.

Dalam memaksimalkan konversi energi listrik yang dihasilkan panel surya, maka bidang panel surya harus menghadap sinar datang matahari [1][2]. Untuk itu digunakanlah sebuah

tuas penggerak dengan tenaga motor DC yang disebut aktuator [3]. Penggunaan aktuator bertujuan untuk menggerakkan panel surya supaya mengarah pada cahaya matahari agar energi listrik yang dihasilkan meningkat dibandingkan panel surya dalam keadaan diam [4][5].

Pemakaian energi listrik untuk aktuator sangat diperhitungkan agar terealisasinya efisiensi energi yang diharapkan. Aktuator yang digunakan harus memiliki torsi yang cukup untuk menggerakkan panel surya serta

menggunakan energi listrik yang kecil. Motor DC yang digunakan pada aktuator diharapkan memakai energi listrik yang kecil dan berbanding terbalik dengan torsi yang dihasilkan [6]. Agar tercapainya torsi yang besar maka digunakanlah gearbox dengan perpanjangan tuas aktuator berdasarkan sistem ulir [7]. Proses kinerja aktuator dikontrol dengan menggunakan arduino Pro Mini BTE13 dan dilengkapi relay [8]. Pada sistem *switching* digunakan sensor *proximity* agar pergerakan panel dapat di atur sesuai yang diinginkan.

Pergerakan panel surya hanya terbatas pada tiga posisi agar efisiensi energi yang dihasilkan untuk menggerakkan aktuator lebih hemat dibandingkan dengan pergerakan panel secara terus menerus [5]. Selisih konversi energi yang dihasilkan oleh panel surya dengan *tracker* dan *flat* diharapkan lebih besar dibandingkan dengan pemakaian energi untuk *tracker* dan pengontrolnya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pemakaian motor DC sebagai *tracker* akan menghasilkan torsi yang besar jika dikombinasikan dengan *gearbox*. Torsi sendiri merupakan kemampuan puntir yang diberikan pada suatu benda, sehingga menyebabkan benda tersebut berputar [9]. Torsi pada motor DC sendiri dapat di dihitung berdasarkan rumus berikut :

$$T = P / \omega \tag{1}$$

Dimana : T = Torsi Motor DC
 P = Daya Motor DC
 ω = Kecepatan Sudut (Rad / s)

Dari rumus diatas dapat dijabarkan lagi bahwa :

$$P = E_a * I_a \tag{2}$$

Dan,

$$\omega = 2\pi n / 60 \tag{3}$$

Dimana, E_a = Tegangan motor
 I_a = Arus Motor
 N = Kecepatan motor

Aktuator yang digunakan sebagai *tracker* memiliki spesifikasi yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi aktuator [10].

Model	Regulator Actuator
Input	36 VDC
Load Capacity	3000 N
Strock Length	45 mm 18''
Full Load Speed	4,2 mm / s
Temperatue	-26 °C ~65 °C

Berdasarkan keterangan spesifikasi aktuator yang digunakan, maka bisa dihitung penggunaan energi oleh aktuator sehingga didapat rumus sebagai berikut :

$$W = V * I * t \tag{4}$$

Dimana : W = Energi yang digunakan oleh motor
 V = Tegangan Motor
 I = Arus
 t = waktu kerja motor

Untuk mengetahui daya (kekuatan) motor maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$HP = (T * n) / 5250 \tag{5}$$

Dimana : HP = Daya Motor
 n = Kecepatan motor
 T = Torsi
 5250 = Konstanta

Untuk menentukan besarnya peningkatan konversi energi pada panel surya yang menggunakan *tracker*, maka digunakanlan rumus sebagai berikut :

$$P = V * I \tag{6}$$

Dan,

$$W = V * I * t \text{ atau } P * t \tag{7}$$

Sehingga didapatkan,

$$W_{total} = \sum W \tag{8}$$

Dimana, P = Daya
 I = Arus
 W = Energi
 t = Waktu
 W_{total} = Total Energi

Rumus diatas digunakan untuk melakukan perhitungan data kedua buah panel yang akan dibandingkan. Setelah data energi total didapat, maka dihitung selisih serta persentase peningkatan kedua panel surya terebut seperti pada persamaan berikut :

$$\text{Selisih Energi} = E_{\text{total panel tracker}} - E_{\text{total panel flat}} \quad (9)$$

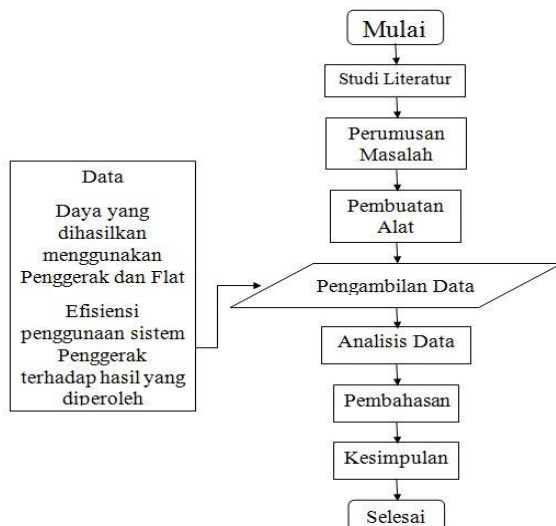
Kemudian,

$$\% \text{ Energi} = \frac{\text{Selisih Energi}}{E_{\text{Total Panel Flat}}} \quad (10)$$

Persamaan diatas akan menghasilkan persentase peningkatan konversi energi panel surya dengan *tracker*. Peningkatan konversi energi tersebut sebagian akan digunakan untuk *tracker* dan sistem kontrol nya dan diharapkan agar tidak lebih besar dari selisih konversi energi yang didapat.

3. METODOLOGI

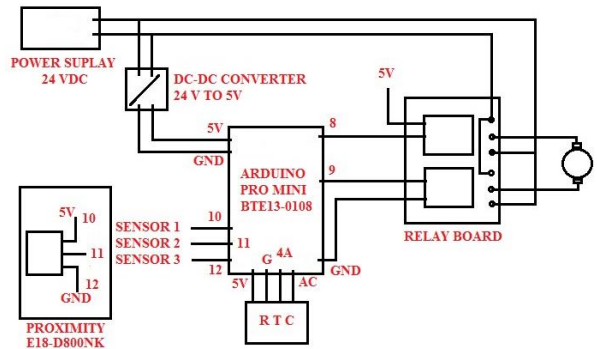
Proses pengambilan data dilakukan di Lantai 4 Jurusan Teknik Elektro Universitas Andalas. Terdapat 2 buah panel surya dimana salah satunya digunakan sistem tracking dan yang lainnya dalam keadaan tetap. Waktu pengambilan data ini dilakukan dalam 3 hari berturut-turut agar diperoleh data yang lebih akurat dikarenakan data yang dihasilkan akan sangat dipengaruhi oleh cuaca. Pengambilan data dilakukan tanggal 30 September s/d 02 Oktober 2017 mulai dari jam 07.00 WIB sampai dengan jam 18.00 WIB.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Data yang dihasilkan berupa V (Tegangan) dan I (arus) dari kedua panel surya yang dibandingkan. Dari data tersebut kemudian dilakukan perhitungan energi yang dihasilkan serta dilakukan perbandingan tingkat efisiensinya. Alur penelitian digambarkan dalam flowchart pada Gambar 1.

Untuk rangkaian pengontrolan sistem *tracker* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Pengontrolan sistem *tracker*

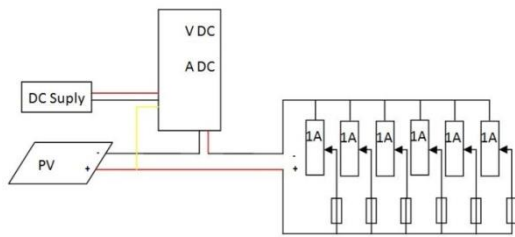
Struktur mekanik panel surya dengan *tracker* harus diperhatikan karena akan menentukan penggunaan torsi untuk menggerakkan panel tersebut[11]. Perencanaan struktur mekanik panel surya dengan *tracker* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Perencanaan konstruksi dan posisi panel surya 3 posisi gerakan

Hasil pengukuran panel surya dihubungkan dengan beban resistif agar didapat arus. Beban resistif yang digunakan harus sesuai dengan kapasitas panel surya. Jika tidak, pengukuran tidak maksimal dan akan membuat beban resistif menjadi rusak. Dalam hal ini, beban resistif yang digunakan berkapasitas 6 A dengan tahanan 3,5 Ω. Beban resistif yang digunakan untuk mendapatkan arus pada panel surya dengan *tracker* memiliki tahanan yang sama dengan beban resistif yang digunakan untuk panel surya *flat*. Berikut rangkaian penggunaan beban

resistif dan alat ukur untuk pengambilan data konversi energi panel surya :



Gambar 4. Rangkaian alat ukur pengambilan data

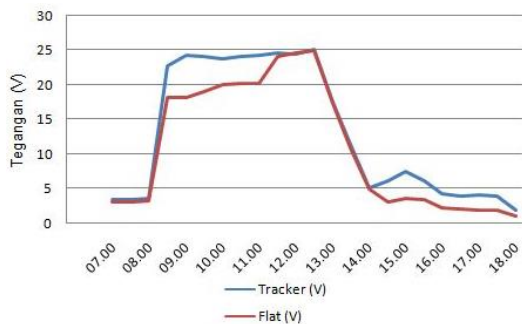
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengambilan Data Panel Surya ke satu

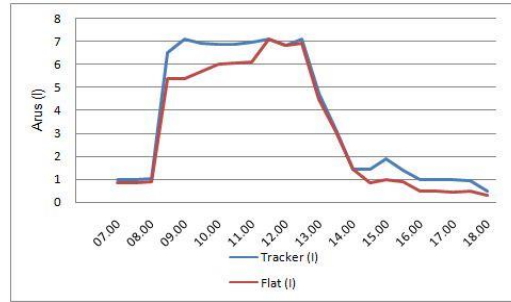
Pada proses pengambilan data ke satu, cuaca di sekitar Kampus Unand Limau manis cenderung berawan dan terkadang hujan ringan. Data yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3 serta kurva Gambar 5,6,7 dan 8.

Tabel 2. Data tegangan dan arus ke satu

No	Waktu	Tracker (V)	Tracker (I)	Flat (V)	Flat (I)
1	07.00	3,4	0,97	3	0,86
2	07.30	3,4	0,97	3,1	0,87
3	08.00	3,6	1,01	3,2	0,91
4	08.30	22,8	6,51	18,1	5,38
5	09.00	24,3	7,11	18,2	5,39
6	09.30	24	6,95	18,9	5,71
7	10.00	23,8	6,91	19,9	6,02
8	10.30	24,1	6,91	20,2	6,09
9	11.00	24,2	6,99	20,2	6,1
10	11.30	24,6	7,12	24,1	7,11
11	12.00	24,5	6,85	24,5	6,85
12	12.30	25,1	7,1	24,9	6,91
13	13.00	17,5	4,74	17,3	4,49
14	13.30	11,4	3,15	10,9	3,09
15	14.00	5,2	1,44	4,9	1,44
16	14.30	6,2	1,45	3,1	0,87
17	15.00	7,5	1,91	3,5	0,97
18	15.30	6,2	1,37	3,4	0,91
19	16.00	4,2	0,99	2,2	0,49
20	16.30	3,9	0,97	2,1	0,47
21	17.00	4,1	0,96	1,9	0,46
22	17.30	3,9	0,95	1,9	0,48
23	18.00	1,9	0,48	1	0,31



Gambar 5. Kurva tegangan data ke satu



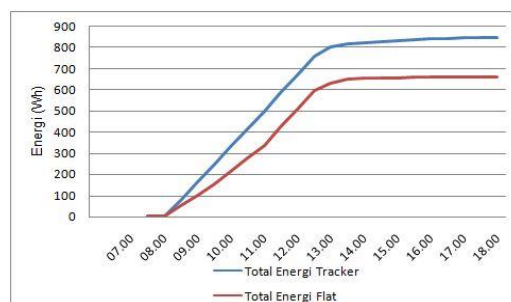
Gambar 6. Kurva Arus data ke satu

Tabel 3. Data daya dan energi ke satu

No	Waktu	Daya Tracker	Daya Flat	Energi Tracker	Total Energi Tracker	Energi Flat	Total Energi Flat
1	07.00	3,298	2,58	1,649		1,29	
2	07.30	3,298	2,697	1,649	3,298	1,3485	2,6385
3	08.00	3,636	2,912	1,818	5,116	1,456	4,0945
4	08.30	148,428	97,378	74,214	79,33	48,689	52,784
5	09.00	172,773	98,098	86,3865	165,7165	49,049	101,83
6	09.30	166,8	107,919	83,4	249,1165	53,96	155,79
7	10.00	164,458	119,798	82,229	331,3455	59,899	215,69
8	10.30	166,531	123,018	83,2655	414,611	61,509	277,2
9	11.00	169,158	123,22	84,579	499,19	61,61	338,81
10	11.30	175,152	171,351	87,576	586,766	85,676	424,49
11	12.00	167,825	167,825	83,9125	670,6785	83,913	508,4
12	12.30	178,21	172,059	89,105	759,7835	86,03	594,43
13	13.00	82,95	77,677	41,475	801,2585	38,839	633,27
14	13.30	35,91	33,681	17,955	819,2135	16,841	650,11
15	14.00	7,488	7,056	3,744	822,9575	3,528	653,63
16	14.30	8,99	2,697	4,495	827,4525	1,3485	654,98
17	15.00	14,325	3,395	7,1625	834,615	1,6975	656,68
18	15.30	8,494	3,094	4,247	838,862	1,547	658,23
19	16.00	4,158	1,078	2,079	840,941	0,539	658,77
20	16.30	3,783	0,987	1,8915	842,8325	0,4935	659,26
21	17.00	3,936	0,874	1,968	844,8005	0,437	659,7
22	17.30	3,705	0,912	1,8525	846,653	0,456	660,15
23	18.00	0,912	0,31	0,456	847,109	0,155	660,31



Gambar 7. Kurva daya data ke satu



Gambar 8. Kurva energi data ke satu

Berdasarkan data ke satu diatas didapatkan total energi panel surya dengan *tracker* sebesar 847,109 watt dan panel surya *flat* sebesar 660,308 watt. Sehingga dapat dicari selisih konversi energi yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Selisih } E_{\text{total}} &= E_{\text{total}} \text{ Panel Tracker} - \\ & E_{\text{total}} \text{ Panel Flat} \\ &= 847,109 - 660,308 \\ &= 186,801 \text{ Watt} = 0,186801 \text{ Kw} \end{aligned}$$

Berdasarkan selisih energi yang diperoleh maka dapat ditentukan persentase peningkatan konversi energi antara panel surya dengan *tracker* dan *flat* sebagai berikut :

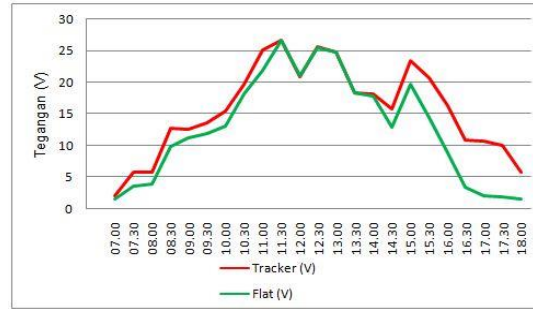
$$\begin{aligned} \% \text{ Peningkatan } E &= (\text{Selisih } E_{\text{total}} / E_{\text{total}} \text{ Flat}) \\ & \times 100 \\ &= (186,801 / 660,308) \times 100 \\ &= 28,28 \% \end{aligned}$$

4.2. Pengambilan Data Panel Surya Hari Kedua

Cuaca pada hari pengambilan data yang kedua lebih berawan dibandingkan ke satu dan hasilnya lebih rendah dari data ke satu. Data hari ke dua dapat di lihat pada Tabel 4 dan 5 serta kurva Gambar 9, 10, 11 dan 12.

Tabel 4. Data tegangan dan arus kedua

No	Waktu	Tracker (V)	Tracker (I)	Flat (V)	Flat (I)
1	07.00	2,1	0,55	1,6	0,45
2	07.30	5,8	1,54	3,7	1,13
3	08.00	5,9	1,54	3,9	1,23
4	08.30	12,8	3,62	9,8	2,76
5	09.00	12,7	3,59	11,3	3,12
6	09.30	13,6	3,69	11,9	3,29
7	10.00	15,5	4,15	13,1	3,72
8	10.30	19,7	5,01	18,2	4,87
9	11.00	25,1	7,1	21,8	6,59
10	11.30	26,7	7,61	26,6	7,59
11	12.00	20,9	6,11	21	6,09
12	12.30	25,7	7,1	25,5	7,01
13	13.00	24,9	7	24,7	6,94
14	13.30	18,4	4,97	18,4	4,96
15	14.00	18,3	4,77	17,9	4,77
16	14.30	15,9	4,61	12,9	3,67
17	15.00	23,5	6,81	19,6	5,02
18	15.30	20,7	6,01	14,5	3,89
19	16.00	16,3	4,34	8,9	2,61
20	16.30	10,9	2,77	3,5	1,01
21	17.00	10,8	2,65	2,1	0,61
22	17.30	10,1	2,61	2	0,61
23	18.00	5,9	1,74	1,6	0,59



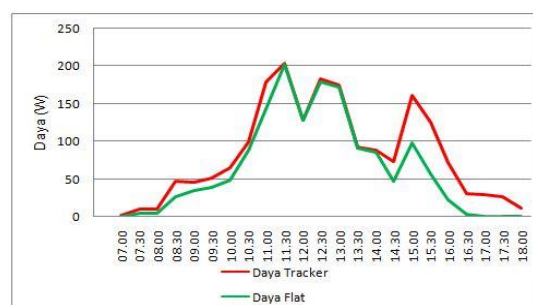
Gambar 9. Kurva tegangan data kedua



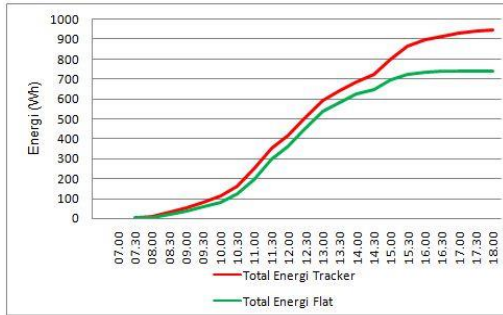
Gambar 10. Kurva arus data kedua

Tabel 5. Data daya dan energi ke dua

No	Waktu	Daya Tracker	Daya Flat	Energi Tracker	Total Energi Tracker	Energi Flat	Total Energi Flat
1	07.00	1,155	0,72	0,5775		0,36	
2	07.30	8,932	4,181	4,466	5,0435	2,0905	2,4505
3	08.00	9,086	4,797	4,543	9,5865	2,3985	4,849
4	08.30	46,336	27,048	23,168	32,7545	13,524	18,373
5	09.00	45,593	35,256	22,7965	55,551	17,628	36,001
6	09.30	50,184	39,151	25,092	80,643	19,5755	55,5765
7	10.00	64,325	48,732	32,1625	112,8055	24,366	79,9425
8	10.30	98,697	88,634	49,3485	162,154	44,317	124,2595
9	11.00	178,21	143,66	89,105	251,259	71,831	196,0905
10	11.30	203,187	201,89	101,5935	352,8525	100,947	297,0375
11	12.00	127,699	127,89	63,8495	416,702	63,945	360,9825
12	12.30	182,47	178,76	91,235	507,937	89,3775	450,36
13	13.00	174,3	171,42	87,15	595,087	85,709	536,069
14	13.30	91,448	91,264	45,724	640,811	45,632	581,701
15	14.00	87,291	85,383	43,6455	684,4565	42,6915	624,3925
16	14.30	73,299	47,343	36,6495	721,106	23,6715	648,064
17	15.00	160,035	98,392	80,0175	801,1235	49,196	697,26
18	15.30	124,407	56,405	62,2035	863,327	28,2025	725,4625
19	16.00	70,742	23,229	35,371	898,698	11,6145	737,077
20	16.30	30,193	3,535	15,0965	913,7945	1,7675	738,8445
21	17.00	28,62	1,281	14,31	928,1045	0,6405	739,485
22	17.30	26,361	1,22	13,1805	941,285	0,61	740,095
23	18.00	10,266	0,944	5,133	946,418	0,472	740,567



Gambar 11. Kurva daya data ke dua



Gambar 12. Kurva energi data kedua

Berdasarkan data kedua diatas didapatkan total energi panel surya dengan *tracker* sebesar 946,418 watt dan panel surya *flat* sebesar 740,567 watt. Sehingga dapat dicari selisih konversi energi yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

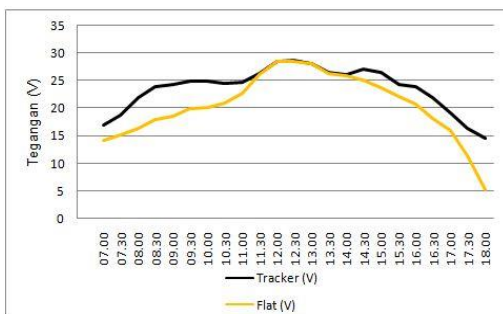
$$\begin{aligned} \text{Selisih } E_{\text{total}} &= E_{\text{total Panel tracker}} - E_{\text{total panel Flat}} \\ &= 946,418 - 740,567 \\ &= 205.851 \text{ Watt} = 0,205851 \text{ Kw} \end{aligned}$$

Berdasarkan selisih energi yang diperoleh maka dapat ditentukan persentase peningkatan konversi energi antara panel surya dengan *tracker* dan *flat* sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \% \text{ Peningkatan } E &= (\text{Selisih } E_{\text{total}} / E_{\text{total Flat}}) \times 100 \\ &= (205,851 / 740,567) \times 100 \\ &= 27,79 \% \end{aligned}$$

4.3. Pengambilan Data Panel Surya Hari Ketiga

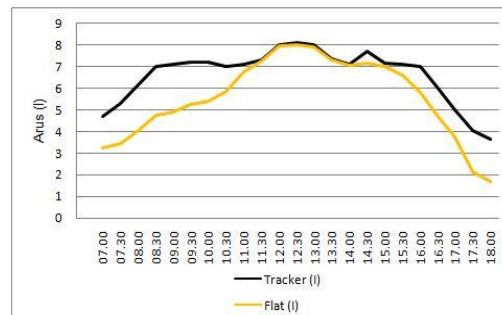
Berbeda dengan proses pengambilan data pada hari ke satu dan ke dua, pada hari ke tiga cuaca cukup cerah. Dengan demikian diharapkan data yang diperoleh sangat stabil dan maksimal dapat di lihat pada Tabel 6 dan 7 serta kurva Gambar 13, 14, 15 dan 16



Gambar 13. Kurva tegangan data ke tiga

Tabel 6. Data tegangan dan arus ke tiga

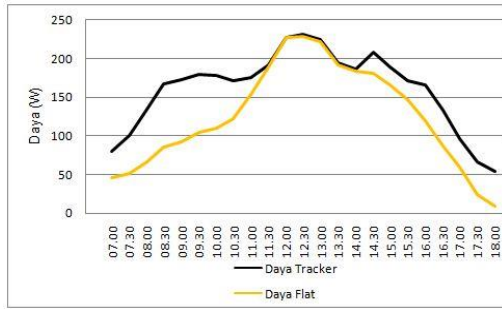
No	Waktu	Tracker (V)	Tracker (I)	Flat (V)	Flat (I)
1	07.00	17	4,7	14,2	3,23
2	07.30	18,8	5,32	15,1	3,43
3	08.00	21,9	6,13	16,3	4,05
4	08.30	23,8	7,01	17,9	4,77
5	09.00	24,2	7,11	18,6	4,92
6	09.30	24,9	7,19	19,9	5,23
7	10.00	24,9	7,17	20,2	5,41
8	10.30	24,4	7,01	20,9	5,87
9	11.00	24,6	7,1	22,7	6,78
10	11.30	26,2	7,31	26,1	7,27
11	12.00	28,4	8,01	28,5	7,97
12	12.30	28,6	8,09	28,5	8,03
13	13.00	28,1	7,98	28,1	7,91
14	13.30	26,5	7,35	26,3	7,31
15	14.00	26,1	7,11	26	7,09
16	14.30	27,1	7,67	25,1	7,19
17	15.00	26,5	7,15	23,8	7
18	15.30	24,2	7,08	22,2	6,61
19	16.00	23,8	6,98	20,7	5,79
20	16.30	21,9	6,05	18,1	4,76
21	17.00	19,1	5,02	15,9	3,74
22	17.30	16,3	4,05	11,3	2,11
23	18.00	14,6	3,66	5,23	1,67



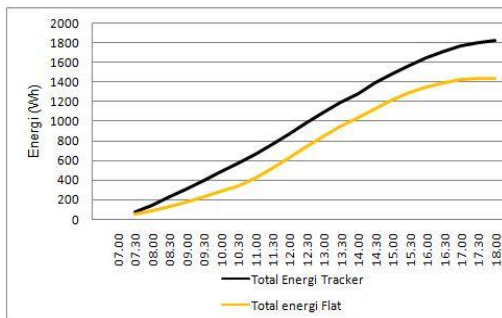
Gambar 14. Kurva arus data ke tiga

Tabel 7. Data daya energi ke tiga

No	Waktu	Daya Tracker	Daya Flat	Energi Tracker	Total Energi Tracker	Energi Flat	Total energi Flat
1	07.00	79,9	45,87	22,933		22,93	
2	07.30	100,016	51,79	50,008	72,941	25,9	48,8295
3	08.00	134,247	66,02	67,1235	140,0645	33,01	81,837
4	08.30	166,838	85,38	83,419	223,4835	42,69	124,5285
5	09.00	172,062	91,51	86,031	309,5145	45,76	170,2845
6	09.30	179,031	104,1	89,5155	399,03	52,04	222,323
7	10.00	178,333	109,3	89,2665	488,2965	54,64	276,964
8	10.30	171,044	122,7	85,522	573,8185	61,34	338,3055
9	11.00	174,66	153,9	87,33	661,1485	76,95	415,2585
10	11.30	191,522	189,7	95,761	756,9095	94,87	510,132
11	12.00	227,484	227,1	113,742	870,6515	113,6	623,7045
12	12.30	231,374	228,9	115,687	986,3385	114,4	738,132
13	13.00	224,238	222,3	112,119	1098,4575	111,1	849,2675
14	13.30	194,775	192,3	97,3875	1195,845	96,13	945,394
15	14.00	185,571	184,3	92,7855	1288,6305	92,17	1037,564
16	14.30	207,857	180,5	103,9285	1392,559	90,23	1127,7985
17	15.00	189,475	166,6	94,7375	1487,2965	83,3	1211,0985
18	15.30	171,336	146,7	85,668	1572,9645	73,37	1284,4695
19	16.00	166,124	119,9	83,062	1656,0265	59,93	1344,396
20	16.30	132,495	86,16	66,2475	1722,274	43,08	1387,474
21	17.00	95,882	59,47	47,941	1770,215	29,73	1417,207
22	17.30	66,015	23,84	33,0075	1803,2225	11,92	1429,1285
23	18.00	53,436	8,734	26,718	1829,9405	4,367	1433,49555



Gambar 15. Kurva daya data ke tiga



Gambar 16. Kurva energi data ke tiga

Perbandingan data yang dihasilkan pada pengambilan data ke tiga juga menggambarkan hasil yang sama dengan pengambilan data hari ke satu dan ke dua. Akan tetapi data yang dihasilkan pada hari ke tiga lebih stabil. Panel surya dengan *tracker* menghasilkan 1829,9405 watt dan panel surya *flat* sebesar 1433,4955 watt. Selisih peningkatan konversi energi panel surya dengan *tracker* pada pengambilan data yang ke tiga sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Selisih } E_{\text{total}} &= E_{\text{total}} \text{ panel tracker} - \\ & E_{\text{total}} \text{ panel flat} \\ &= 1829,9405 - 1433,4955 \\ &= 396,44495 \text{ Watt} = 0,396444 \text{ kW} \end{aligned}$$

Berdasarkan selisih energi yang diperoleh maka dapat ditentukan persentase peningkatan konversi energi antara panel surya dengan *tracker* dan *flat* sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \% \text{ Peningkatan E} &= (\text{Selisih E} / E_{\text{total}} \text{ Flat}) \\ & \times 100 \\ &= (396,44 / 1433,495) \times 100 \\ &= 27,65 \% \end{aligned}$$

4.4. Pengambilan Data Tracker (Aktuator)

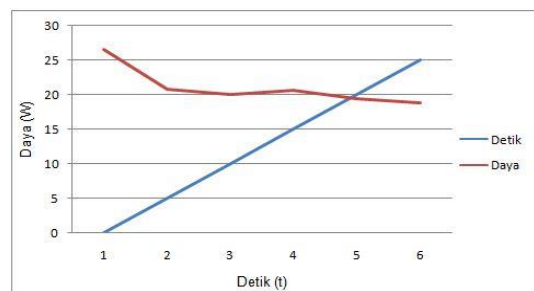
$$\begin{aligned} \text{Torsi Motor DC} &= \text{Torsi Gearbox} * \\ & \text{Torsi Aktuator} \\ &= (1 : 24) * 3000 \text{ N} \\ &= 125 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Konversi N ke Kg} & \text{ adalah} = 9,8 : 1 \\ \text{Maka} & = 125 \text{ N} / 9,8 \\ & = 12,74 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Dari data panel surya diketahui berat panel surya keseluruhan adalah 19 Kg dan kemudian ditambah dengan bingkai besi penampang panel surya seberat 6 Kg. Pemasangan pusat putaran panel surya diposisikan ditengah dari lebar panel tersebut agar berat dari keseluruhan panel dapat terbagi sesuai kemiringannya. Sudut kemiringan panel dalam 3 posisi jika diukur dari keadaan tegak adalah 55°, 90°, 125°. Pengambilan sudut ini sebelumnya telah dikaji berdasarkan referensi yang ada tentang sudut datang matahari dan jenis lokasi pengambilan data. Data konsumsi energi aktuator dapat di lihat pada Tabel 9, 10 dan 11 serta kurva Gambar 18, 19 dan 20.

Tabel 9. Data tegangan, arus, daya, energi dan total energi *tracker* pada gerakan ke satu

Gerakan 1 11.00					
Detik	V	I	Daya	E	E total
0	20,1	1,32	26,532	132,66	
5	25,6	0,81	20,736	103,68	236,34
10	28,3	0,71	20,093	100,465	336,805
15	30	0,69	20,7	103,5	440,305
20	32	0,61	19,52	97,6	537,905
25	32,5	0,58	18,85	94,25	632,155
				Wh	0,1755986



Gambar 18. Kurva daya motor berdasarkan waktu pada gerakan ke satu

Tabel 10. Data tegangan, arus, daya, energi dan total energi *tracker* pada gerakan kedua

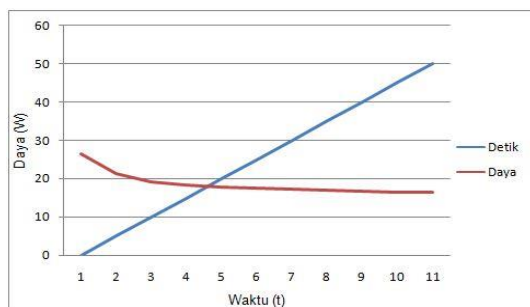
Gerakan 2 14.00					
Detik	V	I	Daya	E	E total
0	25,7	0,83	21,331	106,655	
5	28,9	0,7	20,23	101,15	207,805
10	30	0,67	20,1	100,5	308,305
15	31,5	0,61	19,215	96,075	404,38
20	33,6	0,57	19,152	95,76	500,14
25	34	0,56	19,04	95,2	595,34
				Wh	0,1653722



Gambar 19. Kurva daya motor berdasarkan waktu pada gerakan kedua

Tabel 11. Data tegangan, arus, daya, energi dan total energi *tracker* pada gerakan ke tiga

Gerakan 3 18.00					
Detik	V	I	Daya	E	E Total
0	19,1	1,39	26,549	132,745	
5	20,1	1,06	21,306	106,53	239,275
10	21	0,91	19,11	95,55	334,825
15	23	0,79	18,17	90,85	425,675
20	26,4	0,67	17,688	88,44	514,115
25	28,1	0,62	17,422	87,11	601,225
30	30,3	0,57	17,271	86,355	687,58
35	30,2	0,56	16,912	84,56	772,14
40	30,8	0,54	16,632	83,16	855,3
45	31	0,53	16,43	82,15	937,45
50	31,4	0,52	16,328	81,64	1019,09
				Wh	0,2830806



Gambar 20. Kurva daya motor berdasarkan waktu pada gerakan ke tiga

Energi yang digunakan aktuator dalam melakukan gerakan selama 1 hari diharapkan sehemat mungkin agar peningkatan konversi energi yang diperoleh tidak hanya untuk *tracker* dan pengontrolnya. Total Energi yang digunakan untuk menggerakkan aktuator ini dapat dijelaskan berdasarkan persamaan berikut ini :

$$W = V * I * t$$

Dimana : W = Daya

V = Tegangan
I = Arus
T = Waktu

$$W_{total} = \sum W / 3600 \text{ (Wh)}$$

- Gerakan 1

$$W_{total} = \sum W / 3600 \text{ (Wh)}$$

$$= 632,155 / 360$$

$$= 0,1755 \text{ Wh}$$
- Gerakan 2

$$W_{total} = \sum W / 3600 \text{ (Wh)}$$

$$= 595,34 / 360$$

$$= 0,1653 \text{ Wh}$$
- Gerakan 3

$$W_{total} = \sum W / 3600 \text{ (Wh)}$$

$$= 1019,09 / 360$$

$$= 0,283 \text{ Wh}$$

Dari hasil yang didapat mengenai pemakaian energi pada aktuator, dapat dilihat bahwa gerakan yang ke tiga lebih banyak memakai energi karena gerak ke tiga mulai dari sensor 3 ke sensor 1 dan melewati sensor 2. Secara otomatis waktu yang dibutuhkan dalam melakukan gerakan yang ke tiga menjadi dua kali lipat. Setelah ketiga gerakan aktuator didapatkan hasil pemakaian energinya, selanjutnya energi tersebut dijumlahkan agar dihasilkan pemakaian energi oleh motor dalam 1 hari seperti pada persamaan berikut ini :

$$E_{total} / \text{hari} = E_{total} \text{Gerakan 1} + E_{total} \text{Gerakan 2} + E_{total} \text{Gerakan 3}$$

$$= 0,1755 + 0,1653 + 0,283$$

$$= 0,624 \text{ Watt / hari}$$

4.5. Konsumsi Energi Arduino

Konsumsi energi akan menjadi hal utama dalam kinerja pengontrolan. Penggunaan energi total untuk menggerakkan aktuator telah dibahas sebelumnya dengan hasil 0,624 watt / Hari. Secara tidak langsung penggunaan energi listrik untuk pengontrolan akan dijumlahkan dengan pemakaian energi listrik aktuator. Perhitungan energi yang digunakan untuk pengontrolan adalah sebagai berikut :

$$P = V * I \text{ (Maximum Arus Arduino)}$$

$$= 5 * 0,15$$

$$= 0,75 \text{ Watt}$$

$$E = 0,75 \text{ watt} * 24 \text{ jam} = 18 \text{ Wh}$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat dilihat bahwa konsumsi energi listrik untuk pengontrolan *tracker* dalam satu hari lebih besar daripada konsumsi *tracker* tiga posisi. Konsumsi energi tersebut akan dijumlahkan agar diketahui energi yang akan digunakan selama 24 jam dan dikurangi dengan hasil dari peningkatan konversi energi yang diperoleh panel surya dengan *tracker*. Dapat dilihat pada perhitungan berikut :

- Rata-rata peningkatan Konversi Energi Panel Surya

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata} &= (186,801 + 205,85 + 396,44495) / 3 \\ &= 263,032 \text{ Watt} \end{aligned}$$

- Total konversi energi yang tersisa

$$\begin{aligned} \text{Konversi E Sisa} &= \text{Rata-rata Konversi Energi} - \\ &\quad \text{Total energi yang terpakai} \\ &= 263,032 - (18 + 0,624) \\ &= 263,032 - 18,624 \\ &= 244,408 \text{ Watt /Hari} \end{aligned}$$

5. KESIMPULAN

Penggunaan aktuator dalam menggerakkan panel surya tiga posisi ternyata sangat irit dan efisien. Aktuator hanya menggunakan energi yang sangat kecil tapi memiliki kemampuan torsi yang cukup besar. Kemampuan aktuator ini dapat dilihat pada bab sebelumnya dimana terdapat kurva peningkatan arus dan kecepatan putaran motor pada aktuator. Setelah dilakukannya pengambilan data peningkatan konversi energi yang dihasilkan selama 3 hari berturut-turut, maka didapat rata-rata peningkatan konversi energi panel surya dengan *tracker* sebesar 244,408 Watt / hari. Sementara pemakaian energi untuk *tracker* hanya sebesar 0,624 Watt / hari. Hal ini dapat terealisasi dikarenakan penggunaan konsep 3 posisi yang hanya memerlukan pergerakan motor selama 100 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Hu and Y. Yao, "A methodology for calculating photovoltaic field output and effect of solar tracking strategy," *Energy Convers. Manag.*, vol. 126, pp. 278–289, 2016.
- [2] D. L. Pangestuningtyas, Hermawan, "Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Terhadap Radiasi Matahari

Yang Diterima Oleh Panel Surya Tipe Array Tetap." Undip. 2013

- [3] Miswardi. Pony Sedianingsih and Neilci, "Rancang Bangun Motor Penggerak Aktuator." Univ. Tanjungpura, 2014
- [4] E. Yohana, "Uji Eksperimental Pengaruh Sudut Kemiringan Modul Surya 50 Watt Peak Dengan Posisi Megikuti Keywords: Abstract :," vol. 11, no. September, pp. 25–30, 2012.
- [5] S. H. Budi, "Pengembangan Solar Tracker Single Axis Berbasis Arduino Untuk Meningkatkan Perolehan," no. 38. ESDM, 2015
- [6] N. Nugroho and S. Agustina, "Analisa Motor DC (Direct Current) Sebagai Penggerak Mobil Listrik," vol. 2, no. 1, pp. 28–34, 2015.
- [7] L. Barker, M. Neber, and H. Lee, "ScienceDirect Design of a low-profile two-axis solar tracker," *Sol. Energy*, vol. 97, pp. 569–576, 2013.
- [8] I. M. P. W. Benny, I. Bgs, A. Swamardika, and I. W. A. Wijaya, "Rancang Bangun Sistem Tracking Panel Surya Berbasis Mikrokontroler Arduino," vol. 2, no. 2, pp. 115–120, 2015.
- [9] S. Dengan, R. Pada, T. Posisi, S. Rahyudhi, I. Abadi, and S. T. Mt, "Perancangan Sistem Penjejak Matahari Dua," vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2012.
- [10] Sadoun Satellite Sales, Digital Satellite System, "PowerTech REGULAR LINEAR ACTUATOR Arm Dish Mover (TD)" 2013
<http://www.sadoun.com/Sat/Products/S/HARL-3618-TD-18-Moteck-Actuator.htm>
- [11] F. Sallaberry, R. Pujol-nadal, M. Larcher, and M. H. Rittmann-frank, "Direct tracking error characterization on a single-axis solar tracker," *Energy Convers. Manag.*, vol. 105, pp. 1281–1290, 2015.

Syafii, menamatkan S1 di Jurusan Teknik Elektro Universitas Sumatra Utara (USU) tahun 1997. Pendidikan S2 bidang Energi Elektrik diselesaikan di Institute Teknologi Bandung (ITB) tahun 2002. Pendidikan S3 di Electrical power system Eng, UTM tahun 2011.