

# Optimalisasi Daya dan Energi Listrik pada Panel Surya Polikristal Dengan Teknologi *Scanning Reflektor*

(Optimizing The Value Of Power And Electrical Energy In Polycrystalline Solar Panels With Flat Mirror Reflector Scanning Technology)

Hery Setyo Utomo, Triwahju Hardianto, Bambang Sri Kaloko  
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember (UNEJ)  
Jln. Kalimantan 37, Jember 68121  
E-mail: herysetyo.utomo@yahoo.com

## Abstrak

Energi surya merupakan salah satu energi yang dapat dikonversi menjadi energi listrik, yaitu panel surya (photovoltaic solar). Ada beberapa jenis sel surya masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Dalam penelitian ini dirancang panel surya dengan cermin datar teknologi reflektor scanning dengan empat reflektor pada empat sisi. Teknologi *scanning reflektor* ini bekerja dengan mencari titik daya maksimum dalam kondisi tertentu dengan menggerakkan reflektor sisi timur dan barat. Proses scanning dilakukan setiap 30 menit sekali waktu pengujian pukul 07.30 WIB hingga 14.30 WIB. Dengan penambahan cermin teknologi reflektor pemindaian datar pada panel surya menyebabkan peningkatan arus dengan rata-rata - rata-rata 0,7533 ampere dan peningkatan nilai daya rata-rata 10,201 watt dibandingkan dengan tanpa menggunakan reflektor. Dengan melihat nilai efisiensi, panel surya yang menggunakan reflektor dengan teknologi *scanning reflektor* telah meningkatkan efisiensi dengan rata-rata 6,362%. Untuk besar selisih energi yang dihasilkan teknologi scanning reflektor dalam rentang waktu tujuh jam diperoleh nilai 191,012.62 joule dibandingkan tanpa reflektor.

**Kata Kunci:** Panel surya, reflektor, scanning, photovoltaic.

## Abstract

*Solar energy is one of the energy that can be converted into electrical energy, namely solar panels (solar photovoltaic). There are several types of solar cells each have advantages and disadvantages. In this study designed a solar panel with a flat mirror reflector technology scanning with four reflectors on four sides. This reflector scanning technology works by looking for maximum power point under certain conditions by moving reflectors east and west sides. The scanning process is done every 30 minutes of test time at 07.30 am until 14.30 pm. With the addition of flat scanning mirror reflector technology on solar panels causing the current to increase by an average - an average of 0.7533 amperes and increase the value of the average power compared to 10.201 watts without using a reflector. By looking at the value of efficiency, solar panels using a reflector with reflector scanning technology has improved efficiency by an average of 6.362%. To a large difference in energy generated scanning technology reflector in a span of seven hours 191,012.62 joules compared to values obtained without a reflector.*

**Keywords:** Degradation, Garbage, Organic Carbon, *Lumbricus rubellus Hoff*.

## PENDAHULUAN

Pada perkembangan dunia, teknologi saat ini mendorong manusia untuk melakukan berbagai penemuan terkait dengan adanya sumber energi listrik. Pada saat ini energi listrik telah menjadi salah satu aspek kehidupan manusia yang sangat penting. Sekarang ini, sebagian besar sumber energi listrik dapat diperoleh melalui pengkonversian energi, yang berasal dari fosil, gas, dan minyak bumi. Namun dari pemanfaatan sumber energi tersebut ada beberapa kekurangan yang perlu kita pertimbangkan, yaitu habisnya sumber daya alam yang dimanfaatkan sebagai energi listrik.

Matahari merupakan salah satu dari beberapa energi yang jumlahnya tidak terbatas, bahkan peran matahari adalah sebagai energi yang dapat diperbarui yang artinya kesediananya di muka bumi ini sangat cukup melimpah, khususnya di wilayah Indonesia. Dalam pemanfaatannya sebagai energi listrik, energi matahari dikonversikan

menjadi energi listrik dengan memanfaatkan panel surya (*solar photovoltaic*).

Sekarang ini pengembangan energi listrik tenaga surya atau panel surya, yang seharusnya merupakan sumber energi yang dapat diperbarui dan juga bebas polusi, realitanya sangat kurang bisa diandalkan oleh masyarakat. Untuk itu perlu adanya pengembangan teknologi yang menunjang kinerja panel surya. Dari penelitian sebelumnya yakni penggunaan *reflektor* cermin datar sebagai penjejak matahari (Priahandoko, 2014), telah memberikan inovasi baru, sehingga mendapatkan hasil yang lebih baik jika kita bandingkan dengan panel surya tanpa *reflektor* penjejak matahari, terlihat dari nilai efisiensi yang di hasilkan. Namun penggunaan *reflektor* cermin datar pada penelitian tersebut mempunyai beberapa kekurangan yaitu penggunaan panel surya harus menyesuaikan waktu terbit dan terbenamnya matahari sehingga kurang optimalnya nilai efisiensi dalam pemanfaatan energi matahari saat kondisi berawan dan kurang di jelaskan lebih mendalam

mengenai kelayakan energi listrik pada penelitian sebelumnya. Untuk itu pada penelitian kali ini, penulis ingin memberikan inovasi baru pada pemanfaatan panel surya sebagai sumber energi listrik, dengan cara pemberian kontrol *reflektor* sebagai alat *scanning reflektor* untuk mendeteksi titik daya maksimum yang lebih akurat, sehingga diharapkan panel surya mampu memberikan nilai efisiensi yang maksimal serta mengetahui kelayakan energi akibat pemanfaatan cermin datar sebagai *reflektor*.

**METODE PENELITIAN**

**Perancangan teknologi *scanning Reflektor* pada Panel Surya**

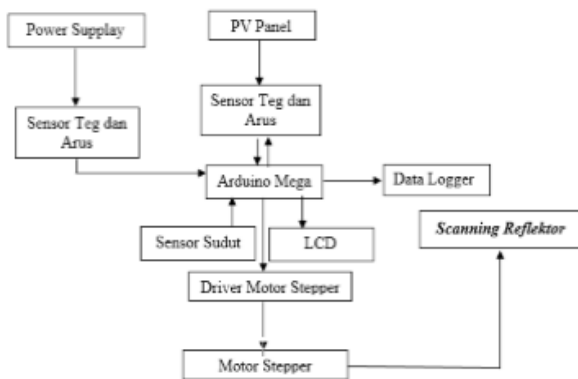
Berikut adalah disain alat yang digunakan pada penelitian ini. Teknologi *scanning* ini memanfaatkan reflektor cermin datar untuk penjejak matahari. Reflektor akan bergerak melakukan *scanning* daya matahari dalam rentang waktu 30 menit sekali, yang bergerak dari arah timur ke barat.



Gambar 1 Rancangan teknologi *scanning reflektor*

**Diagram Blok Sistem Pengujian**

Pada subbab ini dijelaskan mengenai diagram blok sistem pengujian.



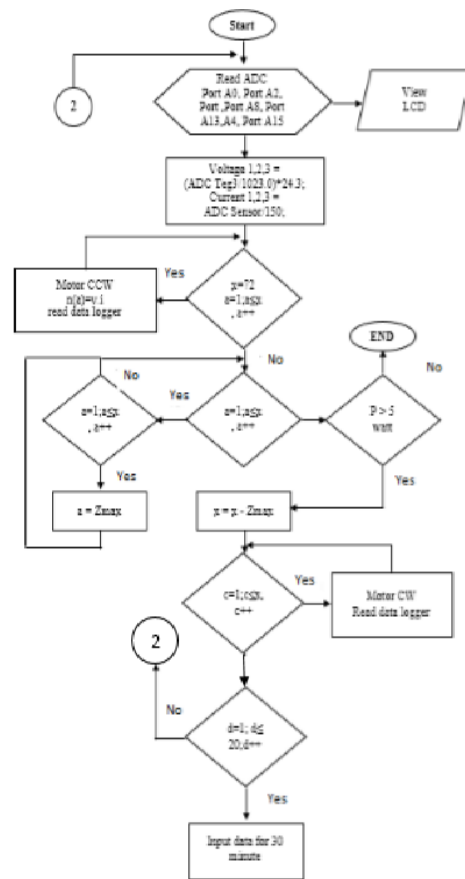
Gambar 2 Diagram Blok Sistem Pengujian

Pada diagram blok sistem pengujian pada gambar 2 menjelaskan sistem pengujian dari teknologi *scanning reflektor*. Pada sistem kerja alat ini menggunakan sumber dc dari power supplay (batrai) yang yang digunakan untuk supplay daya yang dibutuhkan sistem (arduino) untuk aktif. Sedangkan dari hasil daya yang dihasilkan oleh PV Panel yang berupa arus dan tegangan akan dilakukan *scanning* data seiring dengan Bergeraknya reflektor cermin datar yang digerakan oleh motor stepper. Proses gerak motor *stepper*

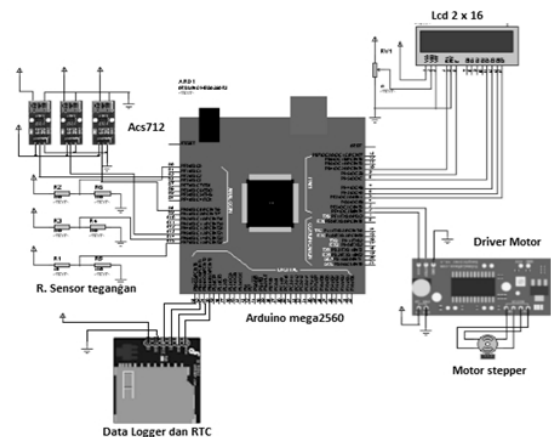
dikendalikan oleh arduino mega2560 yang telah terprogram data yang berupa data *scanning* daya, yang kemudian menggerakkan reflektor cermin datar dengan dilengkapi dengan rangkaian driver motor *stepper*. Untuk tampilan pada LCD digunakan untuk menampilkan nilai tegangan dan arus yang telah terukur beserta data waktu pengukuran.

**Flowchat Program dan Rangkaian Sistem Kontrol**

Pada sub bab ini dijelaskan mengenai alur sistem kontrol alat teknologi *scanning reflektor*, berikut adalah *flowchat* program sistem kontrol beserta gambar rangkaian sistem kontrol teknologi *scanning reflektor*.



Gambar 3 Flowchart Sistem Kontrol



Gambar 4. Rancangan sistem

**Metode Pengumpulan Data**

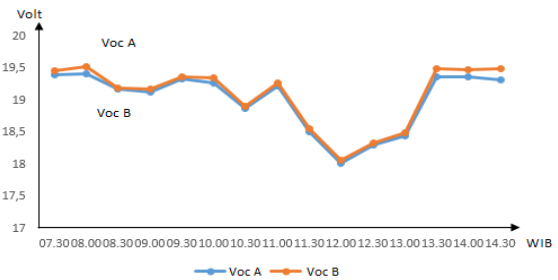
Pada penelitian ini, dilakukan metode penelitian dengan menguji *photovoltaic module* atau modul panel surya dengan melakukan dua perlakuan yaitu perlakuan yang pertama dengan memberikan teknologi *scanning reflektor* cermin datar yang bergerak dari timur ke barat dengan mempertimbangkan nilai daya yang dihasilkan pada setiap sudut *scanning*. Perlakuan yang kedua yaitu dengan menguji nilai hasil *output* dari panel surya tanpa menggunakan *reflektor*. Pengujian ini dilakukan dengan cara bersama-sama dengan memanfaatkan *datalogger* untuk membantu mencatatkan seluruh nilai pengukuran *Isc* dan *Voc* kedalam sebuah *microSD*. Adapun langkah-langkah dalam pengambilan data penelitian ini sebagai berikut:

- a. Perancangan alat, pemasangan cermin datar sebagai *reflector* pada keempat sisi modul panel surya dengan cermin sisi barat dan timur digerakkan dengan mempertimbangkan energi listrik penggerak.
- b. Melakukan peletakan posisi panel surya dengan mempertimbangkan arah timur dan barat dengan menggunakan kompas.
- c. Melakukan pencatatan data radiasi matahari dan intensitas cahaya yang diterima oleh panel surya.
- d. Melakukan proses pembacaan arus, tegangan dan daya otomatis untuk mengetahui sudut reflektor yang paling optimal untuk menghasilkan nilai energi listrik.
- e. Proses pencatatan nilai *Voc* dan *Isc* dengan menggunakan *relay* secara bergantian pada kedua panel yang berbeda perlakuan secara otomatis dan disimpan pada memori yang tertanam pada alat.
- f. Melakukan pengukuran suhu pada permukaan panel surya setiap 30 menit sekali dengan menggunakan termometer.
- g. Pengukuran *V<sub>OC</sub>* dan *Isc* dilakukan dengan cara menggunakan *relay* bantu untuk memutus tegangan dari beban setelah melakukan proses *scanning* dan kemudian dibaca oleh sensor .
- h. Pengukuran intensitas cahaya dengan *luxmeter* yang akan menghasilkan nilai intensitas cahaya dengan satuan lux.
- i. Pengukuran radiasi cahaya yang dihasilkan oleh matahari dilakukan dengan menggunakan alat ukur *solarimeter* dengan satuan  $W/m^2$ .
- j. Perhitungan daya keluaran, daya masukan dan energi listrik yang dihasilkan.

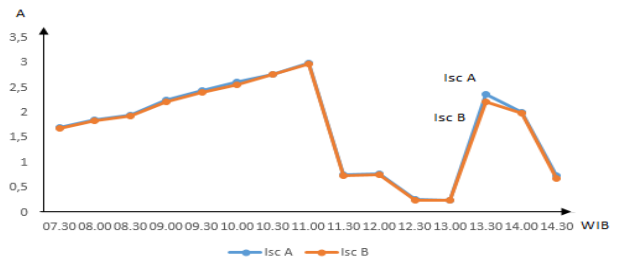
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Penyamaan Karakteristik Pembanding Modul Panel Surya**

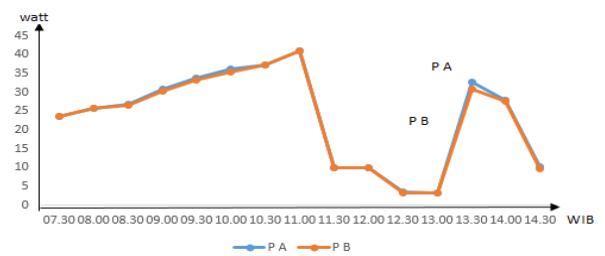
Pada penelitian ini akan digunakan dua buah modul panel surya sebagai pembanding keluaran daya yang dihasilkan akibat penambahan *scanning reflektor* cermin datar. Pada kedua panel surya yang digunakan mempunyai nilai daya *output* yang sama yaitu 50 WP. Namun pada beberapa pengujian dengan kualitas radiasi matahari yang sama kita dapatkan nilai *Voc* dan *Isc* yang sedikit berbeda antara satu dengan yang lain. Cara yang digunakan pada tahap ini adalah dengan memberikan penutup hitam (*selotip*) pada salah satu sel pada modul surya.



Gambar 5. Grafik perbandingan nilai tegangan open circuit (*Voc*) setelah kalibrasi



Gambar 6. Grafik perbandingan nilai arus short circuit (*Isc*) setelah kalibrasi



Gambar 7. Grafik perbandingan nilai daya (*Isc*) setelah kalibrasi

Pada gambar 5. dapat diketahui nilai tegangan *Voc* A dan *Voc* B pada panel surya dari hasil pengujian mempunyai persamaan nilai yang hampir sama dalam setiap waktu. Pada grafik diatas nilai tegangan *Voc* B terlihat lebih tinggi daripada tegangan *Voc* A dengan selisih rata-rata error 0,317 % .

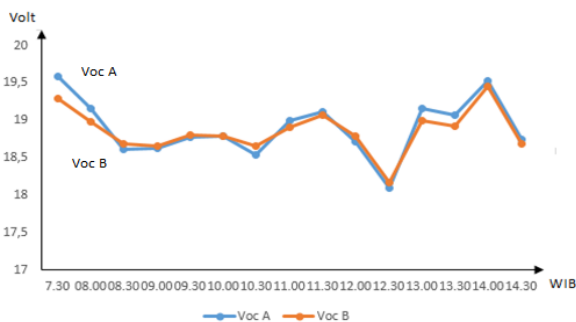
Pada gambar 6. dapat diketahui nilai arus *Isc* A dan *Isc* B pada panel surya dari hasil pengujian mempunyai persamaan nilai yang hampir sama dalam setiap waktu. Pada grafik diatas nilai arus *Isc* A terlihat lebih tinggi daripada arus *Isc* B dengan selisih rata-rata sebesar 0,032 % Pada gambar 7 dapat diketahui nilai daya P A dan P B pada panel surya dari hasil pengujian mempunyai persamaan nilai yang hampir sama dalam setiap waktu. Pada grafik diatas nilai daya pada A terlihat lebih tinggi daripada daya panel B dengan selisih rata-rata sebesar 0,374 watt dengan nilai error 1,904% .

**Hasil Pengujian Panel Surya Dengan Menggunakan Teknologi Scanning Reflektor**

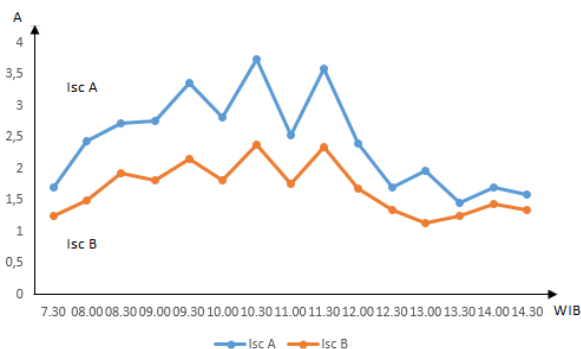
Pada penelitian optimasi teknologi sistem *scanning* dengan *reflektor* cermin datar ini telah dilakukan pengujian pada dua buah kondisi dengan dua buah panel surya dengan kareakteristik yang sama. Panel A adalah panel surya dengan teknologi *scanning* dan panel surya B adalah panel

surya tanpa menggunakan *reflektor*. Dari penelitian ini tujuan utamanya untuk mengetahui nilai efisiensi daya dan kelayakan energi pada penggunaan teknologi *scanning reflektor*. Pengujian dilakukan pada tanggal 28 Januari 2016 dengan waktu uji dari pukul 07.00 WIB sampai dengan pukul 14.30 WIB dengan selang waktu *scanning* 30 menit. Pada pengambilan data ini dilakukan dengan menggunakan sebuah *datalogger* dengan tujuan dapat mengetahui nilai daya yang dihasilkan panel surya secara kontinyu.

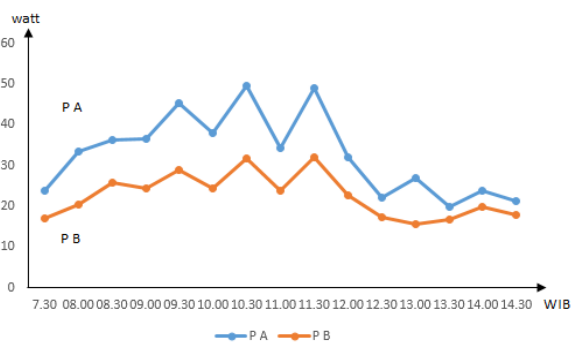
Hasil dari pengujian akan disajikan dalam bentuk tabel dan meliputi beberapa pengambilan data yaitu  $I_{sc}$ ,  $V_{oc}$ , intensitas cahaya matahari, analisa  $P_{out}$  dan efisiensi, seperti terlihat dalam gambar 9, gambar 10 dan gambar 11 berikut ini:



Gambar 9. Perbandingan nilai Voc hasil pengujian



Gambar 10. Perbandingan nilai Isc hasil pengujian



Gambar 11. Perbandingan nilai Daya hasil pengujian

Dari gambar 9 dapat disimpulkan pengaruh penambahan reflektor terhadap perubahan tegangan Voc pada kedua buah panel surya hanya memiliki pengaruh yang kecil. Hal ini karena penambahan reflektor hanya mempengaruhi tingkat nilai radiasi matahari yang jatuh pada panel surya yang berpengaruh terhadap nilai arus yang dihasilkan. Hal

ini karena pada dasarnya penambahan reflektor cermin datar sangat mempengaruhi perubahan suhu yang ada di permukaan panel surya, semakin besar nilai radiasi yang difokuskan pada suatu titik maka semakin besar nilai radiasi dan suhu yang diterima.

Dari gambar 10 dan 11 dapat disimpulkan bahwa pengaruh penambahan reflektor terhadap perubahan arus dan daya sangatlah signifikan. Hal itu dibuktikan dari perbandingan selisih arus  $I_{sc}$  dan daya yang dihasilkan dari kedua buah panel surya yang sangat besar. Hal ini dikarenakan penambahan cermin datar sebagai reflektor pada panel surya memberikan efek terhadap bertambahnya radiasi yang diterima oleh permukaan panel surya. Semakin besar nilai radiasi yang diterima panel surya dari matahari maka semakin besar nilai  $I_{sc}$  dan daya yang dihasilkan.

**Analisis Efisiensi Daya Panel Surya**

Tingkat keandalan panel surya dapat dilihat dari nilai efisiensi yang dihasilkan. Nilai efisiensi pada panel surya merupakan nilai daya *output* dibagi dengan nilai daya *input* yang kemudian dinyatakan dalam satuan *persent*.

Pada penelitian ini akan dibandingkan nilai efisiensi yang dihasilkan oleh penelitian sebelumnya dengan nilai efisiensi yang dihasilkan sekarang. Untuk mengetahui keandalan penggunaan teknologi ini, peneliti akan membandingkan hasil pengujian penelitian sebelumnya yang berjudul “Optimalisasi Sudut Cermin Datar Sebagai *Reflector* Panel Surya Polikristal Penjejak Matahari”

Hal ini bisa dilihat dengan jelas dari selisih rata-rata nilai efisiensi daya panel surya ber-*reflektor* dan panel surya tanpa *reflektor*, pada penelitian sebelumnya selisih rata-rata hanya sekitar 1,740 % sedangkan pada penelitian ini selisih nilai efisiensi daya yang dihasilkan sebesar 6,362 %.

**Pengaruh Kerja Panel Surya pada Hari Berawan**

Pada pengujian alat teknologi *scanning reflektor* selain dilakukan pengujian pada hari terang, juga dilakukan pengujian alat pada hari berawan sepanjang hari. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kerja panel surya menggunakan teknologi *scanning reflektor*. Berikut adalah data hasil pengujian pada hari berawan sepanjang hari yang disajikan pada tabel.

Tabel 1 Hasil Pengujian Sudut reflektor saat berawan

Time WIB	$\Omega$	$\beta_r$ A Bright sky	$\beta_r$ B Cloudy sky
08.00	-60	80	84
08.30	-52,5	78	83
09.00	-45	72	78
9.30	-37,5	66	78
10.00	-30	65	76
10.30	-22,5	63	74
11.00	-15	53	69
11.30	-7,5	49	67
12.00	0	47	63
12.30	7,5	50	57
13.00	15	46	52

Pada tabel 1 bahwa sudut *reflektor* yang dibentuk saat pengujian hari berawan sepanjang hari lebih linier dibandingkan dengan sudut *reflektor* yang dibentuk saat



pengujian cerah. Hal ini dikarenakan kondisi pengujian hari berawan sepanjang hari, awan yang menghalangi radiasi matahari sampai ke bumi merata sepanjang hari, berbeda dengan pengujian kondisi cerah berawan, dimana pada saat tertentu yakni ketika pukul 12.30 kondisi awan tidak stabil. Jadi dapat disimpulkan bahwa sudut reflektor tidak akan selalu linier bergantung dengan sudut matahari, dikarenakan sudut reflektor hanya akan berpengaruh pada daya yang optimum pada suatu titik tertentu.

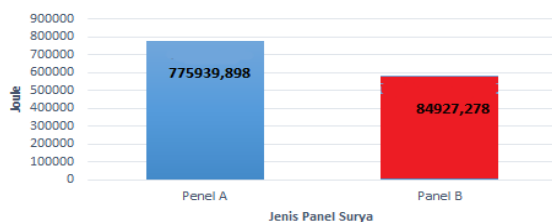
**Kelayakan Energi Listrik**

Pada penelitian ini akan meneliti kelayakan energi dengan memanfaatkan teknologi *scanning reflektor* pada panel surya. Dari penelitian sebelumnya pembahasan kelayakan energi listrik tidak dibahas pada sebuah sistem panel surya ber-reflektor. Dengan adanya penelitian mengenai kelayakan energi listrik, diharapkan adanya sebuah bukti bahwa alat ini dapat dikatakan layak untuk digunakan dan ditunjukkan ke masyarakat. Pengujian ini dilakukan pada tanggal 28 Januari 2016 dengan data pengambilan dilakukan secara bersama - sama dalam rentang waktu selama 7 jam. Berikut ini akan disajikan data rata-rata yang tercatat oleh *datlogger* per 30 menit dalam tabel 2 :

Tabel 2. Data Energi Listrik Hasil Pengujian

Time	Power A	Power B	Energy A	Energy B
WIB	Watt	Watt	Joule	Joule
7.30	23,483	17,199	42269,717	30958,206
08.00	31,464	22,287	56635,491	40116,413
08.30	35,698	24,339	64256,886	43809,691
09.00	39,235	25,516	70622,966	45929,367
09.30	44,113	28,229	79402,652	50812,343
10.00	39,731	25,472	71516,359	45849,513
10.30	19,874	13,912	35773,379	25041,873
11.00	46,233	30,435	83218,971	54782,496
11.30	40,200	27,815	72359,455	50067,457
12.00	37,757	26,767	67961,899	48180,435
12.30	25,050	18,959	45090,247	34125,806
13.00	18,897	14,644	34015,381	26359,617
13.30	21,492	15,712	38686,154	28280,911
14.00	21,533	17,843	38760,203	32116,970
14.30	19,021	15,831	34237,336	28496,181
Total			834807,098	584927,278

Pada penelitian *scanning reflektor* ini terdapat rugi-rugi sistem yang digunakan untuk menggerakkan *motor stepper* dan sistem kontrol arduino yang menjadi *supoport* sistem. Berikut adalah total perbandingan energi listrik yang telah dikurangi dengan nilai rugi-rugi sistem, yang disajikan dalam gambar 12.



Gambar 12. Grafik perbandingan energi listrik

Dari grafik gambar 12 perbedaan energi yang dihasilkan oleh kedua panel surya begitu mencolok dengan

selisih sebesar 191.012,62 joule.

**KESIMPULAN DAN SARAN**

Dari hasil-hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan dalam Bab 4 dapat diambil beberapa kesimpulan dan saran-saran yang dapat digunakan sebagai dasar untuk penelitian selanjutnya.

**Kesimpulan**

1. Pada teknologi scanning reflektor cermin datar, reflektor hanya akan bergerak menyesuaikan perhitungan nilai daya yang paling optimum pada waktu tersebut.
2. Nilai persamaan sudut optimal pada 28 Januari 2016 diperoleh pendekatan persamaan  $y = -0,4162x + 53,29$ , dengan nilai persamaan ditentukan oleh kondisi pada saat itu.
3. Dengan adanya penambahan teknologi *scanning reflektor* cermin datar pada panel surya menyebabkan adanya peningkatan arus dan daya dibandingkan dengan tanpa *reflektor* cermin datar dengan rata – rata sebesar 0,7533 A dan 10,20 watt, dengan nilai tegangan yang dihasilkan lebih cenderung stabil atau sama.
4. Perbandingan nilai *efisiensi* dan energi listrik panel surya *scanning reflektor* dan panel surya sudut *reflektor* terhadap panel surya tanpa reflektor jauh lebih baik penggunaan panel surya dengan *reflektor*, dengan nilai rata – rata selisih efisiensi sebesar 6,362 % dan selisih nilai energi listrik sebesar 191012,62 joule.

**Saran**

Perlu adanya penelitian lebih lanjut yang bertujuan untuk meningkatkan daya keluaran dan efisiensi panel surya yang lebih baik lagi. Selain itu penelitian ini sebaiknya menggunakan pembandingan panel surya yang sama untuk menghindari nilai error persen nilai tegangan dan arus yang dihasilkan. Menggunakan berat cermin yang lebih ringan supaya penggunaan energi yang dibutuhkan motor untuk scanning lebih kecil. Menggunakan dc-dc converter untuk mengoptimalkan nilai daya yang dihasilkan oleh panel surya.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Haryadi, Yusli. 2007. “Pelacak Intensitas Energi Matahari Menggunakan Sel Surya”. Jurusan Teknik Komputer Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer: Universitas Komputer Indonesia Bandung.
- [2] Ashfahani, Adnan Syarafi dkk. 2008. *Aplikasi Kontrol Logika Fuzzy Pada Sistem Tracking Matahari (Sun Tracking System) Panel Photovoltaic*. Fakultas Teknik : Universitas Gadjah Mada (SNATI 2008).
- [3] Weller, Bernhard. dkk. 2008. *Planning And Installing Photovoltaic System*. Earthscan: London.
- [4] Haryadi, Yusli. 2007. *Pelacak Intensitas Energi Matahari Menggunakan Sel Surya*. Jurusan Teknik Komputer Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer: Universitas Komputer Indonesia Bandung.
- [5] Priahandoko, Heru. 2014. *Optimalisasi Sudut Cermin Datar Sebagai Reflektor Panel Surya Polikristal Penjejak Matahari*. Jurusan Teknik Elektro : Fakultas Teknik Universitas Jember.