

**PENGARUH SUMBER CAHAYA BERWADHA DASAR
TERHADAP TANGGAPAN SEL SURYA**



O L E H

PAULUS G. D LASMONO S

Jurusan

Fisika

84 03 104



PREPARAT	NOV. HASANUDDIN
Tgl. selesai	23-3-92
Asst. dori	-
Asst. bina	107P
Asst. ...	-
Asst. ...	9223 03 0522

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

1991

S K R I P S I

O l e h

PAULUS G. D LASMONO S

Jurusan Fisika

84 03 104



FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

1991

PENGARUH SUMBER CAHAYA BERWARNA DASAR

TERHADAP TANGGAPAN SEL SURYA,

S K R I P S I

Skripsi untuk melengkapi tugas dan
memenuhi syarat untuk memperoleh
gelar sarjana

O l e h

PAULUS G. D LASMONO S

Jurusan Fisika

84 03 104



FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

1991

PENGARUH SUMBER CAHAYA BERWARNA DASAR

TERHADAP TANGGAPAN SEL SURYA

Disetujui oleh
Pembimbing Utama



(Dra. Nurlaela Rauf Msc)

Pada tanggal, 9 SEPTEMBER 1991

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan kasihNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini. Tugas akhir ini merupakan suatu rangkaian dari syarat-syarat yang harus dipenuhi penulis untuk menyelesaikan program tingkat sarjana di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin. Dan judul tugas akhir ini adalah " Pengaruh Sumber Cahaya Berwarna Dasar Terhadap Tanggapan Sel Surya ".

Tugas akhir ini penulis susun dengan upaya sebaik-baiknya dan dengan harapan kepada sidang pembaca dan peminat Fisika khususnya, untuk sudi memaklumi kekurangan dan keterbatasan dari pandangan ilmu dan daya nalar.

Lewat tulisan tugas akhir ini penulis menghaturkan banyak terima kasih kepada:

1. Ibu Dra. Nurlaela Rauf Msc sebagai pembimbing utama penulis yang telah berupaya untuk membimbing dan mengarahkan penulis hingga rampungnya tugas akhir ini.
2. Bapak dan Ibu dosen serta pegawai sejurusan Fisika.
3. Bapak dan Ibu KU yang telah memberikan peluang dan kepercayaan serta dorongan bagi terwujudnya tugas akhir ini. Juga kepada saudara-saudariku (K, P, J, Y).

Serta handai taulan yang telah memberi perhatian.

4. Dan kepada semua pihak yang tidak dapat penulis katakan secara keseluruhan dalam memberikan bantuan untuk terwujudnya tugas akhir ini.

Akhirnya kami berharap dengan segala kemampuan dan wawasan yang telah penulis berikan dalam tulisan ini boleh menjadi setitik dari lautan ilmu pengetahuan bagi sidang pembaca dan peminat, di negara dan tanah air Indonesia tercinta.

Ujung Pandang, 1991

Penulis

candra maret 1991

S A R I B A C A A N

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh sumber cahaya berwarna dasar terhadap tanggapan sel surya silikon, diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa sel surya silikon yang digunakan mempunyai tanggapan yang baik atau peka kepada sumber cahaya berwarna merah.

Kata kunci : cahaya berwarna dasar, sel surya silikon.

ABSTRACT

A research on the respon of solar cell to primary monochromatic colour has been done, the result is solar cell has sensitive respon to red colour.

Key words : primary monochromatic colour, solar cell.

D A F T A R I S I

	Halaman
KATA PENGANTAR	iv
SARI BACAAN	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I. PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Ruang Lingkup	2
I.3 Tujuan Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	4
II.1.1 Cahaya	4
II.1.2 Warna Dasar	4
II.2 Semikonduktor	5
II.3.1 Sel Surya	7
II.3.2 Prinsip Kerja Sel Surya	8
II.3.3 Watak Sel	9
BAB III. METODOLOGI	11
III.1 Peralatan dan Bahan	11
III.2 Kalibrasi Sel Surya	12

	Halaman	
III.3	Penentuan Watak Tegangan dan Arus Sel Surya Terhadap Berkas-Berkas Cahaya Berwarna Dasar	13
BAB IV.	HASIL DAN BAHASAN	15
IV.1	Data Hasil Pengamatan	15
IV.2	Analisa Data	15
IV.2.1	Kalibrasi Sel Surya	15
IV.2.2	Tanggapan Sel Surya Terhadap Berkas Cahaya Berwarna	16
BAB V.	SIMPULAN DAN SARAN	28
V.1	Simpulan	28
V.2	Saran	28
DAFTAR PUSTAKA	29

DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

E	energi
f	frekuensi
h	tetapan Planck
E_p	energi foton
c	kecepatan cahaya
E_c	tingkat energi konduksi
E_f	tingkat energi fermi
E_v	tingkat energi valensi
λ	sumber cahaya
Ps	panel surya
V	voltmeter / tegangan listrik
A	amperemeter
R	tahanan beban bervariasi / tetap
I_{sc}	I short circuit (arus hubungan singkat)
I	arus listrik
V_{oc}	voltage open circuit (tegangan hubungan terbuka)
P	daya keluaran
M	merah
H	hijau
B	biru
M+H	merah ditambah hijau
H+B	hijau ditambah biru
B+M	biru ditambah merah
M+H+B	merah ditambah hijau ditambah biru



D A F T A R T A B E L

TABEL	Halaman
I. Data titik operasi/kalibrasi sel surya.....	21
II. Data watak tegangan keluaran sel surya Vs jarak (intensitas).....	22
III. Data watak arus keluaran sel surya Vs jarak (intensitas).....	23
IV. Data hasil olahan watak tegangan-arus keluaran sel surya terhadap berkas-berkas cahaya berwarna dasar dan campurannya serta cahaya putih.....	24

D A F T A R G A M B A R

GAMBAR	Halaman
1. Struktur pita energi dari a. Isolator b. Semikonduktor c. Logam.....	6
2. Sambungan tipe p dan tipe n (dioda) sebagai dasar operasi kerja sel surya.....	8
3. Model rangkaian ekuivalen listrik sel surya.....	9
4. Perangkat instrumen untuk kalibrasi sel surya..	13
5. Perangkat instrumen untuk pengamatan tanggapan sel surya.....	14
6. Kurva kalibrasi sel surya.....	25
7. Watak tegangan keluaran sel surya Vs jarak.....	26
8. Watak arus keluaran sel surya Vs jarak	27

B A B I

P E N D A H U L U A N

I.1 Latar Belakang

Ilmu fisika sebagai dasar berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang elektronika, memungkinkan berbagai instrumen diciptakan untuk mempermudah beragam kegiatan manusia. Ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang elektronika ini nampak jelas perkembangannya dalam dunia industri elektronika.

Salah satu produk industri elektronika adalah komponen semikonduktor (bahan padat) berupa sel surya. Sel surya adalah alat yang dapat mengubah secara langsung energi radiasi sinar menjadi energi listrik. Berdasarkan kemampuan sel surya tersebut maka dilakukan satu penelitian pengaruh sumber cahaya berwarna dasar terhadap tanggapan sel surya. Selama ini sumber radiasi sinar yang digunakan merupakan cahaya polikromatik, oleh sebab itu timbul permasalahan bagaimana seandainya digunakan sumber cahaya monokromatik. Dalam penelitian ini dicoba diteliti besar tanggapan sel surya terhadap sumber radiasi sinar monokromatik.

I.2 Ruang Lingkup

Sel surya atau sel fotovoltaiik adalah alat yang mampu mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Sel surya yang berupa dioda merupakan gabungan bahan yang menggunakan semikonduktor tipe p dan semikonduktor tipe n.

Sebagai dioda semikonduktor, sel surya memiliki watak tegangan dan arus yang spesifik.

Selama ini penelitian tentang tanggapan sel surya yang berupa watak tegangan dan watak arus, dilakukan dengan menggunakan sumber cahaya putih. Pada kenyataannya cahaya putih adalah cahaya polikromatis. Dengan harapan tanggapan sel surya akan sama untuk sumber monokromatis, maka dilakukan penelitian ini.

Pada penelitian ini digunakan tiga warna dasar, dengan asumsi bahwa warna-warna lainnya merupakan gabungan kedua atau ketiga warna tersebut. Dengan mengetahui watak tanggapan sel surya dari ketiga warna tersebut, kita dapat meramalkan watak tanggapan sel surya terhadap warna lainnya.

I.3 Tujuan Penelitian

Energi berkas cahaya yang terkonversi ke listrik oleh sel surya tergantung oleh warna-warna cahaya yang menimpunya atau yang diterimanya.

Untuk itu tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini ialah :

1. Menyelidiki watak tegangan dan arus sel surya terhadap berkas cahaya berwarna dasar (merah, hijau, biru).
2. Menyelidiki pengaruh warna-warna dasar dan campuran warna-warna dasar, yang di arahkan pada sel surya sebagai komponen dari prototipe alat pengukur warna (colorimeter).

B A B I I
T I N J A U A N P U S T A K A



II.1.1 Cahaya

Cahaya merupakan salah satu dari banyak sekali jenis radiasi elektromagnetik. Radiasi elektromagnetik yaitu gangguan-gangguan yang bergerak melewati alam dalam bentuk gelombang dan bergerak dengan kecepatan $3 \cdot 10^8$ m/dt. Sebagai gelombang maka cahaya mempunyai panjang gelombang. Panjang gelombang yang dapat dilihat mata berkisar antara 7500 \AA pada ujung merah dan 4000 \AA pada ujung violet.

Menurut teori kuantum Einstein, cahaya tersusun dari paket-paket berupa foton (photon) . Setiap paket foton mempunyai energi E yang besarnya berbanding lurus dengan frekuensi f. Menurut persamaan :

$$E = h \times f$$

dengan;

h disebut tetapan Planck, berharga

$$6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$$

f adalah frekuensi tertentu (Herzt). [1] ✓

II.1.2 Warna Dasar

Analisis warna dasar menurut teori Young - Helmholtz menyatakan bahwa terdapat tiga tipe kerucut pada retina

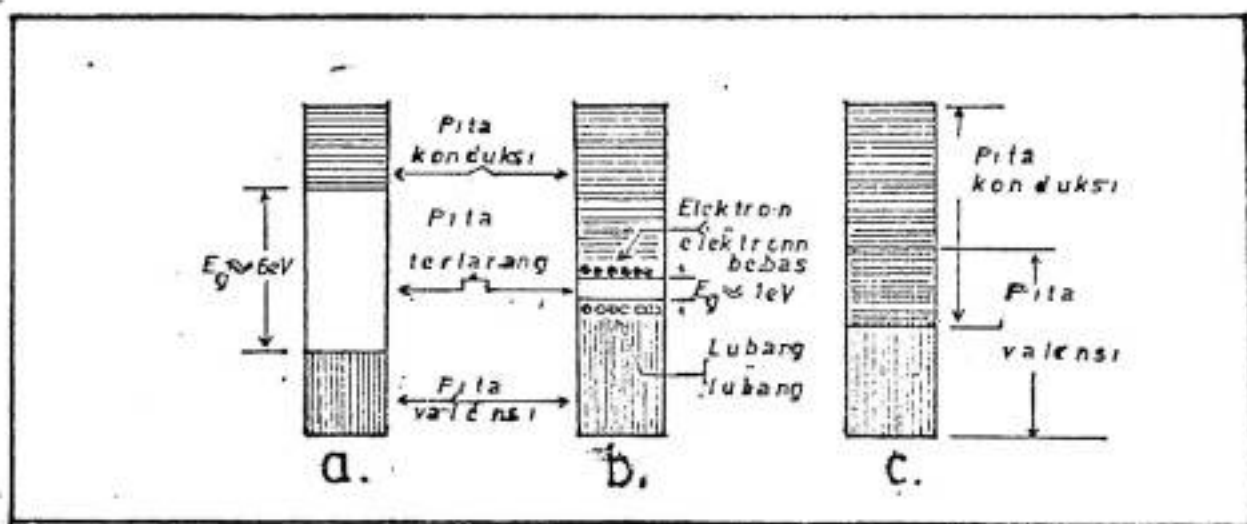
mata, yaitu tipe kerucut retina mata yang sangat peka terhadap spektrum merah, hijau, dan biru. Apabila ketiga kerucut retina mata dirangsang secara bersama-sama maka akan menghasilkan sensasi cahaya putih.

Apabila kerucut retina mata dirangsang oleh lebih dari satu unsur warna dasar maka akan menghasilkan sensasi warna lain. Sehingga dengan demikian pendekatan analisis warna dapatlah berdasar pada tiga warna dasar yaitu ; merah - hijau - biru. [2]

II.2 Semikonduktor

Pemakaian bersama elektron dalam zat padat kristalin yang memenuhi prinsip pelanggaran Pauli, merupakan ikatan elektron valensi yang membentuk sistem tunggal. Elektron - elektron yang ada pada setiap atom penyusun zat padat memiliki tingkat-tingkat energi tertentu dan selanjutnya disebut pita valensi, pita konduksi dan pita terlarang. Kesemuanya ini secara umum lazim disebut sebagai pita - pita energi. Pita konduksi mempunyai tingkat energi di atas pita valensi. Antara pita valensi dan pita konduksi terdapat pita/daerah terlarang. Pada pita konduksi elektron-elektron mudah sekali terpengaruh oleh energi luar. Jika elektron-elektron berpindah dari pita valensi ke pita konduksi akibat pengaruh energi luar maka timbul lubang (tempat yang tidak diduduki karena ditinggalkan-

elektron yang menjadi bebas) pada pita valensi dan elektron bebas pada pita konduksi. Energi luar yang diberikan pada suatu bahan semikonduktor menjadikan elektron-elektron di dalamnya dapat berpindah pita energi, dan ini akan menimbulkan arus listrik.



Gambar II-1. Struktur pita energi a) Isolator
b) Semikonduktor
c) Logam.

Elektron tidak dapat menduduki dan tidak dapat memiliki harga tingkat energi yang berada pada pita terlarang. Perbedaan lebar pita terlarang menyebabkan zat padat dapat dikelompokkan dalam tiga kelompok yaitu, isolator, semikonduktor, dan konduktor. Bila pita terlarang relatif lebar, sehingga elektron bebas sulit dibangkitkan oleh energi luar maka zat padat itu akan bersifat sebagai isolator. Dan bila pita terlarang relatif sempit sehingga elektron bebas mudah dibangkitkan oleh energi luar maka

bahan zat padat itu disebut semikonduktor. Untuk pita terlarang yang keberadaannya ditutup oleh tumpang tindih pita valensi dan pita konduksi sehingga elektron bebas mudah terpengaruh oleh energi luar maka bahan zat padat itu akan bersifat sebagai konduktor.

Sebagai gambaran untuk membandingkan lebar pita energi terlarang antara isolator dan semikonduktor dapat diambil contoh antara intan dan silikon. Intan mempunyai pita energi terlarang 5,4 eV pada suhu 0°K dan 6 eV pada suhu 300°K berlaku sebagai isolator. Silikon pita energi terlarangnya 1,17 eV pada suhu 0°K dan 1,11 eV pada suhu 300°K yang berlaku sebagai semikonduktor. [3]

II.3.1 Sel Surya

Sel surya merupakan alat yang terbuat dari bahan semikonduktor tipe p atau bahan semikonduktor tipe n atau gabungan keduanya. Yang dapat mengubah energi cahaya menjadi energi listrik.

Tanggapan sel surya dari material silikon untuk masing-masing panjang gelombang dalam spektrum cahaya tampak tidak sama. Sehingga menyebabkan hubungan yang tidak linier bagi koefisien absorpsi, panjang gelombang dan energi ionisasi minimum (1,1 eV untuk silikon).

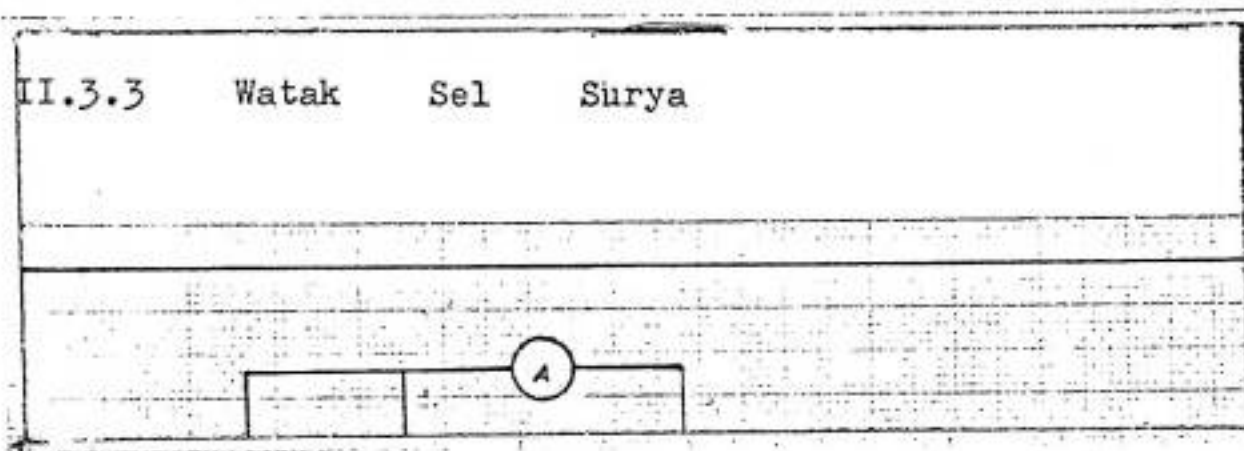
Energi foton dalam satuan elektron volt adalah;

$$E_p = \frac{1,2398}{\lambda} \text{ eV}$$

dengan; E_p energi foton (eV) [5]

λ panjang gelombang dari foton (μm)

II.3.2 Prinsip Kerja Sel Surya



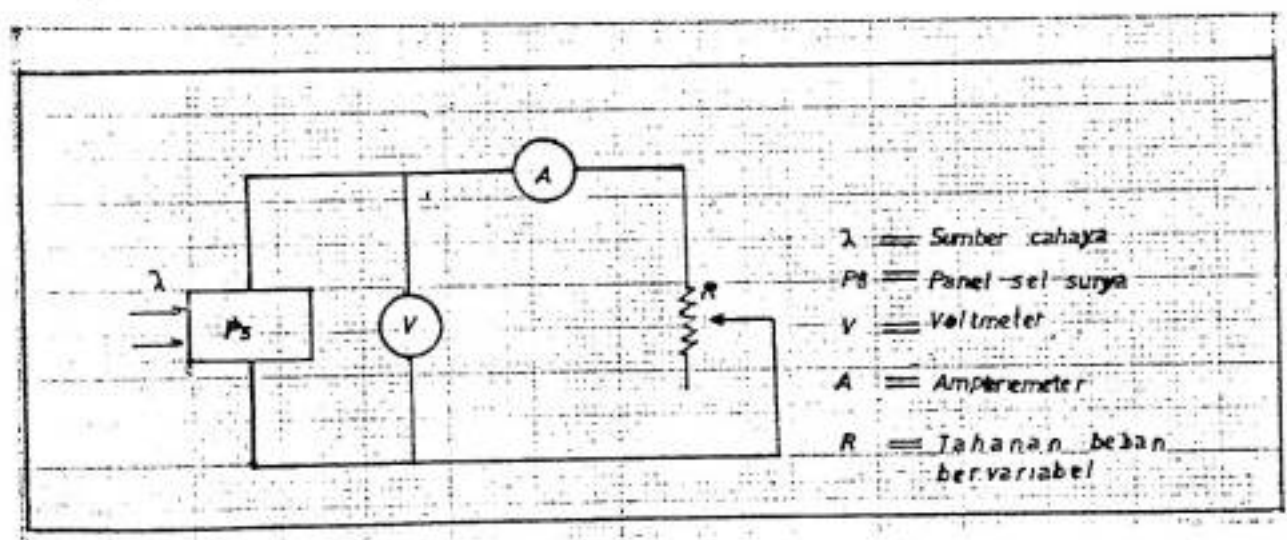
Gambar II-2. Sambungan tipe p dan tipe n (dioda) sebagai dasar operasi kerja sel surya.

Berkas cahaya berupa foton yang mempunyai energi lebih besar dari energi pita terlarang jatuh pada daerah sekitar sambungan, maka foton yang terserap tersebut akan menumbuk elektron pada pita valensi (E_v). Elektron-elektron pada pita valensi berpindah ke pita konduksi (E_c). Pada saat yang sama lubang terbentuk pada pita valensi. Dengan demikian akan menimbulkan pasangan



elektron dan lubang pada sambungan bahan semikonduktor tipe p dan tipe n. Elektron dan lubang selanjutnya mengalir dengan arah yang berlawanan. Lubang yang berada pada daerah tipe n mengalir ke daerah tipe p, dan elektron mengalir dari daerah sebaliknya. Sehingga timbul arus listrik. Apabila kedua sisi (terminal) dari sel surya dihubungkan dengan beban luar, maka arus listrik akan mengalir pada beban luar tersebut.

II.3.3 Watak Sel Surya



Gambar II-3. Model rangkaian ekivalen listrik sel surya.

Ciri atau watak sel surya adalah hubungan antara arus dan tegangan keluaran sel surya, antara kedua ujung-ujung terminal sel surya itu sendiri. Mengetahui watak sel surya berarti mengetahui kemampuan atau daerah operasi sel surya dan mengetahui watak sel surya untuk itu dapat dilakukan

pengukurannya dengan menggunakan model rangkaian ekivalen listrik dari sel surya. Dari model tersebut bila hambatan beban R sangat kecil dan tegangan keluaran sel surya juga sangat kecil maka arus yang lewat hambatan beban R adalah arus hubungan singkat (I short circuit) atau titik I_{sc} . Jika hambatan beban R dibuat besar dan semakin besar, dan arus keluaran sel surya tampak semakin kecil sehingga dicapai suatu harga besaran $R = \infty$ (sangat besar) dan $I = 0$. Maka titik ini disebut sebagai titik tegangan hubungan terbuka (voltage open circuit) atau titik V_{oc} .

Kemudian dengan mendefinisikan $P = V \cdot I$ maka secara tidak langsung juga diperoleh hambatan beban yang optimal berdasarkan pada setiap titik tegangan dan arus keluaran yang terbaca. Perolehan hambatan beban yang optimal menempatkan sel surya berada dalam kondisi daya keluaran yang maksimal. Sehingga apabila sel surya dipakai sebagaimana disebut dengan sensor untuk mengukur warna maka hambatan beban optimal harus digunakan, sesuai definisi

$v = i \times R$ (v = tegangan keluaran, i = arus keluaran, R = hambatan beban). [7]

B A B III

M E T O D O L O G I

III.1 Peralatan Dan Bahan

Sebagai sarana penelitian ini maka terdapat instrumentasi elektronik dan mekanik yang dipakai, serta bahan pendukung penelitian. Spesifikasi peralatan dan bahan yang digunakan tersebut di bawah ini;

1. Multimeter digital merek Philips PM 2518 X
Batas ukur tegangan: 1V, 10V, 100V, 1000V
dengan ketelitian: 0,1% dari pembacaan dan 0,02%
dari batas ukur.
Batas ukur arus: 20mA, 200mA, 2A, 20A
dengan ketelitian: 0,5% dari pembacaan dan 0,1%
dari batas ukur.
2. Potensiometer B 500 K Ω
3. Termometer air raksa, batas ukur 0 - 150^oC
dengan ketelitian 0,5^oC.
4. Bangku optik berskala 0 - 110 cm dan pemegang optik
merek Philip Haris Ltd.
5. Sel surya merek Sanyo tipe AM - 1802, No. 2519
berbahan silikon, jenis sel tunggal, terbungkus
gelas. Ukuran: (5 x 2,78 x 0,205) centimeter.
6. Filter cahaya untuk warna merah, hijau, dan biru.
7. Lampu pijar merek Focus 225V - 5W, berwarna dasar.

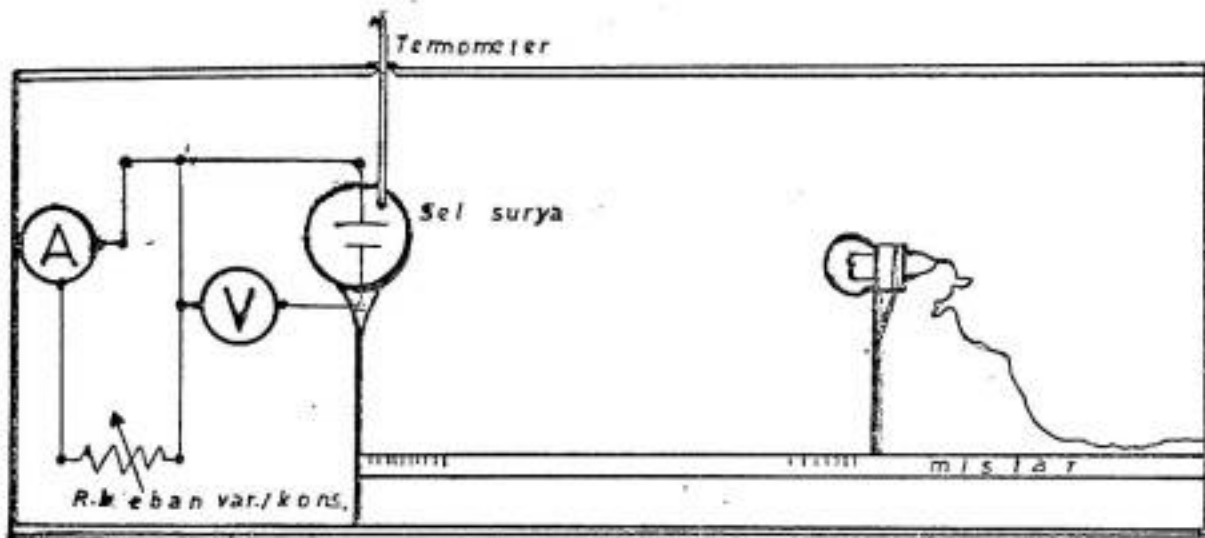
III.2 Kalibrasi Sel Surya

Kalibrasi atau penentuan titik operasi optimum sel surya yang akan dipakai dalam penelitian ini, dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Sel surya dihubungkan pada alat ukur voltmeter, amperemeter dan tahanan beban bervariasi (potensiometer) seperti tergambar di bawah ini.
2. Sel surya diberi berkas cahaya putih pada jarak sepuluh centimeter dari sumber cahaya.
3. Saat disinari posisi potensiometer dibuat sedemikian tinggi sehingga keadaan ini dapat dianggap sebagai suatu hubungan terbuka dan tegangan terminal yang terpantau pada voltmeter ditandai sebagai V_{OC} (voltage open circuit) dan kuat arusnya pada amperemeter dinilai nol.
4. Selanjutnya, posisi hambatan beban bervariasi secara perlahan-lahan dikurangi dan untuk setiap perubahan hambatan maka tegangan-arus keluaran dari sel surya dicatat sebagai data. Pada saat posisi potensiometer mencapai harga hambatan sama dengan nol maka keadaan ini dapat dianggap sebagai suatu hubungan singkat. Kuat arus yang diperoleh ditandai sebagai I_{SC} (I short circuit) dan tegangan terminal yang terpantau pada voltmeter dinilai nol.
5. Pengamatan tegangan-arus keluaran dilakukan beberapa

kali untuk setiap perubahan hambatan.

6. Catat temperatur permukaan sel surya sebelum dan sesudah pengamatan. Juga suhu kamar.



Gambar III-1. Perangkat instrumen untuk kalibrasi sel surya.

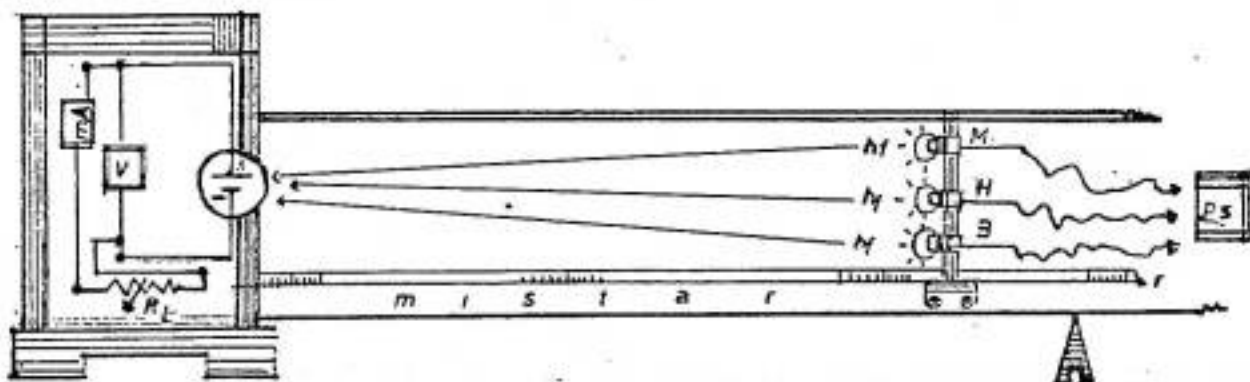
III.3 Penentuan Watak Tegangan Dan Arus Sel Surya Terhadap Berkas - Berkas Cahaya Berwarna Dasar

Dengan susunan peralatan dan bahan penelitian seperti tergambar di bawah. Proses pengukuran dilakukan sebagai berikut:

1. Sel surya dihubungkan pada rangkaian yang terdiri komponen hambatan beban (hambatan hasil kalibrasi), amperemeter dan voltmeter.
2. Sumber cahaya berwarna dasar diarahkan ke sel surya dengan urutan penyinaran ;
 1. merah
 2. hijau
 3. biru

4. merah + hijau 5. hijau + biru
 6. biru + merah 7. merah + hijau + biru
3. Intensitas penyinaran cahaya berwarna dasar dan campurannya diatur tetap (konstan) selama satu tahap pengamatan.
 4. Kemudian tegangan dan arus keluaran yang terpantau pada alat ukur dicatat sebagai data.
 5. Langkah 2 sampai 4 dilakukan juga pada posisi intensitas penyinaran yang tertentu lainnya.
 6. Catat temperatur permukaan sel surya sebelum dan sesudah pengamatan. Juga suhu kamar.
 7. Lakukan langkah 4 - 6 untuk warna berbeda lainnya (lihat langkah 2).

Sebagai efek konversi cahaya berwarna dasar dan campurannya pada sel surya maka besarnya nilai tegangan dan arus keluaran yang ditunjukkan oleh alat ukur voltmeter dan amperemeter inilah yang akan menggambarkan watak dari sel



Gambar III-2. Perangkat instrumen untuk pengamatan tanggapan sel surya.

B A B IV
H A S I L D A N B A H A S A N



IV.1 Data Hasil Pengamatan

Hasil pengukuran yang diperoleh melalui alat-alat ukur yang terdapat pada suatu rangkaian berkomponen sel surya, voltmeter, amperemeter dan tahanan beban dinyatakan pada tabel IV-1 sampai tabel IV-5 dan gambar IV-1 sampai gambar IV-3.

IV.2 Analisa Data

IV.2.1 Kalibrasi Sel Surya

Nampak dari gambar IV-1 bahwa, arus keluaran sel surya berubah jauh lebih banyak dibandingkan dengan tegangan keluaran sel surya bila intensitas cahaya berubah-ubah. Dari kurva itu dapat diperoleh suatu hubungan yang menentukan untuk penentuan titik operasi sel surya atau usaha untuk kalibrasi sel surya. Dengan cara menentukan kecondongan (tangen arah) dari kurva tersebut, akan diperoleh suatu besaran yang berupa besarnya harga hambatan beban optimal (R_{Op}) bagi pengoperasian sel surya.

Dari hasil perhitungan diperoleh hambatan beban (R_{Op}) adalah : 75536 Ohm.

IV.2.2 Tanggapan Sel Surya Terhadap Berkas Cahaya Berwarna

Dari gambar IV-2 dan gambar IV-3 diperlihatkan watak tegangan dan arus keluaran sel surya pada ujung-ujung terminal sel surya, sebagai tanggapan langsung sel surya akibat pemberian berkas-berkas cahaya berwarna pada intensitas penyinaran tertentu.

Jika intensitas penyinaran mencakup suatu hubungan antara besaran daya listrik yang diperoleh persatuan luas permukaan sel surya, maka dapatlah dituliskan sebagai :

$$\text{Intensitas} = I = \frac{\text{d a y a}}{\text{luas permukaan}}$$

$$I = \frac{v \times i}{\text{luas permukaan}}$$

$$I = \frac{v \times i}{A} \quad (4.1)$$

$$\text{atau, } I = \frac{P}{A} \quad (4.2)$$

Sehingga terdapat hubungan antara besaran-besaran;

$$v = \frac{A}{i} I \quad (4.3) \quad \text{dan} \quad i = \frac{A}{v} I \quad (4.4)$$

dianggap besaran tegangan keluaran (v) dan arus keluaran

(i) sebagai variabel yang tidak bebas. Sedangkan intensitas penyinaran (I) sebagai variabel bebas, karena besaran ini ditentukan oleh besarnya perubahan jarak penyinaran ke sel surya.

Dengan mengambil tangen arah pada kurva gambar IV-2 dan gambar IV-3 diperoleh suatu hubungan, untuk watak dari tegangan keluaran sel surya terhadap intensitas penyinaran adalah ;

$$\tan \alpha = \frac{A}{i} \quad (4.5)$$

Dan untuk watak arus keluaran sel surya terhadap intensitas penyinaran adalah ;

$$\tan \alpha' = \frac{A}{v} \quad (4.6)$$

dengan kata lain terdapatlah suatu hubungan besaran-besaran yang diperoleh, dengan membandingkan persamaan-persamaan (4.5) dan (4.6) dan diperoleh hubungan;

$$\frac{\tan \alpha}{\tan \alpha'} = \frac{A/i}{A/v} = \frac{A \times v}{A \times i}$$

atau,
$$\frac{v \tan \alpha'}{i} = \tan \alpha$$

$$v = \frac{\tan \alpha}{\tan \alpha'} i \quad (4.7)$$

dengan mengambil $\tan \alpha / \tan \alpha'$ sebagai sesuatu variabel

yang dapat diadaptasikan sebagai hukum Ohm ($v = i \times R$),
maka ;

$$v = \frac{A}{i} I \quad , \quad \text{jika : } \frac{A}{i} = k \text{ (tetapan)} \quad (4.8)$$

maka;

$$v = k \times I \quad (4.9)$$

sehingga;

$$k = \frac{v}{I} = \frac{\text{v o l t}}{\text{watt/mtr}^2} = \frac{\text{volt} \times \text{mtr}^2}{\text{volt} \times \text{ampere}}$$

$$k = \frac{\text{mtr}^2}{\text{ampere}} \quad (4.10)$$

Untuk,

$$i = \frac{A}{v} I \quad , \quad \text{jika : } \frac{A}{v} = L \text{ (tetapan)} \quad (4.11)$$

$$\text{maka; } i = L \times I \quad (4.12)$$

$$\text{sehingga; } L = \frac{i}{I} = \frac{\text{ampere}}{\text{watt/mtr}^2} = \frac{\text{ampere} \times \text{mtr}^2}{\text{volt} \times \text{ampere}}$$

$$L = \frac{\text{mtr}^2}{\text{volt}} \quad (4.13)$$

Sedangkan dari persamaan (4.5) dan (4.6) terdapat
hubungan dengan persamaan (4.8) dan (4.11) , yaitu :

$$\tan \alpha = \frac{A}{i} = k \quad (4.14) \text{ dan}$$

$$\tan \alpha' = \frac{A}{v} = L \quad (4.15)$$

Sehingga dengan membandingkan persamaan (4.5) dan persamaan (4.6) diperoleh;

$$\begin{aligned} \frac{\tan \alpha}{\tan \alpha'} &= \frac{A/i}{v/A} \\ &= A/i \times v/A \\ &= \frac{k}{L} \quad (4.14) \end{aligned}$$

atau:

$$\begin{aligned} \frac{\tan \alpha}{\tan \alpha'} &= \frac{k}{L} \\ &= \frac{\text{mtr}^2}{\text{ampere}} \times \frac{\text{volt}}{\text{mtr}^2} \\ &= \frac{\text{volt}}{\text{ampere}} \\ &= \text{ohm} \quad (4.15) \end{aligned}$$

Jadi diperoleh suatu besaran dari suatu harga hambatan (R)

Berdasarkan analisa-analisa tersebut diatas maka perhitungan yang dilakukan sesuai analisa grafik pada gambar IV-2 dan gambar IV-3, adalah untuk warna merah;

$$\begin{aligned} \tan \alpha &= k = 26,315 \text{ volt} \\ \tan \alpha' &= L = 1.10^{-3} \text{ A} \\ R &= k/L = \frac{26,315 \text{ volt}}{1.10^{-3} \text{ A}} \\ R &= 26315 \text{ ohm} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama diperoleh harga hambatan (R) untuk berbagai warna seperti terdapat pada tabel IV-4.

Terlihat dari analisa data dan hasil-hasil pengolahan data (tabel IV-4). Selain hambatan beban sehingga sel surya berada pada titik operasinya, terdapat kaitan antara hambatan (R) dari sel surya dengan warna-warna (panjang gelombang) cahaya tertentu. Disamping itu dengan membandingkan antara pernyataan tabel IV-4 dan pernyataan tinjauan pustaka (ref. 8) terdapat kesesuaian, bahwa sel surya mempunyai tanggapan yang baik atau peka untuk warna merah dan campuran warna dasar merah ditambah hijau. Sedangkan untuk warna hijau dan campuran warna dasar hijau ditambah biru, tanggapan sel surya kurang peka.

Tabel IV-1
Data titik operasi/kalibrasi sel surya

No.	T e g a n g a n (m V)	A r u s (m A)	Ket.
1.	0	0,0500	$V_{oc} = 610 \text{ mV}$
2.	16,4	0,0500	$I_{sc} = 0,050 \text{ mA}$
3.	67,96	0,0500	$t_{kam} = 28 \text{ }^{\circ}\text{C}$
4.	120	0,0500	$t_{sr} = (28-32) \text{ }^{\circ}\text{C}$
5.	150	0,0480	
6.	200	0,0460	
7.	300	0,0400	
8.	350	0,0400	
9.	400	0,0300	
10.	450	0,0200	
11.	600	0,0180	
12.	600	0,0100	
13.	620	0,0050	
14.	640	0,0000	

$R_{optimal} = 75536 \text{ Ohm}$

Tabel IV-2.

Data watak tegangan keluaran sel surya versus jarak (intensitas)

No.	Jarak (cm)	T E G A N G A N (V O L T)							Ket	
		Putih	Merah	Hijau	Biru	M + H	H + B	B + M		M+H+B
1.	7	4,481	3,443	0,407	0,550	2,875	0,818	2,887	2,350	
2.	8	4,421	3,214	0,354	0,509	2,558	0,751	2,459	2,413	
3.	8,5	4,342	3,013	0,253	0,507	2,554	0,609	2,347	2,200	
4.	9	4,263	3,000	0,341	0,500	2,450	0,653	2,305	2,202	
5.	9,5	4,163	2,744	0,252	0,510	2,257	0,600	2,218	1,908	
6.	10	3,855	2,123	0,218	0,269	1,959	0,450	1,930	1,835	
7.	10,5	3,936	2,431	0,153	0,437	1,908	0,442	1,844	1,652	
8.	11	3,816	2,354	0,154	0,452	1,844	0,430	1,753	1,511	
9.	11,5	3,671	2,257	0,151	0,408	1,659	0,359	1,551	1,432	
10.	12	3,520	2,014	0,100	0,354	1,601	0,350	1,308	1,154	
11.	13	2,930	2,123	0,129	0,299	1,376	0,284	1,366	1,129	

Catatan : Jarak menyatakan Intensitas

Tabel IV-3.
Data watak arus keluaran sel surya versus jarak (intensitas)

No.	Jarak (cm)	A R U S (m A)								Ket
		Putih	Merah	Hijau	Biru	M + H	H + B	B + M	M + H + B	
1.	7	0,040	0,033	0,038	0,035	0,037	0,036	0,034	0,032	
2.	8	0,035	0,027	0,032	0,030	0,031	0,031	0,028	0,025	
3.	8,5	0,025	0,025	0,030	0,028	0,029	0,029	0,026	0,022	
4.	9	0,034	0,023	0,028	0,025	0,027	0,026	0,024	0,021	
5.	9,5	0,027	0,021	0,024	0,022	0,023	0,023	0,022	0,019	
6.	10	0,025	0,017	0,022	0,020	0,021	0,021	0,019	0,015	
7.	10,5	0,022	0,015	0,021	0,018	0,021	0,020	0,017	0,013	
8.	11	0,020	0,012	0,017	0,015	0,016	0,016	0,014	0,011	
9.	11,5	0,017	0,011	0,015	0,012	0,014	0,013	0,012	0,009	
10.	12	0,015	0,008	0,013	0,010	0,013	0,012	0,009	0,006	
11.	13	0,010	0,002	0,007	0,004	0,006	0,001	0,003	0,002	

Catatan : Jarak menyatakan Intensitas

Tabel IV-4.

Data hasil olahan watak tegangan-arus keluaran sel surya terhadap berkas-berkas cahaya berwarna dasar dan campurannya serta cahaya putih.

No.	W A R N A	k (volt)	L (mA)	R (Ohm)
1.	Merah (M)	26,315	1	26315
2.	Hijau (H)	5,555	1	5555
3.	Biru (B)	5,952	1	5952
4.	Mer + Hij (M + H)	35,714	1	35714
5.	Hij + Bir (H + B)	8,333	1	8333
6.	Bir + Mer (B + M)	26,315	1	26315
7.	Mer+Hij+Bir (M + H + B)	25	1	25000
8.	Putih (P)	25	1	25000

B A B V

S I M P U L A N D A N S A R A N

V.1 Simpulan

Dari hasil penelitian dan analisa data tentang pengaruh sumber cahaya berwarna dasar terhadap tanggapan sel surya diperoleh simpulan :

1. Watak dari tanggapan sel surya yang berupa timbulnya arus listrik dan tegangan listrik mempunyai kecenderungan linier terhadap perubahan intensitas sumber cahaya berwarna dasar dan campurannya.
2. Berdasarkan watak dari tanggapan sel surya maka untuk warna tertentu, kualitas warna yang terukur ditentukan oleh kuantitas arus listrik dan tegangan listrik yang terukur oleh alat ukur.
3. Sel surya mempunyai tanggapan yang baik atau peka terhadap sumber cahaya berwarna merah.

V.2 Saran

Penelitian dapat disempurnakan bila mengetahui secara tepat titik operasi optimum sel surya dan melengkapi perangkat penelitian dengan alat pengukur intensitas cahaya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Eisberg, Robert., Robert Resnik. quantum Physics of Atom, Molecules, Solids, Nuclei, and Particles. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1974.
2. Rush, J. H. "Colors" The New Book of Popular Science . (U. S. A : Grolier., 1984), Hal. 295 - 309.
3. Rio, Ir. S. Reka., dan DR. Masmori Iida. Fisika dan Teknologi Semikonduktor. Jakarta : P. T Prandya Paramita., 1982.
4. Douglas, M. Considine P. E. Energy Technology Handbook. New York : McGrow - Hill, Inc., 1977.
5. Lubis, M. Abubakar., Martin Djamin., Rachmat Mulyadi. " Sel Fotovoltaik," Majalah BPPT (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi), No. XII : 118 - 130 (1986).
6. Staf Teknik Solarex Corp. Solarex : Penuntun Keteknik Listrik Sinar Surya. Jakarta Timur : P. T Dwi Eti Utama.
7. Hidayat, Rukmi. "Pengukuran Karakteristik Sel Surya," Berita Pusat Riset Dirgantara LAPAN, No. 39 : 44 - 62 (Januari, 1986).
8. S. Wasito. Elektronika Dalam Industri. Jakarta Selatan : Penerbit Karya Utama., 1986.