



OLIMPIADE SAINS NASIONAL 2011

BIDANG ILMU FISIKA

SELEKSI TIM OLIMPIADE FISIKA INDONESIA 2012

SOAL TES EKSPERIMEN



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
DIREKTORAT JENDERAL MANAJEMEN PENDIDIKAN MENENGAH
DIREKTORAT PEMBINAAN SEKOLAH MENENGAH ATAS**

TAHUN 2011



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
DIRJEN MANAJEMEN PENDIDIKAN MENENGAH
DIREKTORAT PEMBINAAN SEKOLAH MENENGAH ATAS**

OLIMPIADE SAINS NASIONAL 2011 BIDANG ILMU FISIKA

**SELEKSI TIM OLIMPIADE FISIKA INDONESIA UNTUK
ASIAN PHYSICS OLYMPIAD (APhO) DAN
INTERNATIONAL PHYSICS OLYMPIAD (IPhO) TAHUN 2012**

PETUNJUK TES TERTULIS TEORI:

1. Tuliskan Nomor Peserta Anda pada tempat yang telah disediakan di setiap lembar jawaban.
2. Soal terdiri dari 3 bagian soal eksperimen. Waktu mengerjakan tes total 5 jam tanpa istirahat.
3. Skore nilai untuk setiap bagian dan sub bagian soal berbeda dan telah tercantum pada setiap soal dalam bentuk prosentase.
4. Peserta diharuskan menuliskan jawabannya pada lembar jawaban yang terpisah untuk setiap bagian soal yang berbeda. Jangan menuliskan dua bagian jawaban atau lebih pada satu lembar jawaban yang sama.
5. Gunakan kertas milimeterblock untuk menggambarkan kurva-kurva yang dibutuhkan.
6. Gunakan **ballpoint** untuk menulis jawaban Anda dan jangan gunakan pensil.
7. Peserta diperbolehkan menggunakan kalkulator saintifik untuk pemrosesan data.
8. Peserta dilarang saling meminjamkan alat tulis apapun.
9. Peserta dilarang meninggalkan ruangan hingga waktu tes selesai.

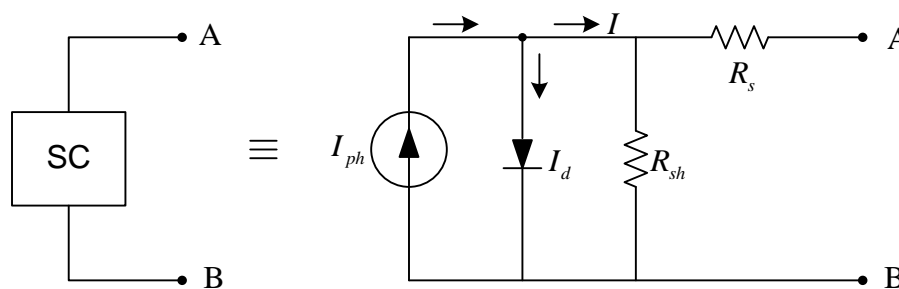
Soal Tes Eksperimen

Waktu: 5 Jam

Solar Cell

Pendahuluan

Sasaran eksperimen ini adalah mempelajari karakteristik utama dari solar cell dan memanfaatkannya sebagai sensor cahaya. Solar cell adalah suatu devais yang mengabsorbsi energi foton dan mengubahnya menjadi energi listrik. Secara sederhana solar cell dapat dimodelkan sebagai sumber arus ideal I_{ph} (sumber arus yang dihasilkan dari cahaya), sebuah dioda ideal I_d , sebuah hambatan shunt R_{sh} dan sebuah hambatan seri R_s , seperti ditunjukkan gambar berikut.



Gambar 1, Model solar cell

Untuk kondisi tak ada cahaya yang mengenai solar cell, maka karakteristik I - V solar cell sama dengan karakteristik dioda, yang dinyatakan sebagai **arus maju gelap**, I terhadap tegangan dioda, V bersifat non-ohmic, yang dinyatakan sebagai:

$$I = I_o (e^{\beta V} - 1), \quad (1)$$

dengan: β dan I_o adalah konstanta.

Namun pada saat cahaya mengenai solar cell, maka akan timbul arus listrik, I_{ph} yang sebanding dengan jumlah foton yang mengenai solar cell, asalkan energi foton, E_{ph} yang datang tersebut melebihi energi gap, E_g dari solar cell, dengan $E_g = E_c - E_v$ dan E_c : energi terendah dari pita konduksi, E_v : energi tertinggi dari pita valensi. Energi foton seringkali dinyatakan dalam panjang gelombang λ (dalam nm) sebagai:

$$E_{ph} = \frac{1240}{\lambda} \quad (E_{ph} \text{ dalam eV dan } \lambda \text{ dalam nm}). \quad (2)$$

Beberapa besaran penting dari solar cell yang akan dipelajari dan dicari dari eksperimen ini, adalah:

- a. I_{sc} : arus *short circuit* (rangkaiian tertutup), arus yang mengalir pada solar cell pada saat beban diberi hubung singkat (hambatan beban = 0Ω)
- b. V_{oc} : tegangan *open circuit* (rangkaiian terbuka), tegangan jatuh solar cell pada saat tidak ada beban (hambatan beban = $\infty \Omega$)
- c. P_m : daya output maksimum, nilai maksimum dari perkalian arus dan tegangan pada solar cell ($P_m = (I \times V)_{maks}$)
- d. FF : *filling factor*, faktor kualitas solar cell yang didefinisikan sebagai:

$$FF = \frac{P_m}{I_{sc} V_{oc}} \quad (4)$$

Perhatikan Gambar 1, dengan menganggap $R_{sh} = \infty$ dan $R_s = 0$, maka arus yang mengalir pada solar cell pada saat dikenai cahaya adalah:

$$I = I_{ph} - I_d$$

$$I = I_{ph} - I_o (e^{\beta V} - 1) \quad (5)$$

Untuk rangkaian tertutup, yaitu pada saat terminal A dan B dihubungkan, maka $V_{AB} = 0$ dan $I_{AB} = I_{sc}$, diperoleh:

$$I_{ph} = I_{sc} \quad (6)$$

Sedangkan untuk rangkaian terbuka, yaitu pada saat terminal A dan B dibiarkan saja, maka $I_{AB} = 0$ dan $V_{AB} = V_{oc}$, maka $I_{sc} - I_o (e^{\beta V_{oc}} - 1) = 0$, sehingga diperoleh:

$$I_o e^{\beta V_{oc}} = I_{sc} + I_o$$

atau:

$$V_{oc} = \frac{1}{\beta} \ln \left(\frac{I_{sc} + I_o}{I_o} \right) = \frac{1}{\beta} \ln (I_{sc} + I_o) - \frac{1}{\beta} \ln I_o$$

$$V_{oc} \approx \frac{1}{\beta} \ln I_{sc} - \frac{1}{\beta} \ln I_o \quad (7)$$

Dari penjelasan ini terlihat bahwa solar cell dapat digunakan sebagai sensor cahaya, yaitu dengan cara mengukur besaran I_{sc} yang sebanding dengan *photocurrent* I_{ph} (lihat Persamaan 6).

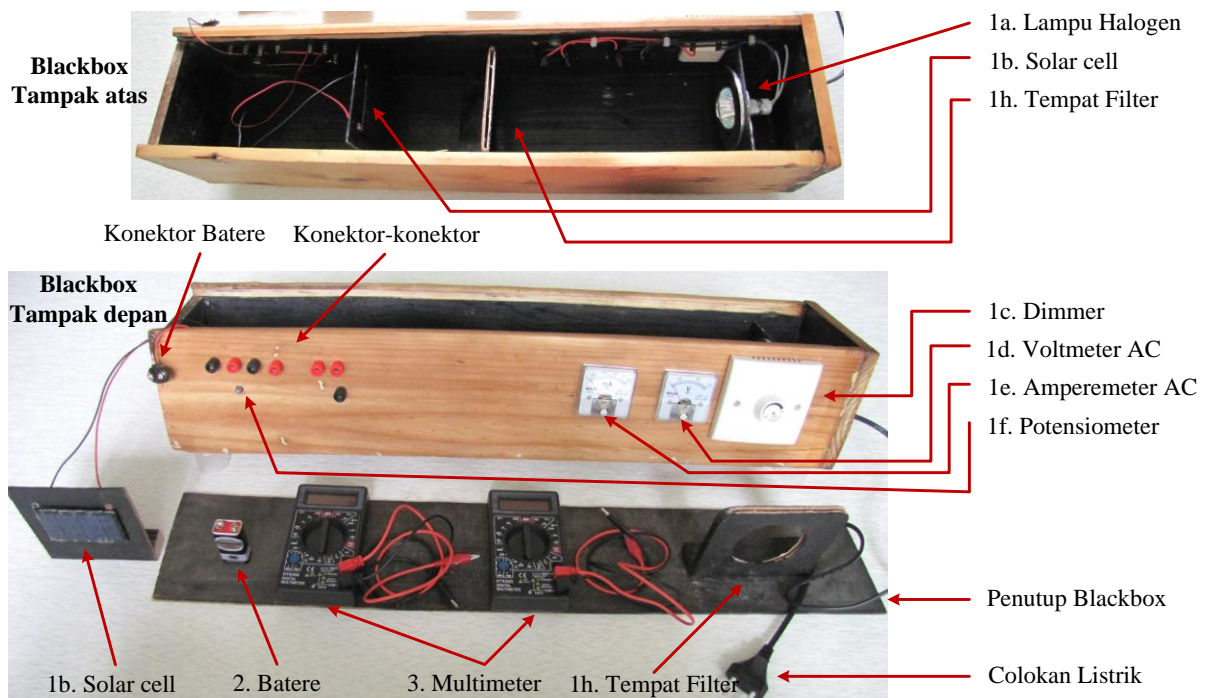
Tujuan Eksperimen

1. Mempelajari karakteristik solar cell: karakteristik I – V arus maju gelap, I_{sc} , V_{oc} , P_m dan, FF

2. Menggunakan solar cell sebagai sensor cahaya
3. Mencari hubungan intensitas cahaya terhadap jarak
4. Menentukan ketebalan yang tidak diketahui

Alat yang dipakai

1. Black box, yang didalamnya terdapat (lihat Gambar 2):
 - a. Lampu sorot (halogen) 50 W, 220 V
 - b. Solar cell
 - c. Dimmer (alat pengatur kecerahan cahaya lampu)
 - d. Voltmeter AC (maks 250V)
 - e. Amperemeter AC (maks 0,5 A)
 - f. Potensiometer $R_p = 5 \text{ k}\Omega$ untuk karakterisasi solar cell
 - g. Hambatan $R = 1 \text{ k}\Omega$ digunakan sebagai pembatas arus
 - h. Tempat filter
2. Baterai 9 V untuk karakterisasi *dark-current* solar cell
3. Multimeter (volt, ampere dan ohmmeter)
4. Konektor yang sudah terpasang di blackbox
5. Filter warna merah



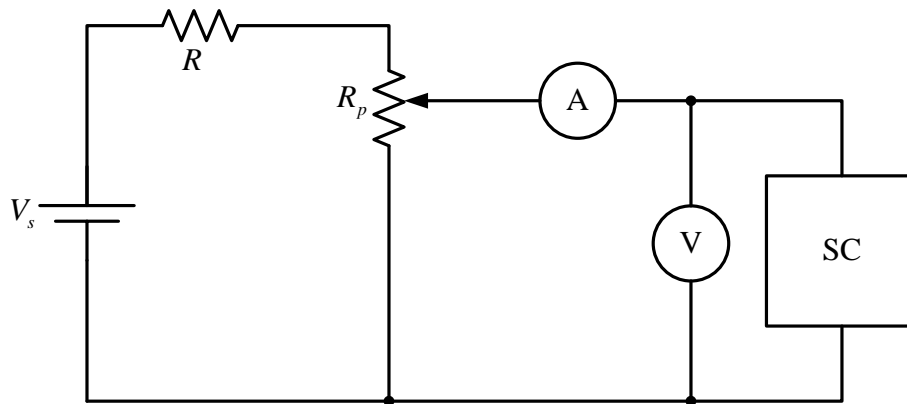
Gambar 2, Blackbox Solar Cell dan alat-alat pendukung

Catatan

Semua eksperimen **harus** dilakukan dengan kondisi blackbox tertutup!! Pastikan konektor kabel terhubung dengan baik!

1. Karakteristik I - V solar cell kondisi gelap (Nilai 25%)

Untuk menentukan β dan I_o dilakukan dengan rangkaian bias maju pada solar cell, seperti dilakukan rangkaian berikut:

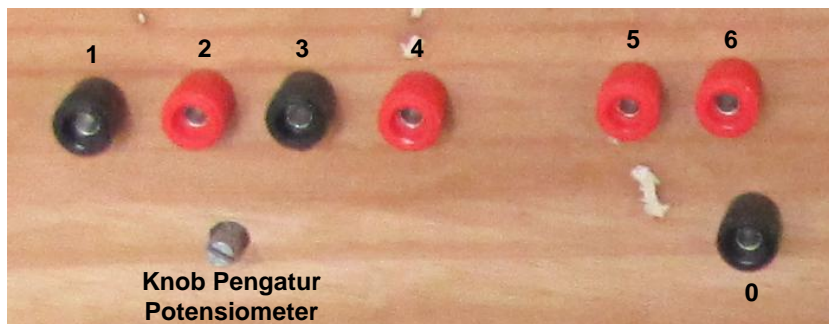


Gambar 3, Rangkaian bias maju solar cell pada kondisi gelap

Karakteristik I – V dilakukan dengan cara memberikan tegangan yang bervariasi ke solar cell, dan menentukan arus yang mengalir untuk masing-masing tegangan tsb. Variasi tegangan dilakukan dengan cara memutar tombol potensiometer. Lakukan pengukuran arus dan tegangan dengan multimeter yang tersedia. Anda diberi dua buah multimeter, masing-masing diatur sebagai voltmeter, dan sebagai amperemeter. Pada saat mengukur, biasakan mengatur dial pada skala terbesar terlebih dahulu, kemudian secara berangsur-angsur diperkecil sehingga diperoleh nilai tegangan dan arus dapat terbaca dengan baik (kalau diperkecil lagi multimeter itu tidak dapat membaca, sebaliknya kalau diperbesar tampilannya **angka penting** menjadi lebih sedikit).

Prosedur Eksperimen

1. Perhatikan pada black box yang diberikan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2
2. Pastikan colokan listrik (steker) tidak dihubungkan dahulu ke sumber listrik AC.
3. Atur potensiometer pada posisi maksimum, dengan cara memutarnya ke kanan.
4. Hubungkan batere dengan konektornya, dan tutuplah blackbox tsb
5. Aturlah dial multimeter 1 agar berfungsi sebagai amperemeter, dan hubungkan ke konektor untuk amperemeter (4 – 5)
6. Selanjutnya atur multimeter 2 sebagai voltmeter, dan hubungkan ke konektor untuk voltmeter (0 – 5), seperti ditunjukkan gambar berikut.



4 – 5 : amperemeter
 0 – 5 : voltmeter
 1 – 4 : potensiometer
 (amperemeter
 difungsikan sebagai
 ohmmeter)

Gambar 4, Konektor untuk voltmeter, ampere meter dan potensiometer

7. Catat tegangan dan arus yang terbaca di multimeter pada Tabel 1, pada baris 1
8. Ulangi untuk kondisi potensiometer minimum, dan catatlah pada baris 20
9. Selanjutnya ubah nilai potensiometer, dan catat nilai tegangan V dan arus I pada tabel, terutama pada saat terjadi perubahan arus yang drastis.

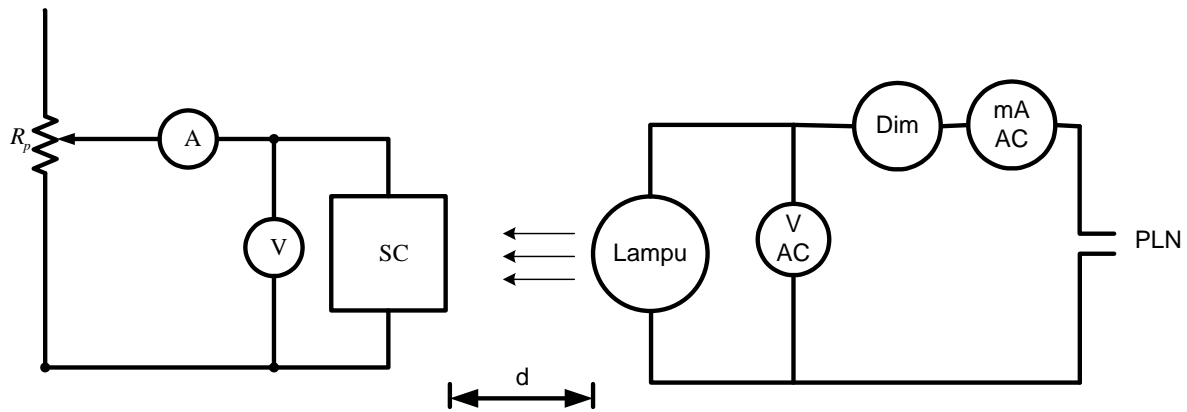
Tabel 1, Karakteristik I – V solar cell pada kondisi gelap

No	V (V)	I (mA)	No	V (V)	I (mA)
1			11		
2			12		
3			13		
4			14		
5			15		
6			16		
7			17		
8			18		
9			19		
10			20		

10. Buat kurva I vs V dan $\ln(I)$ vs V pada kertas grafik
11. Hitung nilai β dan I_o dari kurva $\ln(I)$ vs V tsb, dengan membuat pendekatan $I = I_o(e^{\beta V} - 1)$ menjadi $I = I_o e^{\beta V}$ atau $\ln I = \ln I_o + \beta V$, yaitu untuk $V > 1V$

2. Karakteristik solar cell jika diberi cahaya (Nilai 35%)

Untuk mempelajari karakteristik solar cell jika dikenai cahaya, dilakukan dengan rangkaian berikut ini:



Gambar 5, Rangkaian untuk mengamati Karakteristik Solar Cell

Pada saat solar cell dikenai cahaya, akan timbul energi listrik yang dihasilkan oleh solar cell. Ada beberapa eksperimen yang dilakukan pada tahap ini, yaitu:

A. Penentuan arus hubung singkat, I_{sc} dan tegangan terbuka, V_{oc} (5%)

Untuk menentukan I_{sc} dilakukan dengan cara menghubungkan-singkatkan hambatan beban (hambatan potensiometer) R_p yang ditandai dengan pembacaan tegangan jatuh di solar cell $V = 0V$. Sedangkan untuk menentukan V_{oc} dilakukan dengan melepaskan hambatan beban ($R_p = \infty$).

B. Kurva karakteristik I – V dan daya untuk berbagai beban (25%)

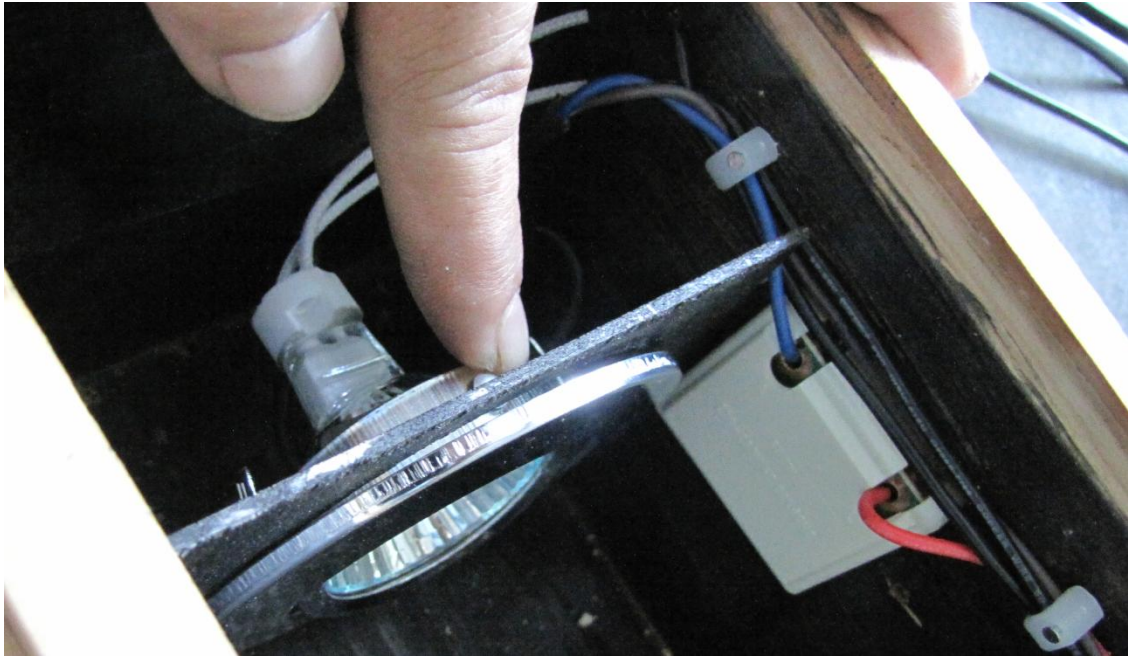
Karakteristik I – V mirip seperti **eksperimen 1**, namun tanpa menggunakan batere. Variasi arus I dan tegangan V dilakukan dengan memvariasi hambatan beban, R_p . Sedangkan karakteristik daya terhadap beban, cukup dilakukan perhitungan daya $P = I \times V$ dan membuat kurva terhadap R_p

C. Penentuan daya maksimum solar cell, P_m dan *filling factor*, FF (5%)

Untuk menentukan P_m dan FF cukup dilakukan dengan menghitung dari hasil eksperimen A dan B

Prosedur Eksperimen 2A

1. Dari eksperimen I sebelumnya lepaskanlah batere, namun voltmeter dan amperemeter tetap dipasang. Konektor amperemeter harus ditukar/dibalik, karena polaritasnya berbeda.
2. Atur jarak antara solar cell dan lampu sejauh 40 cm.
3. Atur lampu sejajar dengan tempatnya dengan cara seperti ditunjukkan pada gambar.



Gambar 6, Teknik pengaturan lampu

4. Hubungkan steker listrik ke jala-jala listrik PLN, dan putar dimmer pada posisi maksimum. **Selama steker listrik dihubungkan ke PLN: Anda harus hati-hati** pada seluruh bagian lampu ini (kabel listrik, dimmer, voltemeter AC, amperemeter AC). **Walaupun lampu dalam kondisi mati sekalipun.**
5. Tutup blackbox ini.
6. Atur potensiometer agar hambatannya = 0Ω (kondisi hubung singkat), dan catat pembacaan I (multimeter 1) dan V (multimeter 2). Nilai I yang terukur adalah I_{sc}
7. Lepaskan salah satu konektor amperemeter (konektor 4 atau 5), catat pembacaan I dan V . Nilai V yang terukur adalah V_{oc}

Prosedur Eksperimen 2B dan 2C

1. Prosedurnya sama seperti eksperimen 2A. Pasang kembali konektor amperemeter ke posisi semula.
2. Catat hasil pembacaan I dan V pada saat $R_p = 0 \Omega$ (hubung singkat) di Tabel 2 di baris No 1. Nilai I yang terbaca di amperemeter adalah nilai arus hubung singkat I_{sc}
3. Ukur hambatan R_p dan catat hasilnya pada Tabel 2. (**Amperemeter harus dilepas untuk mengukur hambatan**). Lepaskan konektor 5 dan pindahkan ke konektor 1 (jadi 1 – 4 untuk mengukur hambatan).

Tabel 2, Karakteristik I – V solar cell pada kondisi terang

No	V (V)	I (mA)	R_p (Ω)	P (mW)	No	V (V)	I (mA)	R_p (Ω)	P (mW)
1					11				
2					12				
3					13				
4					14				
5					15				
6					16				
7					17				
8					18				
9					19				
10					20				

4. Ulangi untuk $R_p = \infty \Omega$ (dengan cara melepas salah satu konektor amperemeter), dan catat hasilnya di baris No 20. Nilai V adalah V_{oc}
5. Pasang kembali konektor amperemeter (dengan terlebih dahulu multimeter diposisikan sebagai amperemeter). Putar potensiometer ke posisi maksimum, dan catat hasilnya pada Tabel 2. (**Ingat** pada saat mengukur R_p **amperemeter harus dilepas**)
6. Ulangi untuk variasi R_p yang lain (dengan rentang dari 0Ω hingga $5 \text{ k}\Omega$), **terutama** di sekitar nilai daya maksimum, yaitu pada saat arus I solar cell mulai turun secara drastis.
7. Buat kurva I – V untuk berbagai variasi R_p
8. Buat kurva P vs R_p dan perkirakan nilai P_m
9. Hitung nilai FF

3. Penggunaan solar cell sebagai sensor cahaya (Nilai 45%)

Telah disebutkan sebelumnya bahwa solar cell dapat digunakan sebagai sensor cahaya, yaitu intensitas cahaya sebanding dengan arus hubung singkat I_{sc} . Untuk membuktikan dan memanfaatkannya dilakukan beberapa eksperimen sbb:

A. Hubungan daya lampu $P_L = V_L \times I_L$ dengan arus hubung singkat I_{sc} (10%)

Pada dasarnya eksperimen ini mirip dengan eksperimen karakterisasi solar cell pada kondisi terang, namun hanya dikhususkan untuk $R_p = 0 \Omega$, dan dengan variasi daya lampu. Dengan menganggap efisiensi lampu, $\eta = \frac{F}{P_L} = \frac{\text{fluks cahaya}}{\text{daya lampu}}$ tidak bergantung pada daya lampu, maka intensitas cahaya sebanding dengan daya lampu; karena $F = 4\pi I$, dengan I : intensitas cahaya. Tujuan eksperimen ini

adalah untuk membuktikan intensitas cahaya, I sebanding dengan arus hubung singkat solar cell, I_{sc} .

B. Hubungan tegangan open circuit V_{oc} dengan arus hubung singkat I_{sc} (10%)

Eksperimen ini digunakan untuk menguji hubungan V_{oc} dan I_{sc} sebagai pemodelan solar cell.

C. Hubungan arus hubung singkat I_{sc} dengan jarak (10%)

Eksperimen ini digunakan untuk menguji hukum fotometri yang menyatakan bahwa intensitas cahaya berbanding dengan kuadrat terbalik terhadap jarak.

D. Hubungan arus hubung singkat I_{sc} dengan ketebalan filter x (10%)

Eksperimen ini digunakan untuk menguji hukum absorpsi: $I = I_m e^{-\alpha x}$

dengan I, I_m, α , dan x masing-masing adalah intensitas yang diterima, intensitas maksimum (yaitu intensitas cahaya sebelum ada filter), koefisien absorpsi, dan ketebalan.

Prosedur eksperimen 3A dan 3B

1. Gunakan kembali rangkaian Gambar 5, namun di atur hambatan potensiometer $R_p = 0 \Omega$. Pastikan bahwa voltmeter menunjukkan nilai 0.
2. Atur jarak lampu ke solar cell sebesar 40 cm.
3. Tutup blackbox, dan nyalakan lampu pada kondisi maksimum. Ukur tegangan lampu V_L , arus lampu I_L dan arus hubung singkat, I_{sc} (pada saat potensiometer = 0Ω) serta V_{oc} (yaitu pada saat amperemeter dilepas). Hitung daya lampu P_L , dan catat hasilnya pada tabel.
4. Ulangi nilai lainnya dengan cara memutar knob dimmer, atur nilai-nilai V_L atau I_L adalah nilai-nilai yang bulat.
5. Buat kurva I_{sc} terhadap P_L , tentukan bentuk kurva ini.
6. Buat kurva V_{oc} terhadap I_{sc} , dan kurva $V_{oc} \ln I_{sc}$, gunakan Pers. (7) untuk menentukan β dan I_o .

Tabel 3, Daya lampu terhadap arus hubung singkat

No	V_L (V)	I_L (mA)	P_L (W)	I_{sc} (mA)	$\ln I_{sc}$	V_{oc} (V)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Prosedur eksperimen 3C

1. Gunakan kembali rangkaian Gambar 5, namun di atur hambatan potensiometer $R_p = 0\Omega$. Pastikan bahwa voltmeter menunjukkan nilai 0 atau sekitar 0.
2. Atur dimmer agar lampu bersinar dengan daya maksimum
3. Letakkan solar cell pada posisi 22 cm dari lampu, dan catat arus hubung singkat I_{sc} pada baris No 1.
4. Ulangi untuk jarak-jarak yang lain, dan catat hasilnya pada Tabel 4. Lakukan untuk tiap 2 cm. Untuk mempermudah, pada blackbox ditemplei meteran plastik, disamping itu diberi penggaris.
5. Buatlah grafik I_{sc} terhadap d dan I_{sc} terhadap d^{-2} ,

Tabel 4, Arus hubung singkat terhadap jarak

No	d (cm)	I_{sc} (mA)	d^{-2} (cm ⁻²)	No	d (cm)	I_{sc} (mA)	d^{-2} (cm ⁻²)
1				11			
2				12			
3				13			
4				14			
5				15			
6				16			
7				17			
8				18			
9				19			
10				20			

Prosedur eksperimen 3D

1. Gunakan kembali rangkaian Gambar 5, namun di atur hambatan potensiometer $R_p = 0\Omega$. Pastikan bahwa voltmeter menunjukkan nilai 0.
2. Atur dimmer agar lampu bersinar dengan daya maksimum
3. Letakkan solar cell pada posisi 40 cm dari lampu, dan taruh tempat filter diantara lampu dan solar cell. Jarak antara lampu dan filter **jangan** terlalu dekat (misalnya > 22 cm).
4. Tutup blackbox, dan catat arus hubung singkat I_{sc} ke Tabel 5
5. Ulangi untuk jumlah filter yang berbeda, seperti ditunjukkan dalam tabel.
6. Buat kurva I_{sc} vs x , dan hitung koefisien absorpsi dari filter ini, jika diketahui ketebalan filter adalah = 0,091 mm.
7. Lakukan pengukuran ketebalan filter, untuk suatu filter yang **tidak diketahui** ketebalannya. Tentukan ketebalan filter tsb.

Tabel 5, Arus hubung singkat terhadap jumlah filter

No	n (jumlah filter)	x (mm)	I_{sc} (mA)
1	0		
2	1		
3	2		
4	3		
5	4		
6	5		
7	6		
8	7		
9	8		
10	9		
11	10		
12	11		
13	12		
14	tak diketahui	-	

==== Selamat bekerja, semoga sukses ====