



Program Studi Fisika
Jurusan Pendidikan Fisika – FPMIPA
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA

**PENGEMBANGAN SISTEM PENGUKUR
KARAKTERISTIK I-V SEL SURYA DALAM KEADAAN
PENYINARAN DAN TANPA PENYINARAN**

PENDAHULUAN

Latar Belakang

-Pengembangan sel surya yang sangat potensial sebagai sumber energi.
-Penelitian-penelitian sel surya masih didominasi oleh kegiatan simulasi. Mengingat keterbatasan alat yang kurang memadai, sehingga hasilnya kurang optimal terutama dalam menentukan parameter-parameter karakteristik sel surya dari data hasil pengukuran, sehingga kurang praktis untuk keperluan praktikum.

Rumusan Masalah

Pengembangan sistem pengukur karakteristik I-V sel surya dan pengukuran parameter-parameter karakteristik sel surya dalam keadaan penyinaran dan tanpa penyinaran.

Lingkup Masalah

Keadaan tanpa penyinaran: R_s dan R_{sh} , I_{OR} dan I_{OD} .
Keadaan penyinaran: I_{sc} , V_{oc} , *fill factor* (FF), dan efisiensi (η).

Tujuan Penelitian

1. Pengembangan sistem pengukur parameter-parameter karakteristik sel surya dengan konstruksi dan komponen peralatan yang sederhana dan memiliki akurasi pengukuran yang cukup baik
2. Untuk mengetahui gambaran karakteristik sel surya berdasarkan parameter-parameter yang diukur.

Manfaat Penelitian

Dapat digunakan untuk kegiatan praktikum maupun untuk kepentingan riset yang terkait dengan pengembangan piranti sel surya



TINJAUAN PUSTAKA

• Tinjauan Umum Tentang Sel Surya

Keuntungan (Wolf, 1991):

1. Mengkonversi langsung energi radiasi matahari menjadi energi listrik.
2. Ramah lingkungan, tanpa emisi saat dioperasikan, dan tidak memerlukan bahan bakar.
3. Dapat digunakan di mana-mana dan dapat diintegrasikan pada bangunan ataupun konstruksi yang lain.
4. Berbentuk modular sehingga jumlah sel surya yang dipakai dapat disesuaikan dengan kebutuhan.

• Material Sel Surya Silikon Amorf (a-Si)

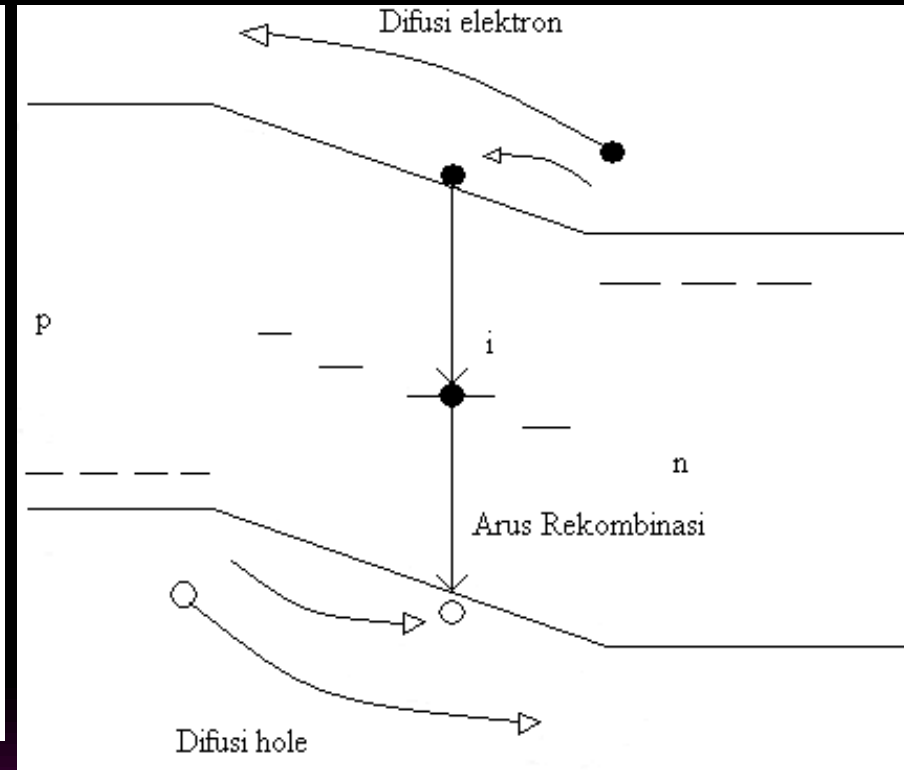
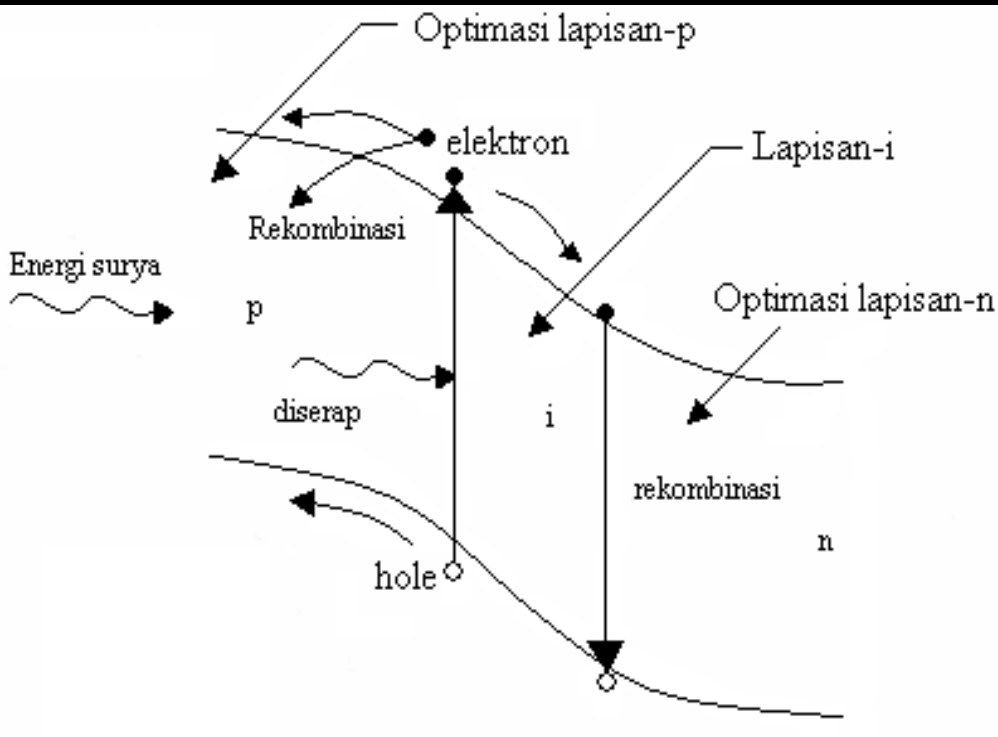
Kelebihan:

1. Koefisien absorpsi optik yang lebih tinggi ($> 10^5 \text{ cm}^{-1}$).
2. Celah pita optik yang lebih lebar ($\sim 1,7 \text{ eV}$).
3. Temperatur penumbuhannya jauh lebih rendah ($\sim 250^\circ\text{C}$) sehingga dapat difabrikasi di atas berbagai jenis substrat seperti *stainless steel*, gelas atau plastik.
4. Teknologi pembuatannya lebih sederhana dengan bahan baku yang melimpah.

Kekurangan:

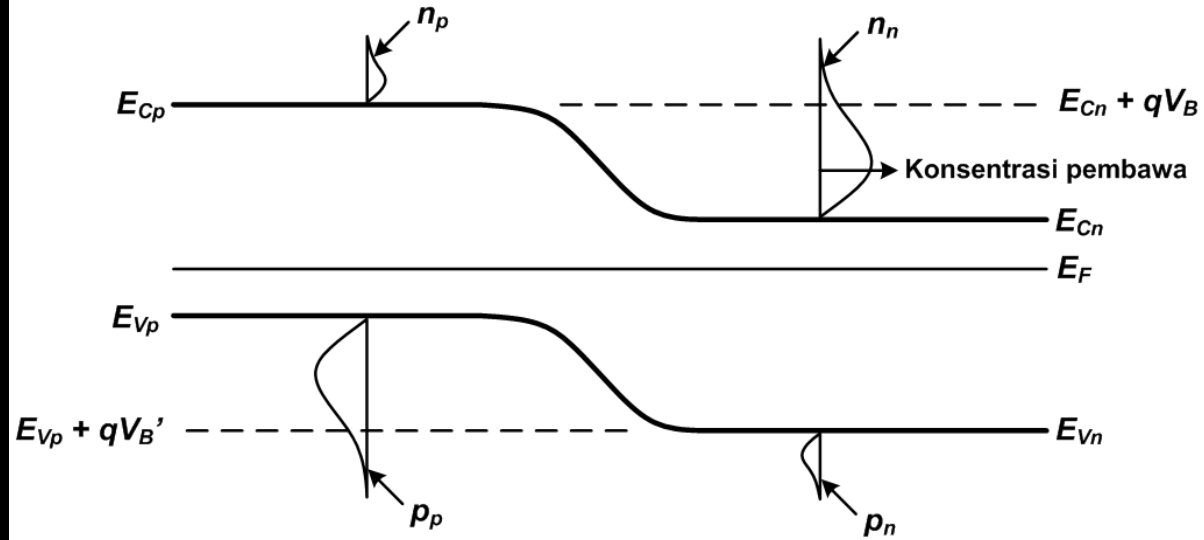
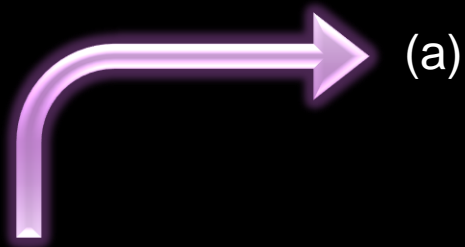
Memiliki struktur dan sifat listrik yang kurang baik dibanding c-Si, sehingga efisiensi konversinya lebih rendah

Mekanisme Konversi Fotovoltaik

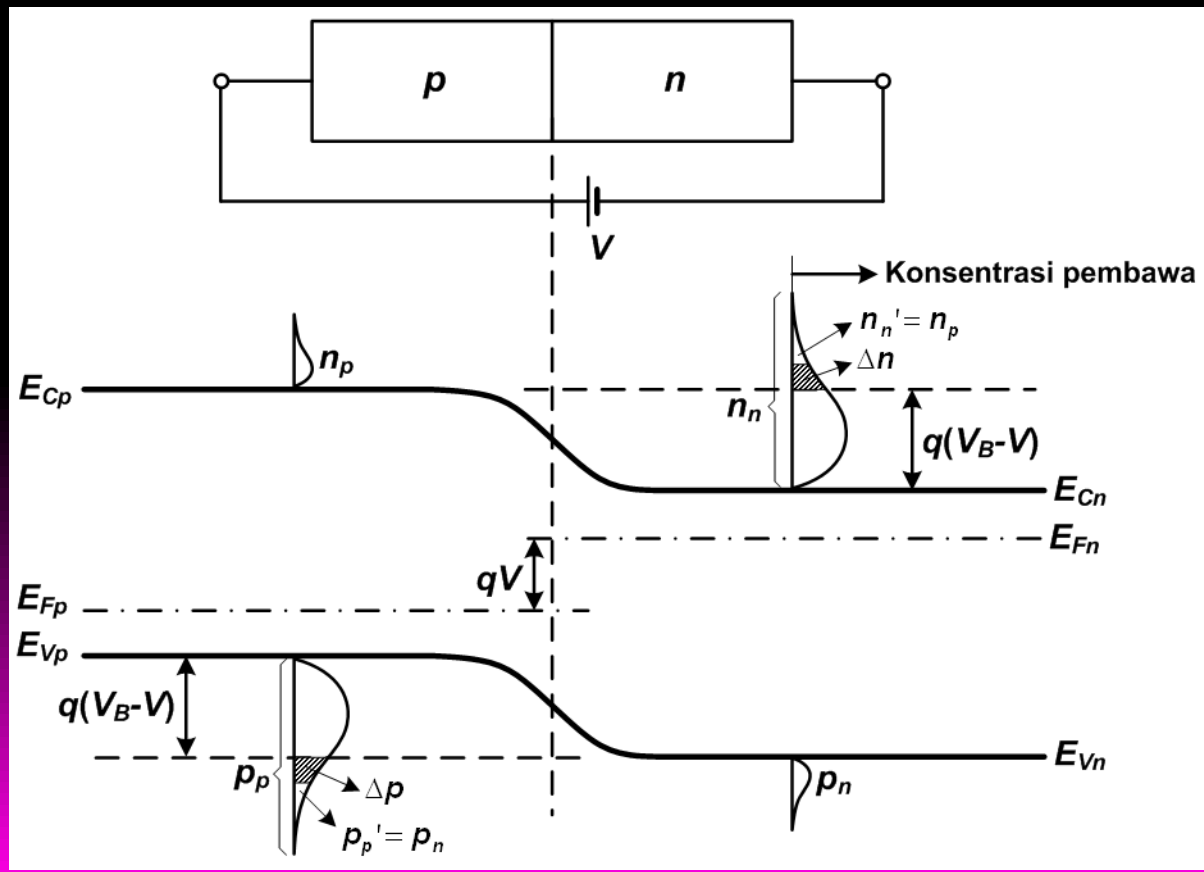
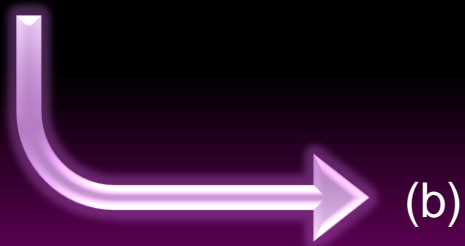


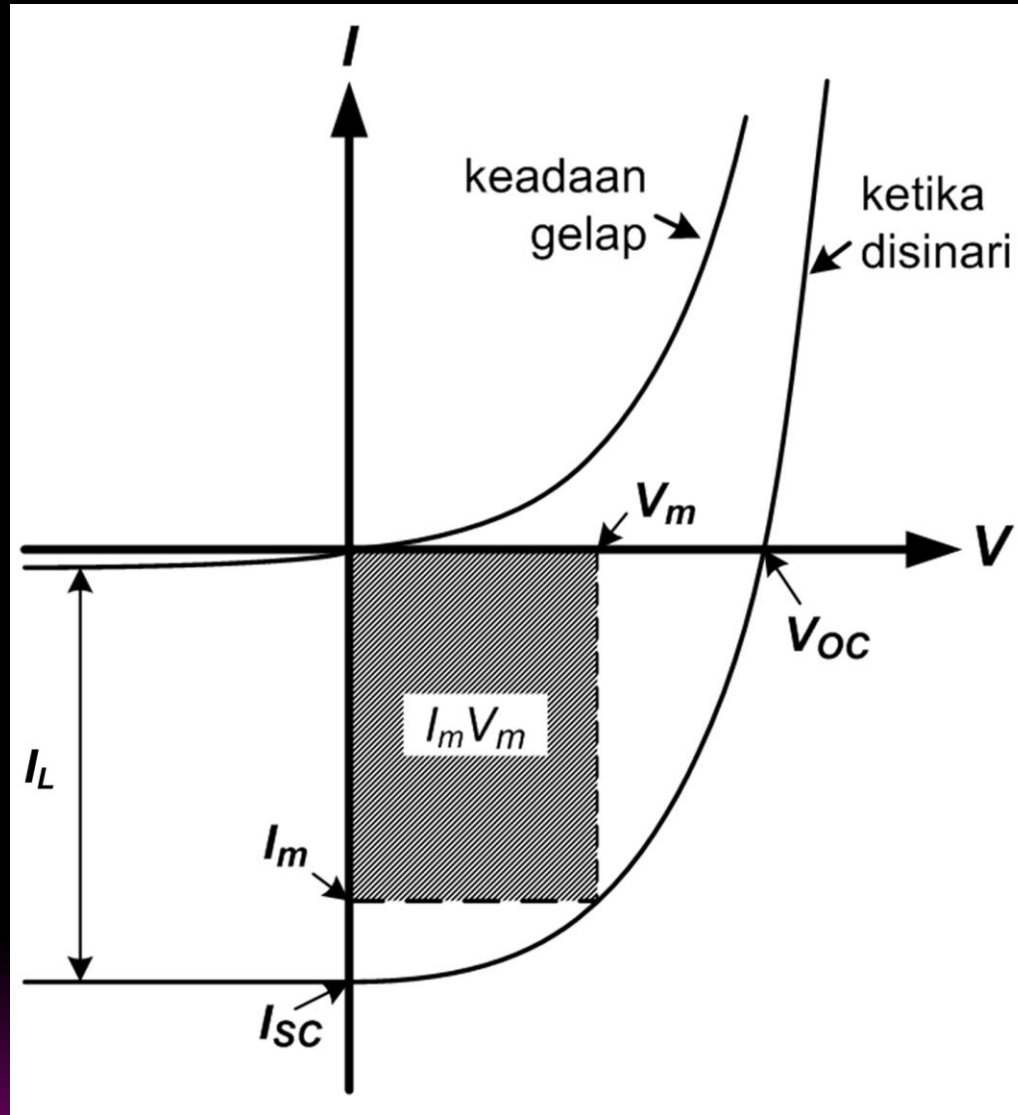
Gambar 2.2. Ilustrasi proses konversi fotovoltaik dalam sel surya berbasis silikon amorf (Takahashi dan Konagai, 1986).

Gambar 2.6. Mekanisme transport arus dioda p-i-n (Takahashi dan Konagai, 1986)



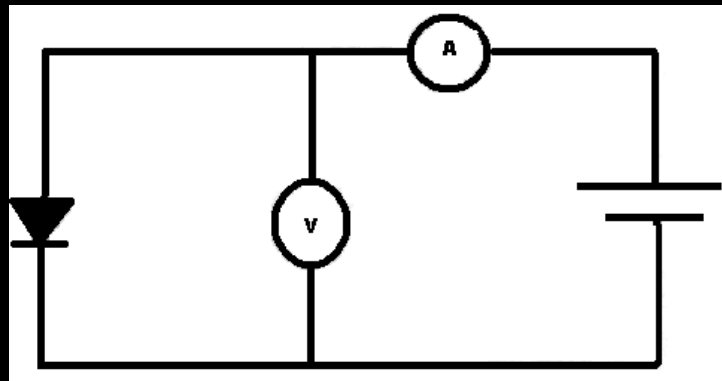
Gambar 2.5. Mekanisme pembawa muatan dalam sel surya, (a) sebelum diberi panjar, (b) setelah diberi panjar (Reka Rio, 1999).



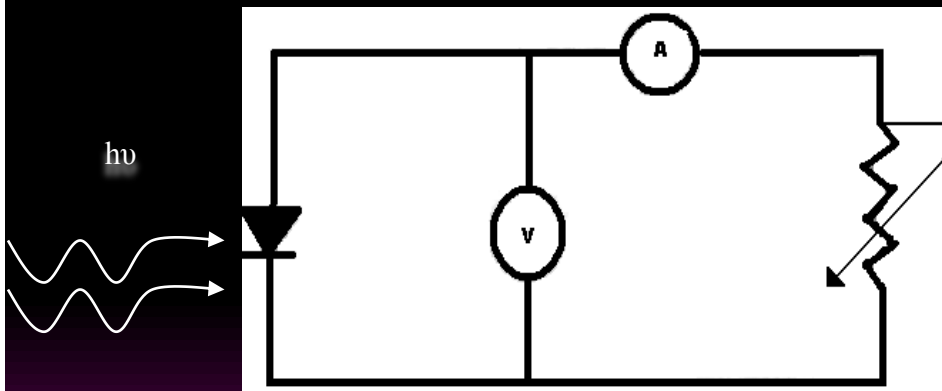


Gambar 2.8. Karakteristik I-V sel surya tanpa disinari dan ketika disinari, yang menghasilkan parameter dasar: arus penyinaran (I_L), arus hubungan singkat (I_{sc}) dan tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}), (Hans Joachim Möller, 1992).

METODOLOGI PENELITIAN

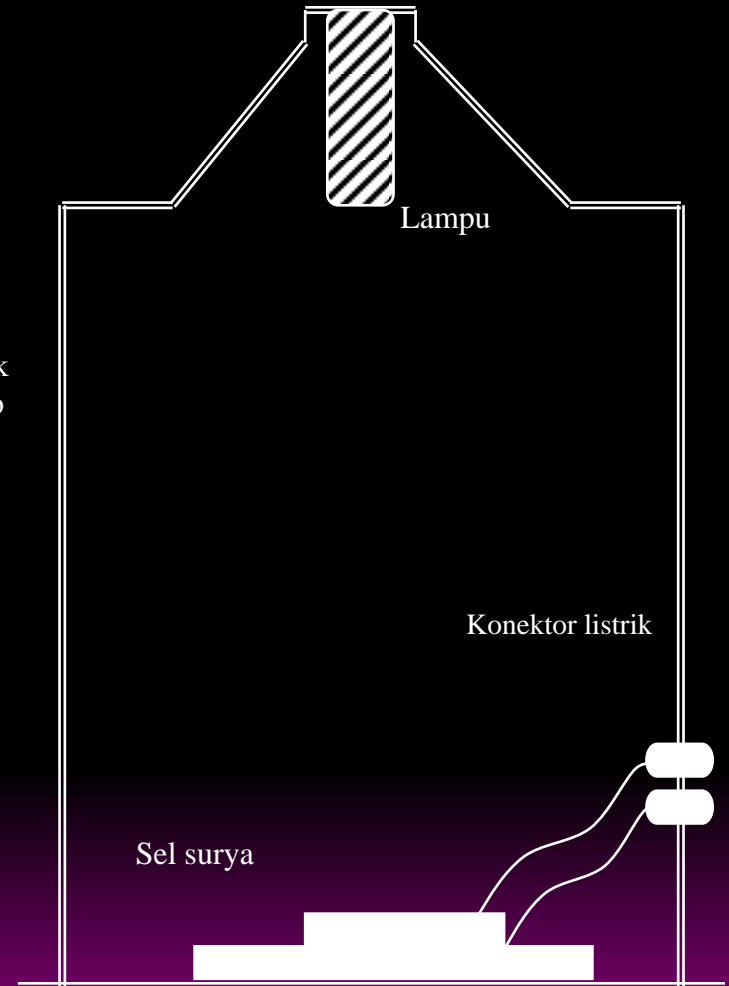


(a)



(b)

Gambar 3.1. Rangkaian listrik untuk sistem pengukur karakteristik I-V dalam keadaan tanpa penyinaran (a) dan keadaan diberi penyinaran (b), (Martil dan Gonzalez Diaz, 1992).



Gambar 3.2. Rancangan sistem pengukur karakteristik sel surya

Diagram Alur Penelitian



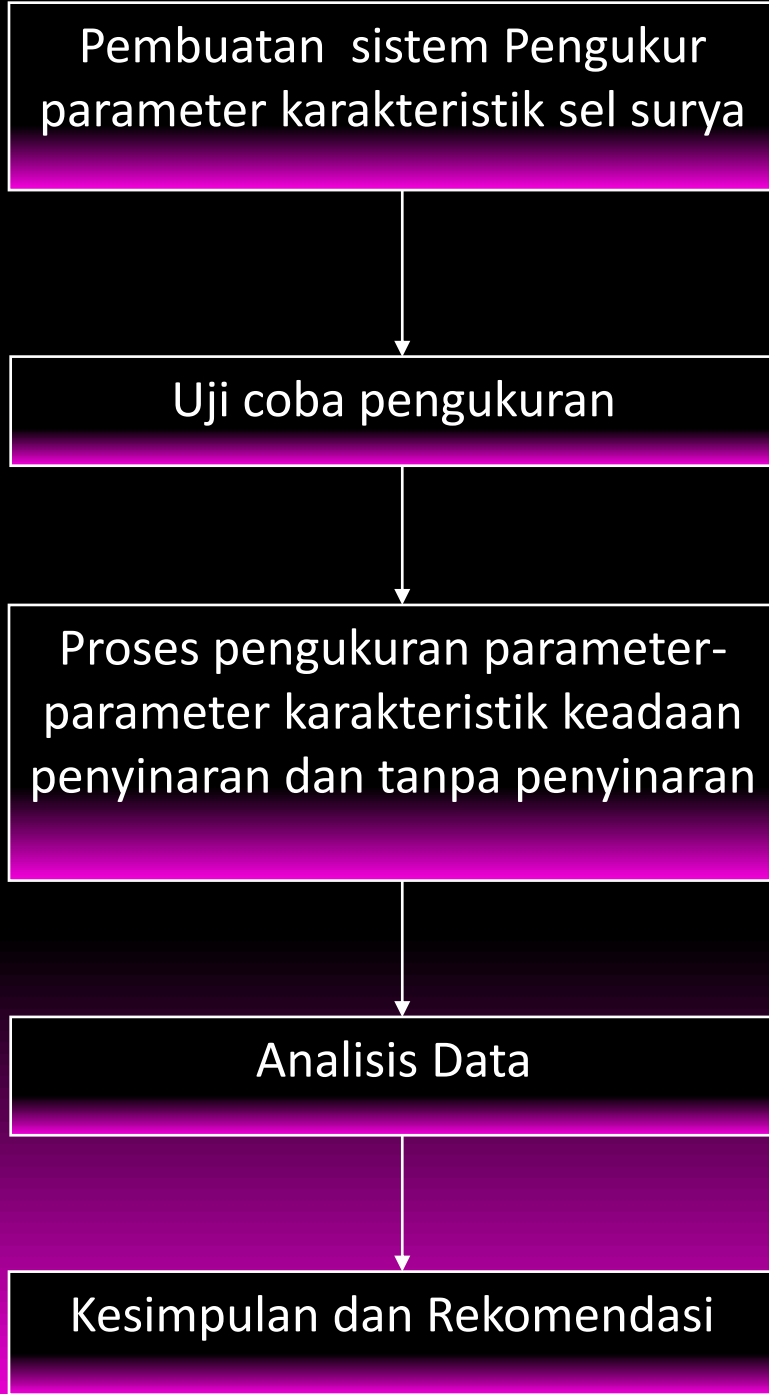
Pembuatan sistem Pengukur parameter karakteristik sel surya

Uji coba pengukuran

Proses pengukuran parameter-parameter karakteristik keadaan penyinaran dan tanpa penyinaran

Analisis Data

Kesimpulan dan Rekomendasi



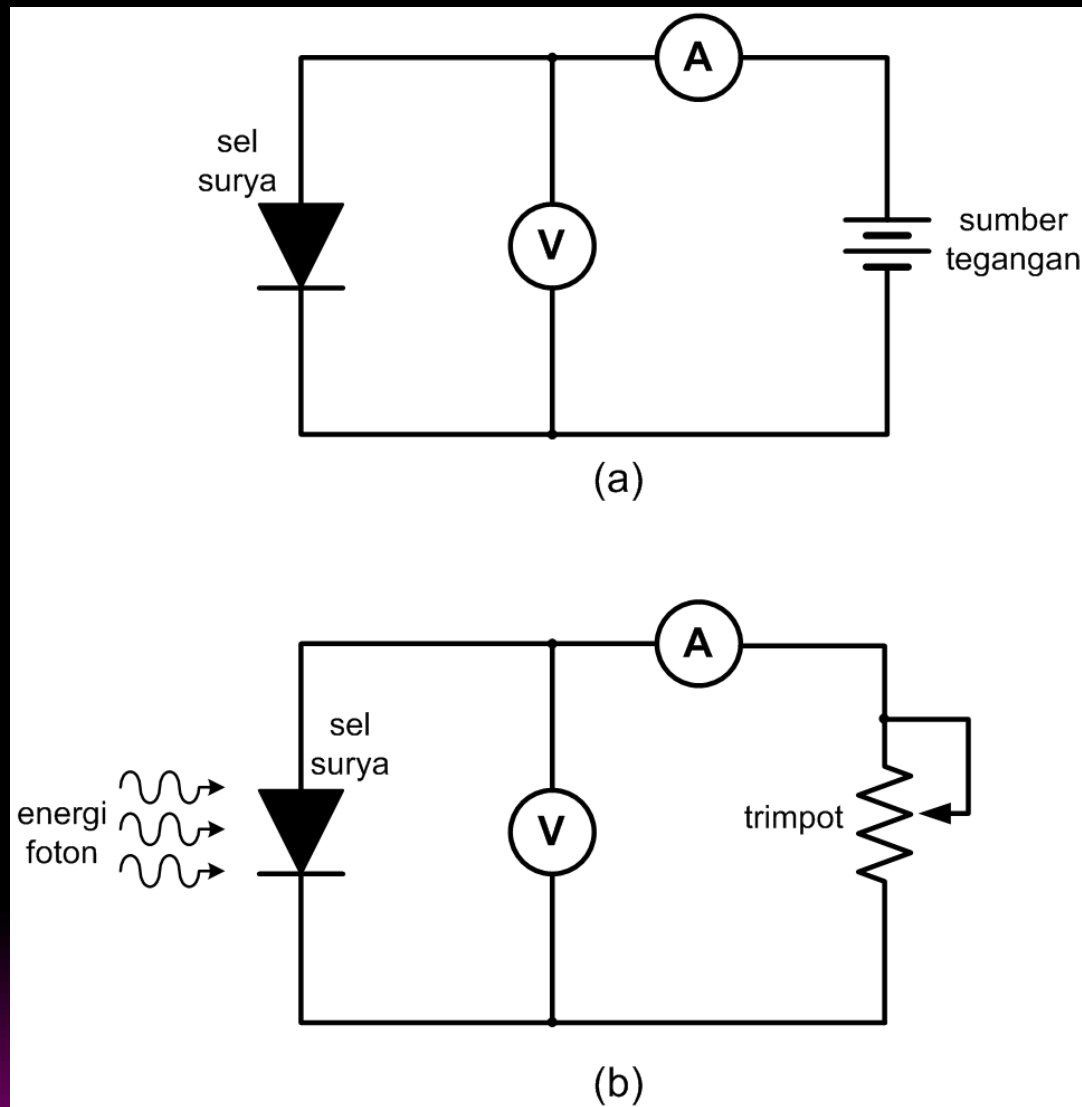
Teknik Pengolahan dan Analisis Data

Karakteristik I-V sel surya dalam keadaan tanpa penyinaran:

1. Plot kurva Arus terhadap Tegangan (I-V) sel surya dari data hasil pengukuran.
2. Menentukan nilai R_s dan R_{sh} dari kurva I-V.
3. Menentukan I_j dan V_j .
4. Plot kurva I terhadap V_j untuk menentukan I_{OR} dan I_{OD} .

Karakteristik I-V sel surya dalam keadaan penyinaran :

1. Plot kurva karakteristik Arus terhadap Tegangan (I-V) sel surya dari data hasil pengukuran.
2. Menentukan V_{oc} , I_{sc} , dan $V_m I_m$ dari kurva karakteristik I-V.
3. Menentukan faktor pengisian (FF) dan efisiensi (η) sel surya.



Rangkaian listrik untuk sistem pengukur karakteristik I-V dalam keadaan tanpa penyinaran (a) dan keadaan diberi penyinaran (b), (Martil dan Diaz, 1992).

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 4.1. Sistem pengukur karakteristik I-V sel surya



Gambar 4.2. Rangkaian Sistem Pengukur karakteristik I-V Sel Surya

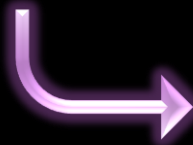
HASIL DAN PEMBAHASAN



Karakteristik I-V sel surya dalam keadaan tanpa penyorotan

| No | V (V) | I (A) |
|-----|--------|-----------|
| 1. | 0.1388 | 0 |
| 2. | 0.2415 | 0 |
| 3. | 0.4350 | 0 |
| 4. | 0.6490 | 0 |
| 5. | 0.8140 | 0.0000001 |
| 6. | 1.0200 | 0.0000001 |
| 7. | 1.2300 | 0.0000002 |
| 8. | 1.4230 | 0.0000003 |
| 9. | 1.6290 | 0.0000005 |
| 10. | 1.8510 | 0.0000013 |
| 11. | 2.0220 | 0.0000028 |
| 12. | 2.3900 | 0.0000166 |
| 13. | 2.5540 | 0.0000368 |
| 14. | 2.7150 | 0.0000798 |
| 15. | 2.8370 | 0.0001416 |
| 16. | 3.1310 | 0.0005460 |
| 17. | 3.2880 | 0.0010710 |

$$I = \frac{V - IR_s}{R_{sh}} + I_{OR} \left[\exp\left(\frac{q(V - IR_s)}{2kT}\right) - 1 \right] + I_{OD} \left[\exp\left(\frac{q(V - IR_s)}{kT}\right) - 1 \right]$$



(2.1) Hubungan arus-tegangan untuk sel surya dalam keadaan tanpa penyinaran.

• Nilai-nilai pada keadaan tegangan (V) tinggi

$$I = I_{OD} \exp\left(\frac{q(V - IR_s)}{kT}\right) \quad (2.2)$$

$$V_j = V - IR_s \quad (2.3)$$

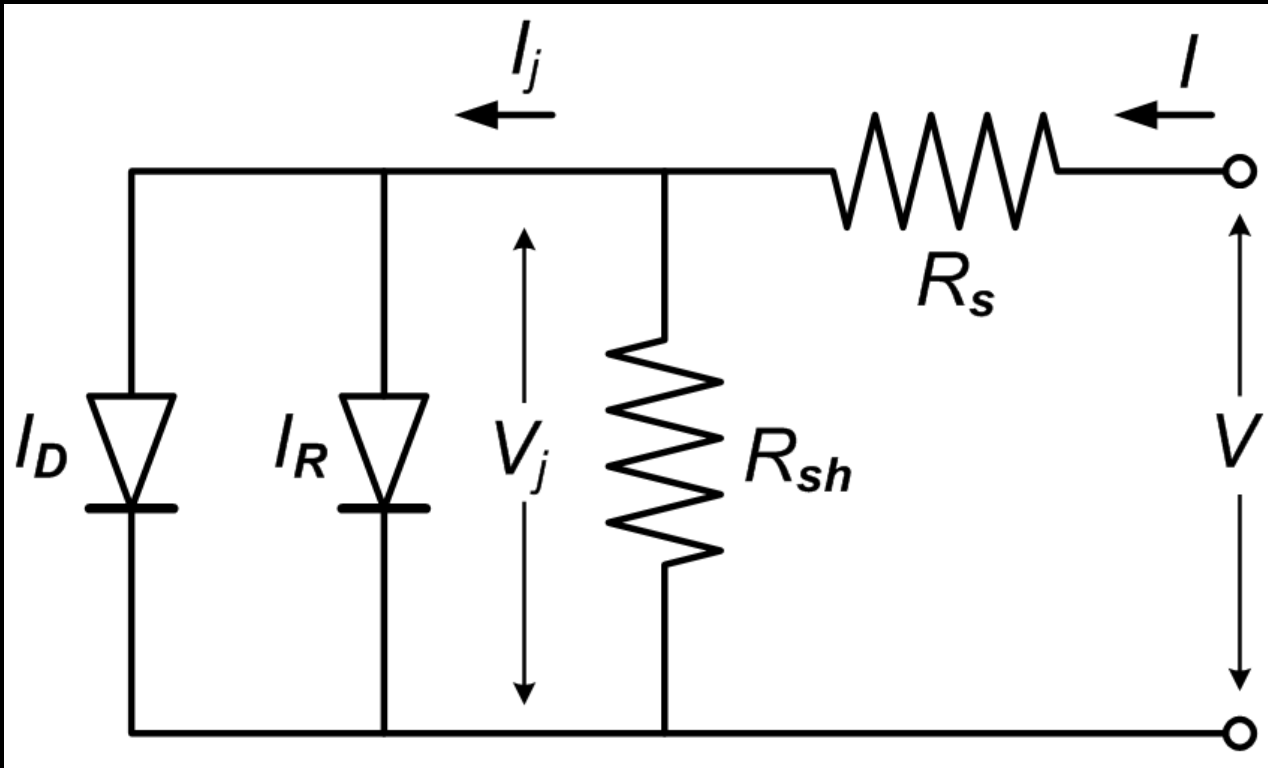
$$I = \frac{V_j}{R_{sh}} + I_{OR} \left[\exp\left(\frac{qV_j}{2kT}\right) - 1 \right] + I_{OD} \left[\exp\left(\frac{qV_j}{kT}\right) - 1 \right] \quad (2.4)$$

• Nilai-nilai pada keadaan tegangan (V) rendah

$$I \cong \frac{V_j}{R_{sh}} \quad (2.5)$$

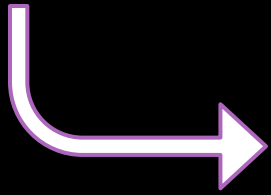
$$I_j = I - \frac{V_j}{R_{sh}} \quad (2.6)$$

$$I_j = I_{OR} \left[\exp\left(\frac{qV_j}{2kT}\right) - 1 \right] + I_{OD} \left[\exp\left(\frac{qV_j}{kT}\right) - 1 \right] \quad 2.7$$

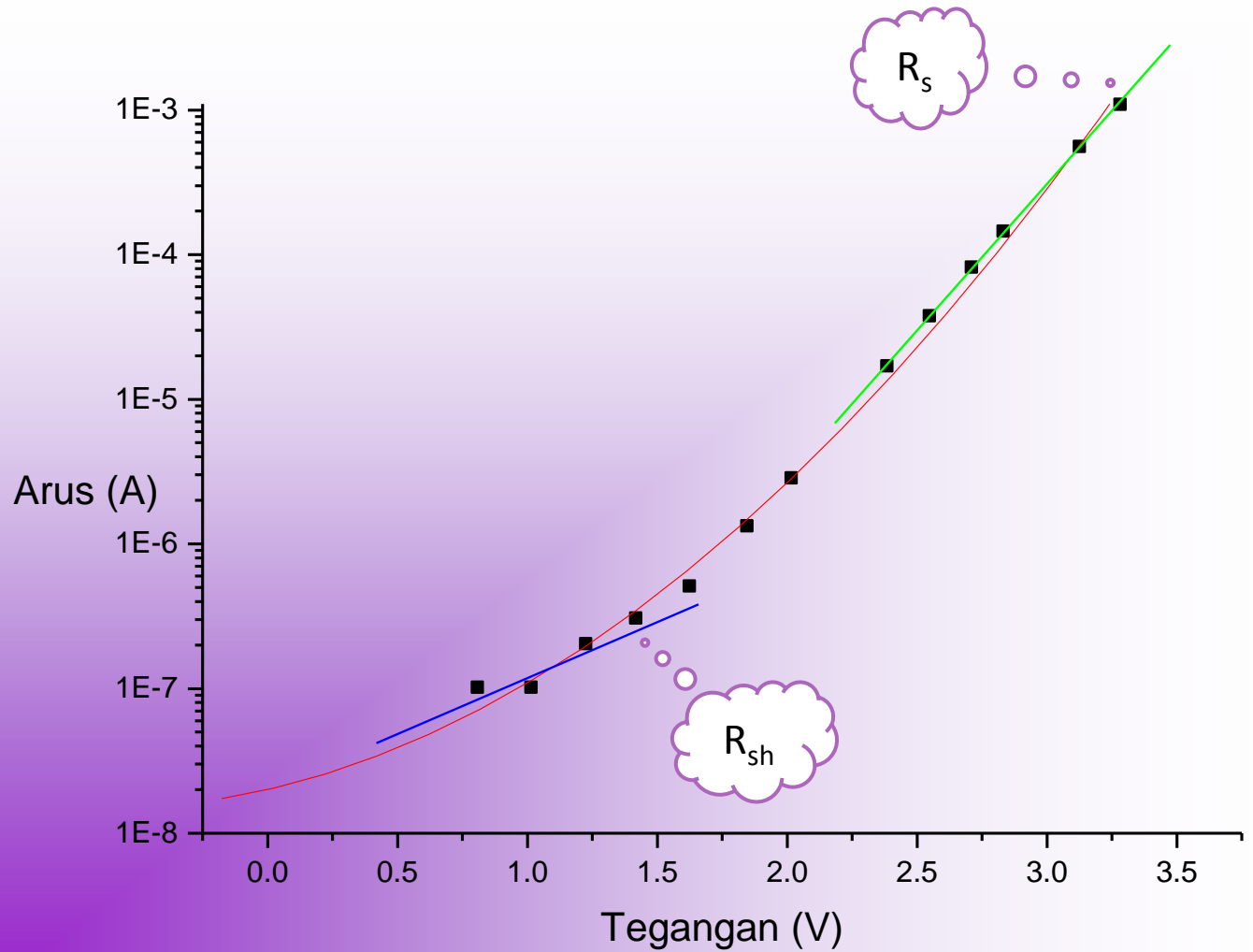


Rangkaian ekuivalen untuk sel surya silikon (Martil dan Diaz, 1992).

Karakteristik I-V sel surya dalam keadaan tanpa penyinaran



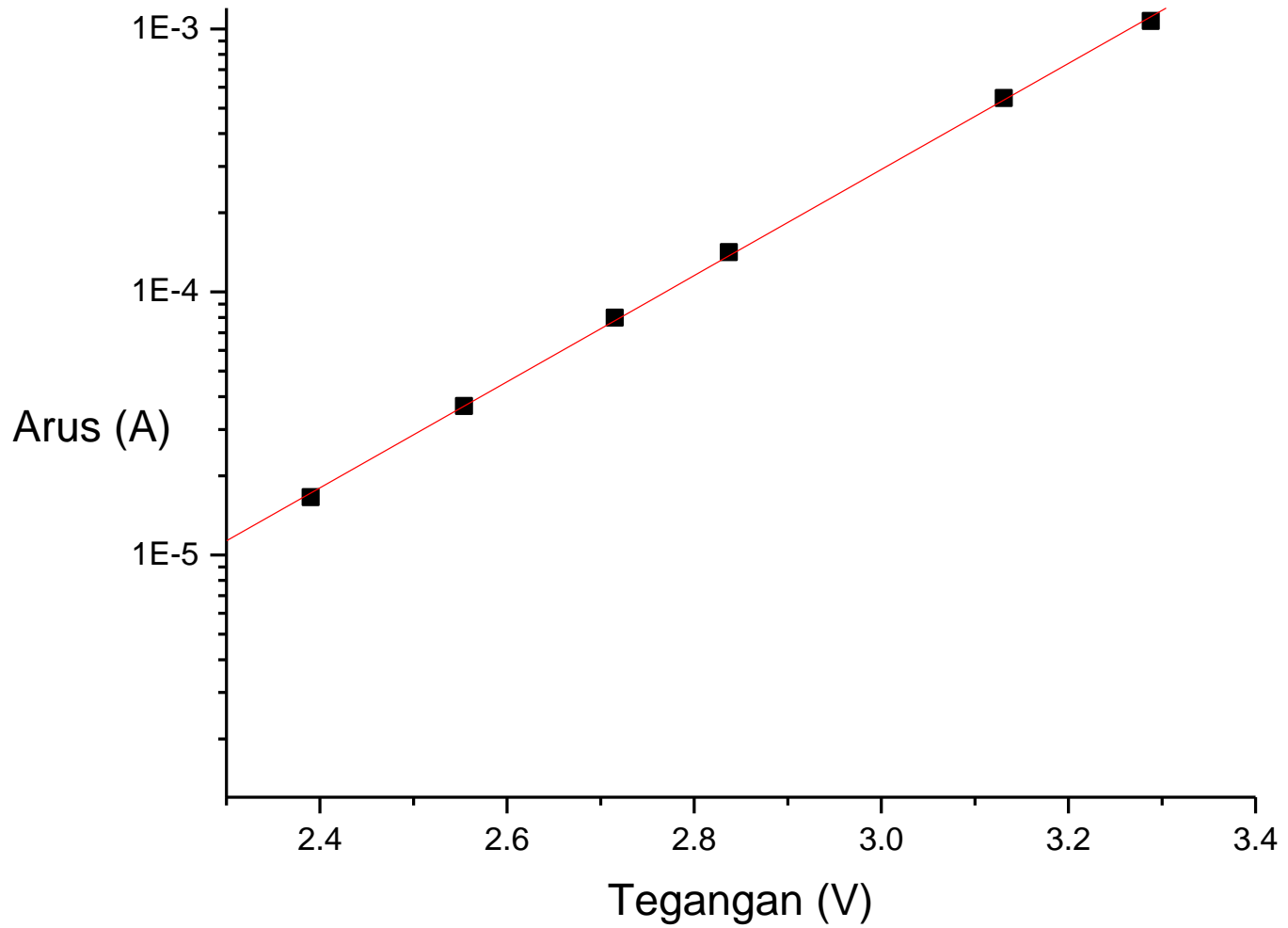
$$R_{sh} = 571.1 \times 10^4 \Omega$$
$$R_s = 0.0901 \times 10^4 \Omega$$



Tabel 2. Nilai-nilai tegangan yang lebih tinggi untuk menentukan nilai R_s

| No | V (V) | I (A) |
|----|--------|-----------|
| 1. | 2.3900 | 0.0000166 |
| 2. | 2.5540 | 0.0000368 |
| 3. | 2.7150 | 0.0000798 |
| 4. | 2.8370 | 0.0001416 |
| 5. | 3.1310 | 0.0005460 |
| 6. | 3.2880 | 0.0010710 |

$$R_s = 0.0901 \times 10^4 \Omega$$

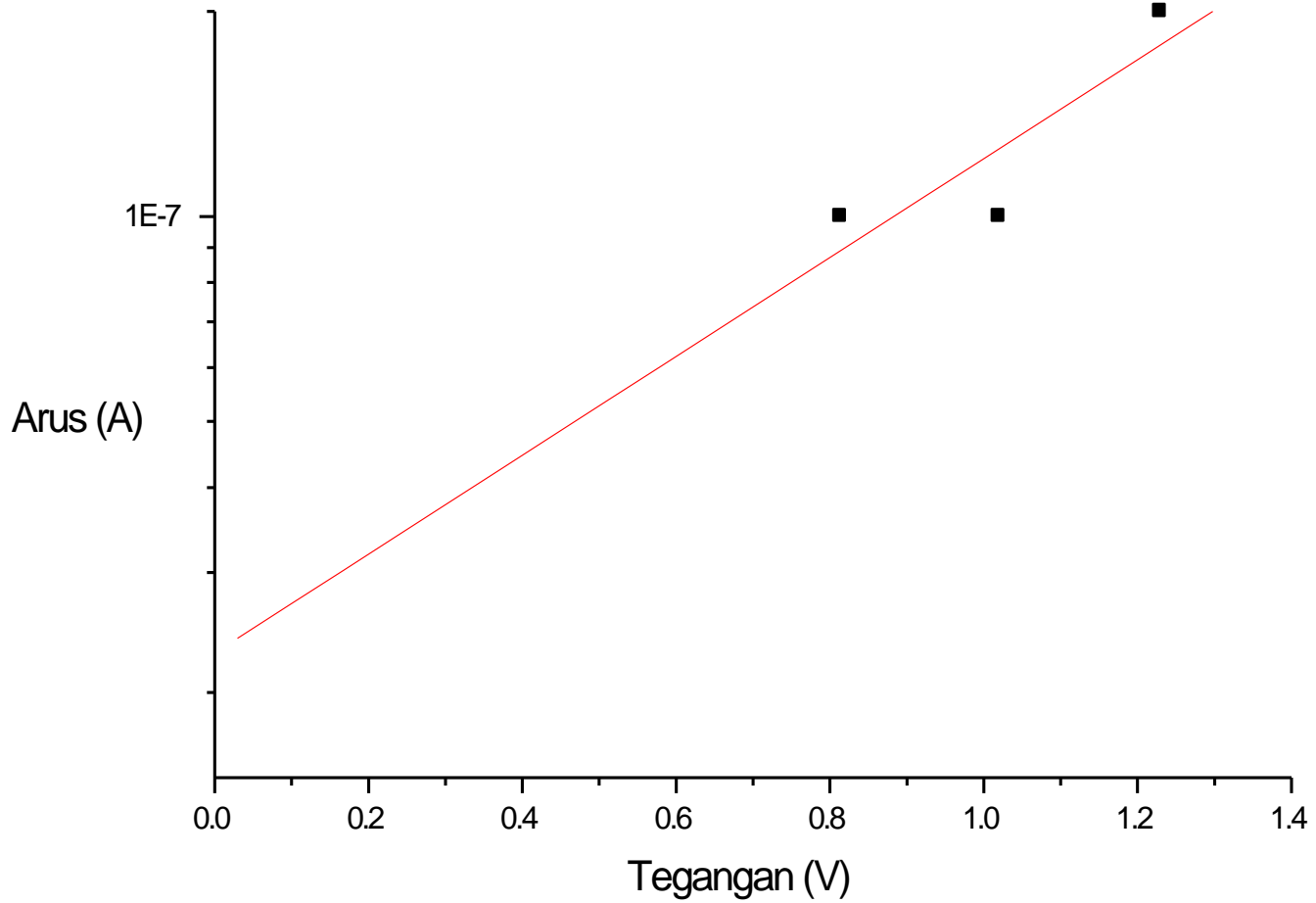


Gambar 2. Kurva karakteristik I-V sel surya untuk menentukan R_s

Tabel 3. Nilai-nilai tegangan yang lebih rendah untuk menentukan nilai R_{sh}

| No | V (V) | I (A) |
|----|--------|-----------|
| 1. | 0.1388 | 0 |
| 2. | 0.2415 | 0 |
| 3. | 0.4350 | 0 |
| 4. | 0.6490 | 0 |
| 5. | 0.8140 | 0.0000001 |
| 6. | 1.0200 | 0.0000001 |
| 7. | 1.2300 | 0.0000002 |

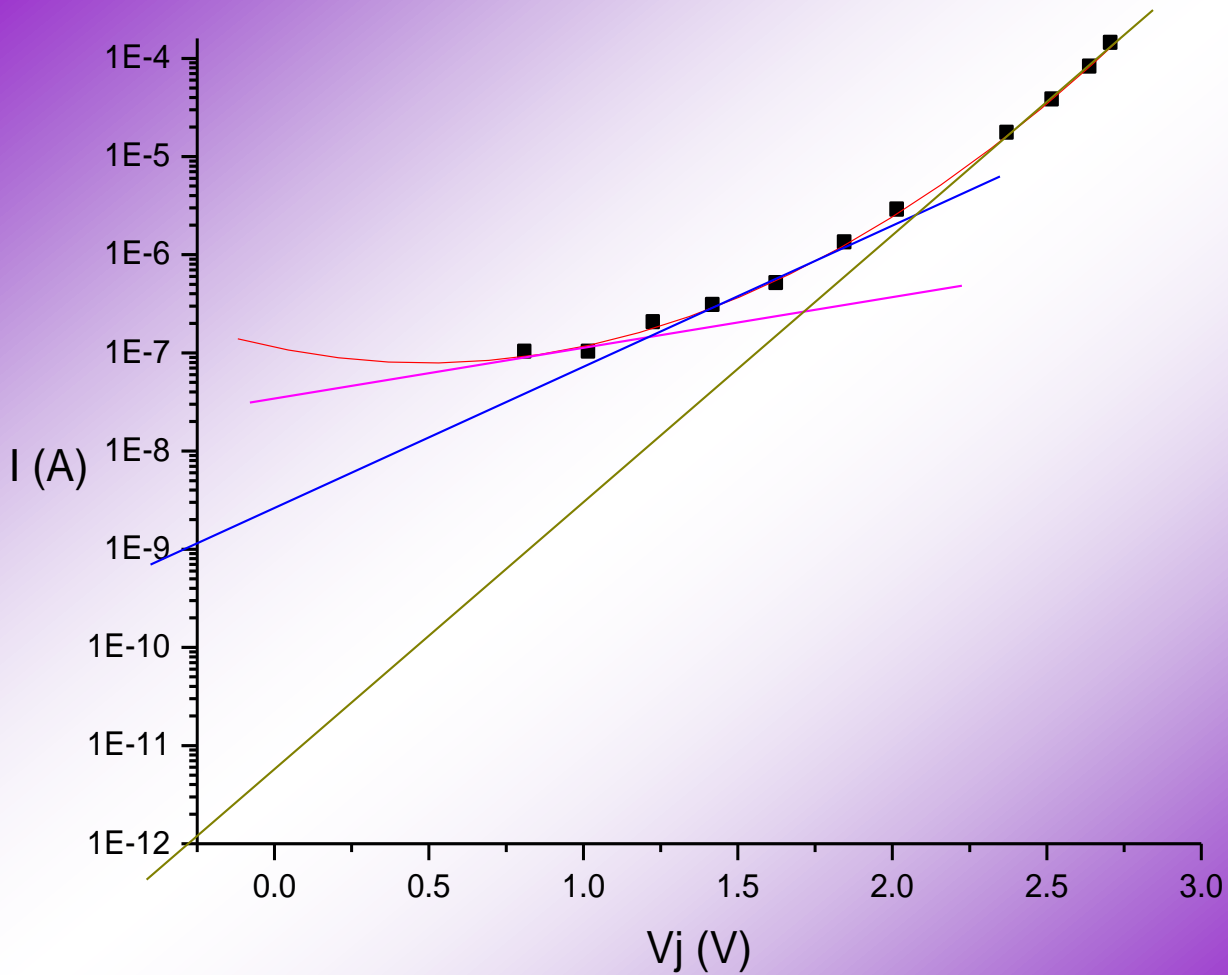
$$R_{sh} = 571.1 \cdot 10^4 \Omega$$



Gambar 3. Kurva karakteristik I-V sel surya untuk menentukan R_{sh}

Tabel 4. Hasil Perhitungan nilai V_j dan I_j

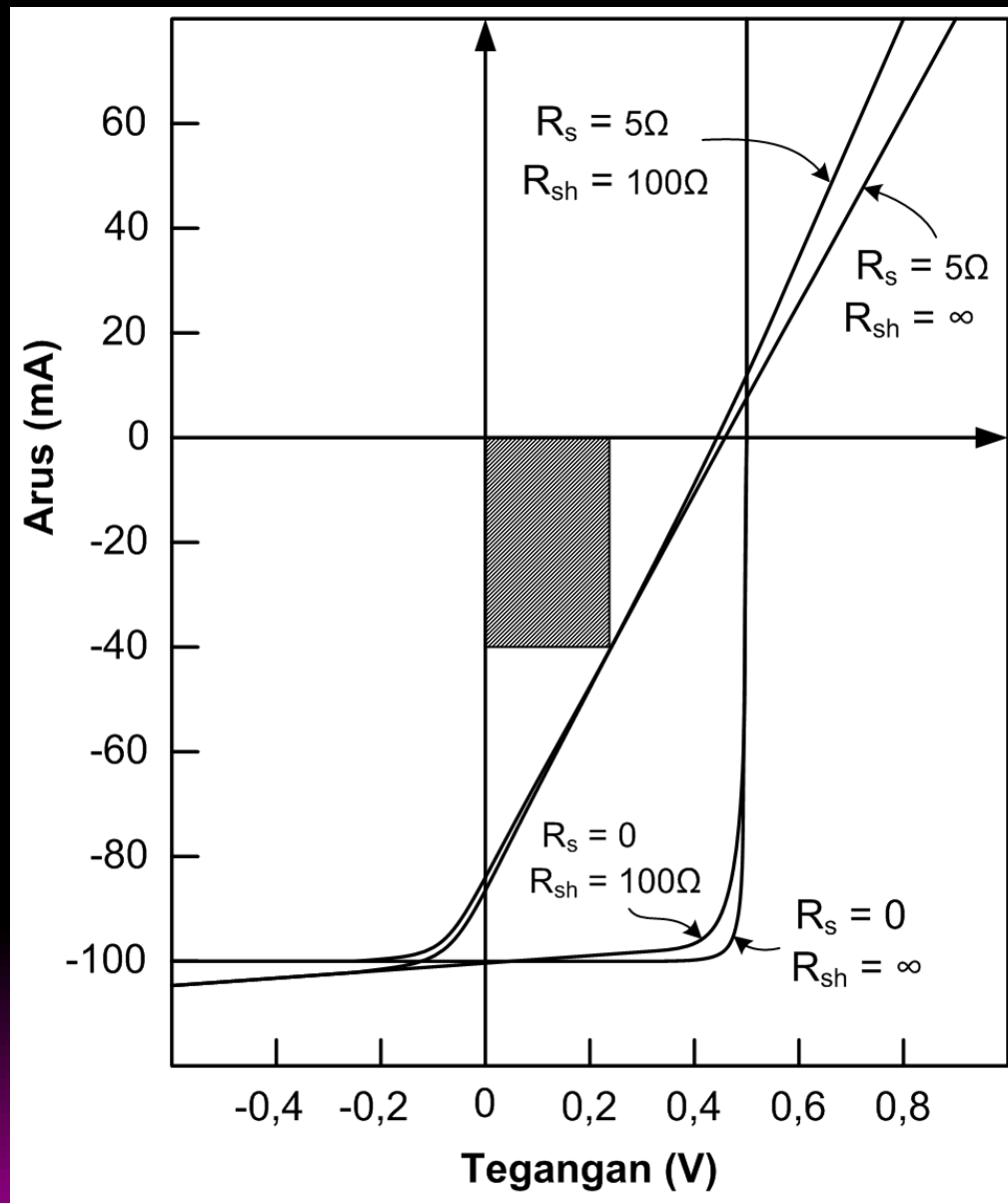
| No | V (V) | I (A) | V_j (V) | I_j (A) |
|-----|--------|----------|-----------|-----------|
| 1. | 0.1388 | 0 | 0.1388 | -2.43E-08 |
| 2. | 0.2415 | 0 | 0.2415 | -4.23E-08 |
| 3. | 0.435 | 0 | 0.435 | -7.62E-08 |
| 4. | 0.649 | 0 | 0.649 | -1.14E-07 |
| 5. | 0.814 | 1.00E-07 | 0.81391 | -4.25E-08 |
| 6. | 1.020 | 1.00E-07 | 1.01991 | -7.86E-08 |
| 7. | 1.230 | 2.00E-07 | 1.22982 | -1.53E-08 |
| 8. | 1.423 | 3.00E-07 | 1.42273 | 5.09E-08 |
| 9. | 1.629 | 5.00E-07 | 1.62855 | 2.15E-07 |
| 10. | 1.851 | 1.30E-06 | 1.84983 | 9.76E-07 |
| 11. | 2.022 | 2.80E-06 | 2.01948 | 2.45E-06 |
| 12. | 2.390 | 1.70E-05 | 2.37468 | 1.66E-05 |
| 13. | 2.554 | 3.70E-05 | 2.52066 | 3.66E-05 |
| 14. | 2.715 | 8.00E-05 | 2.64292 | 7.95E-05 |
| 15. | 2.837 | 0.00014 | 2.71086 | 1.40E-04 |
| 16. | 3.131 | 0.00055 | 2.63545 | 5.50E-04 |
| 17. | 3.288 | 0.00107 | 2.32393 | 1.07E-03 |



Kurva karakteristik I terhadap V_j , yang menunjukkan nilai arus saturasi difusi (warna kuning), arus saturasi rekombinasi (warna biru), dan hambatan shunt (warna magenta).

$$I_{OR} = 1.162 \times 10^{-9} \text{ A}$$

$$I_{OD} = 1.157 \times 10^{-12} \text{ A}$$



Karakteristik sel surya dengan memperhitungkan hambatan seri dan hambatan shunt (Sze, 1981).

Karakteristik I-V sel surya dalam keadaan penyinaran


Tabel 5. Data yang diperhitungkan dalam eksperimen

| | |
|--|--|
| Daya Lampu (P_L) | 250 watt |
| Tegangan maksimum lampu (V_L) | 24 V |
| Tegangan yang digunakan pada sel surya (V_c) | 15 V |
| Jarak lampu terhadap sel surya (r) | 10 cm |
| Luas Sel surya (A_{ss}) | $(3.5 \times 1.4) \text{ cm}^2 = 4.9 \text{ cm}^2$ |

Karakteristik I-V sel surya dalam keadaan penyinaran

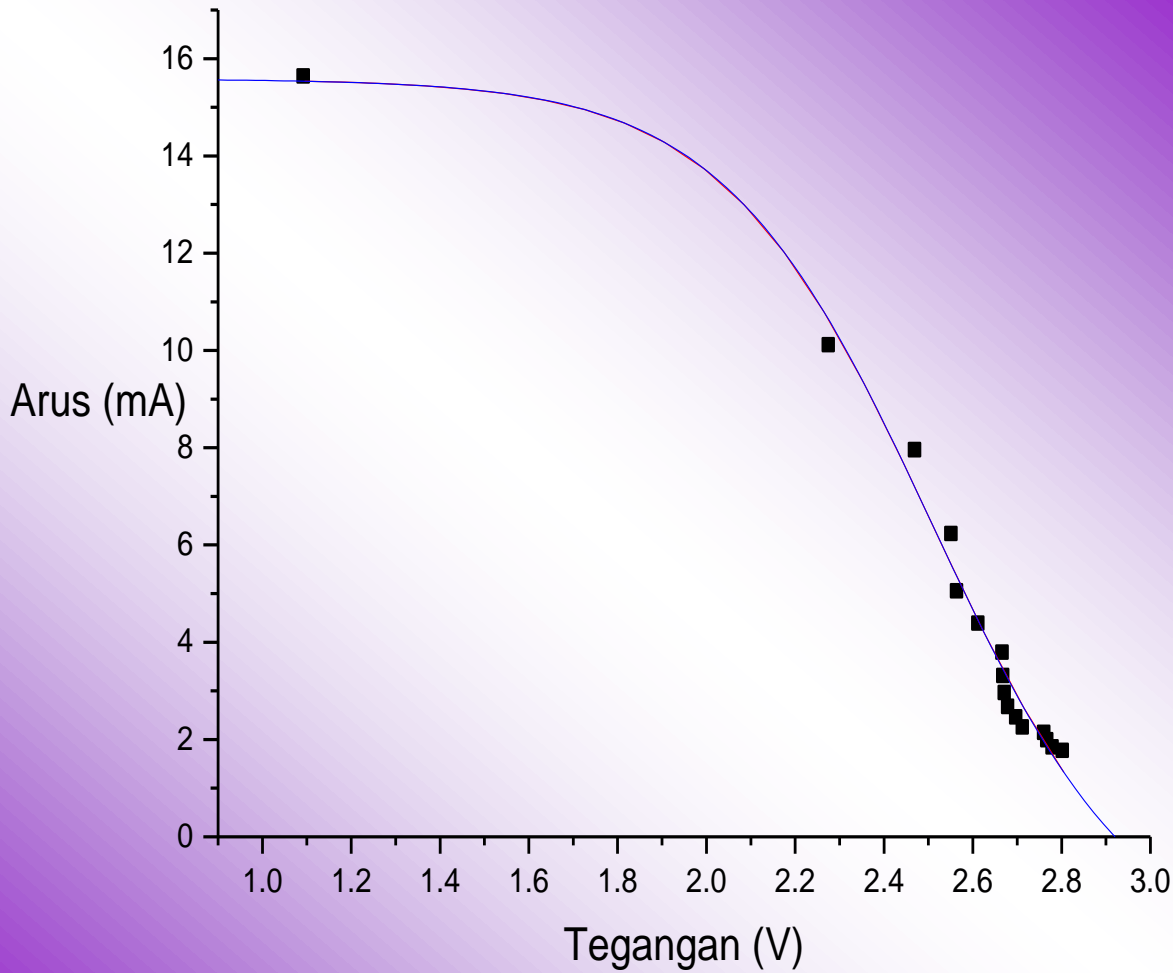
| No | R (Ω) | V (V) | I (A) |
|-----|----------------|-------|-------|
| 1. | 100 | 1.095 | 15.61 |
| 2. | 200 | 2.278 | 10.08 |
| 3. | 300 | 2.472 | 7.92 |
| 4. | 400 | 2.554 | 6.20 |
| 5. | 500 | 2.567 | 5.02 |
| 6. | 600 | 2.615 | 4.36 |
| 7. | 700 | 2.669 | 3.76 |
| 8. | 800 | 2.671 | 3.28 |
| 9. | 900 | 2.674 | 2.93 |
| 10. | 1000 | 2.682 | 2.64 |
| 11. | 1100 | 2.700 | 2.43 |
| 12. | 1200 | 2.715 | 2.22 |
| 13. | 1300 | 2.763 | 2.11 |
| 14. | 1400 | 2.770 | 1.96 |
| 15. | 1500 | 2.782 | 1.81 |
| 16. | 1600 | 2.805 | 1.74 |

Dalam keadaan penyinaran, karakteristik I-V sel surya menjadi (S. M. Sze, 1981):


$$I = \frac{V - IR_s}{R_{sh}} + I_{OR} \left[\exp\left(\frac{q(V - IR_s)}{2kT}\right) - 1 \right] + I_{OD} \left[\exp\left(\frac{q(V - IR_s)}{kT}\right) - 1 \right] - I_L \quad (2.8)$$

$$FF = \frac{I_m V_m}{I_{sc} V_{oc}} \quad (2.10)$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% = \frac{I_{sc} V_{oc} FF}{\Phi A} \times 100\% \quad (2.11)$$



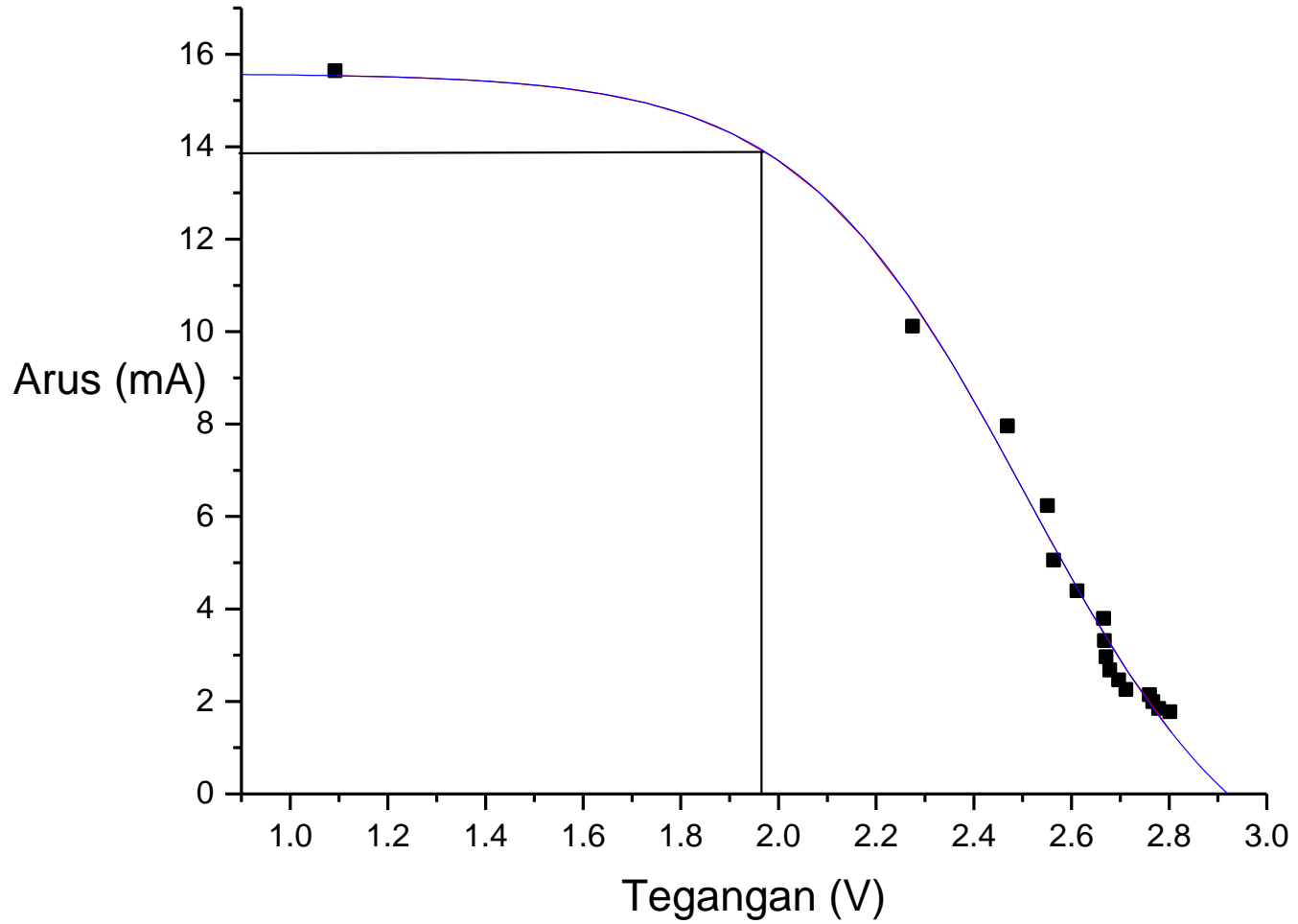
| | |
|----------------|-----------|
| I_{SC} (mA) | 15.580270 |
| V_{OC} (V) | 2.9353183 |
| $V_m I_m$ (mW) | 27.40464 |
| FF | 0.5992 |
| η | 7.193 % |



Karakteristik I-V sel surya dalam Keadaan penyinaran

Tabel 7. Perkalian arus dan tegangan (luasan) di bawah kurva I-V sel surya

| X (V) | Y (I) | XY (VI) | |
|-------|----------|----------|-----------|
| 1.095 | 15.53636 | 17.01231 | |
| 1.185 | 15.51586 | 18.38629 | |
| 1.275 | 15.48585 | 19.74446 | |
| 1.365 | 15.44197 | 21.07829 | |
| 1.455 | 15.37792 | 22.37487 | |
| 1.545 | 15.28469 | 23.61485 | |
| 1.635 | 15.14952 | 24.76947 | |
| 1.725 | 14.9547 | 25.79686 | |
| 1.815 | 14.67622 | 26.63734 | |
| 1.905 | 14.28291 | 27.20894 | |
| 1.995 | 13.73666 | 27.40464 | $V_m I_m$ |
| 2.085 | 12.99548 | 27.09558 | |
| 2.175 | 12.02094 | 26.14554 | |
| 2.265 | 10.79126 | 24.4422 | |
| 2.355 | 9.31779 | 21.9434 | |
| 2.445 | 7.65768 | 18.72303 | |
| 2.535 | 5.91227 | 14.9876 | |
| 2.625 | 4.20564 | 11.03981 | |



Gambar 7. Kurva karakteristik I-V dengan luasan di bawah kurva I-V ($V_m I_m$)

untuk menentukan intensitas cahaya yang sampai ke sel surya, dapat menggunakan persamaan-persamaan di bawah ini:

$$R = \frac{V_L^2}{P_L} = \frac{(4V)^2}{250W} = 2.304\Omega$$

$$p_c = \frac{V_c^2}{R} = \frac{(5V)^2}{2.304\Omega} = 97.66W$$

$$\Phi = \frac{P_c}{A} = \frac{97.66W}{4\pi (0cm)^2} = 77.75 mW/cm^2$$

Tabel 8. Parameter-parameter karakteristik I-V sel surya silikon amorf dalam keadaan penyinaran yang diperoleh dari eksperimen.

| | |
|----------------|-----------|
| I_{SC} (mA) | 15.580270 |
| V_{OC} (V) | 2.9353183 |
| $V_m I_m$ (mW) | 27.40464 |
| FF | 0.5992 |
| η | 7.193 % |

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Kesimpulan

1. Dari hasil pengukuran karakteristik I-V sel surya diperoleh nilai R_{sh} dan R_s berturut-turut bernilai $571.1 \times 10^4 \Omega$ dan $0.0901 \times 10^4 \Omega$, FF bernilai 0.5992 dan efisiensinya sebesar 7.193%. Nilai efisiensi dari sel surya ini cukup baik untuk material silikon amorf. Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan pada silikon amorf, efisiensi yang terukur berkisar (6-9)% (Shahidul I khan,).
2. Pengembangan sistem pengukur karakteristik sel surya yang dihasilkan memiliki akurasi pengukuran yang cukup baik, sehingga hasil yang didapat menggambarkan keadaan riil dari karakteristik bahan yang diukur, dan kedepannya benar-benar dapat digunakan untuk kegiatan praktikum maupun penelitian mahasiswa yang terkait dengan pengembangan piranti sel surya.

Rekomendasi

Untuk pengukuran intensitas sebaiknya menggunakan Intensitimeter dalam satuan W/m^2 dan pengukuran alat (amperemeter) menggunakan alat dengan ketelitian yang cukup tinggi, sehingga dapat mendeteksi arus keluaran yang sekecil mungkin.



TERIMA KASIH

TERIMA KASIH