

## BAB IV PEMBAHASAN

### 4.1 Perhitungan Parameter Penelitian

Langkah pertama untuk melakukan penelitian ini adalah menentukan parameter penelitian yang harus diketahui untuk menentukan arah hadap *photovoltaic* terhadap pergerakan matahari. Sebelumnya telah diketahui beberapa parameter mengenai lokasi penelitian diantaranya:

- Lattitude (L) =  $-7.95^{\circ}$
- Longitude (SL) =  $-112.61^{\circ}$
- Day Number (N) = 186

Contoh perhitungan parameter penelitian dihitung berdasarkan tanggal 24 september 2012 (day number (N) = 268), jam 12.00 solar time dan menggunakan prinsip *full tracking* pada  $\varepsilon = 1.25$  sudut  $60^{\circ}$  :

- Perhitungan *declination angle* berdasarkan persamaan 2-3.

$$\delta = 23.5 \sin\left(360 \frac{284 + 268}{365}\right)$$

$$\delta = 10.08^{\circ}$$

- Perhitungan *hours angle* berdasarkan persamaan 2-5.

$$h = (12 - 12)15$$

$$h = 0^{\circ}$$

- Perhitungan *solar altitude angle* berdasarkan persamaan 2-2.

$$\sin(\alpha) = \sin(-7.95) \sin(10.08) + \cos(-7.95) \cos(10.08) \cos(0)$$

$$\sin(\alpha) = 0.68$$

$$\alpha = 83.30^{\circ}$$

- Perhitungan *azimuth angle* berdasarkan persamaan 2-6.

$$\sin(z) = \frac{\cos(22.82) \sin(0)}{\cos(83.30)}$$

$$\sin(z) = 0$$

$$z = 0$$

- Perhitungan *solar zenith angle* berdasarkan persamaan 2-4.

$$\phi + \alpha = 90^\circ$$

$$\phi = 90^\circ - 83.30$$

$$\phi = 6.20^\circ$$

- Perhitungan *slope angle*, dengan menggunakan prinsip mekanisme *full tracking* maka  $\beta = \Phi = 6.20^\circ$ .
- Perhitungan waktu lokal (*local standard time*, LST) berdasarkan persamaan 2-7.

- Pertama-tama menghitung nilai B dengan persamaan 2-9.

$$B = (268 - 81) \frac{360}{364}$$

$$B = 184.94$$

- Selanjutnya nilai ET dengan persamaan 2-8.

$$ET = 9.87 \sin(2 \cdot 184.94) - 7.53 \cos(184.94) - 1.5 \sin(184.94)$$

$$ET = 9.29$$

- Sehingga dapat diketahui LST sebagai berikut:

$$AST = LST + ET + 4(SL - LL) - DS$$

Nilai DS tidak diperhitungkan karena di lokasi penelitian tidak termasuk lokasi yang mengalami musim panas.

$$LST = ET + 4(SL - LL) - AST$$

$$LST = 9.29 + 4(112.61 - 105) \text{menit} - AST$$

$$LST = 39.74 \text{menit} - AST$$

Dengan diketahui nilai  $LST = 39.74 \text{menit} - AST$  maka tiap kali pengambilan data yang dilakukan pada tanggal 24 September harus 39.74 menit lebih awal dari waktu solar time yang ditentukan. Untuk *solar time* 12.00 maka waktu pengambilan data jam 11.21 waktu lokal.

Dari perhitungan diatas akan digunakan hasil dari perhitungan *slope angle*, *azimuth angle* dan *local standard time* untuk digunakan sebagai dasar waktu dan posisi *CPV-mirror system* terhadap arah datang sinar matahari pada saat pengambilan data.

## 4.2 Data dan Perhitungan Hasil Penelitian

Hasil pengambilan data pada  $\epsilon = 1.25$  sudut  $60^\circ$  dengan waktu penelitian 24 September 2012. Untuk variasi  $\epsilon$  dan sudut yang lain dapat dilihat di lampiran 4 sampai 7.

Tabel 4.1 Data hasil pengujian

No.	Solar time	<i>Pyheliometer</i>	<i>Pyranometer</i>	Avometer untuk 1 lampu		Avometer untuk 2 lampu	
		mV	mV	Ampere	Voltase	Ampere	Voltase
				(A)	(V)	(A)	(V)
1	10.00	6.79	7.9	2.43	7.41	2.82	3.64
		6.82	7.9	2.43	7.41	2.82	3.64
		6.8	7.9	2.43	7.41	2.82	3.64
	Rata-rata	6.8	7.9	2.43	7.41	2.82	3.64
2	11.00	6.9	7.9	2.42	7.67	2.87	3.69
		6.9	7.9	2.42	7.67	2.87	3.78
		6.9	7.9	2.42	7.67	2.87	3.73
	Rata-rata	6.9	7.9	2.42	7.67	2.87	3.73
3	12.00	6.9	8	2.42	7.99	2.87	3.73
		6.9	7.2	2.42	7.99	2.87	3.73
		6.9	8.9	2.42	7.99	2.87	3.73
	Rata-rata	6.9	8.03	2.42	7.99	2.87	3.73
4	13.00	6.1	7.7	2.48	7.82	3.11	4.32
		6.32	7.7	2.48	7.82	3.12	4.32
		6.4	7.7	2.48	7.82	3.11	4.32
	Rata-rata	6.3	7.7	2.48	7.82	3.11	4.32
5	14.00	6.1	8.5	2.41	7.82	3.12	4.42
		6.2	7.9	2.42	7.82	3.12	4.42
		6.1	6.9	2.11	7.82	3.12	4.42
	Rata-rata	6.13	7.76	2.31	7.82	3.12	4.42

### 4.2.1 Perhitungan Data Hasil Penelitian

Perhitungan penyerapan radiasi matahari oleh *photovoltaic* (S), beberapa parameter telah dihitung diatas. Selain itu contoh perhitungan S dihitung berdasarkan data yang diambil tanggal 24 eptember 2012 pada *solar time* 12.00. Dalam perhitungan S ini tidak memasukkan nilai radiasi pantul dari cermin. Propertis *photovoltaic* sendiri diketahui sebagai berikut:

- *Multicrystalline sillicon cells*
- Ketebalan cover 0.3mm
- *Extinction coefficient* (K)  $4m^{-1}$
- *Ground reflectance* 0.2

- Dimensi 40x50cm<sup>2</sup>
- Konstanta *pyrheliometer*  $8.20 \times 10^{-6} \text{ V}/(\text{W}/\text{m}^2)$
- Konstanta *pyranometer*  $9.02 \times 10^{-6} \text{ V}/(\text{W}/\text{m}^2)$

Untuk *beam radiation* tegak lurus *photovoltaic* maka dapat diketahui bahwa besar *sudut incidence angle* sebesar 0°.

- Perhitungan *beam radiation* ( $G_B$ ) menggunakan konstanta dari *pyrheliometer*.

$$G_B = \frac{6.8}{8.20 \cdot 10^{-6} \times 1000}$$

$$G_B = 753.88 \text{ Watt} / \text{m}^2$$

- Perhitungan *Total radiation* ( $G_{\rho G}$ ) menggunakan konstanta dari *pyranometer*.

$$G_{\rho G} = \frac{7.9}{9.02 \cdot 10^{-6} \times 1000}$$

$$G_{\rho G} = 875.83 \text{ Watt} / \text{m}^2$$

- Perhitungan *diffuse radiation* ( $G_D$ ) yaitu selisih antara *total radiation* dengan *beam radiation*.

$$G_D = 875.83 - 753.88$$

$$G_D = 121.95 \text{ Watt} / \text{m}^2$$

- Perhitungan daya listrik *photovoltaic* ( $P$ ) seperti pada persamaan 2-30.

$$P = 7.41 \times 2.43$$

$$P = 18 \text{ Watt}$$

Untuk mempermudah pembahasan maka hasil daya listrik yang dihasilkan disamakan satuannya dengan radiasi matahari menjadi ( $\text{Watt}/\text{m}^2$ ), sehingga daya listrik *photovoltaic*.

$$P = \frac{18 \text{ Watt}}{0.2 \text{ m}^2}$$

$$P = 90.03 \text{ Watt} / \text{m}^2$$

- Perhitungan efisiensi ( $\eta_{\max}$ ) menggunakan persamaan 2-11.

$$\eta_{\max} = \frac{90.03}{853.66} \cdot 100\%$$

$$\eta_{\max} = 10.27\%$$

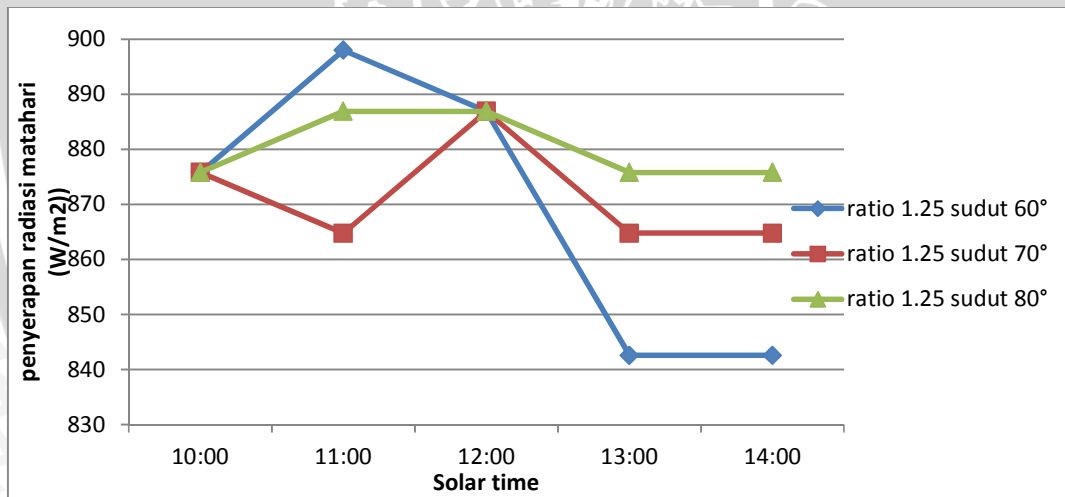
Berikut tabel hasil perhitungan pada pengambilan data ratio lebar cermin ( $\epsilon$ )=1.25 sudut cermin  $60^\circ$ . Untuk tabel hasil perhitungan variasi  $\epsilon$  dan sudut cermin yang lain dapat dilihat di lampiran 8 dan 9.

Tabel 4.2 Data hasil perhitungan

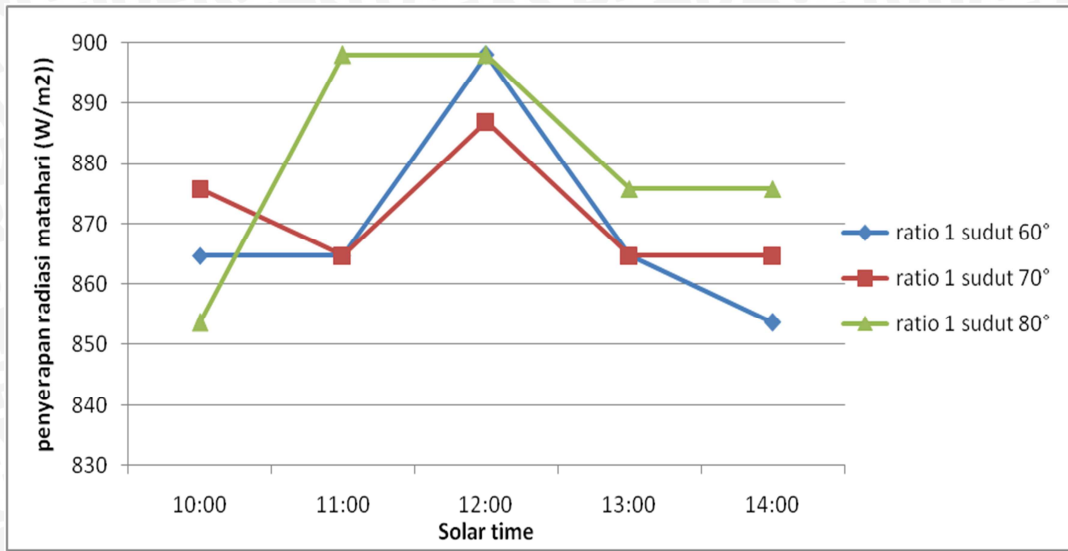
No.	Solar time	Beam Radiation	Diffuse Radiation	Total Radiation	Daya Listrik untuk 1 lamp	Daya Listrik untuk 2 lamp	Efisiensi ( $\eta$ )
		Watt/m <sup>2</sup>	Watt/m <sup>2</sup>	Watt/m <sup>2</sup>	Watt/m <sup>2</sup>	Watt/m <sup>2</sup>	
1	10.00	753.88	121.95	875.83	90.03	90.031	10.27
2	11.00	764.96	110.86	875.83	92.807	92.807	10.59
3	12.00	764.96	121.95	886.91	96.679	96.679	10.9
4	13.00	698.44	155.21	853.65	96.968	96.968	11.35
5	14.00	676.27	177.38	853.65	90.321	90.321	10.58

### 4.3 Pembahasan

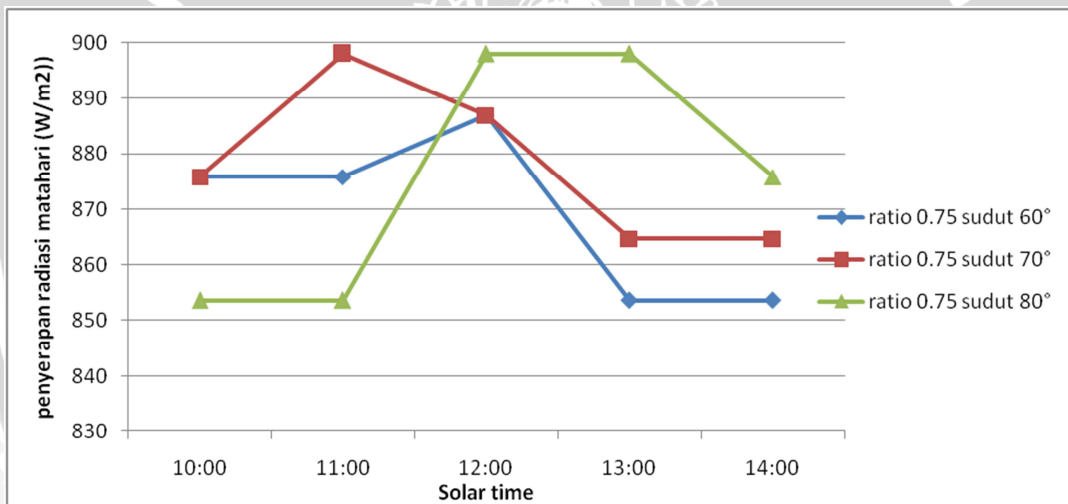
Dari tabel hasil penelitian akan dibuat grafik hasil penelitian untuk mempermudah dalam melakukan pembahasan mengenai objek yang diteliti seperti pada grafik berikut.



Gambar 4.1 Grafik hubungan ketersediaan radiasi matahari terhadap solar time dengan variasi sudut cermin yang berbeda pada ratio 1.25

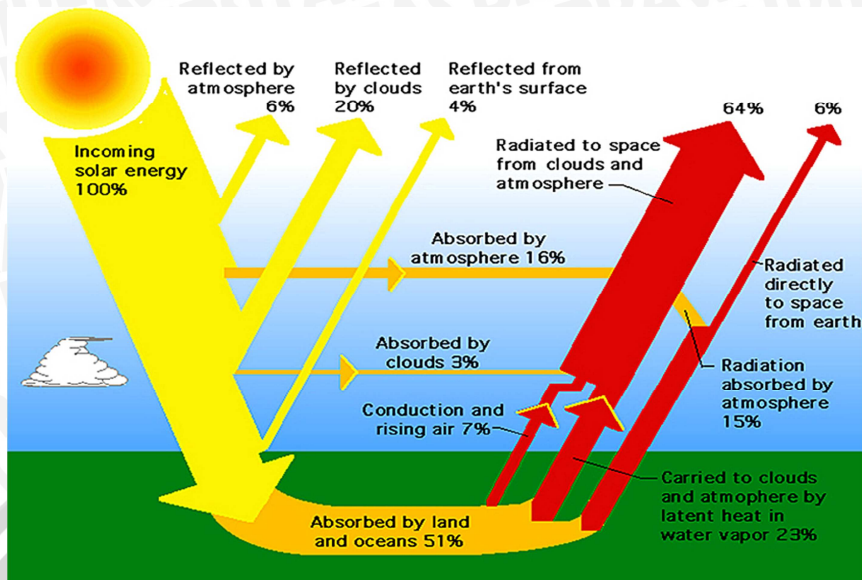


Gambar 4.2 Grafik hubungan ketersediaan radiasi matahari terhadap solar time dengan variasi sudut cermin yang berbeda pada ratio 1



Gambar 4.3 Grafik hubungan ketersediaan radiasi matahari terhadap solar time dengan variasi sudut cermin yang berbeda pada ratio 0.75

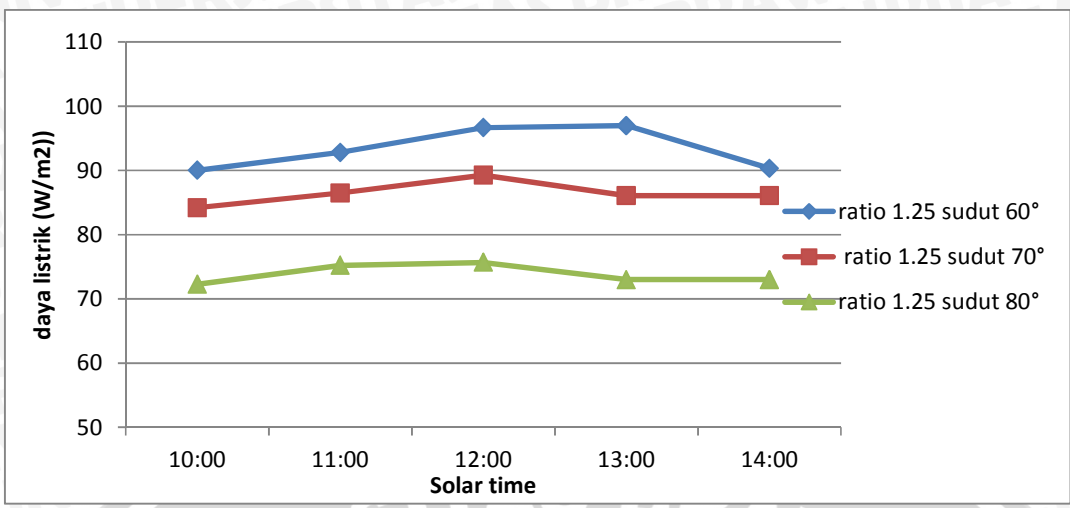
Gambar diatas merupakan grafik yang menunjukkan ketersediaan radiasi matahari pada waktu penelitian. Nilai penyerapan radiasi ini sebanding dengan radiasi yang tersedia. Penyerapan radiasi matahari dapat berubah ubah secara berkelanjutan karena dipengaruhi oleh ketersediaan radiasi matahari pada jam tersebut. Ketersediaan radiasi matahari dipengaruhi oleh kondisi atmosfer yang mengandung beberapa zat berupa debu, awan, gas yang mampu membelokkan, merefleksikan dan menyerap radiasi matahari. Proses gangguan radiasi matahari oleh kondisi atmosfer dapat dilihat seperti gambar 4.4.



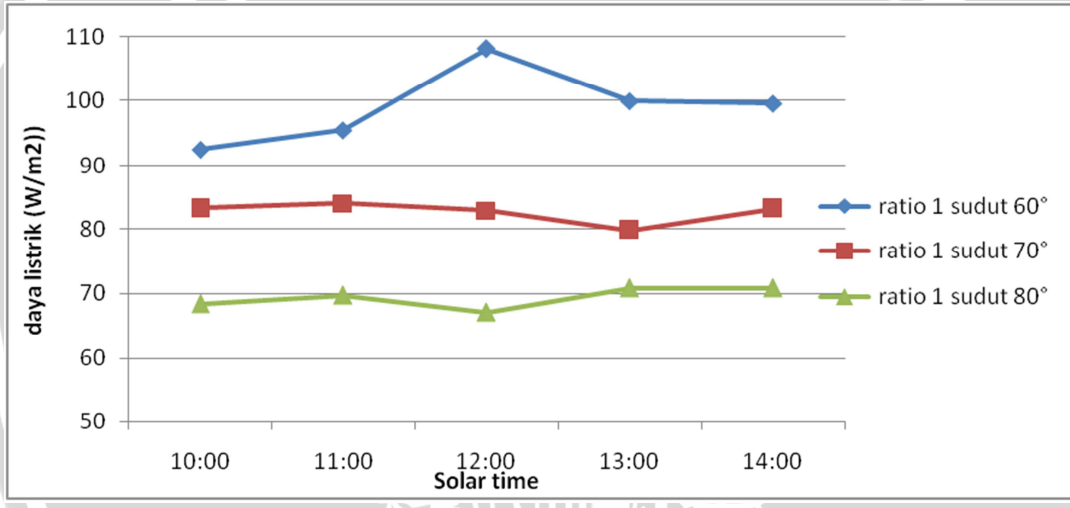
Gambar 4.4 Proses penyinaran radiasi matahari  
 Sumber : Scottsdale (2012)

Dari gambar 4.4 terlihat bahwa radiasi matahari yang sampai pada permukaan bumi hanya sampai 51% dibandingkan yang tersedia diluar angkasa. Hal ini karena dipengaruhi zat-zat yang berada di atmosfer berupa awan, gas, dan debu yang dapat memantulkan, merefraksikan dan menyerap radiasi matahari sehingga nilai radiasi yang sampai pada permukaan bumi berkurang. Selain itu radiasi matahari yang sampai pada permukaan bumi sebagaimana akan dikembalikan lagi ke angkasa oleh atmosfer baik siang maupun malam hari, dengan begitu temperatur bumi akan terjaga stabil. Dalam penelitian ini memanfaatkan radiasi matahari yang sampai pada permukaan tanah pada ketinggian 497 meter di atas permukaan laut. Kondisi atmosfer yang mempunyai efek paling besar selama melakukan penelitian adalah awan yang bergerak sehingga radiasi matahari yang tersedia sangat fluktuatif setiap waktu.

Penyerapan radiasi dan kondisi atmosfer yang berubah-ubah berefek pada kinerja *photovoltaic* sehingga output listrik yang dikeluarkan juga selalu berubah dikarenakan penyerapan radiasi dan kondisi cuaca. Hasil output listrik *photovoltaic* dapat dilihat pada gambar dibawah.

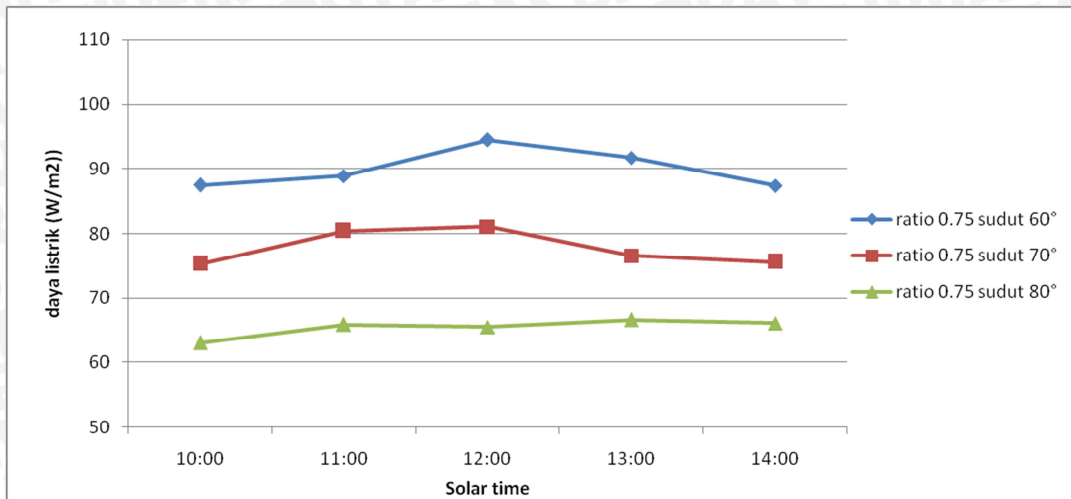


Gambar 4.5 Grafik hubungan daya listrik *photovoltaic* terhadap solar time dengan variasi sudut cermin yang berbeda pada ratio 1.25



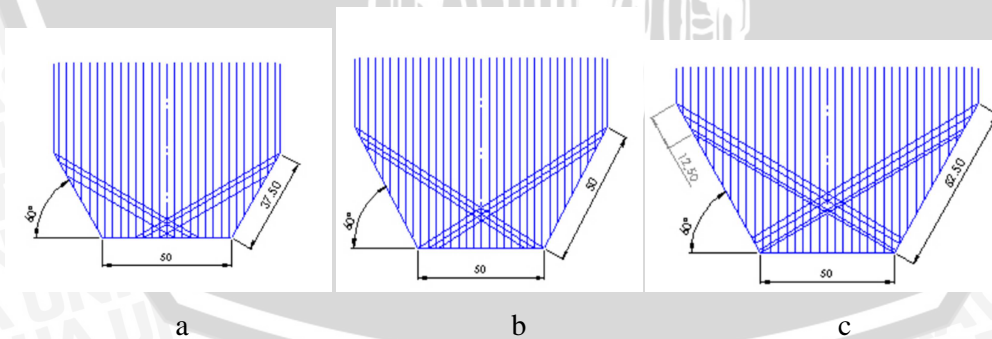
Gambar 4.6 Grafik hubungan daya listrik *photovoltaic* terhadap solar time dengan variasi sudut cermin yang berbeda pada ratio 1





Gambar 4.7 Grafik hubungan daya listrik *photovoltaic* terhadap solar time dengan variasi sudut cermin yang berbeda pada ratio 0.75

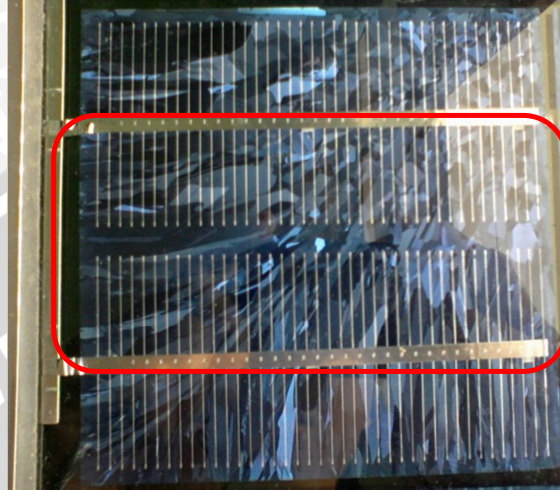
Pada umumnya dengan meningkatnya ratio lebar cermin akan menambah luas cermin yang dapat menangkap radiasi matahari yang selanjutnya dipantulkan ke *photovoltaic* sehingga akan menambah nilai radiasi yang diserap *photovoltaic* sehingga dapat meningkatkan nilai dari daya listrik. Pada gambar 4.8 menunjukkan bahwa ratio 1 memiliki daya yang paling besar dibandingkan ratio 1.25 untuk sudut 60°, hal ini dikarenakan adanya perubahan sudut cermin yang mengakibatkan pemantulan radiasi cahaya matahari (foton) untuk cermin dengan ratio 1 lebih merata dibandingkan dengan cermin dengan ratio 1.25. Pemantulan radiasi matahari oleh cermin dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.8 Variasi (a)  $\epsilon = 0.75$ (b) $\epsilon = 1$ (c)  $\epsilon = 1.25$  untuk sudut 60°

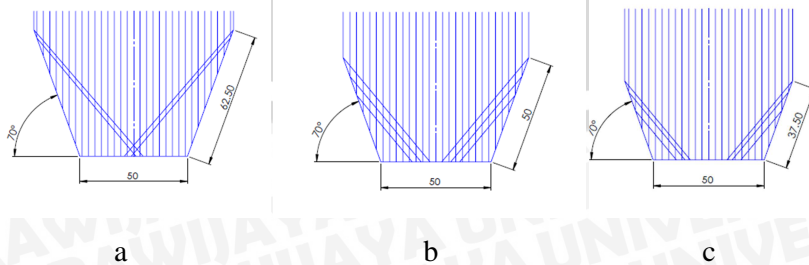
Dengan bertambahnya nilai radiasi yang terserap oleh *photovoltaic*, akan meningkatkan daya listrik yang dihasilkan *photovoltaic*. Daya *photovoltaic* dari rasio 0 atau tanpa cermin berkisar 66-69 Watt/m<sup>2</sup> setelah rasio ditingkatkan sampai 1.25 daya meningkat berkisar 100-108 Watt/m<sup>2</sup>.

Pada setiap variasi lebar cermin untuk sudut 80 terdapat penurunan daya yang jauh dari pada yang lain. Hal ini dikarenakan pada setiap variasi ratio lebar cermin untuk sudut 80° radiasi matahari tidak merata pada *photovoltaic* seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.9.



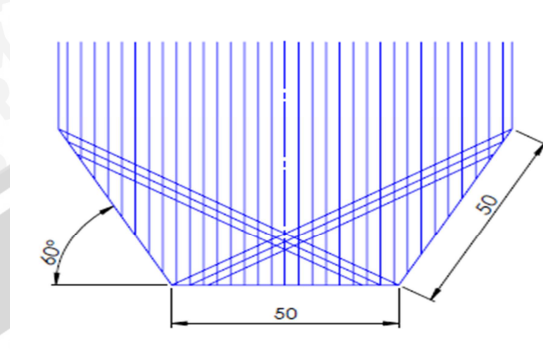
Gambar 4.9 *Photovoltaic cell*

Dari gambar 4.9, luasan yang ditandai merah tersebut pada gambar adalah luasan *photovoltaic cell* yang terpapar radiasi matahari dari pantulan cermin dan sebagian luasan lainnya tidak terkena pantulan. Oleh karena perbedaan luasan *photovoltaic* yang menerima pantulan radiasi matahari dari cermin, maka akan menyebabkan terjadinya ketidakseimbangan energi. Yang dimaksud ketidakseimbangan energi disini adalah proses perpindahan energi antar *photovoltaic cell* sendiri diakibatkan energi pada *photovoltaic cell* tidak sama karena tidak meratanya pemantulan radiasi matahari berupa cahaya (foton) . ketidakseimbangan energi juga terjadi pada variasi ratio lebar cermin ( $\epsilon$ ) untuk sudut 70° dimana luasan *photovoltaic cell* yang terkena pantulan radiasi matahari dari cermin juga tidak merata, gambar proses pemantulan pada setiap variasi  $\epsilon$  untuk sudut 70° adalah sebagai berikut



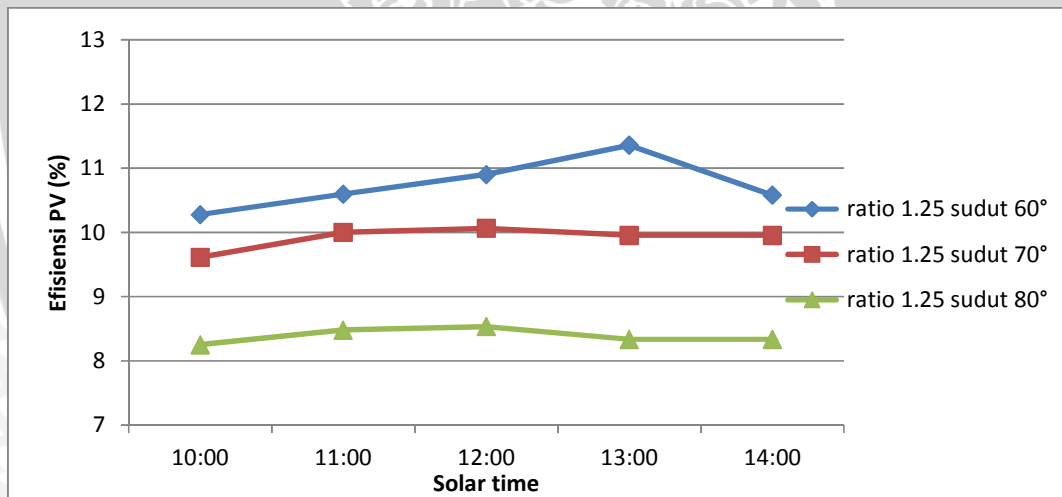
Gambar 4.10 Variasi (a)  $\epsilon = 1.25$ (b)  $\epsilon = 1$ (c)  $\epsilon = 0.75$  untuk sudut 70°

Sedangkan pada  $\epsilon=1$  sudut  $60^\circ$  cahaya pantulan dari cermin merata pada *photovoltaic cell*, sehingga potensial listriknya sama dan tidak menyebabkan hubungan pendek. Hal tersebut yang menyebabkan loncatan nilai daya signifikan pada  $\epsilon=1$  sudut  $60^\circ$ , gambar pemantulan  $\epsilon=1$  sudut  $60^\circ$  dapat dilihat pada gambar 4.11.

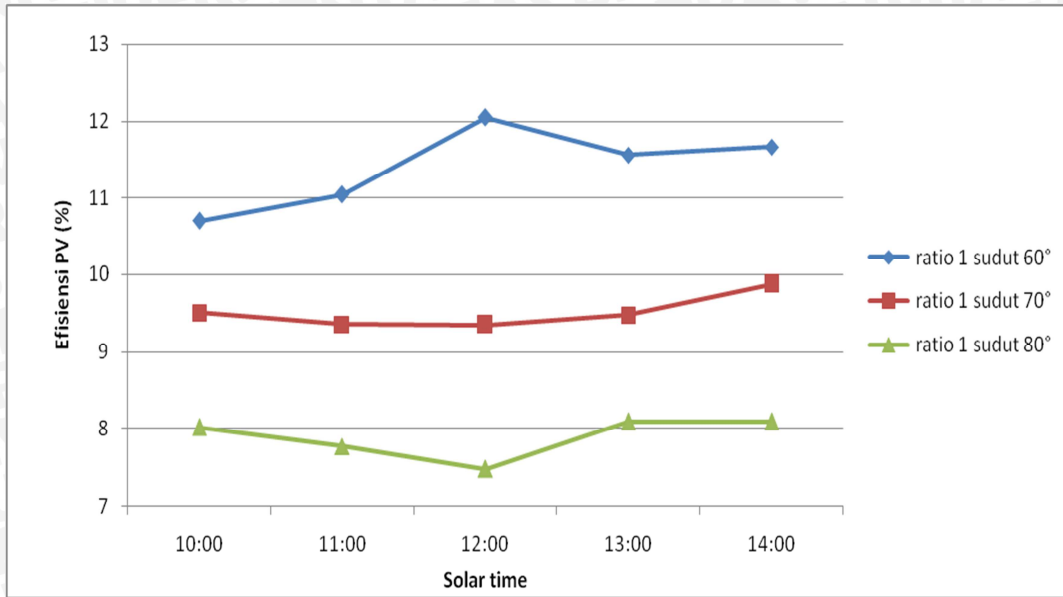


Gambar 4.11 Variasi  $\epsilon=1$  untuk sudut  $60^\circ$

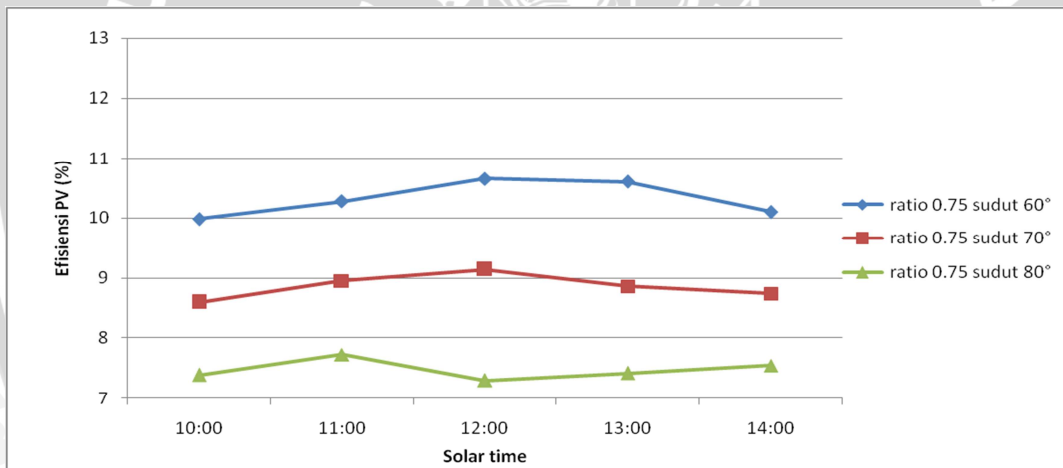
Dengan meningkatnya daya listrik yang dihasilkan *photovoltaic* maka efisiensi *photovoltaic* akan meningkat seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah.



Gambar 4.12 Grafik hubungan efisiensi *photovoltaic* terhadap solar time dengan variasi sudut cermin yang berbeda pada ratio 1.25



Gambar 4.13 Grafik hubungan efisisensi *photovoltaic* terhadap solar time dengan variasi sudut cermin yang berbeda pada ratio 1



Gambar 4.14 Grafik hubungan efisisensi *photovoltaic* terhadap solar time dengan variasi sudut cermin yang berbeda pada ratio 0.75

Grafik efiseinsi pada gambar grafik diatas menggambarkan peningkatan efisiensi dari tiap variasi  $\epsilon$  dan sudut cermin yang dihitung berdasarkan persamaan 2-12. Namun pada grafik terlihat bahwa efisiensi *photovoltaic* dengan  $\epsilon=0.75$  sudut 80 atau tanpa bantuan radiasi tambahan dari cermin rata-rata 7.94%, padahal efisiensi pabrikan *photovoltaic* dengan tipe *multi crystalline* berkisar antara 10-12%. Nilai efisiensi dari grafik diatas cukup rendah untuk sebuah alat pengkonversi energi, hal ini karena *cell multicrystalline* mempunyai bentuk geometri yang kurang teratur sehingga energi photon yang diserap oleh elektron tidak mudah berpindah dari dioda tipe P ke dioda tipe

N pada *photovoltaic*. Energi photon yang tidak terkonversi ke energi listrik tersebut akan diubah ke kalor sehingga tempertur *photovoltaic* akan naik. Selain itu penurunan daya *photovolatic* di bawah spesifikasi pabrik karena terdapat beberapa *cell photovoltaic* yang mengalami *dead layer* atau mati sehingga efisiensi *photovoltaic* turun. Dengan rendahnya efisiensi pada *photovoltaic* mengindikasikan bahwa ada beberapa energi hilang yang tidak menjadi energi berguna tetapi menjadi energi panas.

Pada gambar diatas menunjukkan efisiensi *photovoltaic* yang meningkat dengan bertambahnya nilai rasio  $\epsilon$ . Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa efisiensi *photovoltaic* mengikuti grafik daya listrik. Hal ini berarti efisiensi *CPV mirror-system* tidak terlalu dipengaruhi ketersediaan radiasi matahari yang flkutuatif dengan perbedaan rata-rata  $12.73 \text{ Watt/m}^2$ . *CPV mirror-system* dengan rasio 1.25 dapat meningkatkan efisiensi *photovoltaic* rata-rata sampai 12.4 %.

