BAB IV

PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Tujuan pengujian ini adalah untuk membuktikan apakah sistem yang diimplementasikan telah memenuhi spesifikasi yang telah direncanakan sebelumnya. Hasil pengujian yang akan dimanfaatkan untuk menyempurnakan kinerja sistem dan sekaligus digunakan dalam pengembangan lebih lanjut. Berdasarkan spesifikasi sistem yang telah dijalankan sebelumnya, maka dilakukan pengujian terhadap sistem menggunakan beberapa metode pengujian. Metode pengujian dipilih berdasarkan fungsi operasional dan beberapa parameter yang ingin diketahui dari sistem tersebut.

Dalam penelitian ini dipilih 2 macam metode pengujian, yaitu pengujian fungsional dan pengujian kinerja sistem secara keseluruhan. Pengujian fungsional digunakan untuk membuktikan apakah sistem yang diimplementasikan dapat memenuhi persyaratan fungsi operasional yang direncanakan sebelumnya. Sedangkan pengujian kinerja sistem secara keseluruhan bertujuan untuk memperoleh beberapa parameter yang dapat menunjukkan kemampuan dan kehandalan sistem dalam menjalankan fungsi operasionalnya. Dengan menggunakan 2 metode penelitian di atas, diharapkan pada sistem dapat

ditemukan kelebihan dan kekurangan dari alat yang dibuat sehingga memudahkan jika dilakukan pengembangan nantinya.

4.1. Pengujian Fungsional

Ada 2 macam metode pengujian fungsional yang dilakukan yaitu pengujian fungsional bagian demi bagian dan pengujian sistem secara keseluruhan. Pengujian fungsional bagian demi bagian dari sistem keseluruhan terdiri dari :

1. Pengujian modul regulator LM2596S (catu daya)
2. Pengujian aktuator 1 dan aktuator 2
3. Pengujian *driver* relay
4. Pengujian Arduino Nano dan Display LCD
5. Pengujian LDR (Light Dependent Resistor)

4.1.1. Pengujian Modul Regulator LM2596S (Catu Daya)

Rangkaian pertama yang harus diuji adalah rangkaian catu daya. Hal ini dikarenakan rangkaian catu daya merupakan aspek yang paling penting dalam menjalankan seluruh rangkaian sistem ini. Melalui catu daya ini, sistem akan memperoleh input untuk mengaktifkan komponen-komponen dalam sistem. Pengujian yang dilakukan adalah dengan mengambil data pengukuran tegangan keluaran dari rangkaian catu daya.

Pengujian catu daya ini sebelumnya regulator LM2596S diatur agar tegangan output 12 Volt dan 10 Volt. Adapun hasil pengujian catu daya ditunjukkan pada Tabel 4.1.

TEGANGAN INPUT	TEGANGAN OUTPUT 10 Volt	TEGANGAN OUTPUT 12 Volt
8 Volt	6.75 Volt	6.75 Volt
9 Volt	7.75 Volt	7.71 Volt
10 Volt	8.75 Volt	8.88 Volt
11 Volt	9.81 Volt	9.78 Volt
12 Volt	9.96 Volt	10.84 Volt
13 Volt	9.98 Volt	11.86 Volt
14 Volt	9.99 Volt	11.96 Volt
15 Volt	10 Volt	11.98 Volt

Tabel 4.1. Hasil pengujian Catu Daya LM2596S

Dari hasil pengujian diatas, dapat disimpulkan bahwa tegangan input minimal yang dibutuhkan untuk kinerja regultor yang baik adalah 1.5 - 2 Volt lebih besar dari tegangan output.

4.1.2. Pengujian Aktuator

Pengujian aktuator ini dilakukan pada aktuator 1 dan aktuator 2, pengujian dilakukan dengan memberi tegangan input pada masing-masing aktuator dari 5 volt sampai 15 volt, arus diukur dengan 2 metode yaitu arus saat tanpa beban dan arus saat berbeban. Serta kecepatan gerak aktuator juga dihitung agar dapat

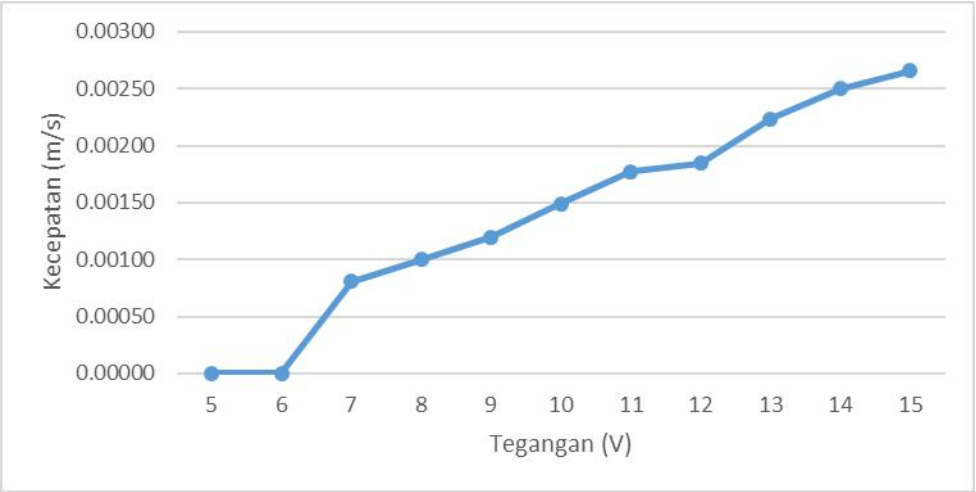
mengetahui kinerja dari aktuator tersebut.

Pengujian pertama dilakukan pada aktuator 1, adapun hasil pengujiannya dapat ditunjukkan pada tabel 4.2.

NO	TEGANGAN (volt)	ARUS (A)		JARAK (m)	WAKTU (s)	KECEPATAN (m/s)
		TANPA BEBAN	DENGAN BEBAN			
1	5	0.45	0	0.085	0	0.00000
2	6	0.59	0	0.085	0	0.00000
3	7	0.34	0.9	0.085	105	0.00081
4	8	0.35	1.05	0.085	85	0.00100
5	9	0.35	0.7	0.085	71	0.00120
6	10	0.38	0.67	0.085	57	0.00149
7	11	0.39	0.65	0.085	48	0.00177
8	12	0.41	0.66	0.085	46	0.00185
9	13	0.43	0.61	0.085	38	0.00224
10	14	0.39	0.65	0.085	34	0.00250
11	15	0.38	0.66	0.085	32	0.00266

Tabel 4.2. Hasil pengujian aktuator 1.

Dari hasil tabel 4.2. Dapat dibuat grafik karakteristik antara tegangan dan kecepatan.



Gambar 4.1. Grafik karakteristik antara tegangan dan kecepatan

Dari hasil gambar grafik diatas, dapat disimpulkan bahwa semakin besar tegangan input maka kecepatan gerak aktuator semakin tinggi.

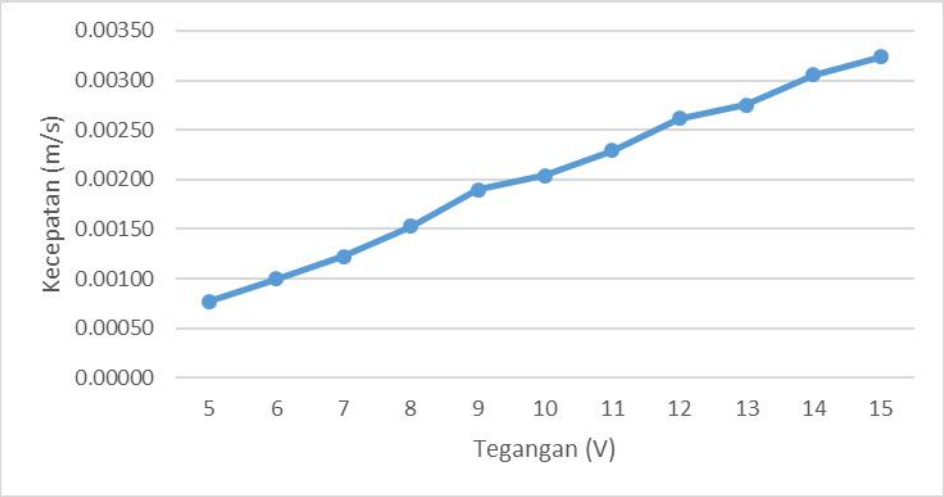
Pengujian kedua dilakukan pada aktuator 2, adapun hasil pengujiannya dapat ditunjukkan pada tabel 4.3.

NO	TEGANGAN (volt)	ARUS (A)		JARAK (m)	WAKTU (s)	KECEPATAN (m/s)
		TANPA BEBAN	DENGAN BEBAN			
1	5	0.18	0.3	0.055	71	0.00077
2	6	0.2	0.35	0.055	55	0.00100
3	7	0.2	0.36	0.055	45	0.00122
4	8	0.2	0.37	0.055	36	0.00153
5	9	0.22	0.38	0.055	29	0.00190
6	10	0.23	0.38	0.055	27	0.00204
7	11	0.25	0.39	0.055	24	0.00229

NO	TEGANGAN (volt)	ARUS (A)		JARAK (m)	WAKTU (s)	KECEPATAN (m/s)
		TANPA BEBAN	DENGAN BEBAN			
8	12	0.25	0.41	0.055	21	0.00262
9	13	0.25	0.41	0.055	20	0.00275
10	14	0.26	0.41	0.055	18	0.00306
11	15	2.27	0.42	0.055	17	0.00324

Tabel 4.2. Hasil pengujian aktuator 2.

Dari hasil tabel 4.2. Dapat dibuat grafik karakteristik antara tegangan dan kecepatan.



Gambar 4.2. Grafik karakteristik antara tegangan dan kecepatan

Dari hasil gambar grafik diatas, dapat disimpulkan bahwa semakin besar tegangan input maka kecepatan gerak aktuator semakin tinggi.

Dari hasil pengujian aktuator 1 dan aktuator 2 di atas, dapat disimpulkan

bahwa kinera aktuator 2 lebih baik dari pada kinerja aktuator 1, karena dari hasil tabel aktuator 2 lebih konstan dan stabil.

Dari sisi mekanis aktuator 2 mempunyai panjang maksimal 100 cm dan aktuator 1 mempunyai panjang 111 cm. Sehingga aktuator 2 dapat digunakan sebagai penggerak axis utara selatan yang membutuhkan pnajang lebih, dan aktuator 1 penggerak axis timur barat.

4.1.3. Pengujian *Driver* Relay

Pengujian *driver* relay dilakukan untuk mengetahui kinerja dari relay tersebut apakah sesuai fungsinya yaitu sebagai saklar atau bukan. Pengujian *driver* relay didasarkan pada prinsip kerja transistor BD139 sebagai saklar, transistor ini akan aktif jika ada tegangan input pada V basis (V_b). Jika transistor aktif maka relay akan aktif. Pada alat ini akan menggunakan 2 jenis relay, yaitu relay 5 kaki dan relay 8 kaki. Berikut hasil pengujian driver relay dapat dilihat pada tabel 4.4.

JENIS	KONDISI	V_{be} (volt)	V_{ce} (volt)	V relay
RELAY 5 KAKI	ON	0.7	0	4.82
	OFF	0	5	0
RELAY 8 KAKI	ON	0.7	0	4.9
	OFF	0	5.4	0

Tabel 4.3. Hasil Pengujian *Driver Relay*

Dari hasil pengujian driver relay diatas dapat disimpulkan bahwa relay dapat

bekerja dengan baik sebagaimana fungsinya, yaitu sebagai saklar.

4.1.4. Pengujian Arduino Nano dan LCD

Pengujian Arduino sangat penting untuk dilakukan, karena arduino adalah sebagai komponen terpenting dalam alat ini. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja dari sistem arduino nano. Pengujian dilakukan dengan memberi data program yang dapat menampilkan di LCD. Berikut adalah contoh program pengujian Arduino dan LCD:

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16, 2);
void setup() {
lcd.setCursor(1,0); //Start at character 4 on line 0
  lcd.print("CAHYO SETYO N.");
  delay(1000);
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("20140120124  UMY");
  delay(8000);
  }
void loop() {
}
```

Dari hasil program diatas dapat dilihat pada gambar 4.3.

Gambar 4.3. Hasil pengujian Arduino Nano dan LCD

Dari hasil pengujian diatas dapat diketahui bahwa Arduino Nano dan LCD masih dapat berfungsi dengan baik

4.1.5. Pengujian Resistor LDR

Sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) digunakan untuk sensor arah untuk panel surya, sistemnya yaitu membandingkan sensor timur dan barat, dan sensor utara dan selatan. Pengujian sensor LDR perlu dilakukan bertujuan untuk mengetahi nilai hambatan masing-masing sensor. Nilai hambatan pada tiap LDR berbeda jadi pengujian ini adalah mencari nilai hambatan resistor yang saling berdekatan. Pengujian ini dilakukan didalam ruangan dan dengan intensitas cahaya yang sama. Berikut hasil dari pengujian sensor LDR.

NO	SENSOR LDR	NILAI HAMBATAN (Ω)
1	LDR 1	5412/94k
2	LDR 2	6632/94k
3	LDR 3	5943/60k
4	LDR 4	6478/107k

Tabel 4.4. Hasil Pengujian sensor LDR

Dari hasil pengujian sensor LDR diatas diketahui nilai dari masing masing LDR hampir sama, untuk kinerja sensor arah yang maksimal maka dipilih 2 pasang sensor LDR yang nilainya saling mendekati. Yaitu untuk arah timur-barat menggunakan LDR 1 dan LDR 3, sedangkan untuk arah utara selatan menggunakan LDR 2 dan LDR 4.

4.1.6. Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian ini dilakukan pada sensor tegangan yang telah dihubungkan dengan arduino dan hasil pembacaan ditampilkan di LCD. Berikut listing programnya:

```
void battery()
{float vbat,vb,vb1;
    lcd.setCursor(6,1);
    vbat=analogRead(6);  //V batery A6
    vb=(vbat/4.092);
    vb1=(vb/10);
```

```
lcd.print(vb1);
delay(15); }
 void solar() {
 lcd.setCursor(6,0);
 float vsc, vsc1,vsc2;
 vsc=analogRead(7);  //V solar cell A4
 vsc1=(vsc/4.092);
 vsc2=(vsc1/10);
 lcd.print(vsc2);
 delay(15);}
```

Dari hasil *listing* program diatas, maka dilakukan pengujian dengan memberi tegangan yang sama ke kedua sensor. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada tabel 4.6.

V INPUT (volt)	V BATTERY (volt)	FK BATTERY	V SEL SURYA (volt)	FK SEL SURYA
8.00	7.65	4.38%	7.65	4.38%
9.00	8.63	4.11%	8.63	4.11%
10.00	9.65	3.50%	9.65	3.50%
11.00	10.61	3.55%	10.61	3.55%
12.00	11.63	3.08%	11.63	3.08%
13.00	12.66	2.62%	12.66	2.62%
14.00	13.69	2.21%	13.61	2.79%
15.00	14.71	1.93%	14.64	2.40%

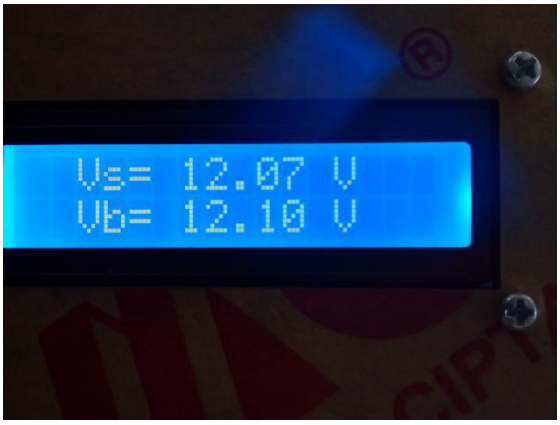
Tabel 4.5. Hasil pengujian sensor tegangan

Faktor kesalahan didapatkan dengan rumus:

$$FK = \frac{V_{input} - V_{hasil}}{V_{input}} \times 100\%$$

Dengan FK : Faktor kesalahan

Dari hasil pengujian diatas didapatkan tegangan yang diukur dan yang ditampilkan mengalami perbedaan, yaitu *drop voltage*. Ini dikarenakan pengaruh rangkaian yang lain seperti driver relay. Tetapi faktor kesalahan yang didapatkan masih dalam dibawah ambang batas, yaitu 5%.



Gambar 4.4. Hasil pengujian sensor tegangan

4.1.7. Pengujian sistem secara keseluruhan

Setelah perangkat keras teruji dengan baik pada fungsi masing-masing, kemudian dilakukan penyusunan masing-masing blok rangkaian sesuai dengan skematik yang telah dibuat. Tujuan dari pengujian sestem secara keseluruhan adalah untuk mengetahui apakah alat dapat bekerja sesuai perancangan awal atau tidak.

Setelah alat dinyalakan sensor LDR akan menerima cahaya, nilai dari sensor ini dikirimkan ke Arduino dalam bentuk nilai ADC. Arduino akan membandingkan nilai dari masing-masing LDR, dan memberikan isyarat ke aktuator untuk menentukan posisi panel surya. Posisi panel surya dipertahankan hingga terjadi pergantian posisi yang memiliki intensitas cahaya matahari tertinggi.

Gambar 4.5. Pengujian secara keseluruhan

Pengujian ini dilakukan selama beberapa hari diruangan terbuka yang terkena sinar matahari langsung. Pengujian dilakukan pada tanggal 9 Juni 2016 sampai tanggal 17 Juni 2016, dilakukan dalam rentang waktu lama karena cuaca tidak menentu sehingga akan mempengaruhi hasil data pengujian.

Pengujian daya panel surya dilakukan dalam dua tipe, yaitu pengujian dengan

penjejak matahari dua axis dan pengujian tanpa penjejak matahari.

1. Pengujian sistem tanpa penjejak

Pengujian tegangan arus dan daya keluaran sel surya tanpa penjejak matahari ini perlu dilakukan sebagai pembanding untuk melihat pengaruh penggunaan sistem penjejak matahari terhadap keluaran sel surya. pengujian ini dilakukan dalam waktu satu hari dengan pengambilan data dilakukan setiap satu jam dari pukul 08.30 hingga 15.00 WIB. Waktu pengambilan data dilakukan dari tanggal 16 Juni 2016.

Pengukuran nilai tegangan dilakukan dengan pengukuran secara *open circuit* (OC). Sedangkan dalam pengukuran arus sel surya diberi beban resistif dengan nilai resistansi sebesar 3 Ω . Pada pengukuran arus, nilai resistansi sengaja diperkecil agar arus yang terukur sesuai dengan arus yang dihasilkan sel surya. Sebenarnya untuk dapat mengetahui arus maksimal sel surya, pengukuran dilakukan dengan sistem *short circuit* (SC), karena untuk menghindari kerusakan dari solar cell maka pengukuran diberi beban. Hasil pengukuran arus dan tegangan ini digunakan untuk menghitung daya keluaran sel surya. Dalam pengukuran ini nilai hambatan dalam alat ukur diabaikan, karena dalam pengujian ini bertujuan untuk membandingkan hasil pengukuran menggunakan penjejak dan tanpa penjejak.

JAM	INTENSITAS CAHAYA (LUX)	V (Volt)	I (Amp)	P (Watt)
8:30	430	19.40	1.61	31.23
9:00	547	19.42	2.05	39.81
9:30	668	19.72	2.20	43.38
10:00	856	18.42	2.97	54.71
10:30	838	18.24	3.00	54.72
11:00	894	18.18	2.98	54.18
11:30	859	18.13	2.96	53.66
12:00	855	18.13	2.90	52.58
12:30	783	18.15	2.85	51.73
13:00	679	18.56	2.60	48.26
13:30	604	19.92	2.25	44.82
14:00	480	19.92	1.82	36.25
14:30	390	19.54	1.40	27.36
15:00	320	18.32	1.15	21.07
$\sum P$				613.76

Tabel 4.6. Hasil pengukuran daya sel surya tanpa penjejak

Nilai daya didapatkan dengan rumus:

$$P = V \times I$$

Dengan P : daya (Watt)

V : Tegangan (Volt)

I : Arus(Amp)

Dari data diatas menunjukkan bahwa besar intensitas cahaya matahari sangat berpengaruh terhadap penyerapan energi oleh solar panel. Semakin besar intensitas matahari maka semakin besar pula daya yang diperoleh. Untuk nilai arus sangat berpengaruh terhadap besar kecilnya intensitas cahaya matahari, sedangkan nilai tegangannya relatif stabil. Total daya pada pengujian tanpa penjejak adalah sebesar 613.76 Watt. Dan dengan rata-rata adalah sebesar 43.84 Watt.

2. Pengujian sistem dengan penjejak

Pengujian daya keluaran sel surya dengan penjejak matahari dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan sistem penjejak cahaya matahari yang telah dirancang terhadap keluaran sel surya. Pengujian ini dilakukan dalam satu hari yaitu tanggal 13 Juni 2016..

Pengujian dilakukan dalam waktu satu hari penuh dan dilakukan pengambilan data setiap setengah jam sekali. Secara keseluruhan perlakuan dalam pengujian ini sama dengan pengujian daya keluaran sel surya tanpa penjejak matahari. Hanya dalam pengujian ini digunakan sistem penjejak cahaya matahari untuk menggerakkan sel surya menghadap ke arah datangnya cahaya matahari. Dengan penggunaan sistem penggerak sel surya

ini diharapkan akan dapat meningkatkan daya yang dihasilkan sel surya. Hasil pengukuran arus dan tegangan pada pengujian daya keluaran sel surya menggunakan sistem penjejak diperlihatkan pada tabel 4.7

JAM	INTENSITAS CAHAYA (LUX)	V (Volt)	I (Amp)	P (Watt)
8:30	528	19.38	1.92	37.21
9:00	625	19.31	2.31	44.61
9:30	673	18.89	2.38	44.96
10:00	662	18.92	2.40	45.41
10:30	828	19.31	2.60	51.25
11:00	840	19.05	3.22	62.18
11:30	827	19.40	3.00	57.15
12:00	825	18.53	2.78	51.51
12:30	877	18.37	2.89	53.09
13:00	763	19.48	2.80	54.54
13:30	805	19.75	2.84	56.09
14:00	720	19.75	2.84	56.09
14:30	698	18.31	2.50	45.78
15:00	648	18.71	2.42	45.28
$\sum P$				709.76

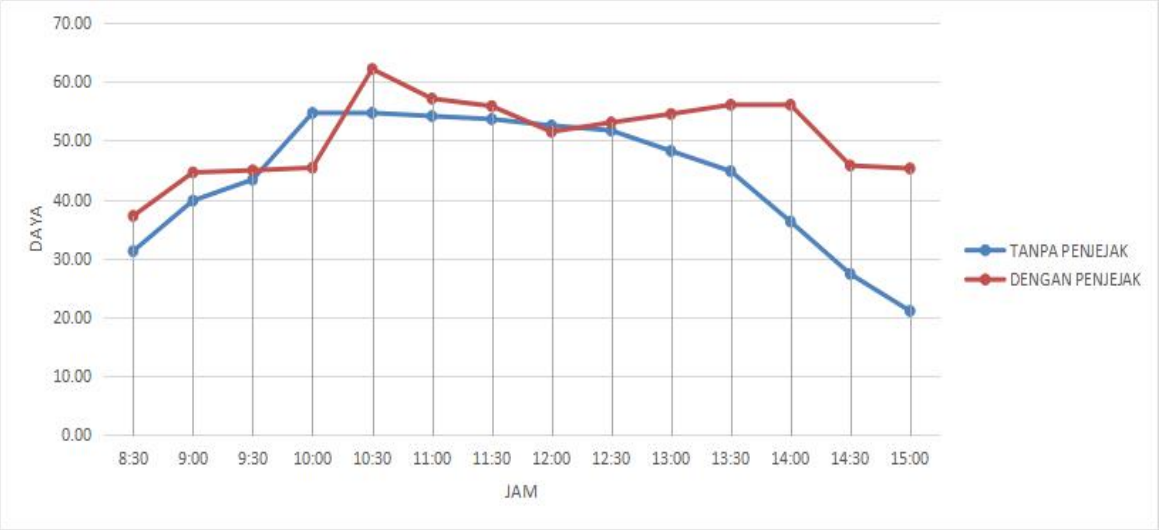
Tabel 4.7. Hasil pengujian sistem dengan penjejak

Dari data pada tabel 4.7. dapat dilihat perbedaan hasil pengamatan tanpa

penjejak dan dengan penjejak adalah relatif stabil.

4.2. Pembahasan

Dari data pengujian sistem dengan penjejak dan sistem tanpa penjejak diperoleh nilai daya yang berbeda. Berikut ini adalah hasil diagram karakteristik daya pada kedua pengujian diatas.



Gambar 4.6. Karakteristik daya terhadap waktu

Dari gambar grafik diatas diperoleh perbedaan nilai daya yang dihasilkan antara sistem dengan penjejak dan sistem tanpa penjejak. Nilai untuk sistem dengan penjejak relatif stabil, perebedaan yang kelihatan adalah di saat pagi hari dan sore hari.

4.2.1. Pengukuran konsumsi daya sistem penjejak matahari

Pengukuran konsumsi daya sistem penjejak matahari ini dilakukan dengan mengukur nilai tegangan dan arus yang dikonsumsi oleh sistem penjejak matahari

dari battery.

Berikut adalah nilai daya pada sistem penjejak matahari:

V_{input} = 12 volt.

$I_{standby}$ = 0.17 A

I_{max} = 0.9 A

P_{max} = 10.8 Watt

$P_{standby}$ = 2.04 Watt

Keterangan: $P_{standby}$: Aktuator 1 dan 2 tidak aktif

P_{max} : Aktuator 1 dan 2 aktif

4.2.2. Peningkatan energi

Dari pengujian tanpa penjejak dan pengujian dengan penjejak dapat dicari peningkatan energi dari metode tanpa penjejak yang dibandingkan dengan metode dengan penjejak.

$$Energi_gain(\%) = \frac{P_{dengan_penjejak} - P_{tanpa_penjejak}}{P_{tanpa_penjejak}} \times 100\%$$

$$Energi_gain(\%) = \frac{50.7 - 43.84}{43.84} \times 100\%$$

$$Energi_gain(\%) = 15.64\%$$

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh peningkatan energi dari sistem tanpa penjejak ke sistem dengan penjejak adalah 15.64%. Dari data ini dapat dibuktikan bahwa penggunaan sistem penjejak matahari dua axis dapat bermanfaat untuk meningkatkan energi dari sel surya.