

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dibahas hasil dan pembahasan selama melakukan penelitian sel surya baik menggunakan sumber cahaya matahari maupun lampu halogen.

4.1. Hasil Pengukuran

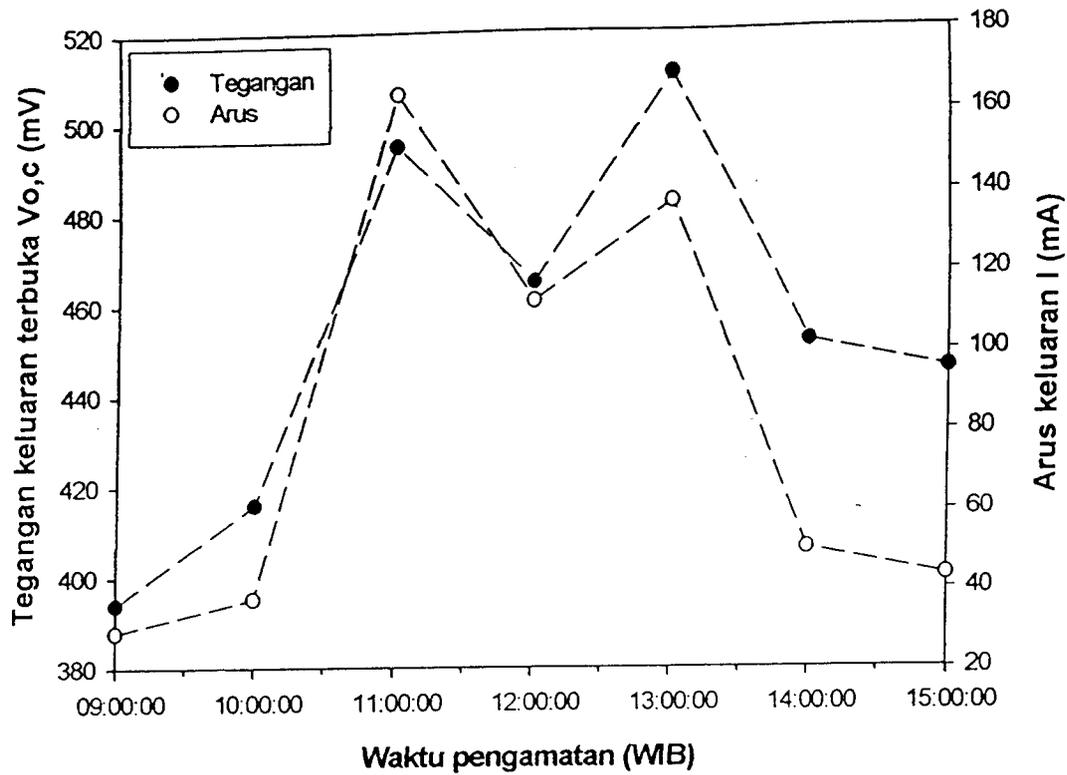
Setelah pengukuran data lapangan maka dilakukan pengolahan data yang terdiri dari data pengamatan sel surya dengan sumber cahaya sinar matahari dan data pengamatan dengan sumber cahaya buatan yaitu lampu halogen. Berdasarkan data pengukuran tersebut maka akan dianalisa masing-masing sel surya berupa nilai efisiensi (η) dalam berbagai konfigurasi tunggal, seri dan paralel.

4.2. Perbandingan Karakteristik Sel Surya Pada Cahaya Alam dan Buatan

4.2.1. Perbandingan Tegangan Keluaran dan Arus Pada Rangkaian Tunggal

4.2.1.1. Sel Surya I

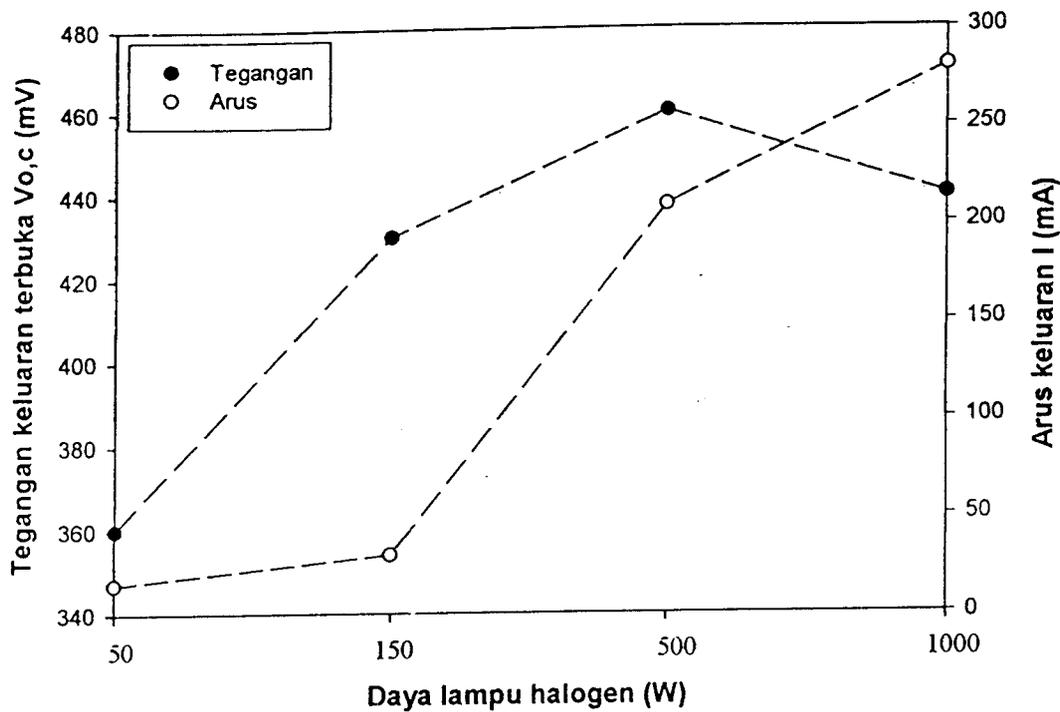
Pada gambar 4.1.a. menunjukkan nilai tegangan keluaran terbuka ($V_{o,c}$) dan arus keluaran (I) dari sel surya I pada tanggal 3 September 2008. Pada gambar dapat dilihat bahwa pada pukul 09.00 WIB menunjukkan nilai tegangan keluaran $V_{o,c}$ minimum yaitu sebesar 394 mV. Hal ini disebabkan karena pada waktu tersebut intensitas cahaya matahari relatif masih kecil dan juga dikarenakan awan yang menutupi matahari sehingga menghalangi sinar matahari sampai ke permukaan sel surya.



Gambar 4.1.a. Hubungan tegangan keluaran terbuka dan arus keluaran pada sel surya I dengan sumber cahaya matahari.

Pada jam 10.00 hingga jam 15.00 WIB terjadi nilai tegangan yang berfluktuasi dimana terjadi titik puncak pada pukul 13.00 WIB sebesar 511 mV. Hal ini dikarenakan di saat melakukan pengukuran terjadi perubahan cuaca yang cepat.

Untuk arus keluaran, nilai minimum terjadi pada pukul 09.00 WIB sebesar 29 mA dan maksimum pada pukul 11.00 WIB sebesar 164 mA.



Gambar 4.1.b. Hubungan tegangan keluaran terbuka dan arus keluaran pada sel surya I dengan menggunakan lampu halogen

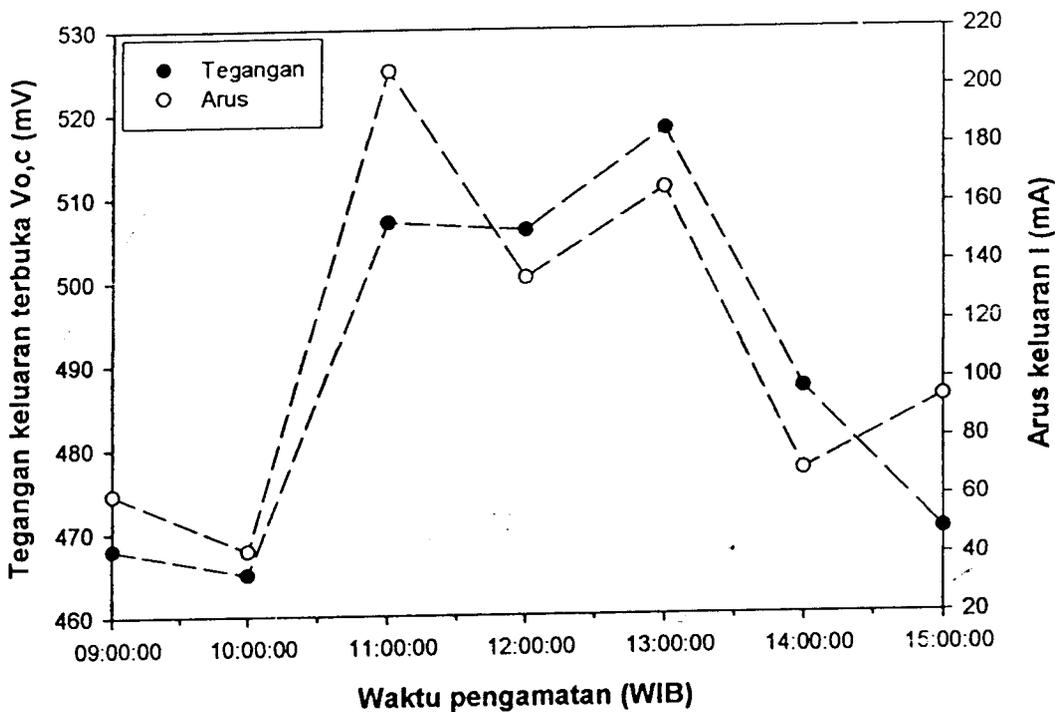
Pada gambar 4.1.b dapat dilihat pada daya lampu halogen 500 W menunjukkan nilai tegangan keluaran $V_{o,c}$ maksimum yaitu sebesar 460 mV. Sedangkan nilai minimum pada daya lampu halogen 50 W sebesar 360 mV. Sedangkan arus keluaran menunjukkan nilai maksimum pada daya lampu halogen 1000 W sebesar 280 mA dan nilai minimum pada daya lampu halogen 50 W sebesar 15 mA.

Jika di bandingkan grafik sel surya yang menggunakan sumber cahaya matahari dan lampu halogen, baik nilai tegangan dan arus pada lampu halogen menunjukkan nilai yang lebih baik dibandingkan dengan sel surya yang menggunakan sumber cahaya matahari. Hal ini dikarenakan pada lampu halogen

daya yang dihasilkan bernilai konstan. Sedangkan pada sumber cahaya matahari terjadi fluktuasi tergantung cuaca pada saat pengukuran.

4.2.1.2. Sel Surya II

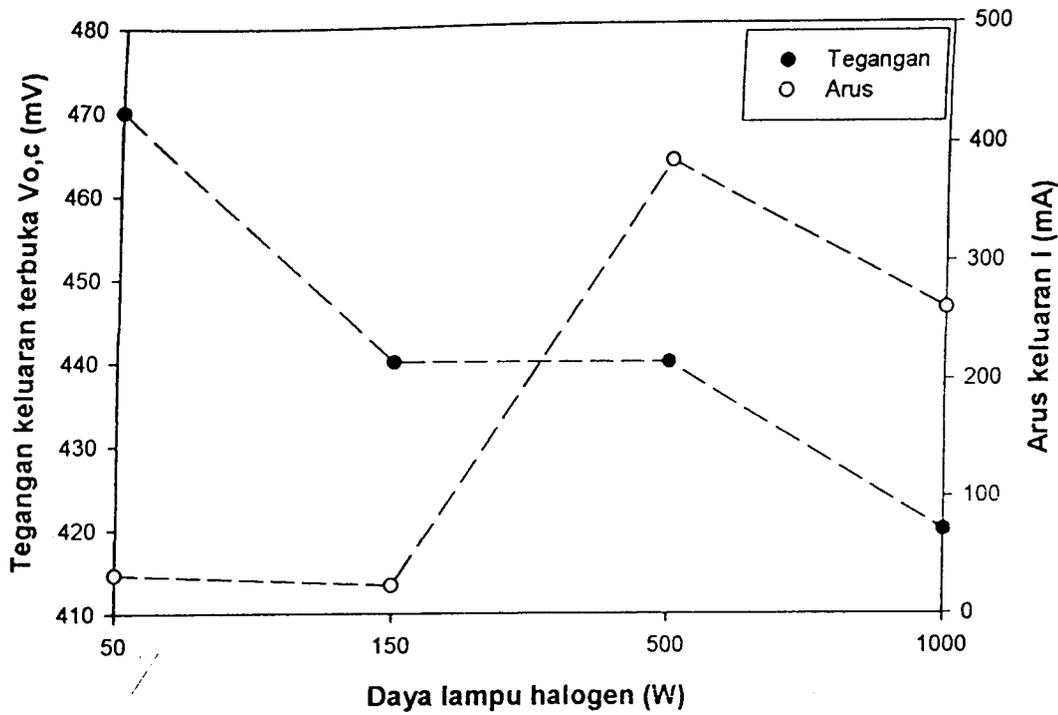
Pada gambar 4.2.a. dapat dilihat bahwa pada pukul 10.00 WIB menunjukkan nilai tegangan keluaran $V_{o,c}$ minimum yaitu sebesar 465 mV. Hal ini disebabkan karena pada jam tersebut intensitas cahaya matahari masih kecil dan juga dikarenakan awan yang menutupi matahari sehingga menghalangi sinar matahari sampai ke permukaan sel surya.



Gambar 4.2.a. Hubungan tegangan keluaran terbuka dan arus keluaran pada sel surya II dengan sumber cahaya matahari

Pada jam 09.00 WIB hingga jam 15.00 WIB terjadi nilai tegangan yang naik turun. Dan terjadi titik puncak pada pukul 13.00 WIB sebesar 518 mV. Hal ini dikarenakan di saat melakukan pengukuran terjadi perubahan cuaca yang

cepat. Sehingga pada sel surya terjadi fluktuasi. Untuk arus keluaran, nilai minimum terjadi pada pukul 10.00 WIB sebesar 42 mA dan maksimum pada pukul 11.00 WIB sebesar 205 mA.



Gambar 4.2.b. Hubungan tegangan keluaran terbuka dan arus keluaran pada sel surya II dengan menggunakan lampu halogen

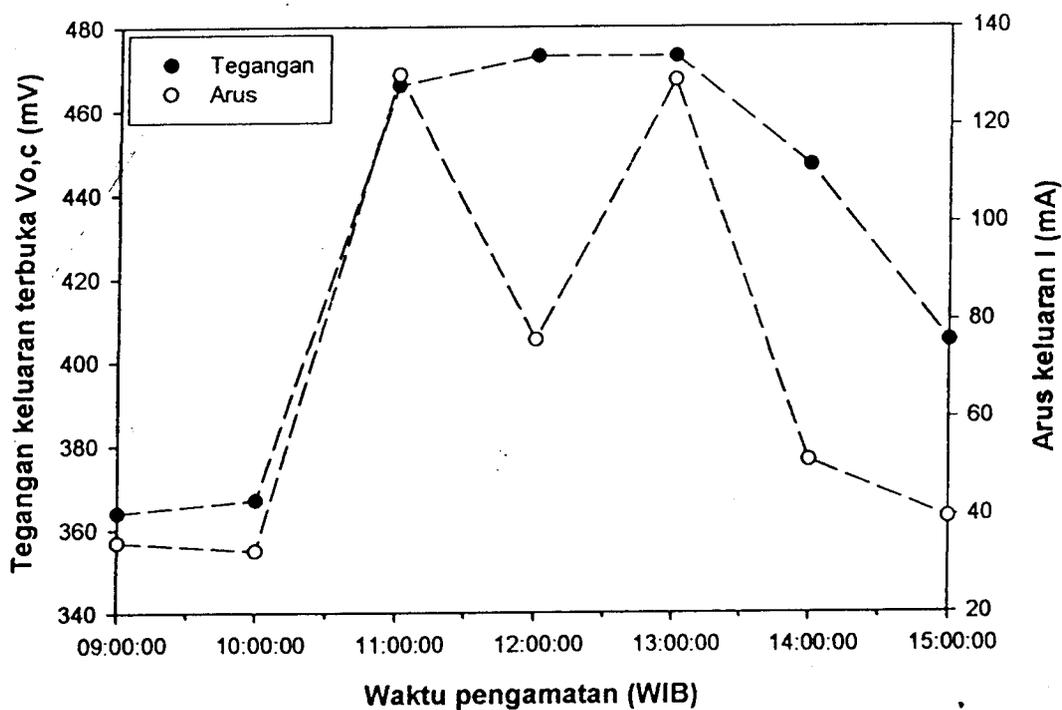
Pada gambar 4.2.b. dapat dilihat pada daya lampu halogen 50 W menunjukkan nilai tegangan keluaran $V_{o,c}$ maksimum yaitu sebesar 470 mV. Sedangkan nilai minimum pada daya lampu halogen 1000 W sebesar 420 mV. Sedangkan arus keluaran menunjukkan nilai maksimum pada daya lampu halogen 500 W sebesar 385 mA dan nilai minimum pada daya lampu halogen 150 W sebesar 24 mA.

Jika di bandingkan grafik sel surya yang menggunakan sumber cahaya sinar matahari dan lampu halogen, baik nilai tegangan dan arus pada sinar matahari menunjukkan nilai yang lebih baik dibandingkan dengan sel surya yang menggunakan sumber cahaya lampu halogen. Hal ini dikarenakan pada lampu

halogen daya yang dihasilkan bernilai konstan. Sedangkan pada sumber cahaya matahari terjadi fluktuasi tergantung cuaca pada saat pengukuran dan saat pengukuran terjadi penyinaran yang baik.

4.2.1.3. Sel Surya III

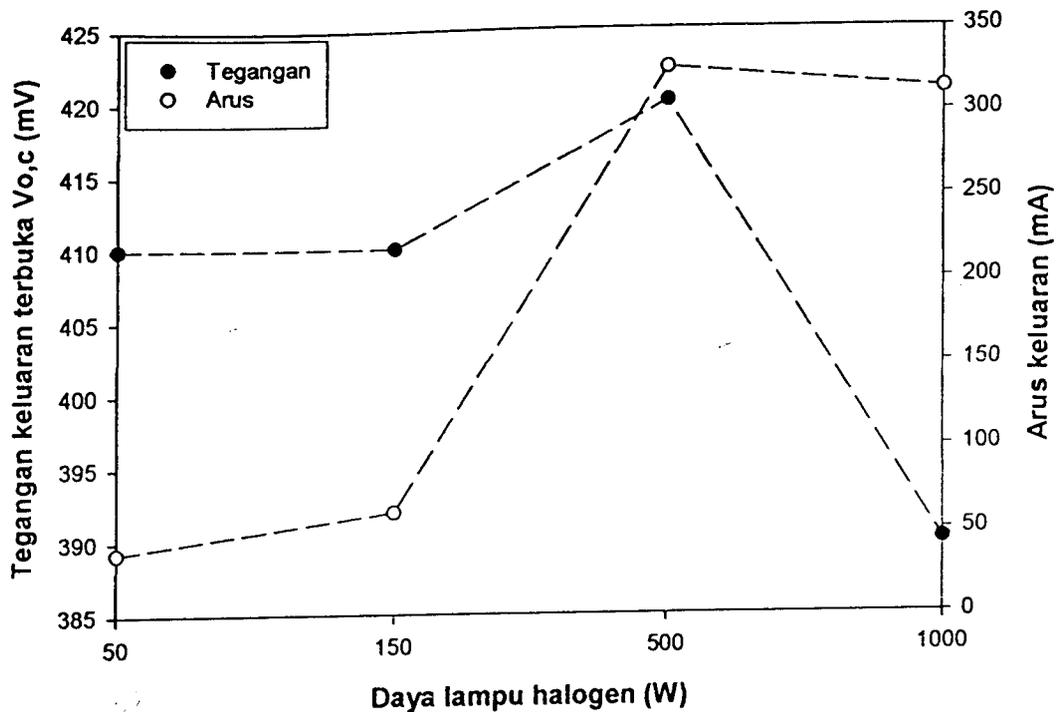
Pada gambar 4.3.a. dapat dilihat pada pukul 09.00 WIB menunjukkan nilai tegangan keluaran $V_{o,c}$ minimum yaitu sebesar 364 mV. Hal ini disebabkan karena pada jam tersebut intensitas cahaya matahari masih kecil dan juga dikarenakan awan yang menutupi matahari sehingga menghalangi sinar matahari sampai ke permukaan sel surya.



Gambar 4.3.a. Hubungan tegangan keluaran terbuka dan arus keluaran pada sel surya III dengan sumber cahaya matahari

Pada jam 09.00 WIB hingga jam 15.00 WIB terjadi nilai tegangan yang naik turun. Dan terjadi titik puncak pada pukul 12.00 WIB dan 13.00 WIB sebesar

473 mV. Untuk arus keluaran, nilai minimum terjadi pada pukul 10.00 WIB sebesar 32 mA dan maksimum pada pukul 11.00 WIB sebesar 130 mA.



Gambar 4.3.b. Hubungan tegangan keluaran terbuka dan arus keluaran pada sel surya III dengan menggunakan lampu halogen

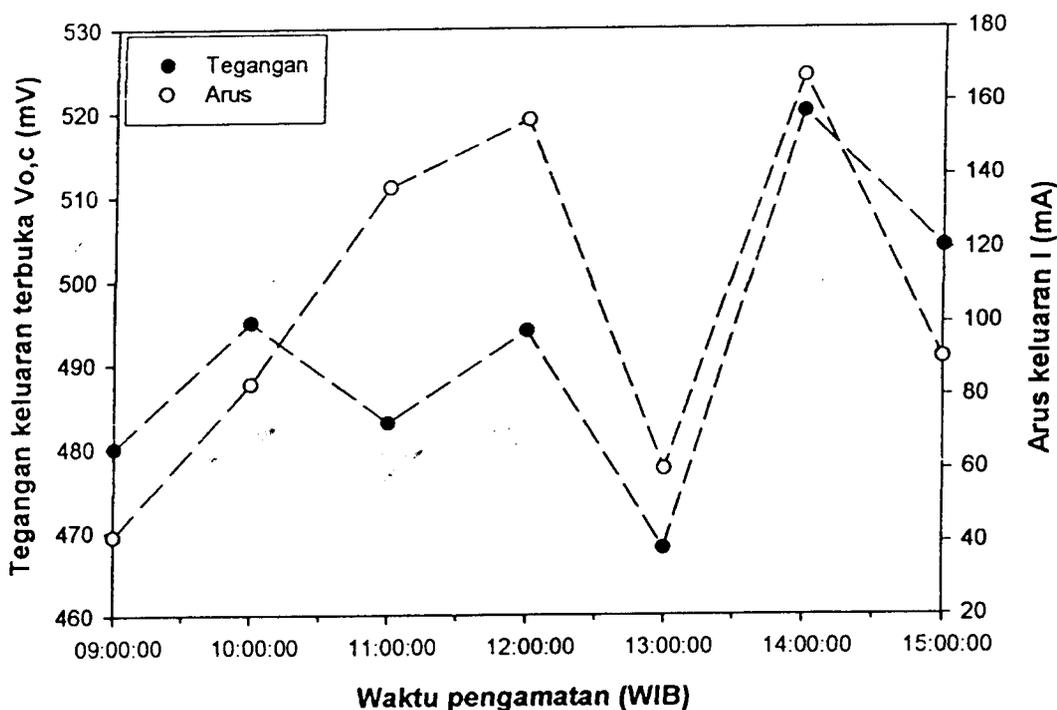
Pada gambar 4.3.b. dapat dilihat pada daya lampu halogen 500 W menunjukkan nilai tegangan keluaran $V_{o,c}$ maksimum yaitu sebesar 420 mV. Sedangkan nilai minimum pada daya lampu halogen 1000 W sebesar 390 mV. Sedangkan arus keluaran menunjukkan nilai maksimum pada daya lampu halogen 500 W sebesar 326 mA dan nilai minimum pada daya lampu halogen 50 W sebesar 37 mA.

Jika di bandingkan grafik sel surya yang menggunakan sumber cahaya sinar matahari dan lampu halogen, baik nilai tegangan dan arus pada lampu halogen menunjukkan nilai yang lebih baik dibandingkan dengan sel surya yang menggunakan sumber cahaya matahari. Hal ini dikarenakan pada lampu halogen

daya yang dihasilkan bernilai konstan. Sedangkan pada sumber cahaya matahari terjadi fluktuasi tergantung cuaca pada saat pengukuran.

4.2.1.4. Sel Surya IV

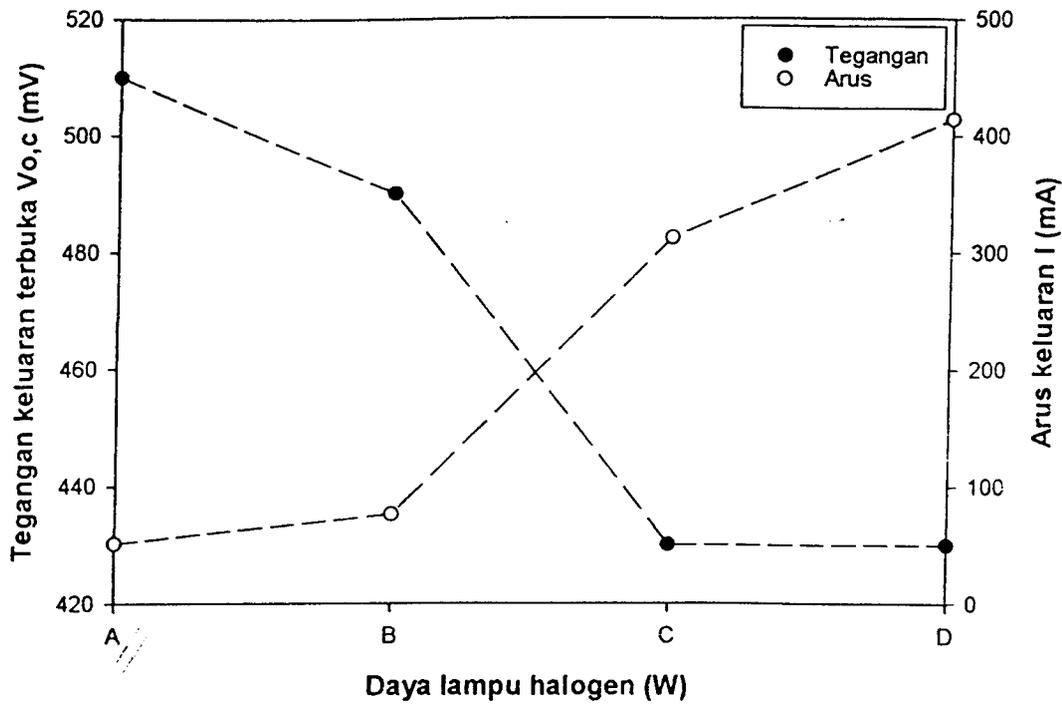
Pada gambar 4.4.a. menunjukkan nilai tegangan keluaran terbuka ($V_{o,c}$) dan arus keluaran (I) pada sel surya. Pada gambar dapat dilihat pada pukul 13.00 WIB menunjukkan nilai tegangan keluaran $V_{o,c}$ minimum yaitu sebesar 483 mV. Hal ini disebabkan karena pada jam tersebut intensitas cahaya matahari masih kecil dan juga dikarenakan awan yang menutupi matahari sehingga menghalangi sinar matahari sampai ke permukaan sel surya.



Gambar 4.4.a. Hubungan tegangan keluaran terbuka dan arus keluaran pada sel surya IV dengan sumber cahaya matahari

Dan terjadi titik puncak pada pukul 14.00 WIB sebesar 494 mV. Untuk arus keluaran, nilai minimum terjadi pada pukul 09.00 WIB sebesar 41 mA dan maksimum pada pukul 14.00 WIB sebesar 166 mA. Pada grafik baik nilai

tegangan keluaran maupun arus yang dihasilkan mengalami fluktuasi. Hal ini dikarenakan perubahan cuaca yang cepat saat melakukan pengukuran.



Gambar 4.4.b. Hubungan tegangan keluaran terbuka dan arus keluaran pada sel surya IV dengan menggunakan lampu halogen

Pada gambar 4.4.b. menunjukkan nilai tegangan keluaran terbuka ($V_{o,c}$) dan arus keluaran (I) pada sel surya IV. Pada gambar dapat dilihat pada daya lampu halogen 50 W menunjukkan nilai tegangan keluaran $V_{o,c}$ maksimum yaitu sebesar 510 mV. Sedangkan nilai minimum pada daya lampu halogen 500 W dan 1000 W sebesar 430 mV. Sedangkan arus keluaran menunjukkan nilai maksimum pada daya lampu halogen 1000 W sebesar 414 mA dan nilai minimum pada daya lampu halogen 50 W sebesar 51 mA.

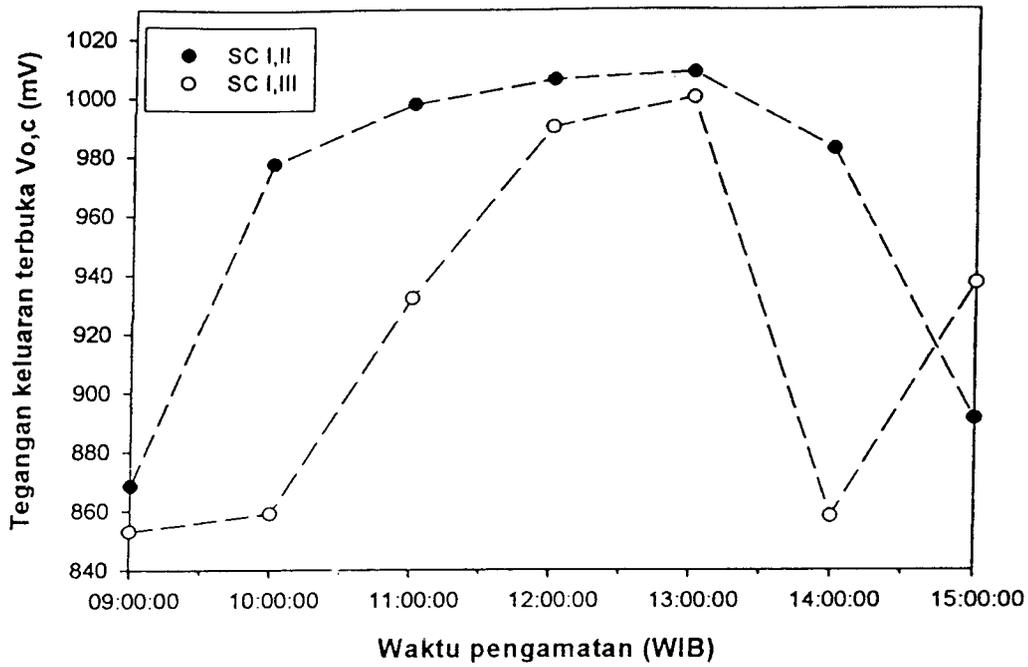
Jika di bandingkan grafik sel surya yang menggunakan sumber cahaya sinar matahari dan lampu halogen, nilai arus pada lampu halogen menunjukkan

nilai yang lebih baik dibandingkan dengan sel surya yang menggunakan sumber cahaya matahari. Sedangkan untuk tegangan pada sel surya yang menggunakan sinar matahari menunjukkan hasil yang lebih baik. Hal ini dikarenakan pada lampu halogen daya yang dihasilkan bernilai konstan. Sedangkan pada sumber cahaya matahari terjadi fluktuasi tergantung cuaca pada saat pengukuran.

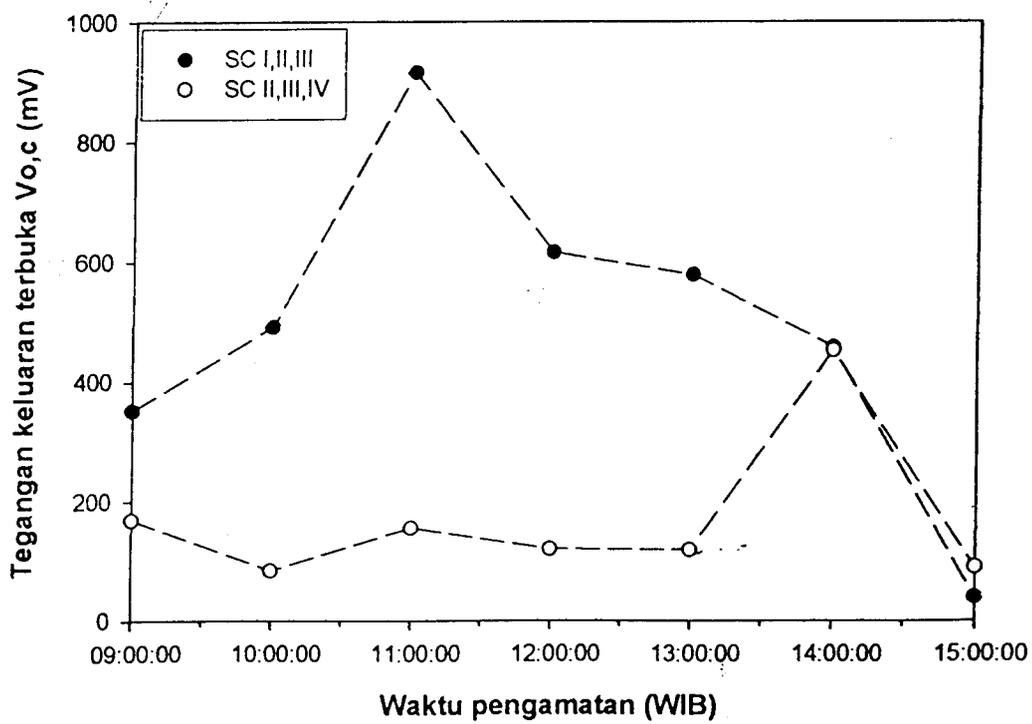
4.2.2. Perbandingan Tegangan Keluaran dan Arus Pada Rangkaian Seri dan Paralel

4.2.2.1. Perbandingan Tegangan Keluaran dan Arus Pada Rangkaian Seri

Pada gambar 4.5.a dan 4.5.b. dapat di lihat pada pukul 09.00 WIB secara keseluruhan baik nilai tegangan maupun arus memiliki nilai minimum. Hal ini di karenakan intensitas cahaya matahari yang masih kecil dan juga dikarenakan awan yang menutupi sinar matahari sehingga menghalangi sinar matahari sampai ke permukaan. Meskipun demikian, untuk sel surya I,II; I,III memiliki nilai tegangan yang besar di bandingkan dengan yang lainnya. Harga tegangan dan arus menunjukkan peningkatan hingga mencapai nilai maksimum pada gambar pada pukul 13.00 WIB. Hal ini dikarenakan intensitas cahaya matahari yang diterima semakin besar. Untuk tegangan keluaran maksimum di hasilkan pada rangkaian sel surya I,II sebesar 1022 mV.



Gambar 4.5.a. Hubungan tegangan keluaran terbuka sel surya yang dipasang seri pada sel surya I,II dan I,III dengan sumber cahaya matahari



Gambar 4.5.b. Hubungan tegangan keluaran terbuka sel surya yang dipasang seri pada sel surya I,II,III dan II,III,IV dengan sumber cahaya matahari

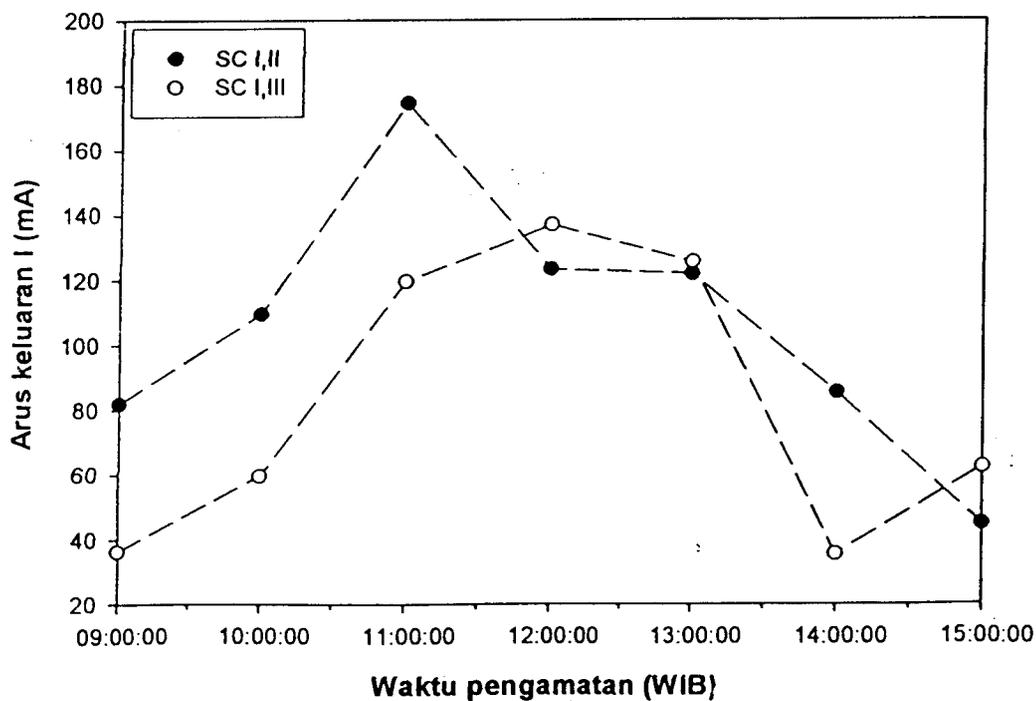
Pada gambar 4.5.b. dapat dilihat bahwa pada sel surya II,III,IV menunjukkan nilai yang minimum disetiap jam pengamatan.

Tabel 4.1. Nilai V dan I pada pengamatan sel surya yang dipasang seri dengan sumber cahaya matahari

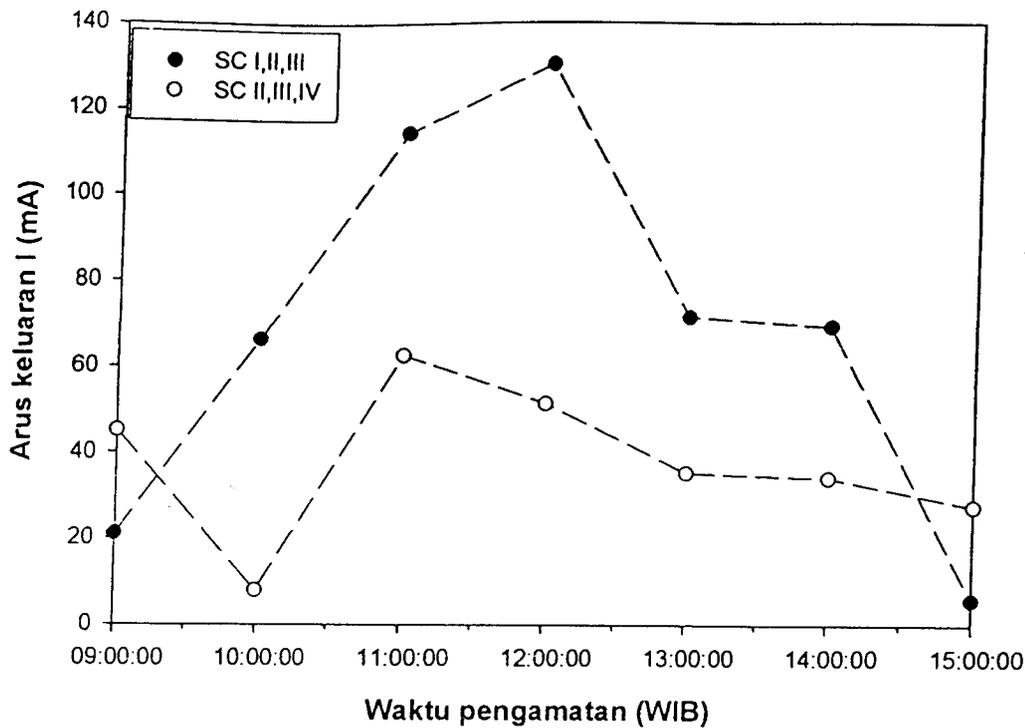
Waktu Pengamatan	Sel surya I,II		Sel surya I,III		Sel surya II,III,IV		Sel surya I,II,III	
	V (mV)	I (mA)	V (mV)	I (mA)	V (mV)	I (mA)	V (mV)	I (mA)
09:00	904	88.8	853	36.3	84	7.95	352	21.1
10:00	996	119.5	859	59.6	169	45.1	492	66.4
11:00	1013	191.5	932	119.5	155	62.6	916	114.5
12:00	1020	134.7	990	137	120	51.4	616	130.4
13:00	1022	133	1000	125.4	118.4	35.2	578	71.5
14:00	1000	92.3	858	35.4	452	34.1	457	69.4
15:00	923	47.4	937	62.2	90	27.5	813	108.2

Untuk grafik arus keluaran dapat di lihat pada gambar 4.5.c. dan 4.5.d.

Untuk arus maksimum yang dihasilkan terlihat pada rangkaian sel surya I,II sebesar 191,5 mA pada jam 11.00 WIB. Sedangkan untuk arus minimum terlihat pada rangkaian sel surya II,III,IV pada jam 10.00 WIB sebesar 7,9 mA.



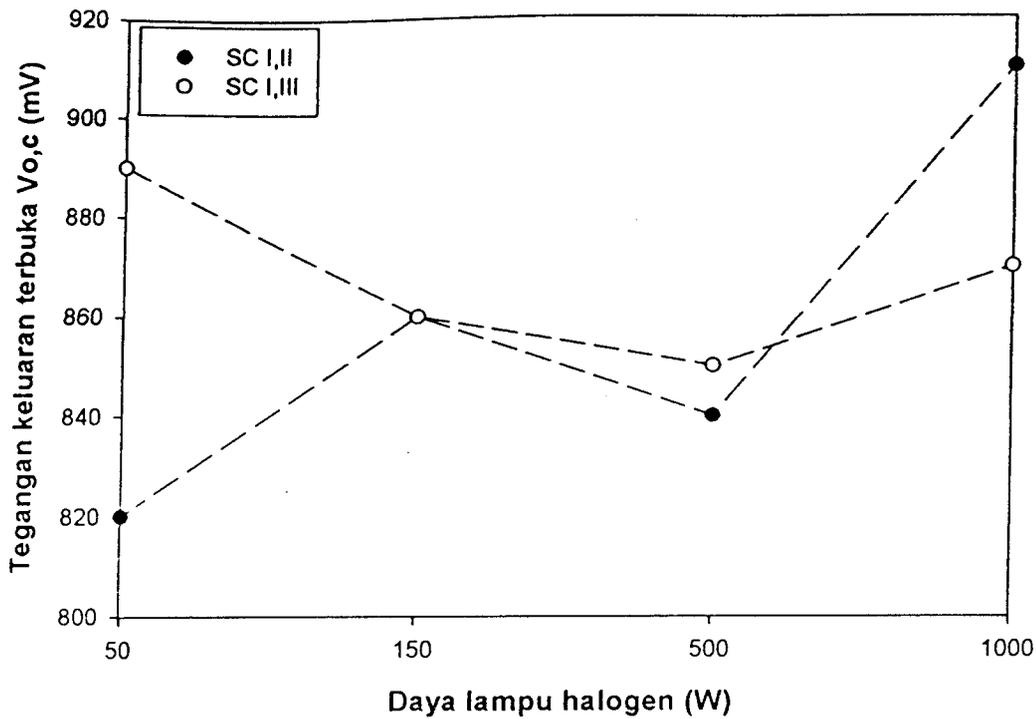
Gambar 4.5.c. Hubungan arus keluaran sel surya yang dipasang seri pada sel surya I,II dan I,III dengan sumber cahaya matahari



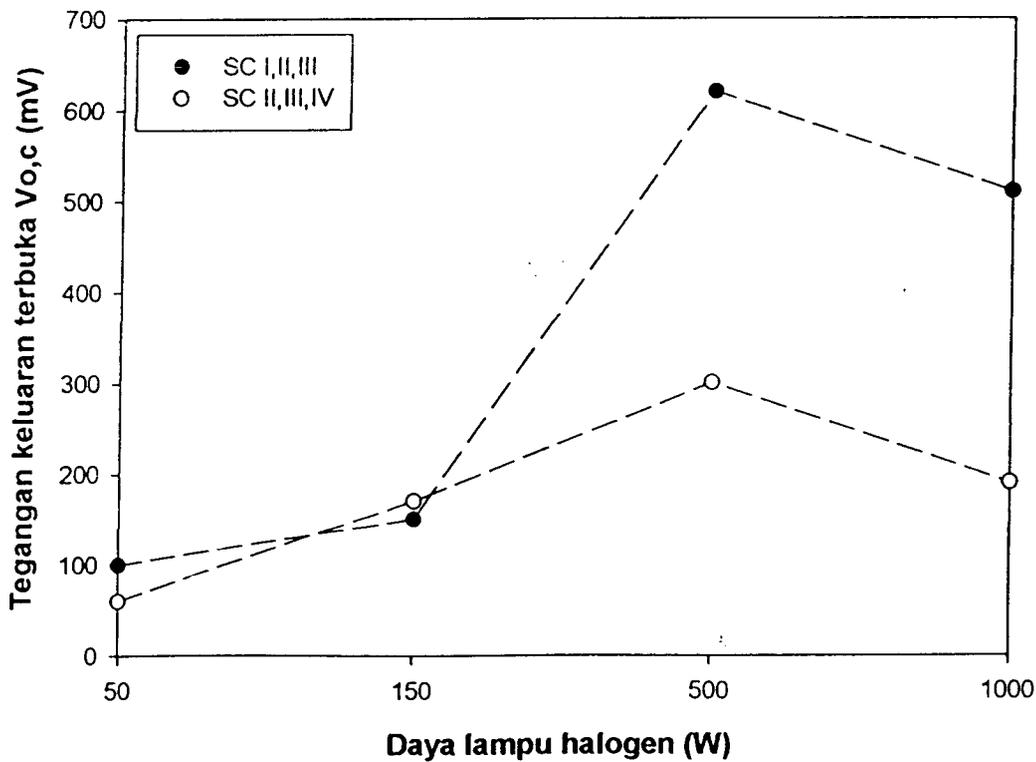
Gambar 4.5.d. Hubungan arus terbuka sel surya yang dipasang seri pada sel surya I,II,III dan II,III,IV dengan sumber cahaya matahari

Secara keseluruhan baik nilai tegangan maupun arus yang di hasilkan mengalami fluktuasi yang beragam setiap waktu pengamatan. Hal ini di karenakan saat melakukan pengukuran terjadi perubahan cuaca yang cepat. Pada sel surya II,III,IV hampir di setiap jam pengamatan memiliki nilai arus yang minimum dibandingkan dengan rangkaian sel surya yang lainnya.

Pada gambar 4.5.e. dan 4.5.f. memperlihatkan hubungan tegangan keluaran terbuka $V_{o,c}$ menggunakan lampu halogen sebagai sumber cahaya. Pada gambar terlihat bahwa besarnya nilai tegangan tidaklah linear. Melainkan terdapat fluktuasi. Hal ini bisa saja terjadi karena tegangan sumber yang turun saat melakukan pengukuran. Pada gambar dapat dilihat bahwa tegangan maksimum pada sel surya I,II pada $P = 1000 \text{ W}$ sebesar 910 mV . Sedangkan nilai minimumnya diperoleh pada sel surya II,III,IV pada $P = 50\text{W}$ sebesar 60 mV .



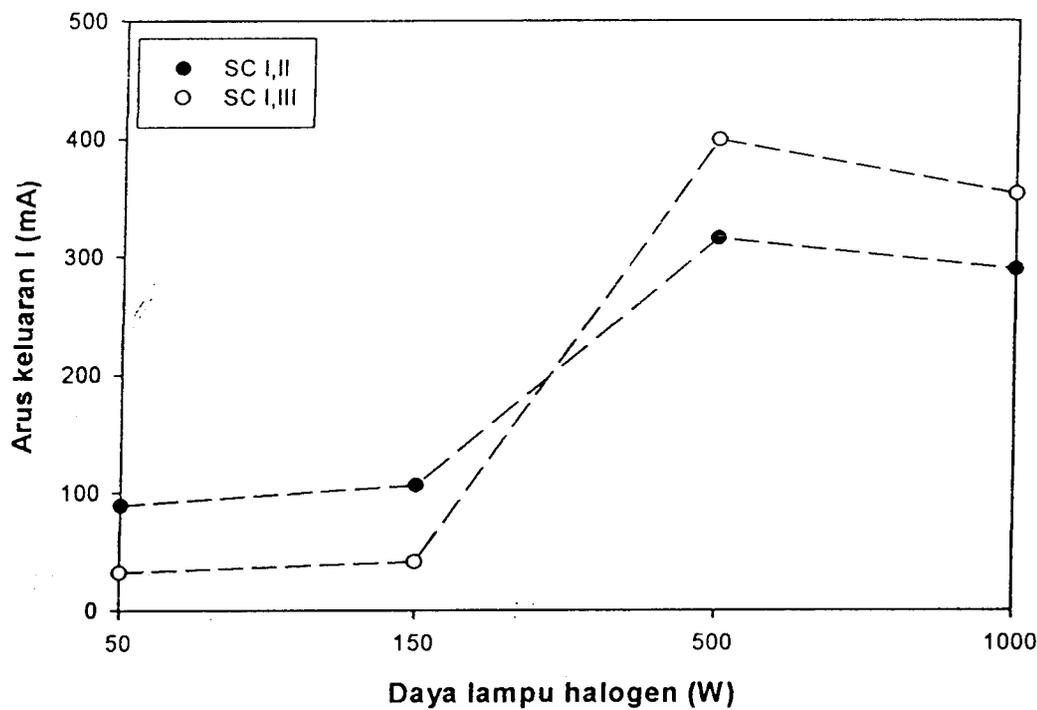
Gambar 4.5.e. Hubungan tegangan keluaran terbuka sel surya yang dipasang seri pada sel surya I,II dan I,III dengan sumber cahaya lampu halogen



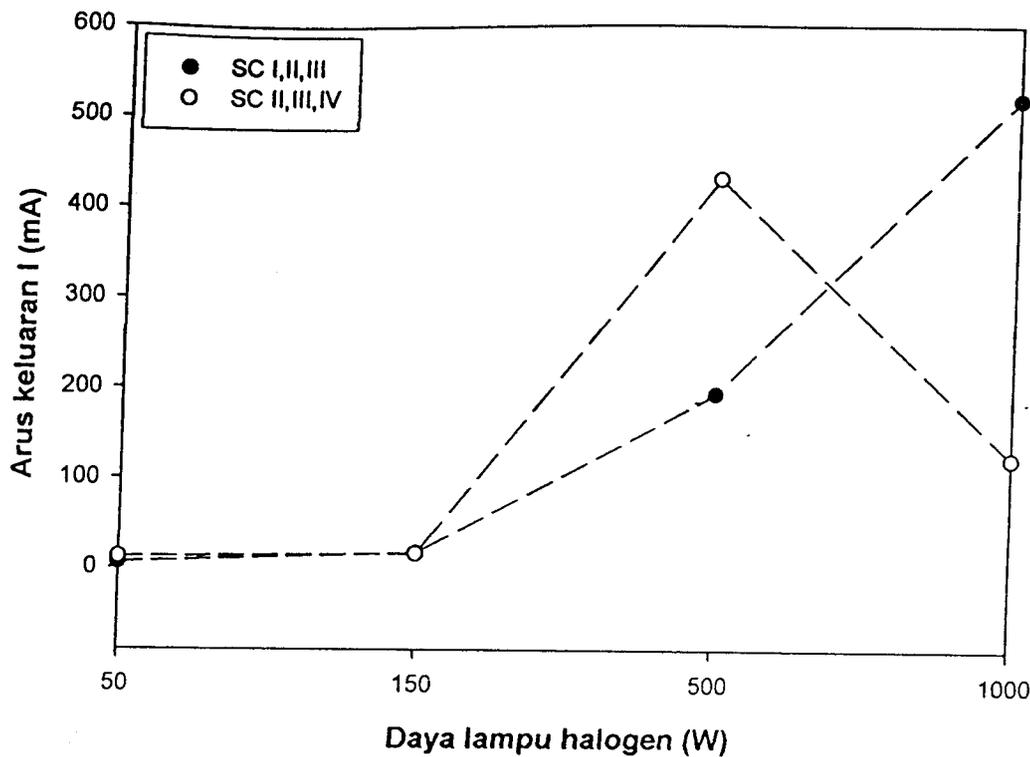
Gambar 4.5.f. Hubungan tegangan keluaran terbuka sel surya yang dipasang seri pada sel surya I,II,III dan II,III,IV dengan sumber cahaya lampu halogen

Tabel 4.2. Nilai V dan I pada pengamatan sel surya yang dipasang seri dengan sumber cahaya lampu halogen

Daya Lampu (W)	Sel surya I,II		Sel surya I,II,III		Sel surya I,III		Sel surya II,III,IV	
	V (mV)	I (mA)	V (mV)	I (mA)	V (mV)	I (mA)	I (mA)	I (mA)
50	820	15	100	6	890	32	60	12
150	860	35	150	16	860	41	170	15
500	840	282	620	192	850	399	300	430
1000	910	251	510	518	870	353	190	121



Gambar 4.5.g. Hubungan arus keluaran sel surya yang dipasang seri pada sel surya I,II dan I,III dengan sumber cahaya lampu halogen



Gambar 4.5.h. Hubungan arus keluaran sel surya yang dipasang seri pada sel surya I,II,III dan II,III,IV dengan sumber cahaya lampu halogen

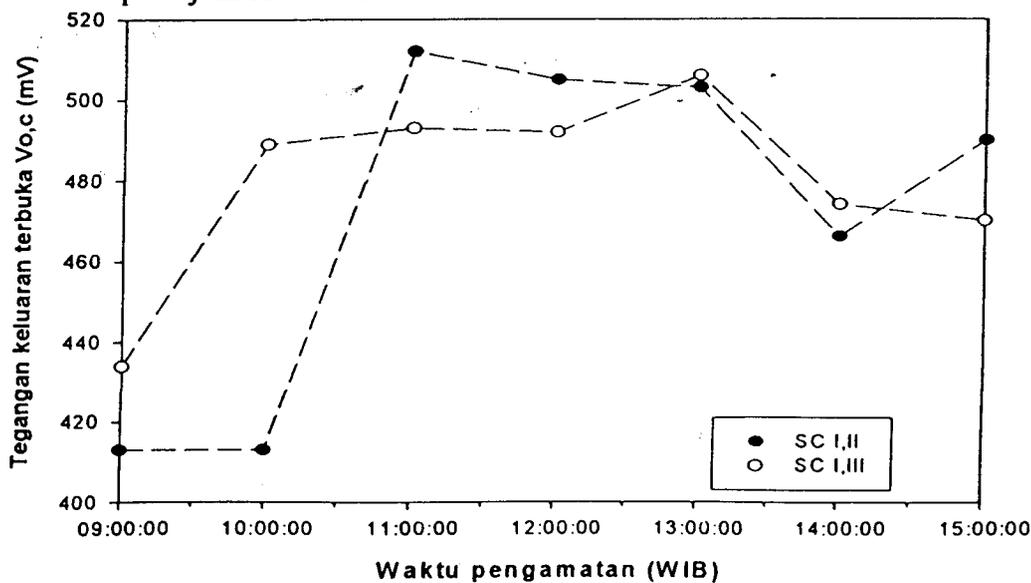
Pada gambar 4.5.g. dan 4.5.h. memperlihatkan hubungan arus keluaran menggunakan lampu halogen sebagai sumber cahaya. Pada gambar terlihat bahwa besarnya nilai arus tidaklah linear. Melainkan terdapat fluktuasi. Hal ini bisa saja terjadi karena tegangan sumber yang turun saat melakukan pengukuran. Pada gambar dapat dilihat bahwa arus maksimum pada sel surya I,II,III pada $P = 1000$ W sebesar 518 mV. Sedangkan nilai minimumnya diperoleh pada sel surya I,II,III pada $P = 50$ W sebesar 6 mA.

Jika dibandingkan hasil pengukuran tegangan keluaran terbuka $V_{o,c}$ dan arus keluaran kedua sumber yang berbeda, untuk nilai $V_{o,c}$ menggunakan sumber cahaya matahari lebih baik dibandingkan menggunakan lampu halogen. Terlihat nilai tegangan yang dihasilkan pada sumber cahaya matahari lebih besar dimana

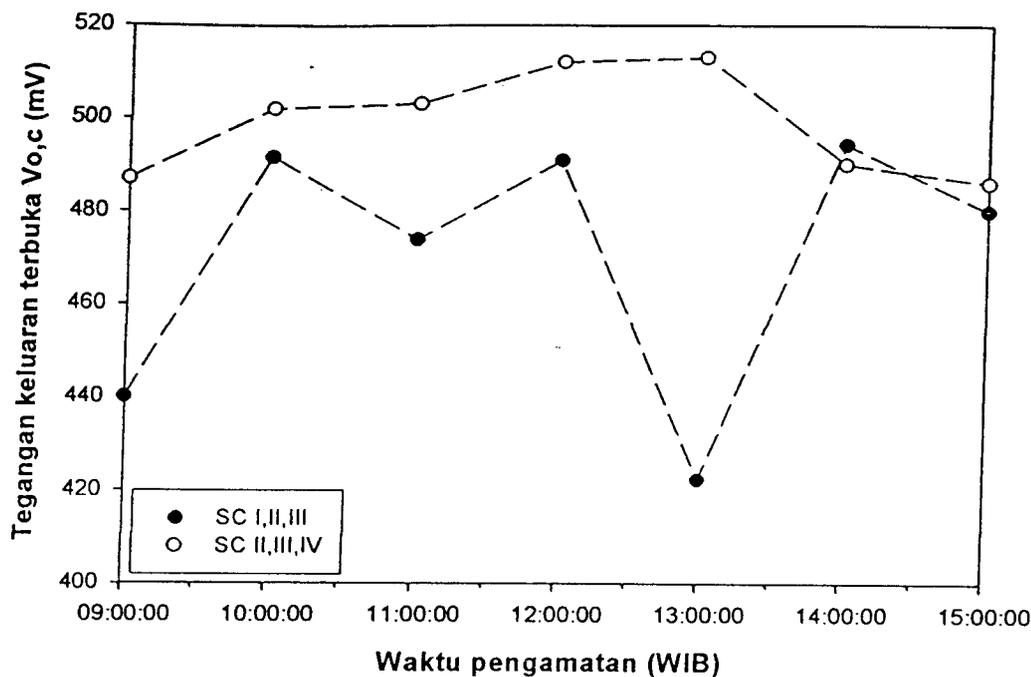
nilai maksimum mencapai 1022 mV yang pada lampu halogen hanya mencapai 910 mV. Tetapi untuk perbandingan nilai arus keluaran pada lampu halogen menghasilkan nilai yang lebih baik yaitu sebesar 518 mA.

4.2.2.2. Perbandingan Tegangan Keluaran dan Arus Pada Rangkaian Paralel

Pada gambar 4.6.a. dan 4.6.b. dapat di lihat pada pukul 09.00 WIB secara keseluruhan baik nilai tegangan maupun arus memiliki nilai minimum. Hal ini di karenakan intensitas cahaya matahari yang masih kecil dan juga dikarenakan awan yang menutupi sinar matahari sehingga menghalangi sinar matahari sampai ke permukaan. Harga tegangan dan arus menunjukkan peningkatan hingga mencapai nilai maksimum pada grafik pada pukul 12.00 WIB dan ada yang bernilai maksimum pada pukul 13.00 WIB. Hal ini dikarenakan intensitas cahaya matahari yang diterima semakin besar. Untuk tegangan keluaran maksimum di hasilkan pada rangkaian sel surya II,III,IV sebesar 513 mV pada jam 13.00 WIB. Sedangkan harga minimum ditunjukkan pada rangkain sel surya I,II,III sebesar 405 mV pada jam 13.00 WIB.

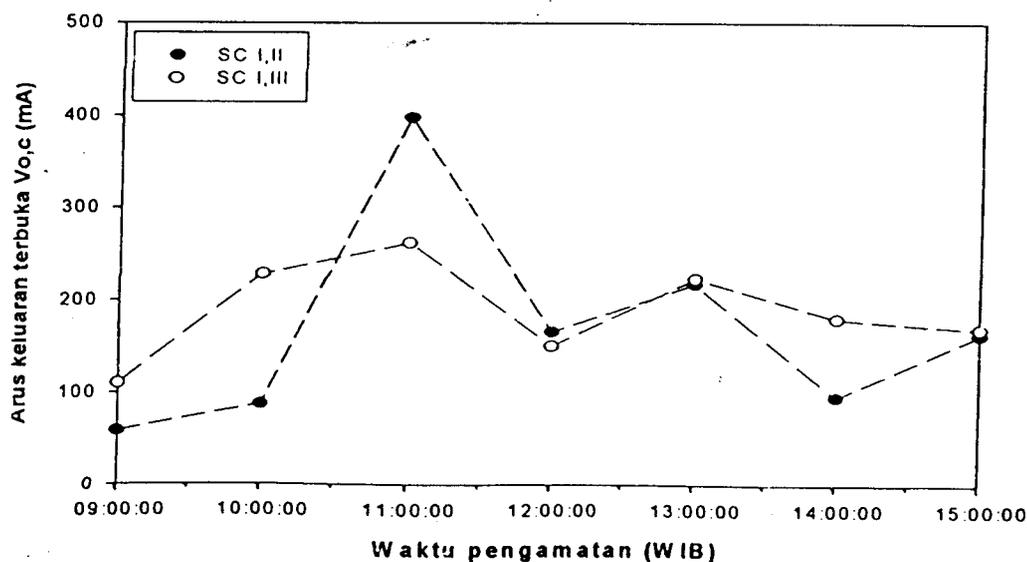


Gambar 4.6.a. Hubungan tegangan keluaran terbuka sel surya I,II dan I,III yang dipasang paralel dengan sumber cahaya matahari

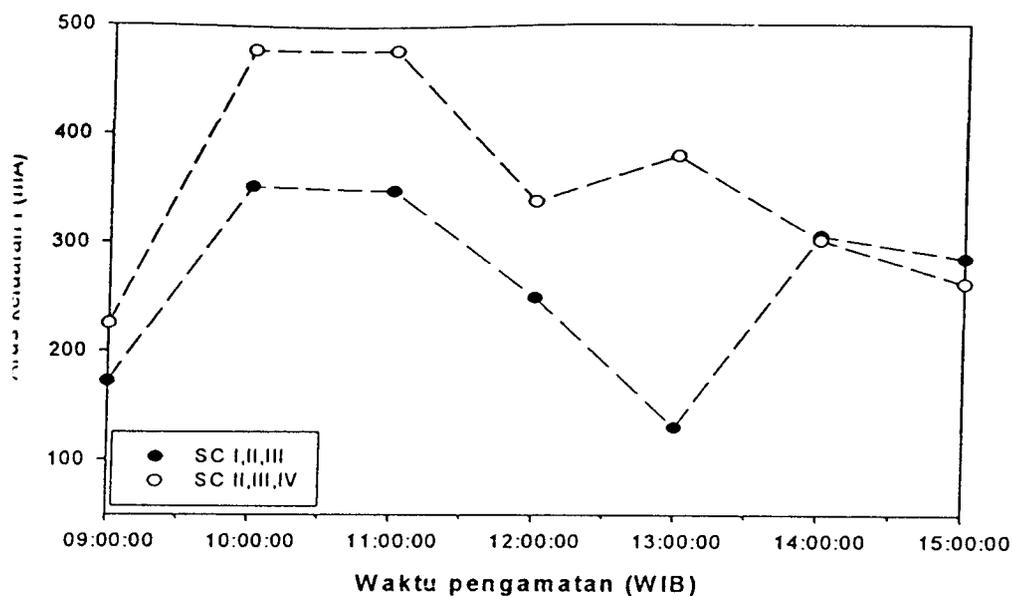


Gambar 4.6.b. Hubungan tegangan keluaran terbuka sel surya I,II,III dan II,III,IV yang dipasang paralel dengan sumber cahaya matahari

Sedangkan untuk arus, pada gambar 4.6.c. dan 4.6.d diperoleh arus maksimum yang dihasilkan terlihat pada rangkaian sel surya II,III,IV sebesar 478,2 mA pada pukul 10.00 WIB. Sedangkan untuk arus minimum diperoleh pada sel surya I,II pada pukul 09.00 WIB sebesar 58,8 mA.



Gambar 4.6.c. Hubungan arus keluaran sel surya I,II dan I,III yang dipasang paralel dengan sumber cahaya matahari

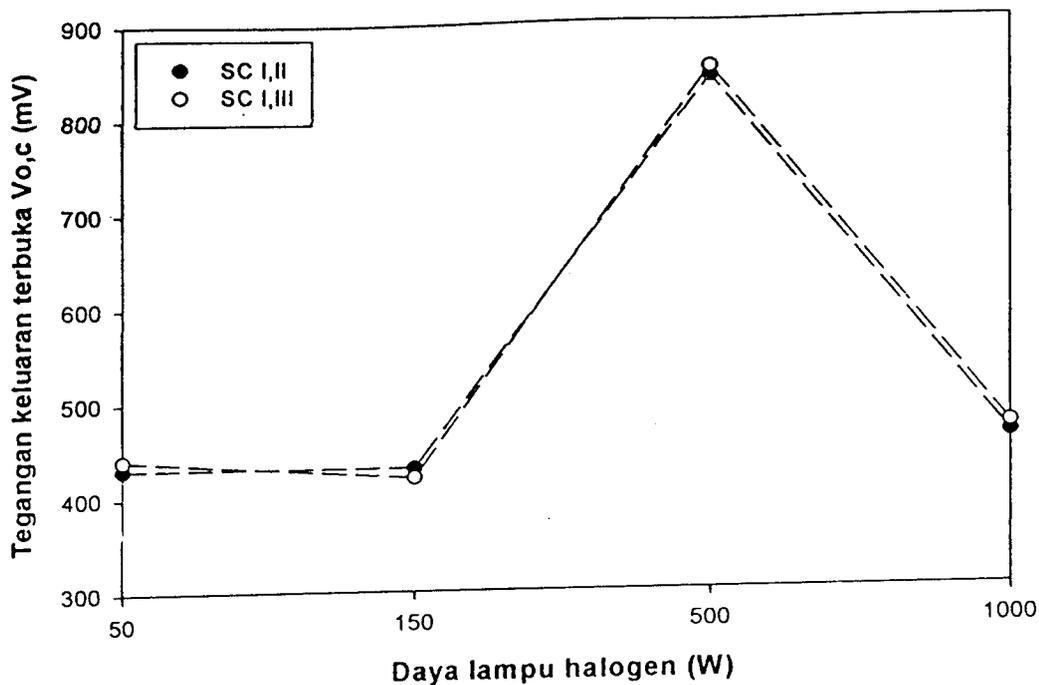


Gambar 4.6.d. Hubungan arus keluaran sel surya I,II,III dan II,III,IV yang dipasang paralel dengan sumber cahaya matahari

Tabel 4.3. Nilai V dan I pada pengamatan sel surya yang dipasang paralel dengan sumber cahaya matahari

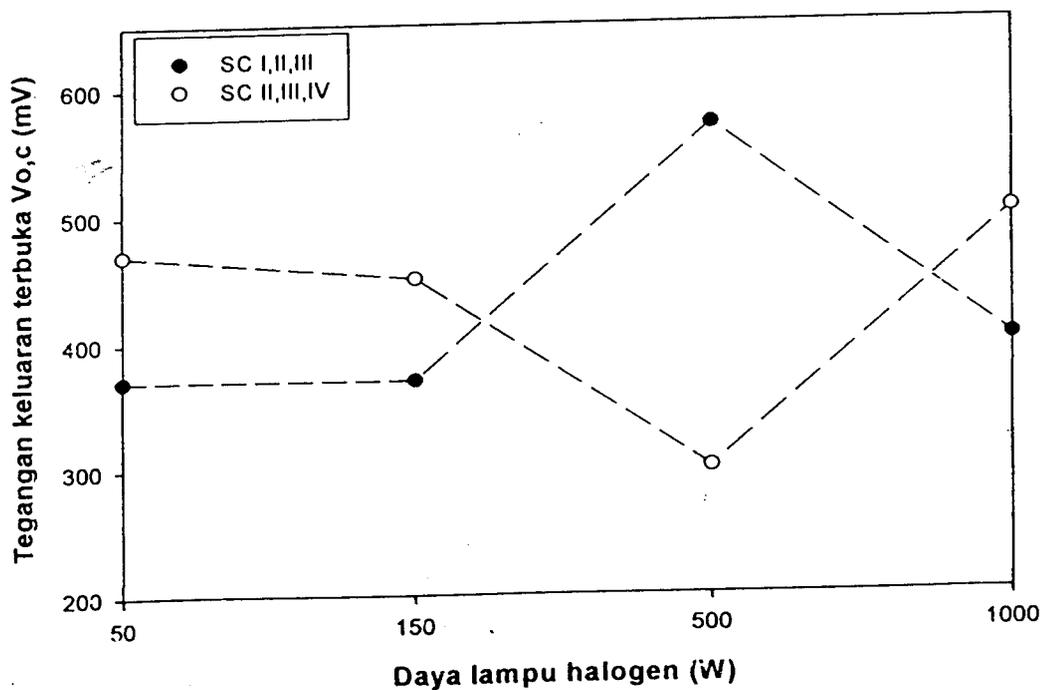
Waktu Pengamatan	Sel surya I,II		Sel surya I,III		Sel surya II,III,IV		Sel surya I,II,III	
	V (mV)	I (mA)	V (mV)	I (mA)	V (mV)	I (mA)	V (mV)	I (mA)
09:00	413	58.8	434	110.2	487	225.5	425	135.8
10:00	413	87.7	489	228.7	502	478.2	483	335.2
11:00	512	397.3	493	262.1	503	477.8	463	331
12:00	505	165.7	492	150.3	512	337.6	482	221.2
13:00	503	217.7	506	223.6	513	379.2	405	88.8
14:00	466	95.3	474	180	490	301.8	486	284.2
15:00	490	162.2	470	168.7	486	262.1	470	261.1

Secara keseluruhan baik nilai tegangan maupun arus yang di hasilkan mengalami fluktuasi yang beragam setiap waktu pengamatan. Hal ini di karenakan saat melakukan pengukuran terjadi perubahan cuaca yang cepat.



Gambar 4.6.e. Hubungan tegangan keluaran terbuka sel surya I,II dan I,III yang dipasang paralel dengan sumber cahaya lampu halogen

Pada gambar 4.6.e. dan 4.6.f memperlihatkan hubungan tegangan keluaran terbuka $V_{o,c}$ menggunakan lampu halogen sebagai sumber cahaya.

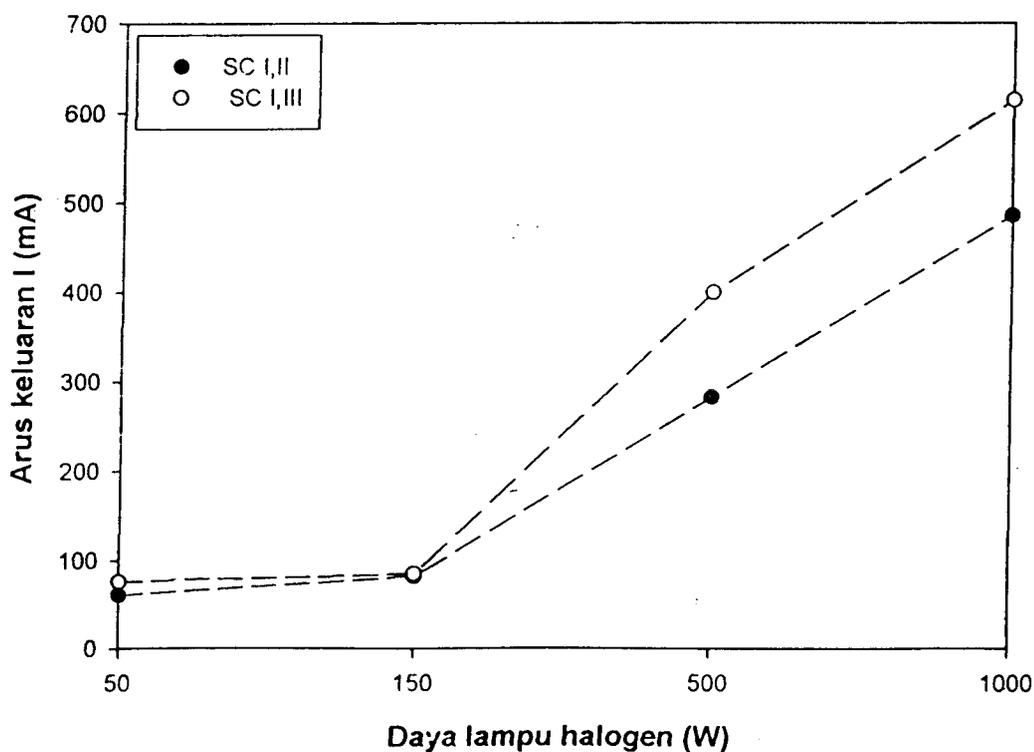


Gambar 4.6.f. Hubungan tegangan keluaran terbuka sel surya I,II,III dan II,III,IV yang dipasang paralel dengan sumber cahaya lampu halogen

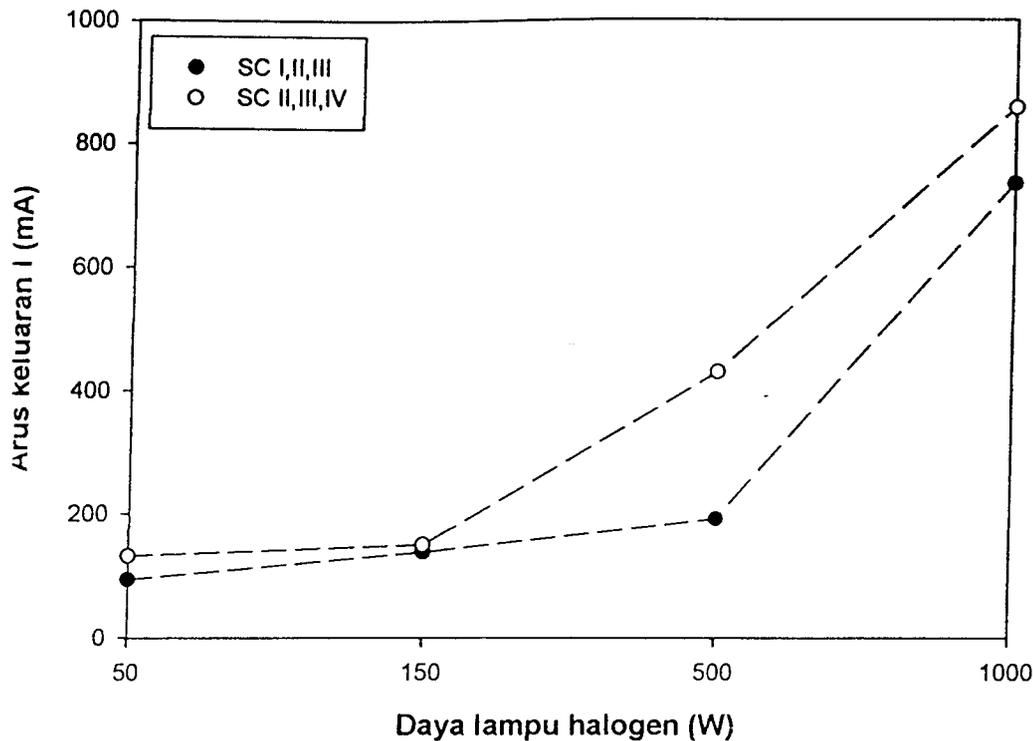
Pada gambar terlihat bahwa besarnya nilai tegangan tidaklah linear. Melainkan terdapat fluktuasi. Hal ini bisa saja terjadi karena tegangan sumber yang turun saat melakukan pengukuran. Pada gambar dapat dilihat bahwa tegangan maksimum pada sel surya I,II pada $P = 500 \text{ W}$ sebesar 840 mV . Sedangkan nilai minimumnya diperoleh pada sel surya I,II,III pada $P = 50 \text{ W}$ dan $P = 150 \text{ W}$ dan pada sel surya I,III pada $P = 50 \text{ W}$ sebesar 420 mV .

Tabel 4.4. Nilai V dan I pada pengamatan sel surya yang dipasang paralel dengan sumber cahaya lampu halogen

Daya Lampu (W)	Sel surya I,II		Sel surya I,II,III		Sel surya I,III		Sel surya II,III,IV	
	V (mV)	I (mA)	V (mV)	I (mA)	V (mV)	I (mA)	I (mA)	I (mA)
50	430	60	420	94	440	76	470	132
150	430	81	420	138	420	84	450	150
500	840	282	620	192	460	399	300	430
1000	460	485	450	735	470	614	500	858



Gambar 4.6.g. Hubungan arus keluaran sel surya I,II dan I,III yang dipasang paralel dengan sumber cahaya lampu halogen



Gambar 4.6.h. Hubungan arus keluaran sel surya I,II,III dan II,III,IV yang dipasang paralel dengan sumber cahaya lampu halogen

Pada gambar 4.6.g. dan 4.6.h memperlihatkan hubungan arus keluaran menggunakan lampu halogen sebagai sumber cahaya. Pada gambar terlihat bahwa besarnya nilai arus tidaklah linear. Melainkan terdapat fluktuasi. Hal ini bisa saja terjadi karena tegangan sumber yang turun saat melakukan pengukuran. Pada gambar dapat dilihat bahwa arus maksimum pada sel surya II,III,IV pada $P = 1000 \text{ W}$ sebesar 858 mA . Sedangkan nilai minimumnya diperoleh pada sel surya I,II pada $P = 50 \text{ W}$ sebesar 60 mA .

Jika dibandingkan hasil pengukuran tegangan keluaran terbuka $V_{o,c}$ dan arus keluaran kedua sumber yang berbeda, untuk nilai $V_{o,c}$ menggunakan sumber cahaya matahari lebih baik dibandingkan menggunakan lampu halogen. Tetapi secara garis besar nilai tegangan yang dihasilkan tidak terlalu jauh perbedaannya.

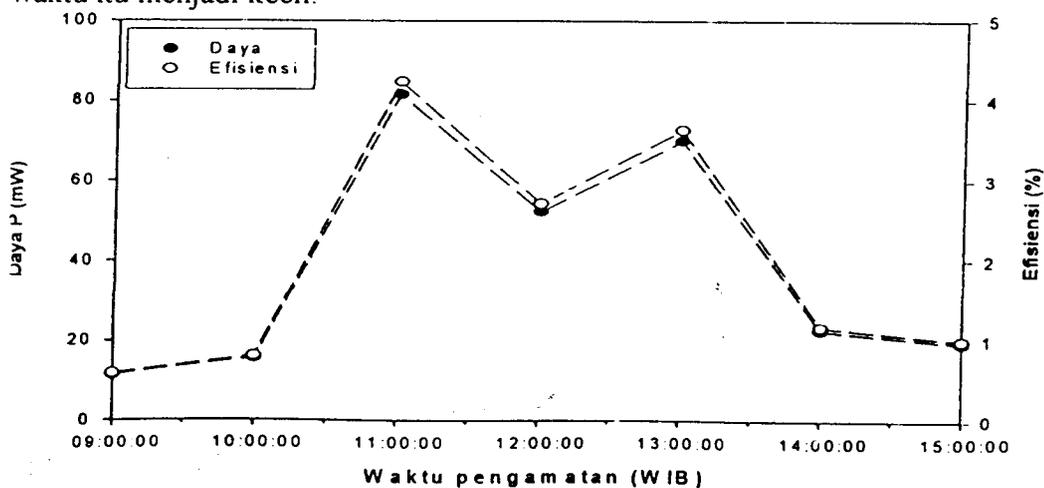
Terlihat nilai tegangan yang dihasilkan pada sumber cahaya matahari lebih besar walaupun pada lampu halogen bias mencapai 840 mV. Tetapi untuk perbandingan nilai arus keluaran pada lampu halogen menghasilkan nilai yang lebih baik yaitu sebesar 858 mA. Tetapi jika dilihat pada arus yang dihasilkan dengan sumber cahaya matahari, kisaran nilai yang diperoleh berada pada rentang 50-500 mA. Berbeda dengan menggunakan lampu halogen, rentang nilai arus yang dihasilkan berkisar pada 10-200 mA.

4.2.3. Perbandingan Daya dan Efisiensi Pada Rangkaian Tunggal

4.2.3.1. Sel Surya I

Pada gambar 4.7.a. menunjukkan nilai daya dan efisiensi sel surya. Pada gambar dapat dilihat bahwa pada pukul 11.00 WIB memiliki nilai daya yang maksimum sebesar 81,5 mW dan memiliki nilai minimum pada pukul 09.00 WIB sebesar 11,4 mW.

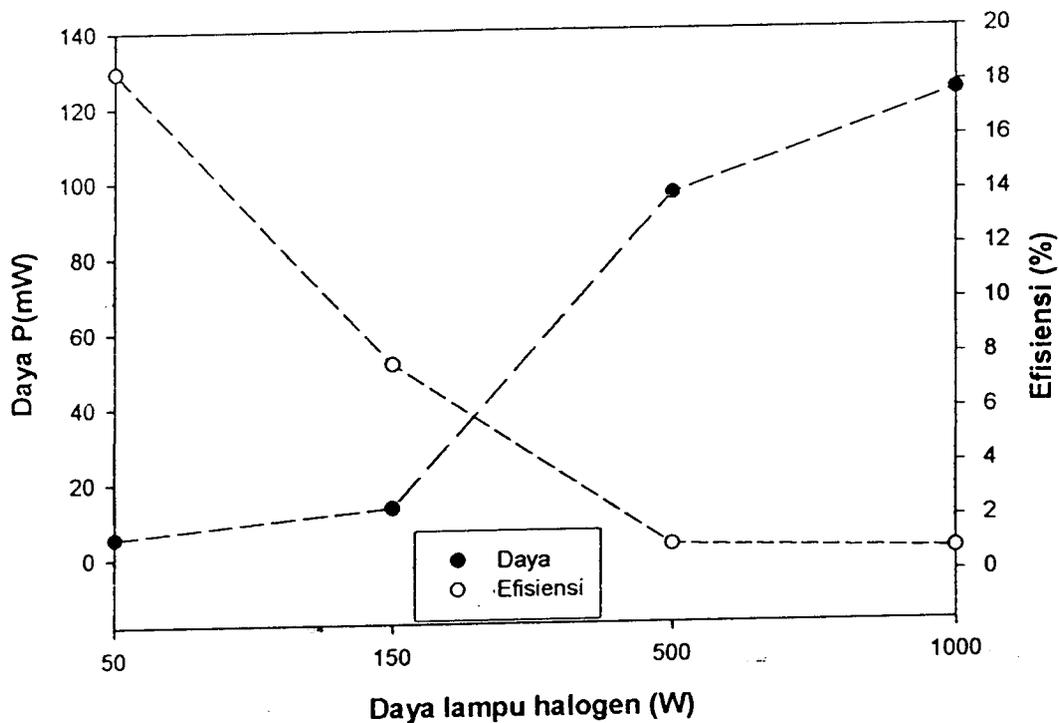
Pada gambar terlihat baik nilai daya maupun efisiensi terjadi penurunan pada pukul 12.00 WIB dan 14.00 WIB. Hal ini karena intensitas cahaya pada waktu itu menjadi kecil.



Jambar 4.7.a. Hubungan daya dan efisiensi pada sel surya I dengan menggunakan cahaya matahari

Sedangkan untuk nilai efisiensi memiliki nilai maksimum 4,2% pada pukul 11.00 WIB dan bernilai minimum pada pukul 09.00 WIB sebesar 0,5%.

Sedangkan untuk sel surya yang menggunakan lampu halogen sebagai sumber cahaya menunjukkan nilai Daya maksimum pada $P = 1000 \text{ W}$ sebesar 123,2 mW dan bernilai minimum pada $P = 50 \text{ W}$ sebesar 5,4 mW. Sedangkan untuk nilai efisiensi dapat dilihat bahwa nilai maksimum dihasilkan pada $P = 50 \text{ W}$ sebesar 18,5%. Untuk nilai minimum diperoleh pada $P = 1000 \text{ W}$ sebesar 0,8%.

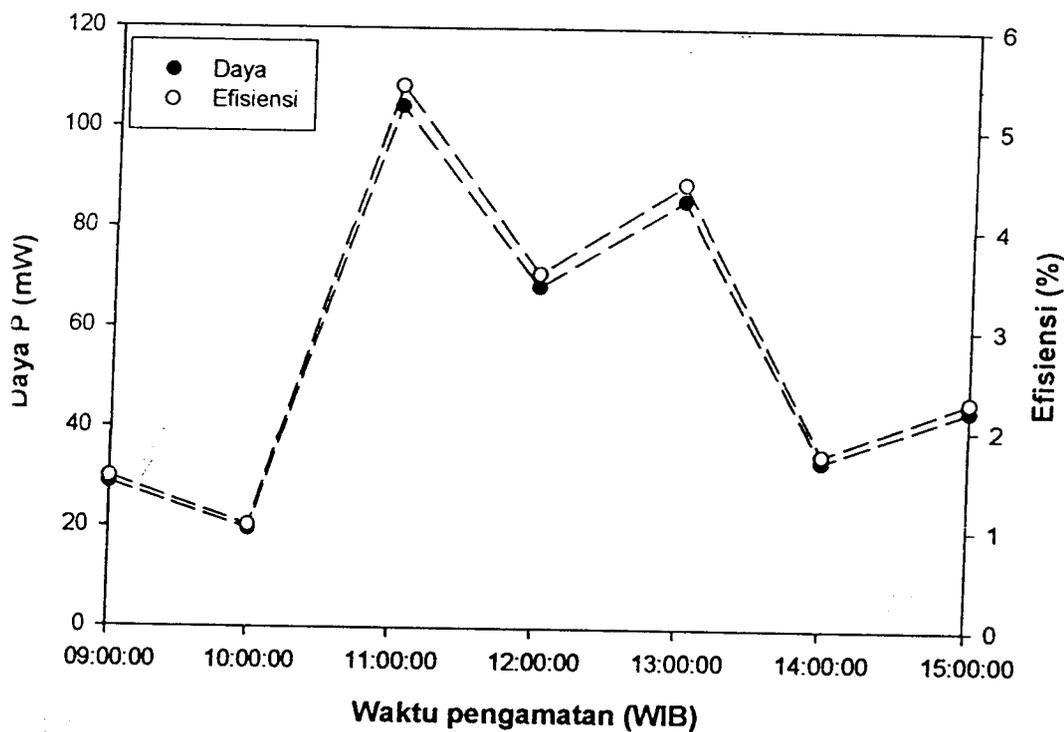


Gambar 4.7.b. Hubungan daya dan efisiensi pada sel surya I dengan menggunakan lampu halogen

Jika dibandingkan antara sumber cahaya matahari dan lampu halogen, sel surya yang menggunakan sumber lampu halogen menghasilkan nilai daya yang lebih baik dibandingkan menggunakan cahaya matahari. Begitu juga untuk nilai efisiensi yang dihasilkan.

4.2.3.2. Sel Surya II

Pada gambar 4.8.a. menunjukkan nilai daya dan efisiensi sel surya. Pada gambar dapat dilihat bahwa pada pukul 11.00 WIB memiliki nilai daya yang maksimum sebesar 104,3 mW dan memiliki nilai minimum pada pukul 10.00 WIB sebesar 19,6 mW.



Gambar 4.8.a. Hubungan daya dan efisiensi pada sel surya II dengan menggunakan cahaya matahari

Pada gambar terlihat baik nilai daya maupun efisiensi terjadi penurunan pada pukul 10.00 WIB, 12.00 WIB dan 14.00 WIB. Hal ini karena intensitas cahaya pada waktu itu menjadi kecil. Sedangkan untuk nilai efisiensi memiliki nilai maksimum 5,4% pada pukul 11.00 WIB dan bernilai minimum pada pukul 10.00 WIB sebesar 1%.

maksimum sebesar 61 mW dan memiliki nilai minimum pada pukul 10.00 WIB sebesar 12,5 mW.

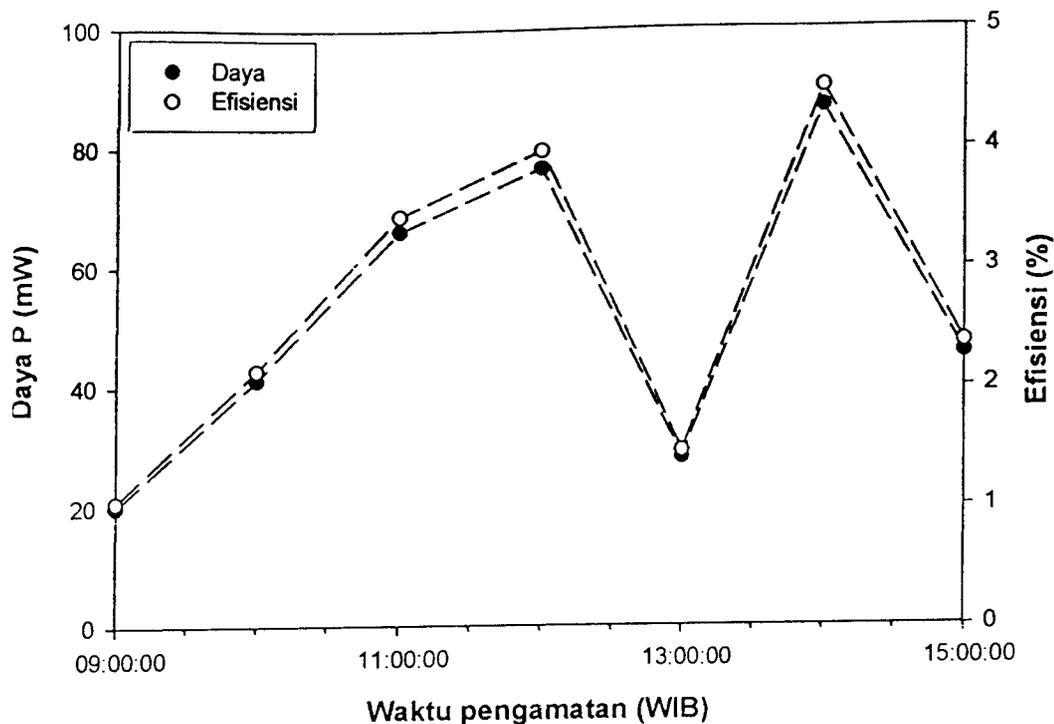
Pada gambar terlihat baik nilai daya maupun efisiensi terjadi penurunan pada pukul 12.00 WIB, 14.00 WIB dan 15.00 WIB. Hal ini karena intensitas cahaya pada waktu itu menjadi kecil. Sedangkan untuk nilai efisiensi memiliki nilai maksimum 3,2% pada pukul 13.00 WIB dan bernilai minimum pada pukul 10.00 WIB sebesar 0,6%.

Sedangkan untuk sel surya yang menggunakan lampu halogen sebagai sumber cahaya menunjukkan nilai Daya maksimum pada $P = 500 \text{ W}$ sebesar 136,9 mW dan bernilai minimum pada $P = 50 \text{ W}$ sebesar 15,7 mW. Sedangkan untuk nilai efisiensi dapat dilihat bahwa nilai maksimum dihasilkan pada $P = 150 \text{ W}$ sebesar 6,5%. Untuk nilai minimum diperoleh pada $P = 500 \text{ W}$ sebesar 0,7%.

Jika dibandingkan, sel surya yang menggunakan sumber lampu halogen menghasilkan daya dan efisiensi yang lebih baik. Hal ini tentunya dikarenakan intensitas cahaya lampu cenderung konstan jika dibandingkan dengan cahaya matahari yang berubah-ubah setiap saat.

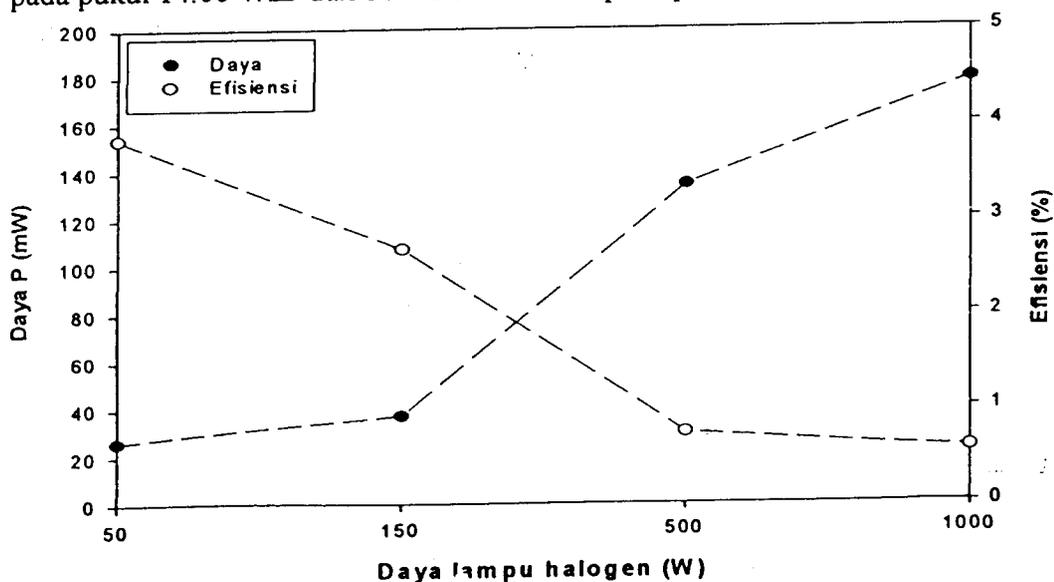
4.2.3.4. Sel Surya IV

Pada gambar 4.10.a. menunjukkan nilai daya dan efisiensi sel surya. Pada gambar dapat dilihat bahwa pada pukul 14.00 WIB memiliki nilai daya yang maksimum sebesar 86,7 mW dan memiliki nilai minimum pada pukul 09.00 WIB sebesar 19,9 mW.



Gambar 4.10.a. Hubungan daya dan efisiensi pada sel surya IV dengan menggunakan cahaya matahari

Pada gambar terlihat baik nilai daya maupun efisiensi terjadi penurunan pada pukul 13.00 WIB dan 15.00 WIB. Hal ini karena intensitas cahaya pada waktu itu menjadi kecil. Sedangkan untuk nilai efisiensi memiliki nilai maksimum 4,5% pada pukul 14.00 WIB dan bernilai minimum pada pukul 09.00 WIB sebesar 1%.

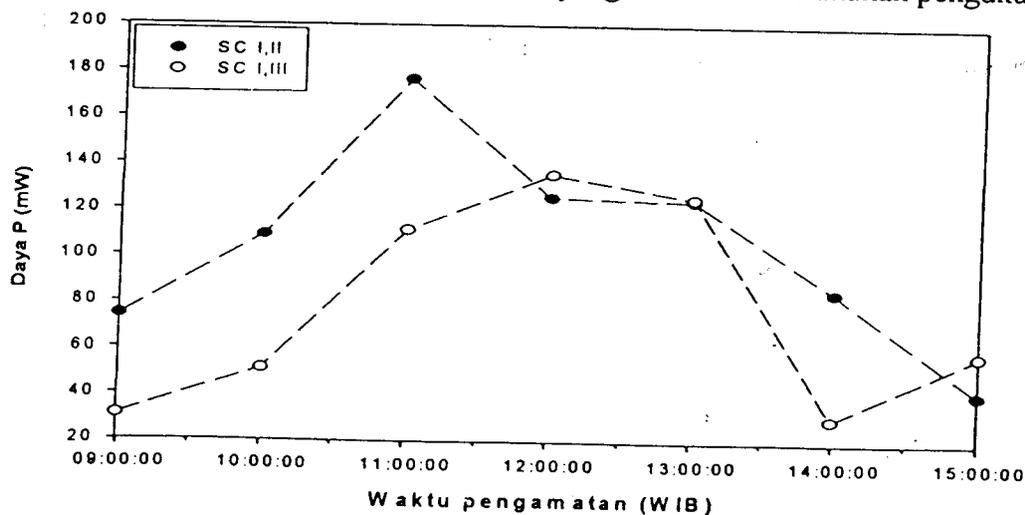


Gambar 4.10.b. Hubungan daya dan efisiensi pada sel surya IV dengan menggunakan lampu halogen

Sedangkan untuk sel surya yang menggunakan lampu halogen sebagai sumber cahaya menunjukkan nilai Daya maksimum pada $P = 1000 \text{ W}$ sebesar 178 mW dan bernilai minimum pada $P = 50 \text{ W}$ sebesar 26 mW . Sedangkan untuk nilai efisiensi dapat dilihat bahwa nilai maksimum dihasilkan pada $P = 50 \text{ W}$ sebesar $3,8\%$. Untuk nilai minimum diperoleh pada $P = 1000 \text{ W}$ sebesar $0,5\%$. Jika dibandingkan, sel surya yang menggunakan sumber lampu halogen menghasilkan daya dan efisiensi yang lebih baik. Hal ini tentunya dikarenakan intensitas cahaya lampu cenderung konstan jika dibandingkan dengan cahaya matahari yang berubah-ubah setiap saat.

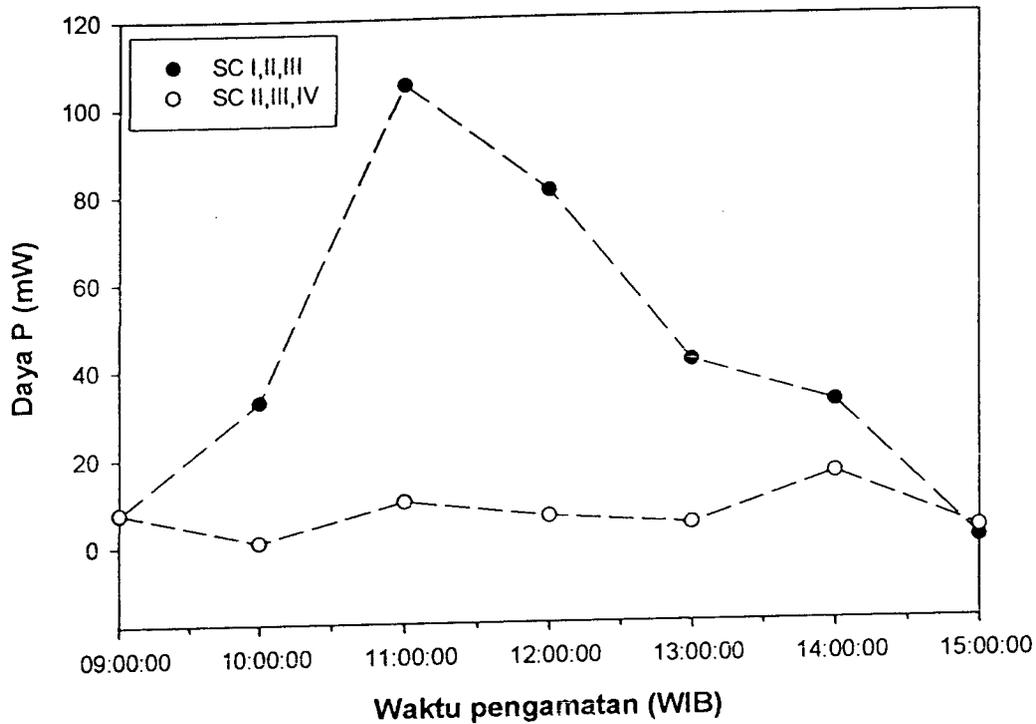
4.2.4. Perbandingan Daya dan Efisiensi Pada Rangkaian Seri

Pada gambar 4.11.a. dan 4.11.b. dapat di lihat grafik dari daya yang dihasilkan sel surya yang dirangkai seri. Pada gambar terlihat bahwa nilai daya untuk setiap rangkaian sel surya memiliki grafik yang fluktuasi. Ini tentunya dikarenakan nilai tegangan dan arus keluaran yang dihasilkan yang berfluktuasi yang disebabkan karena perubahan cuaca yang terjadi saat melakukan pengukuran.

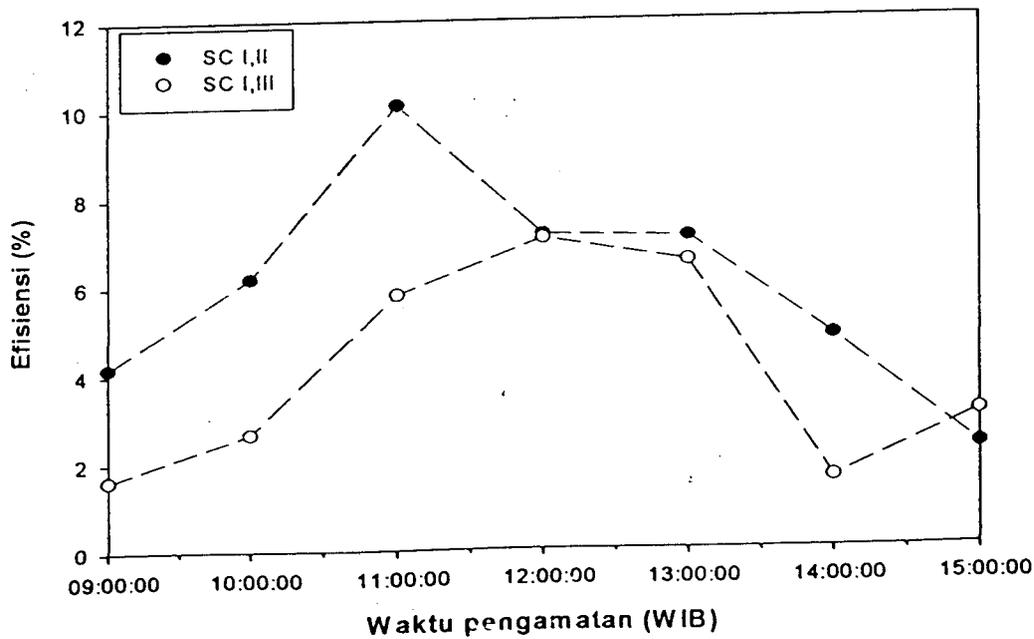


Gambar 4.11.a. Hubungan daya pada sel surya I,II dan I,III yang dipasang seri dengan menggunakan cahaya matahari

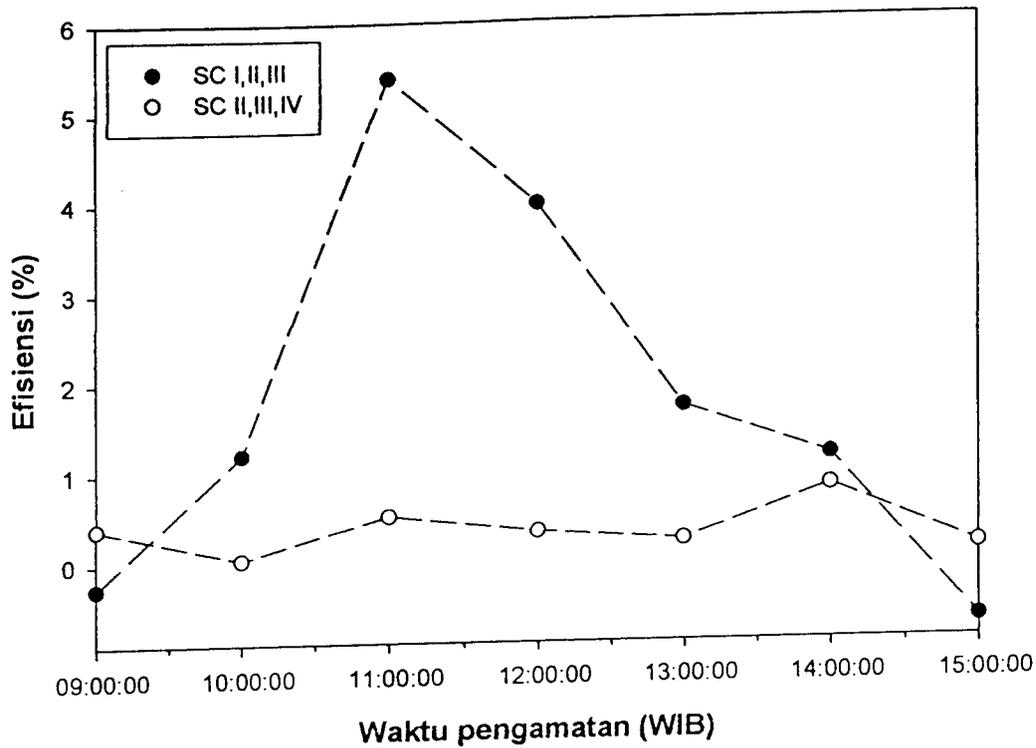
Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa nilai maksimum daya dihasilkan pada sel surya I,II pada pukul 11.00 WIB sebesar 193,9 mW. Sedangkan nilai minimum pada sel surya I,III pada pukul 14.00 WIB sebesar 30,3 mW.



Gambar 4.11.b. Hubungan daya pada sel surya I,II,III dan II,III,IV yang dipasang seri dengan menggunakan cahaya matahari



Gambar 4.11.c. Hubungan efisiensi pada sel surya I,II dan I,III yang dipasang seri dengan menggunakan cahaya matahari

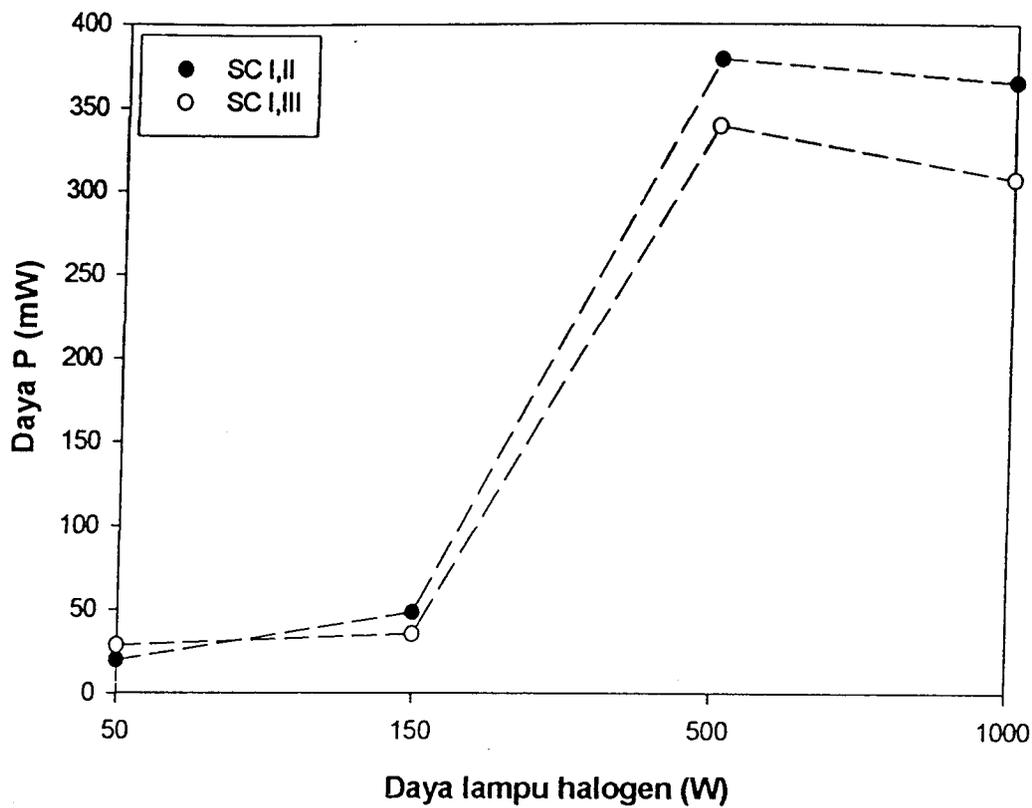


Gambar 4.11.d. Hubungan efisiensi pada sel surya I,II,III dan II,III,IV yang dipasang seri dengan menggunakan cahaya matahari

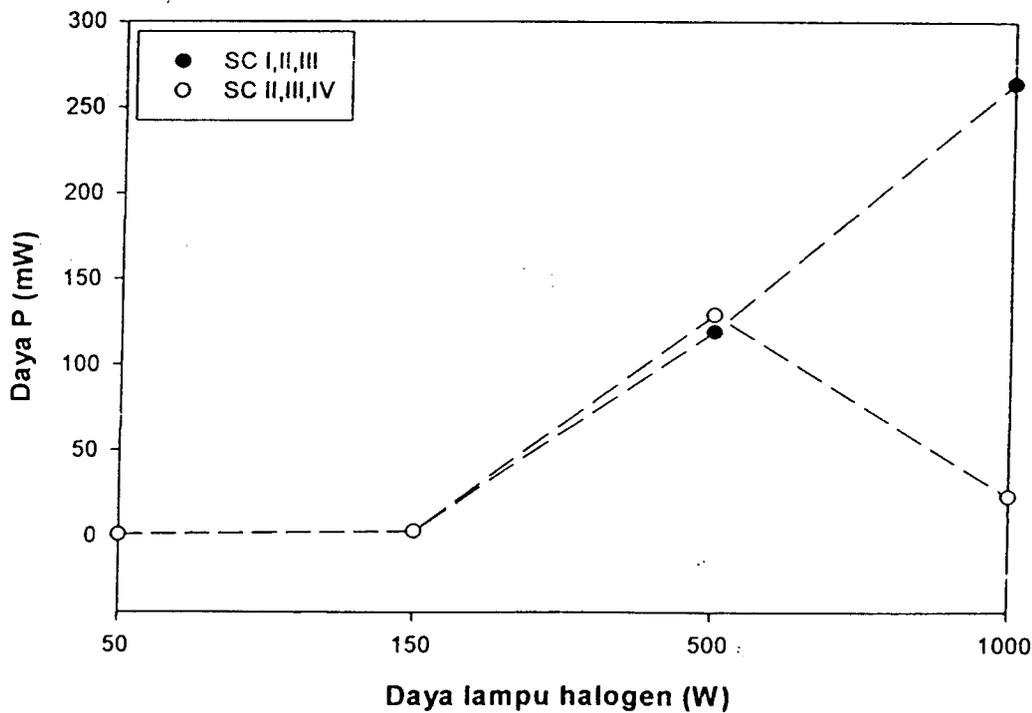
Pada gambar 4.11.c. dan 4.11.d dapat dilihat nilai efisiensi sel surya pada setiap variasi rangkaian sel surya. Dapat dilihat bahwa nilai maksimum diperoleh pada sel surya I,II sebesar 10% pada pukul 11.00 WIB. Sedangkan nilai minimum ditunjukkan pada sel surya I,II,III sebesar 0,3% pada pukul 09.00 WIB.

Tabel 4.5. Nilai P dan η pada pengamatan sel surya yang dipasang seri dengan sumber cahaya matahari

Waktu Pengamatan	Sel surya i,II		Sel surya I,III		Sel surya I,II,III		Sel surya II,III,IV	
	P (mW)	η (%)	P (mW)	η (%)	P (mW)	η (%)	P (mW)	η (%)
09:00	80,2	4,17	30,9	1,6	7,4	0,3	80,2	4,1
10:00	119	6,1	51,1	2,6	32,6	1,6	119	6,1
11:00	193,9	10	111,3	5,7	104,8	5,4	193,9	10
12:00	137,3	7,1	135,6	7	80,3	4,1	137,3	7,1
13:00	135,9	7	125,4	6,5	41,3	2,1	135,9	7
14:00	92,3	4,7	30,3	1,5	31,7	1,6	92,3	4,7
15:00	43,7	2,2	58,2	3,02	0,2	0,01	43,7	2,2

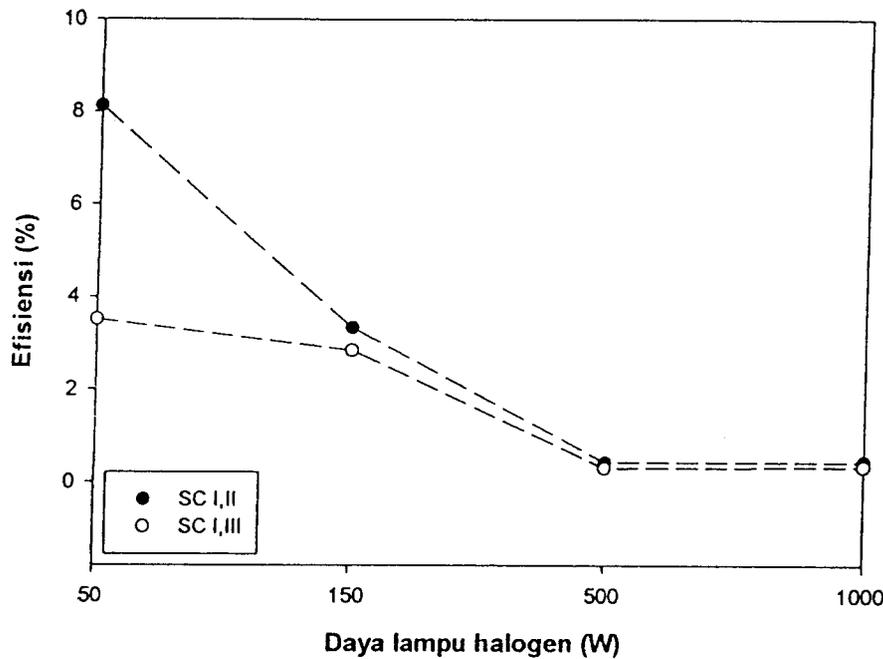


Gambar 4.11.e. Hubungan daya pada sel surya I,II dan I,III yang dipasang seri dengan menggunakan lampu halogen

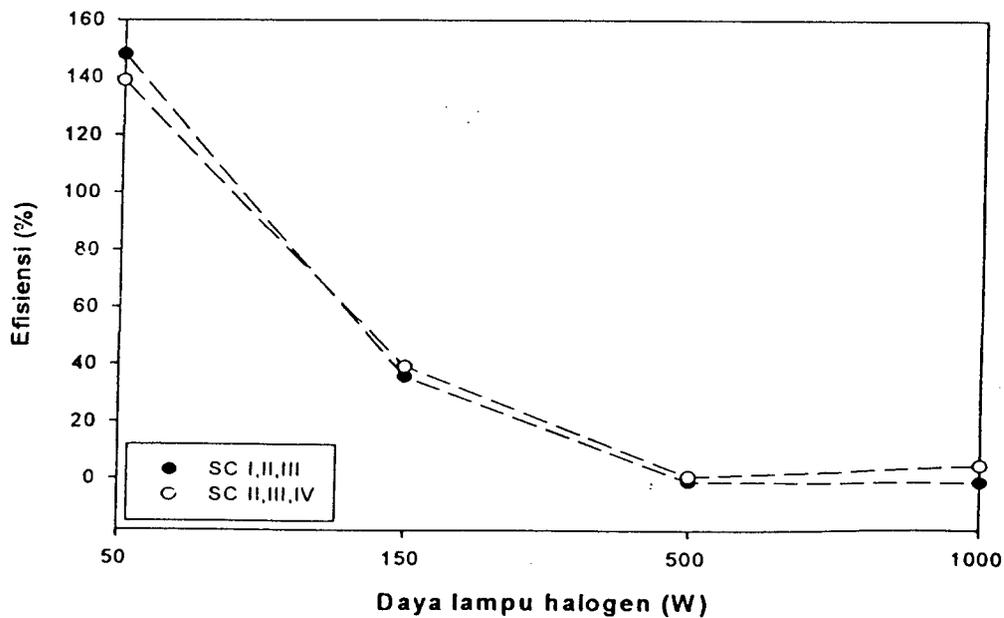


Gambar 4.11.f. Hubungan daya pada sel surya I,II,III dan II,III,IV yang dipasang seri dengan menggunakan lampu halogen

Pada gambar 4.11.e dan 4.11.f menunjukkan nilai daya yang dihasilkan pada rangkaian seri. Dari gambar dapat ditunjukkan bahwa nilai daya maksimum dihasilkan pada $P = 500\text{W}$ sebesar $339,1\text{ mW}$ pada sel surya I,III. Sedangkan nilai minimum diperoleh pada sel surya I,II,III pada $P = 150\text{ W}$ sebesar $0,6\text{ mW}$.



Gambar 4.11.g. Hubungan efisiensi pada sel surya I,II dan I,III yang dipasang seri dengan menggunakan lampu halogen



Gambar 4.11.h. Hubungan efisiensi pada sel surya I,II,III dan II,III,IV yang dipasang seri dengan menggunakan lampu halogen

Pada gambar 4.11.g dan 4.11.h. dapat dilihat bahwa nilai efisiensi maksimum diperoleh pada $P = 500 \text{ W}$ pada sel surya I,II sebesar 8,1% dan memiliki nilai minimum pada $P = 1000 \text{ W}$ pada sel surya I,III sebesar 0,2%.

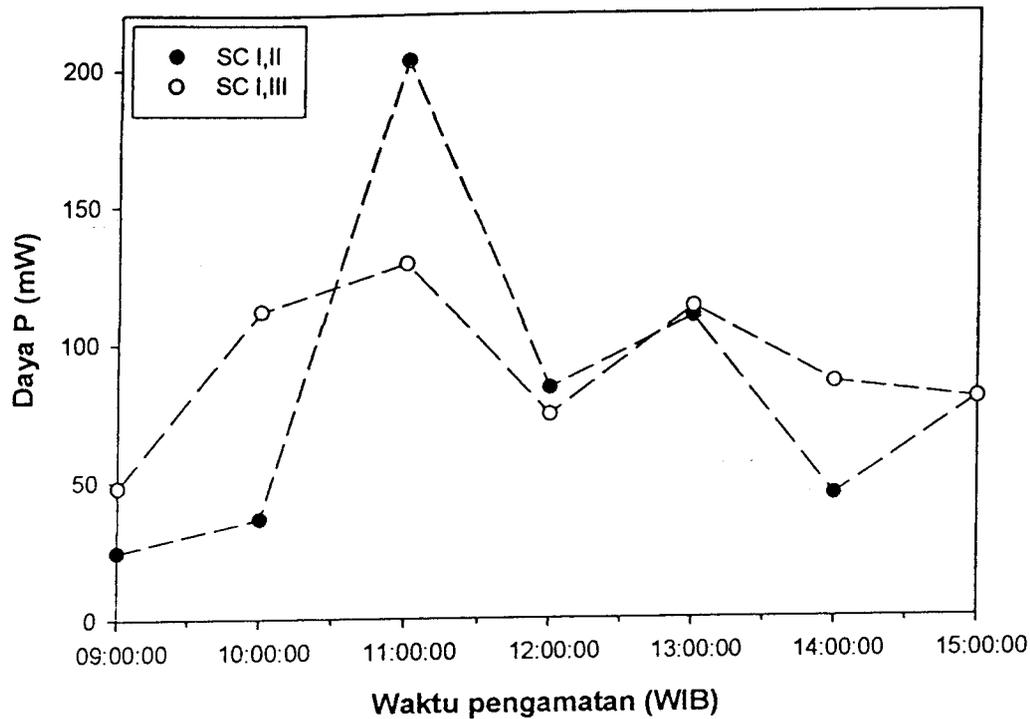
Tabel 4.6. Nilai P dan η pada pengamatan sel surya yang dipasang seri dengan sumber cahaya lampu halogen

Daya Lampu (W)	Sel surya I,II		Sel surya I,II,III		Sel surya I,III		Sel surya II,III,IV	
	P (mW)	η (%)	P (mW)	η (%)	P (mW)	η (%)	P (mW)	η (%)
50	12,3	8,1	28,4	3,5	0,6	166,6	0,7	13
150	30,1	3,3	35,2	2,8	2,4	41,6	2,5	39
500	236,8	0,4	339,1	0,2	119	0,8	129	0,7
1000	228,4	0,4	307,1	0,3	264,1	0,3	22,9	4,3

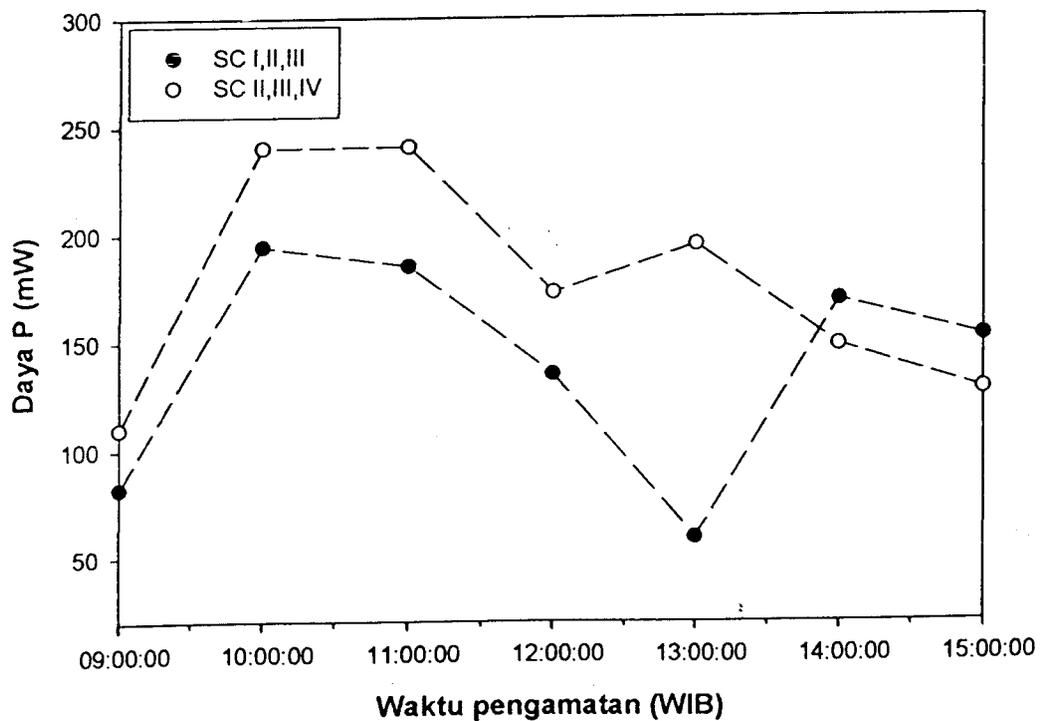
Jika dibandingkan, pada sel surya yang menggunakan sumber lampu halogen memiliki nilai yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan sumber cahaya matahari. Hal ini disebabkan karena sifat sumber lampu halogen yang konstan dibandingkan dengan sumber cahaya matahari yang bias berubah setiap saat ketika melakukan pengukuran.

4.2.5. Perbandingan Daya dan Efisiensi Pada Rangkaian Paralel

Pada gambar 4.12.a. dan 4.12.b. dapat di lihat grafik dari daya yang dihasilkan sel surya yang dirangkai paralel. Pada gambar terlihat bahwa nilai daya untuk setiap rangkaian sel surya memiliki grafik yang fluktuasi. Ini tentunya dikarenakan nilai tegangan dan arus keluaran yang dihasilkan yang berfluktuasi yang disebabkan karena perubahan cuaca yang terjadi saat melakukan pengukuran.

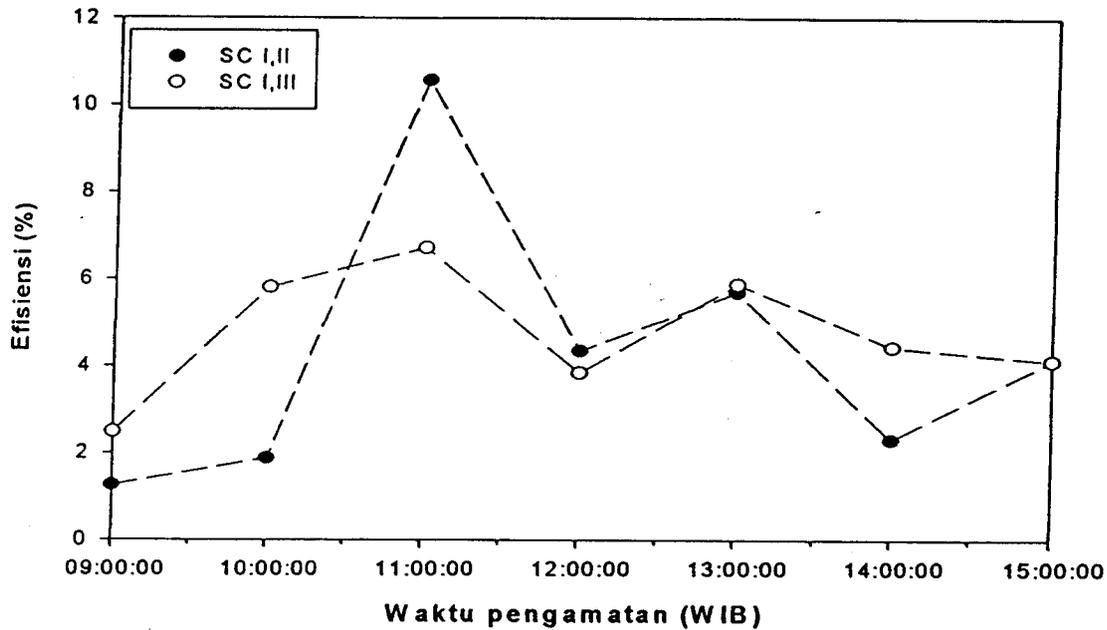


Gambar 4.12.a. Hubungan daya pada sel surya I,II dan I,III yang dipasang paralel dengan menggunakan cahaya matahari

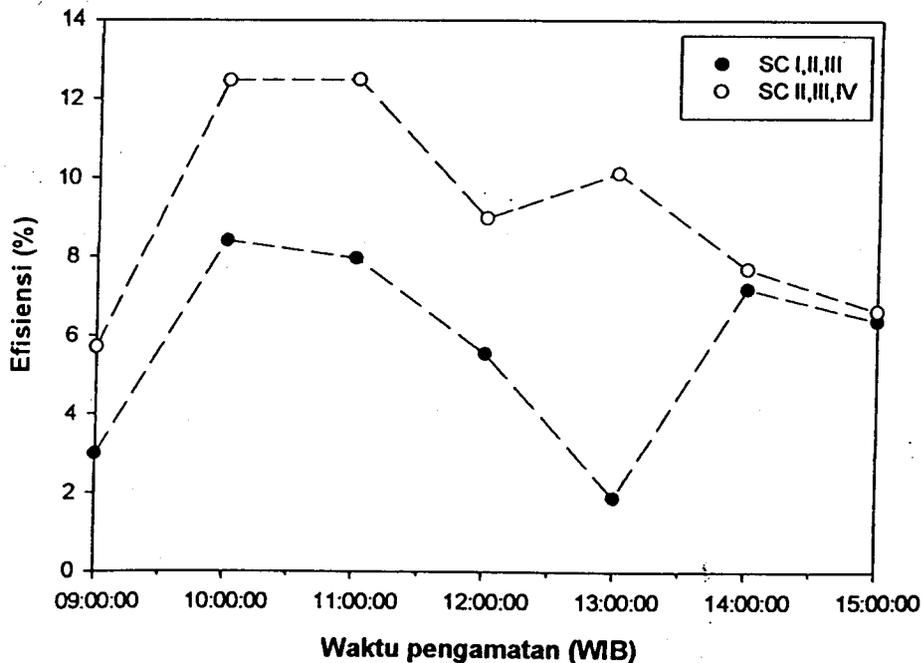


Gambar 4.12.b. Hubungan daya pada sel surya I,II,III dan II,III,IV yang dipasang paralel dengan menggunakan cahaya matahari

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa nilai maksimum daya dihasilkan pada sel surya II,II,IV pada pukul 11.00 WIB sebesar 240,3 mW. Sedangkan nilai minimum pada sel surya I,II pada pukul 09.00 WIB sebesar 24,2 mW.



Gambar 4.12.c. Hubungan efisiensi pada sel surya I,II dan I,III yang dipasang seri dengan menggunakan cahaya matahari

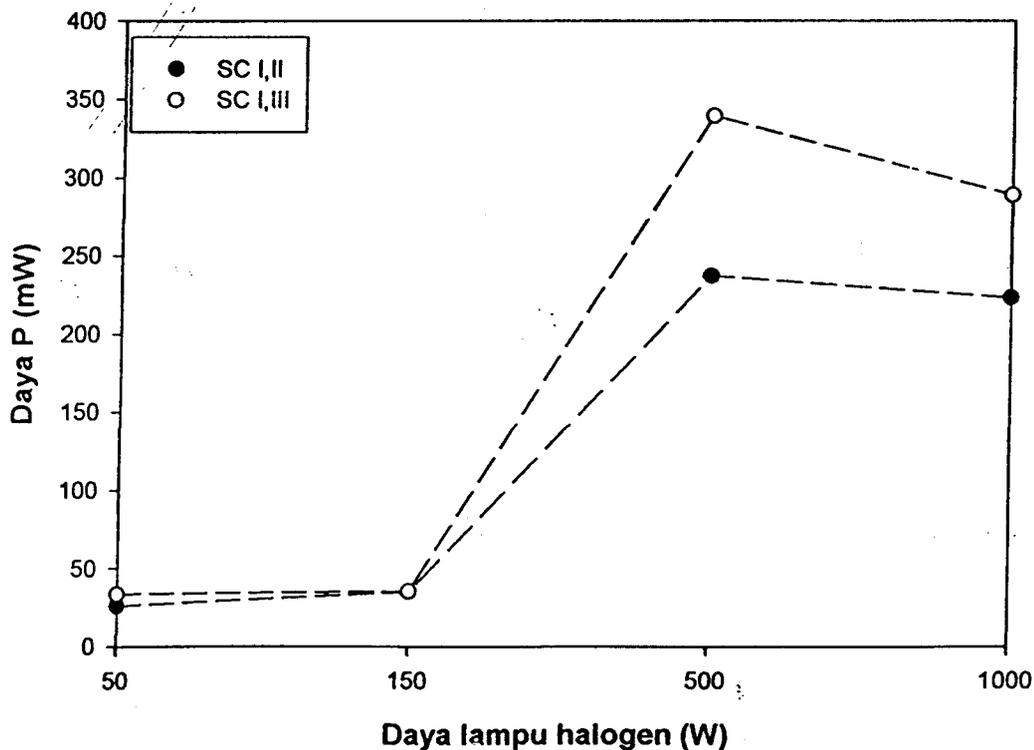


Gambar 4.12.d. Hubungan efisiensi pada sel surya I,II,III dan II,III,IV yang dipasang seri dengan menggunakan cahaya matahari

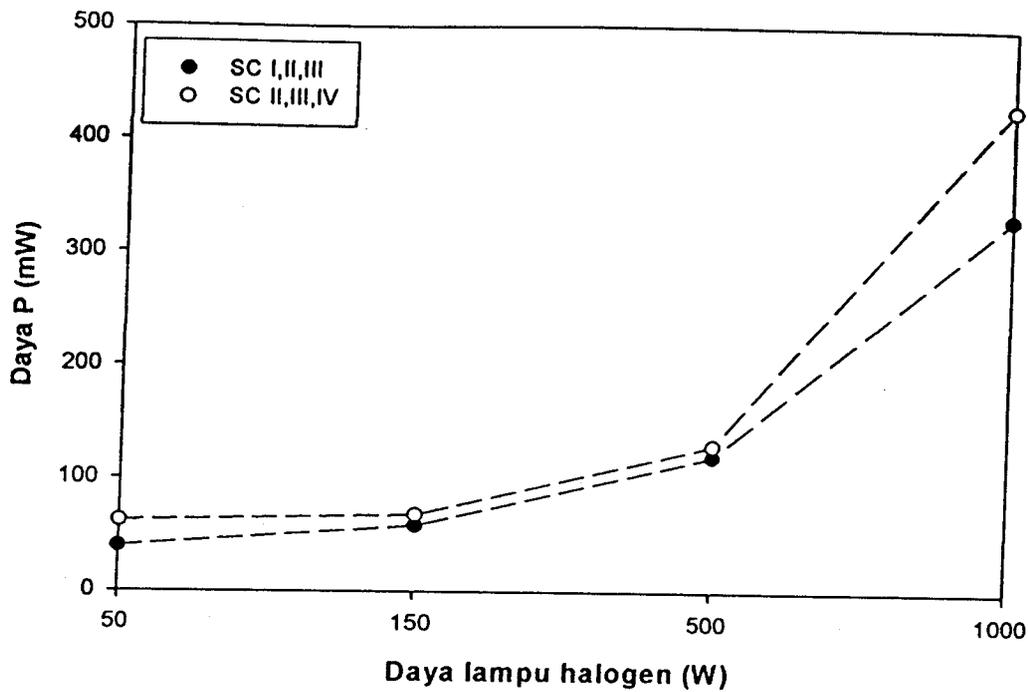
Pada gambar 4.12.c dan 4.12.d dapat dilihat nilai efisiensi sel surya pada setiap variasi rangkaian sel surya. Dapat dilihat bahwa nilai maksimum diperoleh pada sel surya II,III,IV sebesar 12,4% pada pukul 11.00 WIB. Sedangkan nilai minimum ditunjukkan pada sel surya I,II sebesar 1,2% pada pukul 09.00 WIB.

Tabel 4.7. Nilai P dan η pada pengamatan sel surya yang dipasang paralel dengan sumber cahaya matahari

Waktu Pengamatan	Sel surya I,II		Sel surya I,III		Sel surya I,II,III		Sel surya II,III,IV	
	P (mW)	η (%)	P (mW)	η (%)	P (mW)	η (%)	P (mW)	η (%)
09:00	24,2	1,2	47,8	2,4	57,7	2,9	109,8	5,7
10:00	36,2	1,8	111,8	5,8	161,9	8,4	240	12,4
11:00	203,4	10,5	129,2	6,7	153,2	7,9	240,3	12,8
12:00	83,6	4,3	73,9	3,8	106,6	5,5	172,8	8,9
13:00	109,5	5,6	113,1	5,8	35,9	1,8	194,5	10,1
14:00	44,4	2,3	85,3	4,4	138,1	7,1	147,8	7,6
15:00	79,4	4,1	79,2	4,1	122,7	6,3	127,3	6,6

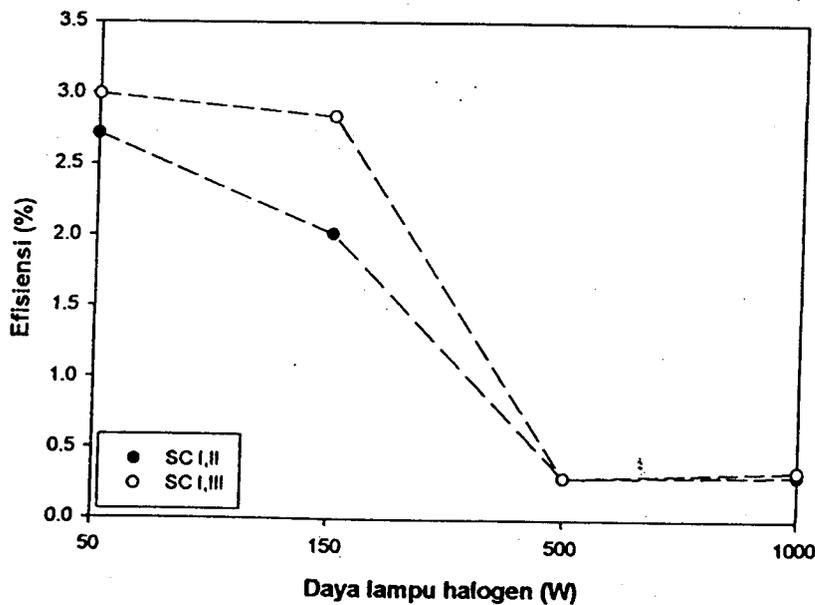


Gambar 4.12.e. Hubungan daya pada sel surya I,II dan I,III yang dipasang paralel dengan menggunakan lampu halogen



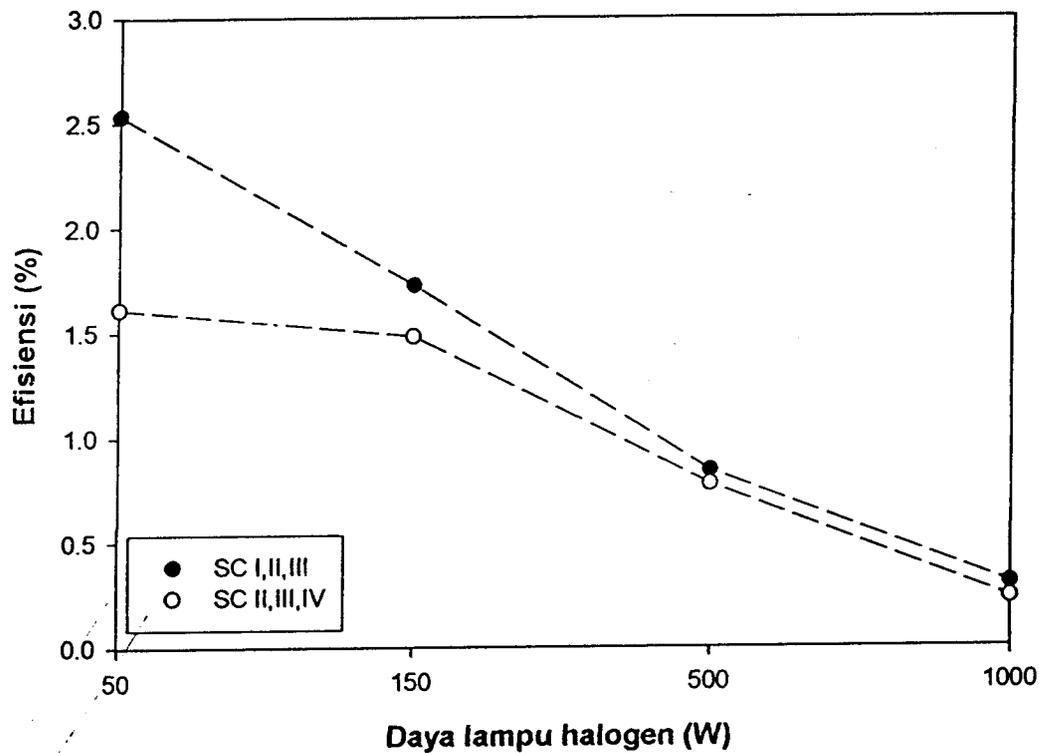
Gambar 4.12.f. Hubungan daya pada sel surya I,II,III dan II,III,IV yang dipasang paralel dengan menggunakan lampu halogen

Pada gambar 4.12.e dan 4.12f. menunjukkan nilai daya yang dihasilkan pada rangkaian paralel. Dari gambar dapat ditunjukkan bahwa nilai daya maksimum dihasilkan pada $P = 500\text{W}$ sebesar $339,1\text{ mW}$ pada sel surya I,III. Sedangkan nilai minimum diperoleh pada sel surya I,II pada $P = 150\text{ W}$ sebesar $25,8\text{ mW}$.



Gambar 4.12.g. Hubungan efisiensi pada sel surya I,II dan I,III yang dipasang paralel dengan menggunakan lampu halogen

Pada gambar 4.12.g dan 4.12.h dapat dilihat bahwa nilai efisiensi maksimum diperoleh pada $P = 50 \text{ W}$ pada sel surya I,II sebesar 3,8% dan memiliki nilai minimum pada $P = 1000 \text{ W}$ pada sel surya II,III,IV sebesar 0,2%.



Gambar 4.12.h. Hubungan efisiensi pada sel surya I,II,III dan II,III,IV yang dipasang paralel dengan menggunakan lampu halogen

Tabel 4.8. Nilai P dan η pada pengamatan sel surya yang dipasang paralel dengan sumber cahaya lampu halogen

Daya Lampu (W)	Sel surya I,II		Sel surya I,III		Sel surya I,II,III		Sel surya II,III,IV	
	P (mW)	η (%)	P (mW)	η (%)	P (mW)	η (%)	P (mW)	η (%)
50	25,8	3,8	33,4	2,9	39,4	2,5	62	1,6
150	34,8	2,8	35,2	2,8	57,9	1,7	67,5	1,5
500	236,8	0,4	339,1	0,2	119	0,8	129,5	0,7
1000	223,1	0,4	288,5	0,3	330,7	0,3	429	0,2

Jika dibandingkan, pada sel surya yang menggunakan sumber lampu halogen memiliki nilai yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan

sumber cahaya matahari. Hal ini disebabkan karena sifat sumber lampu halogen yang konstan dibandingkan dengan sumber cahaya matahari yang bisa berubah setiap saat ketika melakukan pengukuran.