

**Efisiensi Daya Listrik Output Sel Surya 3 W Metoda Penyinaran  
Lampu Warna Cahaya Merah-Hijau-Biru (R-G-B)**



**PELAKSANA**

**Nama Dosen: Ir. Parlindungan P. Marpaung, MT**

**NIDN: 0315095902**

**Nama Mahasiswa: Yoga Maranatha Silaen**

**NIM: 0122103001**

**SEMESTER GENAP Tahun Akademik 2021/2022**

**INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN OTOMOTIF  
SERPONG, Agustus 2022**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**Judul Penelitian** : Efisiensi Daya Listrik Output Sel Surya 3 W Metoda  
Penyinaran Lampu Warna Cahaya Merah-Hijau-Biru  
(R-G-B)

**Jenis Penelitian** : Penelitian Evaluasi

**Bidang Penelitian** : Energi Terbarukan

**Tujuan Sosial Ekonomi** : Kualitatif

**Ketua Peneliti**

a. Nama Lengkap : Ir. Parlindungan P. Marpaung ,MT

b. NIDN : 0315095902

c. Jabatan Fungsional : Dosen Tetap

d. Program Studi : Teknik Mesin Otomotif

e. No.Hp. : 08128212064

f. Alamat Email : parlindungan.reni@gmail.com

**Anggota Mahasiswa**

a. Nama Mahasiswa : Yoga Maranatha Silaen

b. NIM : 0122103001

**Institusi** : ITI – Serpong

**Institusi Sumber Dana** : Mandiri

**Biaya Penelitian** : 10.000.000

Serpong, 08 Agustus 2022

Mengetahui:  
Prodi Teknik Mesin Otomotif



Ir. Mohammad Haifan, M.Agr.  
NIDN: 0317116301

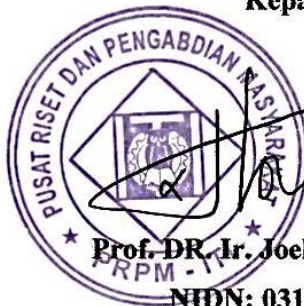
Ketua Peneliti

Ir. Parlindungan P. Marpaung, MT  
NIDN: 0315095902

Menyetujui;

Pusat Riset Dan Pengabdian Masyarakat (PRPM) - ITI

Kepala



Prof. DR. Ir. Joelianingsih, MT  
NIDN: 0310076406

## DAFTAR ISI

	halaman
LEMBAR PENGESAHAN	
DAFTAR ISI .....	i
DAFTAR GAMBAR .....	ii
DAFTAR TABEL .....	iii
ABSTRAK .....	1
BAB I Pendahuluan .....	2
BAB II Teori Pendukung .....	5
2.1 Sumber cahaya lampu LED .....	5
2.2 Energi foton intensitas cahaya .....	8
2.3 Panel sel surya .....	9
BAB III Metodologi Penelitian .....	11
3.1 Peralatan utama penelitian .....	11
3.2 Intensitas cahaya ke permukaan sel surya .....	12
3.3 Penyinaran cahaya putih ke sel surya berjarak $S_x$ 20 cm .....	14
3.4 Penyinaran cahaya merah (R) ke permukaan sel surya .....	16
3.5 Penyinaran cahaya hijau (G) ke permukaan sel surya .....	18
3.6 Penyinaran cahaya biru (B) ke permukaan sel surya .....	20
3.7 Spektrum panjang gelombang warna cahaya lampu LED .....	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	23
4.1 Efisiensi daya listrik output sel surya .....	24
BAB V KESIMPULAN .....	26
DAFTAR PUSTAKA .....	27
RINCIAN BIAYA PENELITIAN .....	29

## DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 2.1 Warna dasar dan warna campuran R-G-B .....	5
Gambar 2.2 Model lampu LED sumber cahaya putih .....	5
Gambar 2.3. Model lampu LED berwarna cahaya R-G-B .....	6
Gambar 2.4 Luas sudut ruang cahaya membentuk besarnya steradian .....	7
Gambar 2.5 Intensitas radiasi cahaya dipancarkan membentuk lingkaran bola ...	7
Gambar 2.6 Pola spektrum panjang gelombang cahaya RGB .....	8
Gambar 2.7 Panel sel surya tipe 3 W .....	9
Gambar 2.8 Rangkaian listrik ekivalen sel fotovoltaik panel sel surya .....	10
Gambar 2.9 Karakteristik parameter kelistrikan output sel surya .....	10
Gambar 3.1 Metoda penyinaran cahaya lampu LED ke permukaan sel surya ....	11
Gambar 3.2 Intensitas cahaya ke permukaan sel surya .....	12
Gambar 3.3 Flow chart metodologi penelitian pembuatan peralatan penelitian ..	13
Gambar 3.4 Penyinaran cahaya putih ke sel surya berjarak $S_{x(W)} = 0,20$ m .....	14
Gambar 3.5 Fisik alat ukur intensitas cahaya satuan $\text{watt/m}^2$ .....	15
Gambar 3.6 Pengukuran intensitas cahaya parameter $I_{\text{cahaya(W)}}$ .....	15
Gambar 3.7 Penyinaran warna cahaya merah (R) berjarak 20 cm .....	16
Gambar 3.8 Pengukuran intensitas cahaya parameter $I_{\text{cahaya(R)}}$ .....	17
Gambar 3.9 Penyinaran cahaya hijau (G) berjarak 20 cm .....	18
Gambar 3.10 Pengukuran intensitas cahaya hijau (G) .....	19
Gambar 3.11 Penyinaran cahaya biru berjarak 20 cm .....	20

## DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 2.1 Spektrum panjang gelombang warna cahaya RGB .....	5
Tabel 3.1 Spesifikasi parameter lampu LED .....	11
Tabel 3.2 Spesifikasi parameter panel sel surya .....	12
Tabel 3.3 Parameter input cahaya putih (W) ke permukaan sel surya .....	15
Tabel 3.4 Hasil parameter listrik output sel surya .....	16
Tabel 3.5 Nilai parameter $I_{\text{cahaya(R)}}$ dan $P_{i(R)}$ .....	17
Tabel 3.6 Rekapitulasi hasil parameter listrik pada output sel surya .....	18
Tabel 3.7 Nilai parameter $I_{\text{cahaya(G)}}$ dan $P_{i(G)}$ .....	19
Tabel 3.8 Rekapitulasi hasil parameter listrik pada output sel surya .....	19
Tabel 3.9 Nilai parameter $I_{\text{cahaya(B)}}$ dan $P_{i(B)}$ .....	20
Tabel 3.10 Rekapitulasi hasil parameter listrik pada output sel surya .....	21
Tabel 3.11 Spektrum panjang gelombang $\lambda_{(R)}$ , $\lambda_{(G)}$ dan $\lambda_{(B)}$ .....	22
Tabel 3.12 Hasil parameter $\lambda_{(R)}$ , $\lambda_{(G)}$ dan $\lambda_{(B)}$ .....	22
Tabel 4.1 Rekapitulasi intensitas cahaya menyinari sel surya .....	23
Tabel 4.2 Rekapitulasi daya input cahaya menyinari sel surya .....	23
Tabel 4.3 Hasil daya listrik output sel surya .....	24
Tabel 4.4. Rekapitulasi efisiensi daya output sel surya .....	24

## Abstrak

Sinar cahaya matahari sebagai gelombang elektromagnetik berada pada spektrum panjang gelombang 380 nm s/d 750 nm dipersepsikan secara visual oleh indera penglihatan manusia berwarna cahaya putih (*white*) mencakup spektrum panjang gelombang cahaya cahaya merah (R), cahaya hijau (G), cahaya biru (B). Hasil pembuatan peralatan penelitian panel sel surya dilakukan penyinaran masing-masing warna cahaya RGB dan cahaya putih (W) yang berasal dari sumber cahaya lampu LED ke bidang permukaan sel surya seluas 0,0205 m<sup>2</sup>. Parameter variabel tetap penelitian adalah sumber cahaya lampu LED kapasitas 20 watt dan penyinaran ke permukaan sel surya tipe 3 W yang berjarak  $S_x = 20$  cm. Penyinaran warna cahaya R-G-B ke permukaan sel surya menghasilkan efisiensi ( $\eta$ ) daya listrik output sel surya berturut-turut  $\eta_{(R)} = 5,04$  % ,  $\eta_{(G)} = 5,96$  % dan  $\eta_{(B)} = 3,95$  %. Untuk penyinaran warna cahaya putih (W) menghasilkan nilai efisiensi daya listrik output sel surya  $\eta_{(W)} = 6,90$  %. Hasil perbandingan nilai persen (%) efisiensi daya listrik output sel surya pada penyinaran warna cahaya R-G-B ke permukaan sel surya terhadap penyinaran warna cahaya putih (W) sebagai referensi adalah  $\eta_{(R)} : \eta_{(G)} : \eta_{(B)} = (33,71 \%) \eta_{(W)} : (39,87 \%) \eta_{(W)} : (26,42 \%) \eta_{(W)}$ . Penyinaran cahaya putih (W) ke permukaan sel surya mencakup campuran 33,71 % warna cahaya merah (R), 39,87 % warna cahaya hijau (G) dan 39,87 % warna cahaya biru (B).

# BAB I

## PENDAHULUAN

Pada pembangkit listrik sumber energi tenaga cahaya matahari menggunakan sel surya terjadi proses konversi energi foton radiasi sinar cahaya matahari oleh sel fotovoltaik material sel surya menjadi tegangan listrik searah/dc pada bagian outputnya. Referensi pustaka oleh T.Nur Hidayat, dkk (2021) pada jurnal crankshaft telah dilakukan penelitian perangkat panel sel surya berfungsi mengkonversikan energi radiasi sinar cahaya matahari menjadi energi listrik dari hasil proses efek fotovoltaik material sel surya. Dimana efisiensi daya listrik output sel surya yang akurat juga perlu mempertimbangkan fakta sumber cahaya matahari berubah-ubah. Hal ini menyebabkan efisiensi daya listrik output aktual berbeda dari efisiensi yang tertera dalam spesifikasi parameter kinerja (*performance*) fotovoltaik sel surya. Selanjutnya acuan referensi ilmiah dari seorang peneliti Isaac Newton meraih hadiah nobel fisika dalam bukunya berjudul *optics* menyimpulkan, bahwa cahaya adalah gelombang elektromagnetik berada pada spektrum panjang gelombang 380 nm sampai dengan 750 nm (nano-meter) dapat dipersepsikan indera penglihatan manusia secara visual sebagai warna cahaya.

Latar belakangnya adalah sinar cahaya matahari sebagai gelombang elektromagnetik berada pada spektrum panjang gelombang 380 nm s/d 750 nm dipersepsikan secara visual oleh indera penglihatan manusia berwarna cahaya putih. Apabila dilakukan pemecahan atau penguraian cahaya akan ditemukan warna cahaya lain yang beraneka ragam terdiri dari warna cahaya merah, jingga, kuning, hijau, biru, dan ungu. Kemudian setiap cahaya sebagai gelombang elektromagnetik dinyatakan oleh ilmuawan Albert Einstein terdiri paket-paket energi disebut energi foton. Sumber cahaya matahari memancarkan intensitas radiasi cahaya menghasilkan 1 (satu) energi foton yang mencakup energi foton panjang gelombang radiasi warna cahaya merah, jingga, kuning, hijau dan biru. Setiap berkas cahaya memancarkan intensitas radiasi cahaya menghasilkan energi foton ( $E$ ) fungsi panjang gelombang cahaya ( $\lambda$ ). Hal ini penyinaran berkas cahaya matahari ke permukaan sel surya terjadi proses fotovoltaik mengkonversikan energi foton cahaya mencakup campuran dari ke-enam panjang gelombang radiasi warna cahaya merah, jingga, kuning, hijau dan

biru. Dengan demikian sel fotovoltaik mengkonversikan input energi foton cahaya matahari memiliki campuran panjang gelombang ke enam (6) warna cahaya tersebut yang menghasilkan energi listrik output sel surya. Dimana daya listrik output sel surya dihasilkan dari hasil konversi input energi foton cahaya matahari yang memiliki spektrum panjang gelombang cahaya merah, jingga, kuning, hijau dan biru menjadi daya listrik output sel surya. Pada penelitian ini dilakukan pengujian peralatan penelitian pembangkit listrik searah/dc sumber energi tenaga sel surya metoda penyinaran warna cahaya putih dan penyinaran masing-masing warna cahaya RGB berasal dari sumber cahaya lampu LED ke permukaan sel surya. Daya input intensitas cahaya putih dan intensitas masing-masing warna cahaya RGB menyinari luas bidang permukaan sel surya dikonversikan oleh sel fotovoltaik menghasilkan daya listrik output sel surya. Performansi detektor PV (*photovoltaic*) sel surya dapat mengkonversikan daya input cahaya menjadi daya listrik output berdasarkan panjang gelombang masing-masing warna cahaya yang menyinari permukaan sel surya. Dengan demikian efisiensi daya listrik sel surya adalah tergantung pada perbandingan daya listrik output terhadap daya input masing-masing warna cahaya yang menyinari permukaan sel surya.

Perumusan masalah penelitian warna cahaya putih sinar cahaya matahari dipersepsikan secara visual oleh indera penglihatan manusia berwarna cahaya putih. Secara fisik warna cahaya putih/white (W) bagian dari campuran dari persen (%) masing-masing warna cahaya warna merah (R), warna cahaya biru (B), dan warna cahaya hijau (G). Apabila ketiga warna utama, yaitu warna biru, merah, dan hijau dicampur dengan intensitas penuh menghasilkan warna putih (W). Pada perlakuan penyinaran cahaya putih (*white*) berasal dari lampu LED cahaya putih ke permukaan sel surya, maka intensitas radiasi sinar cahaya putih menghasilkan 1 (satu) energi yang mencakup tiga (3) energi foton pada panjang gelombang warna cahaya merah (R), cahaya hijau (G) dan cahaya biru (B). Hal ini detektor fotovoltaik sel surya mengkonversikan intensitas cahaya dengan satu energi foton cahaya putih (W) mencakup 3 (tiga) energi foton untuk masing-masing ketiga spektrum panjang gelombang warna cahaya campuran RGB. Pada penelitian ini dilakukan perlakuan penyinaran cahaya putih (W), kemudian penyinaran masing-masing tiga (3) warna cahaya RGB, yaitu warna cahaya merah, cahaya hijau dan cahaya biru ke luas bidang permukaan sel surya yang berasal dari sumber cahaya lampu LED. Intensitas cahaya



dari energi foton masing-masing warna cahaya menghasilkan daya input cahaya menyinari luas bidang permukaan sel surya. Pada penelitian ini daya input cahaya yang menyinari permukaan sel surya adalah daya input intensitas cahaya pada spektrum panjang gelombang warna cahaya putih (W), kemudian daya input cahaya pada panjang gelombang masing-masing 3 (tiga) warna cahaya RGB yaitu: (1) panjang gelombang cahaya warna merah (R), (2) panjang gelombang cahaya hijau (G) dan (3) panjang gelombang cahaya biru (B). Daya input cahaya dikonversikan oleh sel fotovoltaik menjadi energi listrik yang mencakup tegangan listrik dan arus listrik searah/dc pada bagian output panel sel surya. Adapun jarak penyinaran cahaya lampu LED ke permukaan sel surya tertentu dinyatakan parameter  $S_x$  satuan meter (m). Jarak masing-masing penyinaran cahaya lampu LED ke permukaan sel surya dibuat berjarak yang sama untuk menentukan pengaruhnya terhadap daya listrik yang dihasilkan pada bagian output sel surya.

Tujuan penelitian pada proses fotovoltaik sel surya terjadi konversi input energi foton sumber cahaya matahari yang mencakup spektrum panjang gelombang cahaya RGB menjadi daya listrik output. Tujuan penelitian adalah mendapatkan efisiensi daya output sel surya yang diperoleh dari hasil perbandingan daya input warna cahaya merah (R), hijau (G) dan biru (B) masing-masing berasal dari lampu LED yang menyinari permukaan sel surya terhadap daya listrik output yang dihasilkan oleh sel surya.

## BAB II TEORI PENDUKUNG

Secara fisik warna cahaya putih/white (W) bagian dari campuran dari persen (%) masing-masing warna cahaya RGB diperlihatkan seperti Gambar 2.1. Bagian warna cahaya putih (W) adalah hasil campuran perbandingan persen (%) warna cahaya merah (R), hijau (G) dan biru (B). Spesifikasi jangkauan spektrum panjang gelombang warna cahaya merah, cahaya hijau dan cahaya biru seperti pada Tabel 1.



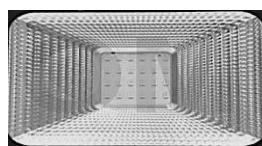
Gambar 2.1 Warna dasar dan warna campuran R-G-B  
(sumber:

Tabel 2.1. Spektrum panjang gelombang warna cahaya RGB

Warna Cahaya	Jangkauan panjang gelombang
	$\lambda$ (nm)
Merah (R)	630 s/d 700
Hijau (G)	480 s/d 560
Biru (B)	450 s/d 480

### 2.1 Sumber cahaya lampu LED

Di University of Illinois Profesor Nick Holonyak secara praktis pertama kali pada tahun 1962 mengembangkan perangkat sumber cahaya putih dari sumber cahaya lampu LED memiliki spektrum panjang gelombang campuran 474 nm, 535 nm dan 638 nm. Salah satu model lampu LED sumber cahaya putih diperlihatkan seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Model lampu LED sumber cahaya putih

Selanjutnya pengembangan sumber cahaya LED berwarna cahaya R-G-B telah dilakukan oleh beberapa ilmuawan. Ilmuwan Nichia Shuji Nakamura pada tahun 1993 menemukan lampu LED cahaya biru (B) beroperasi pada panjang gelombang sekitar 470 nm. Untuk lampu LED cahaya merah (R) beroperasi pada panjang gelombang sekitar 633 nm. Selanjutnya tahun 2010 para ilmuwan peneliti bekerja di Laboratorium Energi Terbarukan Nasional mengembangkan lampu LED cahaya hijau (G) beroperasi pada panjang gelombang sekitar 560 nm. Adapun model lampu LED berwarna cahaya merah, cahaya hijau dan cahaya biru seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Model lampu LED berwarna cahaya R-G-B

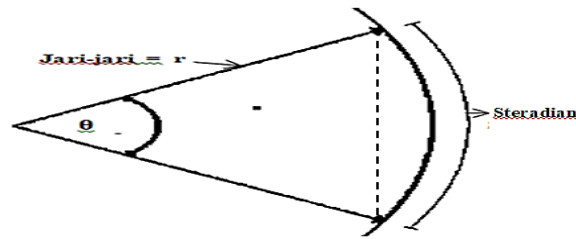
Parameter sumber cahaya lampu LED perlu dipahami antara lain kuat cahaya penerangan, intensitas radiasi cahaya, iluminasi cahaya dan efikasi cahaya.

- (1) Kuat cahaya penerangan adalah cahaya dipancarkan sumber cahaya satuan lumen.
- (2) Luminasi pencahayaan adalah kuat cahaya penerangan dipancarkan sumber cahaya dengan luas permukaan yang mendapat cahaya satuan lumen.
- (3) Steradian adalah besarnya steradian dari sudut ruang yang terbentuk oleh dua (2) garis lurus ke batas titik pada permukaan ruang yang sebesar jari-jarinya.
- (3) Intensitas radiasi cahaya adalah perbandingan kuat cahaya penerangan dalam lumen yang dipancarkan ke arah setiap sudut ruang dengan luas sudut ruang tertentu.
- (4) Efikasi adalah perbandingan kuat cahaya penerangan dalam lumen dengan daya listrik input sumber cahaya.

### **Steradian**

Radian adalah nilai radian dari sudut pada titik pusat lingkaran ruang yang terbentuk antara batas dua (2) garis lurus ke titik pada permukaan busurnya. Sedangkan steradian adalah nilai luas sudut ruang yang terbentuk oleh dua (2) garis lurus ke titik pada permukaan ruang sebesar kuadrat jari-jarinya. Steredian dari suatu

luas sudut ruang yang terbentuk oleh dua (2) garis lurus ke titik pusat jari-jari batas luar permukaan lingkaran diperlihatkan seperti pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Luas sudut ruang cahaya membentuk besarnya steradian

Keterangan:

$\theta$  = Sudut ruang, derajat

Besarnya nilai steradian dinyatakan parameter lambang  $\omega$  (*omega*) adalah besarnya luas sudut ruang dari suatu sudut berkas cahaya yang dipancarkan dengan jarak tertentu satuan meter ke permukaan obyek di rumuskan seperti persamaan (2.1).

$$\omega = \frac{A}{r^2} \quad (2.1)$$

Keterangan:

$\omega$  = steradian

$r$  = jarak jari-jari, m

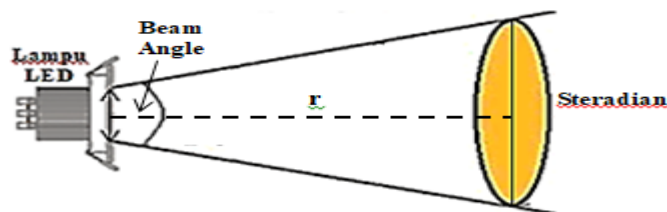
$A = A_{(\text{ruang})}$  = luas sudut ruang,  $m^2$

Dimana sudut ruang adalah besarnya sudut pancaran cahaya ke suatu ruang dibatasi oleh dua (2) garis lurus dari titik pusat ke batas permukaan jari-jari lingkaran.

### Intensitas radiasi cahaya

Intensitas radiasi cahaya adalah kuat cahaya penerangan yang dipancarkan oleh sudut berkas dari sumber cahaya terhadap luas bidang obyek permukaan berbentuk lingkaran bola di rumuskan seperti persamaan (2.2).

$$I_{r(\text{cahaya})} = \frac{F}{A_{(\text{ruang})}} \quad (2.2)$$



Gambar 2.5. Intensitas radiasi cahaya dipancarkan membentuk lingkaran bola

Keterangan:

$I_{r(\text{cahaya})}$  = intensitas radiasi cahaya, lumen/ $m^2$ .

F = kuat cahaya penerangan, lumen

$\theta$  = sudut berkas (*beam angle*) pancaran cahaya, derajat

$A_{(\text{ruang})}$  = luas sudut ruang,  $\text{m}^2$ .

Perumusan matematis intensitas cahaya dari sumber cahaya ke permukaan obyek terkait dengan nilai steradian menggunakan persamaan (2.1) dan persamaan (2.2) di rumuskan menjadi persamaan (2.3).

$$I_{(\text{cahaya})} = \frac{F}{\omega \cdot r^2} \quad (2.3)$$

### Efikasi cahaya

Parameter efikasi cahaya adalah perbandingan kuat cahaya penerangan satuan lumen dengan daya listrik input sumber cahaya satuan watt (W). Kuat cahaya penerangan satuan lumen dipancarkan dengan kapasitas daya listrik input sumber cahaya ke bidang permukaan obyek. Perumusan matematis efikasi cahaya adalah hasil bagi kuat cahaya penerangan dengan daya listrik input sumber cahaya lampu LED seperti pada persamaan (2.4).

$$E_f = \frac{F}{P_L} \quad (2.4)$$

Keterangan:

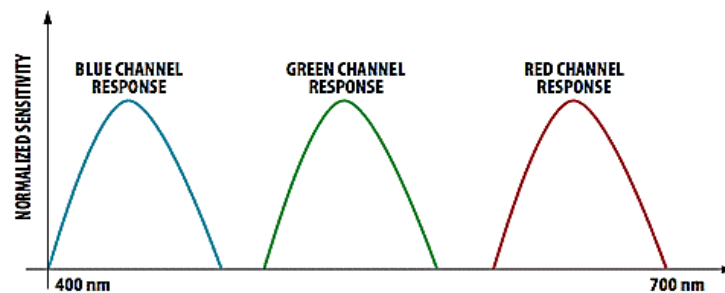
$E_f$  = Efikasi cahaya, lumen/watt

F = kuat cahaya penerangan, lumen

$P_L$  = daya listrik input sumber cahaya, watt.

### 2.2 Energi foton intensitas cahaya

Menurut peneliti ilmuawan Planck dan Einstein, bahwa cahaya memancarkan radiasi sinar cahaya menghasilkan 1 (satu) energi yang mencakup energi foton intensitas cahaya fungsi spektrum panjang gelombang setiap sumber cahaya. Spesifikasi spektrum panjang gelombang masing-masing warna cahaya merah, hijau dan warna cahaya biru seperti pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Pola spektrum panjang gelombang cahaya RGB

Perumusan matematis energi foton parameter E terhadap panjang gelombang cahaya memiliki di rumuskan seperti pada persamaan (2.5).

$$E = h.c. \lambda \quad (2.5)$$

$h$  = konstanta Planck =  $6.626 \times 10^{-34}$  joule.s

$c$  = kecepatan cahaya =  $2.998 \times 10^8$  m/s.

Satuan partikel seperti foton dan elektron biasa digunakan adalah elektron-volt (eV) bukan joule (J). Satu elektron-volt adalah energi yang dibutuhkan untuk menaikkan satu elektron melalui satu volt, sehingga energi dari sebuah foton yang memiliki energi 1 eV =  $1.602 \times 10^{-19}$  joule. Dengan demikian besar nilai konstanta h.c pada persamaan (1) di atas dapat ditulis nilai h.c =  $1.24 \times 10^{-6}$  eV/ $\mu$ m. Hasil persamaan matematis hubungan energi foton parameter E dinyatakan satuan eV (elektron volt) dengan panjang gelombang satuan  $\mu$ m (mikro meter) dari persamaan (2.5) diperoleh persamaan (2.6).

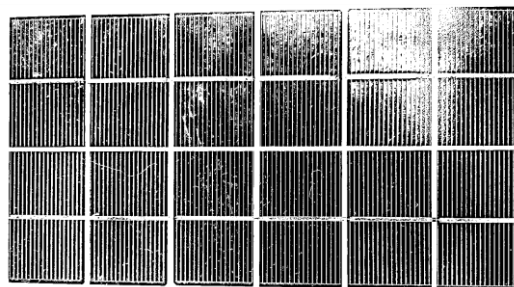
$$E = 1,24. \lambda \quad (2.6)$$

E = energi foton, satuan eV

$\lambda$  = panjang gelombang cahaya, satuan  $\mu$ m.

### 2.3 Panel sel surya

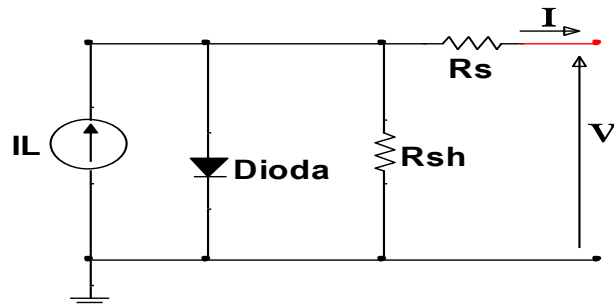
Panel modul sel surya terdiri beberapa komponen material sel fotovoltaik gabungan atau terintegrasi secara seri atau pun paralel. Secara fisik panel sel surya tipe kapasitas 3 W (watt) seperti pada Gambar 2.7. Luas area panel sel surya adalah  $A = \text{panjang} \times \text{lebar} = 19,5 \text{ cm} \times 10,5 \text{ cm} = 204,75 \text{ cm}^2 = 0,02048 \text{ m}^2$ .



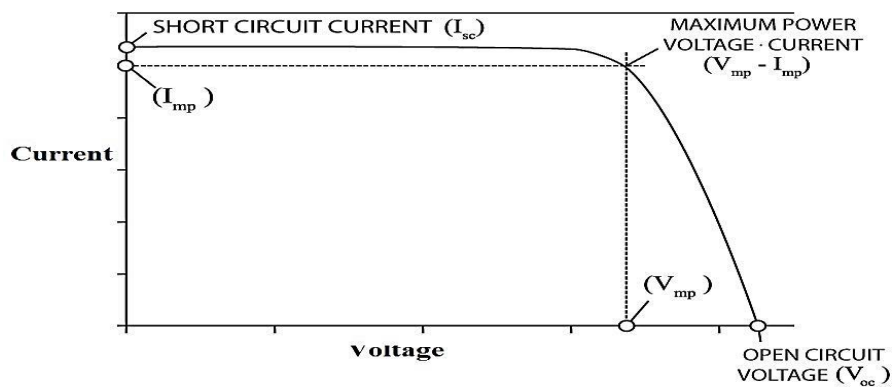
Gambar 2.7. Panel sel surya tipe 3 W

Integrasi fotovoltaik sel surya mengkonversikan energi radiasi intensitas cahaya pada daerah spektrum panjang gelombang elektromagnetik menjadi listrik. Umumnya setiap sel fotovoltaik panel sel surya menghasilkan tegangan listrik searah/dc output sebesar 0,45 volt s/d 0,5 volt serta arus listrik sebesar 0,1 amper disaat menerima intensitas radiasi sinar cahaya. Rangkaian ekivalen parameter

kelistrikan sel fotovoltaik panel sel surya seperti Gambar 2.8. Kurva karakteristik parameter kelistrikan output setiap sel fotovoltaik seperti pada Gambar 2.9.



Gambar 2.8. Rangkaian listrik ekivalen sel fotovoltaik panel sel surya



Gambar 2.9. Karakteristik parameter kelistrikan output sel surya

Keterangan gambar kurva:

$V_{oc}$  = tegangan output open circuit satuan volt

$V_{mp}$  = tegangan listrik maksimum

$I_{sc}$  = arus listrik short circuit (hubung singkat), satuan ampere

$I_{mp}$  = arus maksimum

$P_{mp}$  = daya listrik maksimum, satuan watt

### **Kondisi short circuit current dan open circuit voltage**

Rangkaian listrik ekivalen sel fotovoltaik dalam kondisi arus listrik hubung singkat (*short circuit current*) adalah output sel surya tidak ada resistansi beban dinyatakan parameter  $I_{sc}$  dalam satuan ampere. Untuk kondisi tegangan rangkaian terbuka (*open circuit voltage*) atau tegangan tanpa beban (*open circuit*) dinyatakan parameter  $V_{oc}$  satuan volt.

### **Daya listrik output sel surya**

Daya listrik output panel sel surya dirumuskan pada persamaan (2.7).

$$P_{oc} = V_{oc} \times I_{sc} \quad (2.7)$$

### BAB III METODOLOGI

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan panel peralatan rancang pembangkit listrik searah/dc dengan menggunakan sel surya untuk pengujian efisiensi daya listrik output sel surya tipe 3 W (watt) yang dihasilkan pada perlakuan penyinaran lampu LED warna cahaya putih, merah, cahaya hijau dan cahaya biru. Sumber cahaya lampu LED memancarkan energi foton cahaya pada spektrum panjang gelombang elektromagnetik. Perolehan efisiensi daya listrik mencakup pengukuran hasil parameter kelistrikan output pada bagian melakukan pada pengoperasian perlakuan penyinaran lampu LED warna cahaya tersebut berjarak tertentu ke permukaan sel surya. Metodologi penyinaran warna cahaya dari lampu LED ke permukaan sel surya diperlihatkan seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Metoda penyinaran cahaya lampu LED ke permukaan sel surya

Keterangan:

$S_x$  = jarak penyinaran cahaya lampu LED ke permukaan sel surya.

#### 3.1. Peralatan utama penelitian

Peralatan utama rancang peralatan penelitian terdiri dari lampu LED tipe I65 kapasitas 20 W (watt) dan panel sel surya tipe 3 W (watt). Spesifikasi parameter lampu LED dan seperti data pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Spesifikasi parameter lampu LED

Luas diameter LED	Sudut berkas ( <i>Beam angle</i> ) cahaya	Kuat cahaya penerangan	Daya listrik input LED	Efikasi
$A_{(LED)}$	$\theta$	F	$P_{in(LED)}$	Ef
0,014 m <sup>2</sup>	120 derajat	900 lumen	20 watt	45 lumen/watt



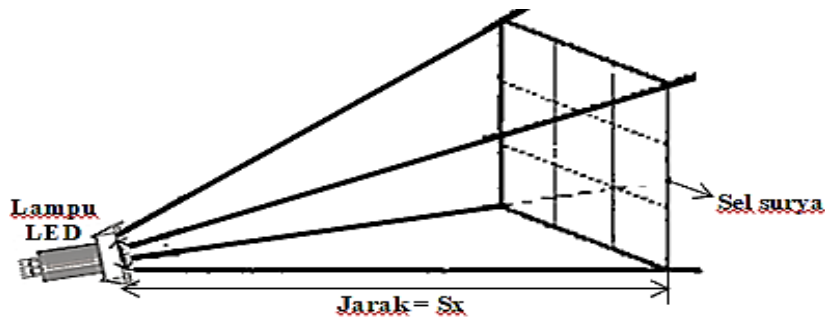
Spesifikasi parameter panel sel surya tipe 3 W (watt) seperti data pada Tabel 3.2

Tabel 3.2. Spesifikasi parameter panel sel surya

Luas sel surya	Tegangan output maks.	Arus hubung singkat maks.	Daya listrik output maks.
$A_{(sel)}$	$V_{OC(maks.)}$	$I_{sc(maks.)}$	$P_{oc(maks.)}$
0,0205 m <sup>2</sup>	7,32 volt	0,61 A	3 watt

### 3.2 Intensitas cahaya ke permukaan sel surya

Intensitas cahaya menerpa permukaan sel surya dari sumber cahaya lampu LED menghasilkan kuat cahaya penerangan yang dipancarkan oleh sebuah sumber cahaya dengan steradian cahaya sebesar sudut ruang berkas cahaya (*beam angle*) ke obyek permukaan sel surya. Intensitas cahaya penyinaran dari sumber cahaya dari lampu LED ke bidang permukaan sel surya berjarak  $S_x$  tertentu seperti Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Intensitas cahaya ke permukaan sel surya

(a) Sumber cahaya lampu LED, (b) Alat ukur intensitas cahaya

Analisis perumusan matematis intensitas cahaya terpapar ke luas bidang permukaan sel surya menggunakan persamaan (2.3), sbb.:

$$I_{(cahaya)} = \frac{F}{\omega \cdot r^2}$$

Keterangan:

$F = 900$  lumen (data table 3.1)

$\omega =$  steradian sudut ruang, radian

$r = S_x =$  jarak penyinaran ke sel surya, meter

Steradian sudut ruang parameter  $\omega$  pada pencahayaan bidang permukaan sel surya

$\omega =$  sudut  $\theta = 120$  derajat  $= (120/360) \times 2.\pi = (2/3).\pi = (0,667).\pi$  steradian

$\omega = (0,667) \times 3,14 = 2.093 = 2,1$  steradian.

Untuk sudut ruang sebesar sudut berkas (*beam angle*) sebesar  $\theta = 120$  derajat menghasilkan nilai parameter steradian sebesar  $\omega = 2,1$  steradian. Perumusan

matematis intensitas cahaya terpapar ke luas bidang permukaan sel surya dari persamaan (2.3) di rumuskan menjadi persamaan (3.1) dan data tabel

$$I_{(\text{cahaya})} = \frac{F}{(\omega) r^2} = \frac{900}{2,1 (Sx)^2}$$

$$I_{(\text{cahaya})} = \frac{428,6}{(Sx)^2} \quad (3.1)$$

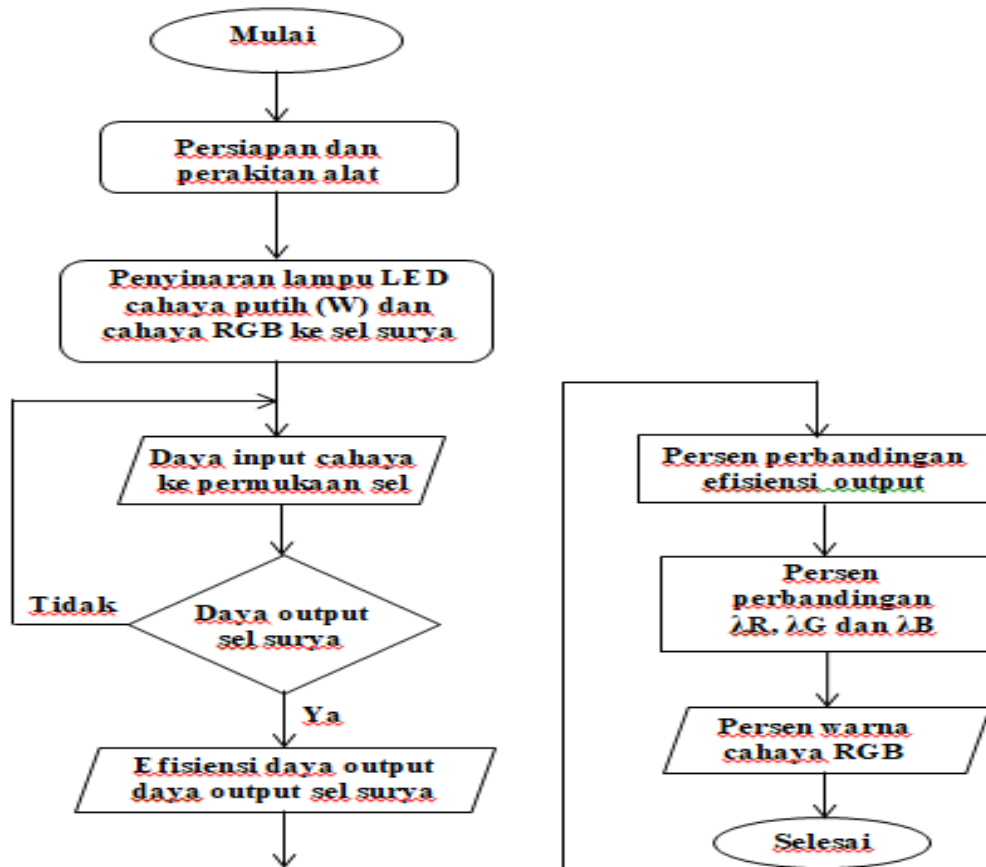
Keterangan:

$I_{(\text{cahaya})}$  = intensitas cahaya ke permukaan sel surya, lumen/m<sup>2</sup>.

Sx = jarak sumber cahaya ke permukaan sel surya, m

### Metodologi penelitian

Alur diagram flow chart metodologi penelitian pada pembuatan peralatan penelitian diperlihatkan seperti pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Flow chart metodologi penelitian pembuatan peralatan penelitian

Pada penelitian ini dilakukan metodologi perlakuan penyinaran warna cahaya dari lampu LED ke permukaan sel surya terdiri dari, sbb.:

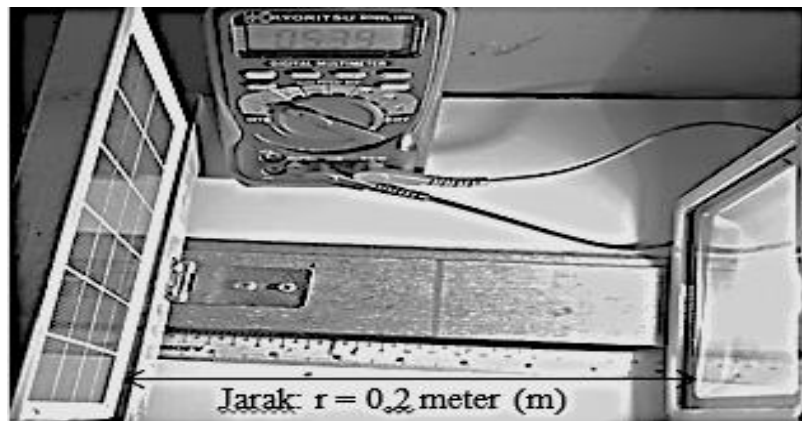
- 1) Penyinaran sel surya dengan lampu LED warna cahaya putih
- 2) Penyinaran sel surya dengan lampu LED warna cahaya merah

- 3) Penyinaran sel surya dengan lampu LED warna cahaya hijau
- 4) Penyinaran sel surya dengan lampu LED warna cahaya biru.

Parameter variabel penelitian tetap daya listrik input lampu LED cahaya putih, cahaya merah (red), cahaya hijau (green) dan cahaya biru (blue). Selanjutnya parameter variabel tidak tetap terdiri dari spektrum panjang gelombang warna cahaya putih, warna cahaya merah, cahaya hijau dan cahaya biru serta jarak penyinaran cahaya lampu LED ke permukaan bidang sel surya. Kegiatan penelitian dilakukan secara bertahap, yaitu pada tahap pertama menyinari permukaan sel surya dengan sumber cahaya lampu LED warna cahaya putih. Selanjutnya tahap kedua menyinari warna cahaya merah (R) ke permukaan sel surya. Tahap ketiga penyinaran warna cahaya hijau (G) ke permukaan sel surya. Kemudian pada tahap ke-empat melakukan penyinaran warna cahaya biru (B) ke permukaan sel surya.

### 3.3. Penyinaran cahaya putih ke sel surya berjarak $S_{x(W)}$ 20 cm

Penyinaran warna cahaya putih (W) berasal dari lampu LED yang berjarak  $S_{x(W)} = 20$  cm ke permukaan sel surya seperti pada Gambar 3.4. Kuat cahaya penerangan dari lampu LED memiliki sudut berkas (*beam angle*) cahaya sebesar sudut  $\theta = 120$  derajat terpancar menyinari luas bidang permukaan sel surya.



Gambar 3.4. Penyinaran cahaya putih ke sel surya berjarak  $S_{x(W)} = 0,20$  m

### Input intensitas dan daya input cahaya putih dari lampu LED

Intensitas cahaya putih dinyatakan parameter  $I_{\text{cahaya(W)}}$  di ukur dengan menggunakan alat ukur intensitas cahaya dalam satuan  $\text{watt/m}^2$ . Secara fisik alat ukur intensitas cahaya dalam satuan  $\text{watt/m}^2$  seperti pada Gambar 3.5. Pengukuran intensitas cahaya putih (W) menggunakan alat ukur intensitas cahaya dalam satuan  $\text{watt/m}^2$  seperti pada Gambar 3.6.



Gambar 3.5. Fisik alat ukur intensitas cahaya satuan watt/m<sup>2</sup>



Gambar 3.6. Pengukuran intensitas cahaya parameter  $I_{\text{cahaya(W)}}$

Hasil pengukuran parameter  $I_{\text{cahaya(W)}}$  pada penyinaran warna cahaya putih (W) berasal dari lampu LED yang berjarak  $S_{X(W)} = 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ meter (m)}$  ke permukaan sel surya adalah sebesar  $I_{\text{cahaya(W)}} = 10,2 \text{ watt/m}^2$ .

Daya input cahaya putih dinyatakan parameter  $P_{i(W)}$  terpapar ke luas bidang permukaan sel surya dihitung menggunakan persamaan  $P_{i(W)} = I_{\text{cahaya(W)}} \times A_{(\text{sel})}$ . Untuk nilai intensitas cahaya putih  $I_{\text{cahaya(W)}}$  sebesar  $10,3 \text{ watt/m}^2$  dan luas bidang permukaan sel surya sebesar  $A_{(\text{sel})} = 0,0205 \text{ m}^2$  menghasilkan nilai hasil perhitungan matematis parameter daya input cahaya putih ke bidang permukaan sel surya, sbb.:

$$P_{i(W)} = 10,3 \times 0,0205 = 0,211 \text{ watt.}$$

Rekapitulasi hasil parameter cahaya putih (W) lampu LED menyinari bidang permukaan sel surya seperti pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Parameter input cahaya putih (W) ke permukaan sel surya

Jarak penyinaran cahaya putih	Intensitas cahaya putih	Daya input cahaya putih
$S_{X(W)}$	$I_{\text{cahaya(W)}}$	$P_{i(W)}$
20 cm	10,3 watt/m <sup>2</sup>	0,211 watt

### Output parameter kelistrikan sel surya

Pengukuran tegangan listrik output searah/dc tanpa beban menggunakan alat ukur voltmeter digital adalah parameter  $V_{oc(W)}$  (pada gambar 3.4). Hasil pengukuran parameter  $V_{oc(W)}$  adalah sebesar  $V_{oc(W)} = 5,39 \text{ volt}$ .

Pengukuran arus listrik tanpa beban adalah arus listrik hubung singkat parameter  $I_{sc}$  dalam satuan amper di ukur menggunakan amper meter digital. Hasil pengukuran parameter  $I_{sc(w)} = 2,70 \text{ mA}$ .

Daya listrik output parameter  $P_{oc}$  dihitung menggunakan persamaan, sbb.:

$$P_{oc(w)} = V_{oc(w)} \times I_{sc(w)} = 5,39 \text{ volt} \times 2,70 \text{ mA} = 14,55 \text{ milli-watt} = 0,0146 \text{ watt.}$$

$$P_{oc(w)} = 0,0146 \text{ watt.}$$

Rekapitulasi hasil parameter listrik pada output sel surya pada penyinaran cahaya putih lampu LED ke permukaan sel surya seperti pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4. Hasil parameter listrik output sel surya

Jarak penyinaran cahaya putih	Tegangan listrik output	Arus listrik output	Daya listrik searah output
$S_{x(w)}$	$V_{oc(w)}$	$I_{sc(w)}$	$P_{oc(w)}$
20 cm	5,39 volt	2,70 mA	0,0146 watt

### Efisiensi daya output sel surya

Efisiensi daya output sel surya pada perlakuan penyinaran cahaya putih (W) lampu LED ke luas bidang permukaan sel surya dinyatakan parameter  $\eta_{(w)}$  dihitung menggunakan persamaan, sbb.:

$$\eta_{(w)} = \frac{P_{oc(w)}}{P_{i(w)}} \times 100 \% = \frac{0,0146}{0,211} = 6,9 \%$$

$$\eta_{(w)} = 6,9 \%$$

### 3.4. Penyinaran cahaya merah (R) ke permukaan sel surya

Penyinaran warna cahaya merah (R) berjarak 20 cm ke permukaan sel surya dipergunakan seperti pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7. Penyinaran warna cahaya merah (R) berjarak 20 cm

### Input intensitas dan daya input cahaya merah dari lampu LED

Intensitas cahaya merah (R) dinyatakan parameter  $I_{cahaya(R)}$  di ukur dengan menggunakan alat ukur intensitas cahaya dalam satuan  $\text{watt/m}^2$ . Pengukuran nilai

intensitas cahaya merah (R) dinyatakan parameter  $I_{\text{cahaya(R)}}$  dengan menggunakan alat ukur intensitas cahaya satuan  $\text{watt/m}^2$  seperti pada Gambar 3.8. Hasil pengukuran parameter adalah sebesar  $I_{\text{cahaya(R)}} = 3,5 \text{ watt/m}^2$ .



Gambar 3.8. Pengukuran intensitas cahaya parameter  $I_{\text{cahaya(R)}}$

Input daya cahaya merah (R) terpapar ke luas bidang permukaan sel surya besarnya dihitung menggunakan persamaan, sbb.:

$$P_{i(R)} = I_{\text{cahaya(R)}} \times A_{(\text{sel})}$$

Untuk nilai data parameter  $I_{\text{cahaya(R)}} = 3,5 \text{ watt/m}^2$  dan luas bidang permukaan sel surya parameter  $A_{(\text{sel})} = 0,0205 \text{ m}^2$  menghasilkan nilai daya input cahaya hijau yang dihitung menggunakan persamaan, sbb.:

$$P_{i(R)} = 3,5 \times 0,0205 = 0,072 \text{ watt}$$

$$P_{i(R)} = 0,072 \text{ watt.}$$

Rekapitulasi hasil parameter cahaya merah (R) lampu LED menyinari bidang permukaan sel surya seperti pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5. Nilai parameter  $I_{\text{cahaya(R)}}$  dan  $P_{i(R)}$

Jarak penyinaran cahaya	Intensitas cahaya	Daya input cahaya
$S_{X(R)}$	$I_{\text{cahaya(R)}}$	$P_{i(R)}$
20 cm	$3,5 \text{ watt/m}^2$	0,072 watt

### Output parameter kelistrikan sel surya

Pengukuran tegangan listrik searah/dc tanpa beban pada bagian output sel surya adalah parameter  $V_{OC(R)}$  menggunakan alat ukur voltmeter digital. Hasil pengukuran parameter  $V_{OC(R)}$  adalah  $V_{OC(R)} = 4,03 \text{ volt}$ .

Pengukuran arus listrik tanpa beban adalah arus listrik hubung singkat parameter  $I_{sc}$  dalam satuan amper di ukur menggunakan amper meter digital. Hasil pengukuran parameter  $I_{sc(R)} = 0,9 \text{ milli-Amper (mA)} = 0,009 \text{ A}$ .

Daya listrik output parameter  $P_{oc(R)}$  dihitung menggunakan persamaan, sbb.:

$$P_{OC(R)} = V_{OC(R)} \times I_{sc(R)} = 4,03 \text{ volt} \times 0,9 \text{ mA} = 3,627 \text{ milli-watt} = 0,00363 \text{ watt.}$$

$P_{OC(R)} = 0,00363$  watt.

Rekapitulasi hasil parameter listrik pada output sel surya pada penyinaran cahaya putih lampu LED ke permukaan sel surya seperti pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6. Rekapitulasi hasil parameter listrik pada output sel surya

Jarak penyinaran cahaya putih LED	Tegangan listrik output	Arus listrik output	Daya listrik searah output
$S_{X(R)}$	$V_{OC(R)}$	$I_{SC(R)}$	$P_{OC(R)}$
20 cm	4,03	0,009 A	0,00363 watt

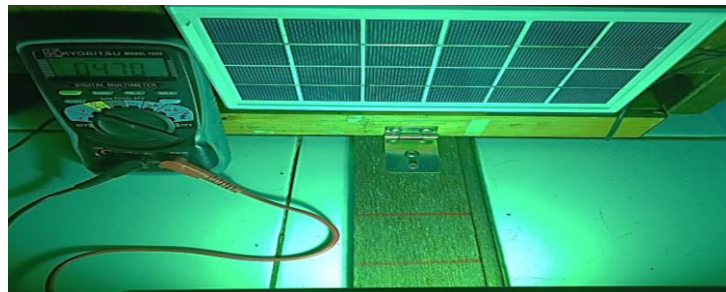
Efisiensi daya output sel surya pada perlakuan penyinaran cahaya merah (R) lampu LED ke luas bidang permukaan sel surya dinyatakan parameter  $\eta_{(R)}$  dihitung menggunakan persamaan, sbb.:

$$\eta_{(R)} = \frac{P_{OC(R)}}{P_{i(R)}} \times 100 \% = \frac{0,00363}{0,072} \times 100\% = 5,04 \%$$

$$\eta_{(R)} = 5,04 \%$$

### 3.5. Penyinaran cahaya hijau (G) ke permukaan sel surya

Pada penelitian ini perlakuan penyinaran cahaya hijau (G) berjarak  $S_{X(G)} = 20$  cm ke permukaan sel surya diperagakan seperti pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9. Penyinaran cahaya hijau (G) berjarak 20 cm

#### Input intensitas dan daya input cahaya hijau dari lampu LED

Intensitas cahaya hijau (G) dinyatakan parameter  $I_{cahaya(G)}$  di ukur dengan menggunakan alat ukur intensitas cahaya dalam satuan  $\text{watt/m}^2$ . Pengukuran nilai intensitas cahaya hijau (G) dengan menggunakan alat ukur intensitas cahaya satuan  $\text{watt/m}^2$  seperti pada Gambar 3.10. Pengukuran nilai intensitas cahaya hijau (G) menghasilkan besar nilai  $I_{cahaya(G)} = 7,5 \text{ watt/m}^2$ . Untuk nilai data parameter intensitas cahaya hijau  $I_{cahaya(G)} = 7,5 \text{ watt/m}^2$  terpapar ke luas bidang permukaan sel surya sebesar  $A_{(sel)} = 0,0205 \text{ m}^2$  menghasilkan nilai daya input cahaya hijau yang dihitung menggunakan persamaan, sbb.:

$$P_{i(G)} = I_{\text{cahaya}(G)} \times A_{(\text{sel})} = 7,5 \times 0,0205 = 0,15375 \text{ watt}$$

$$P_{i(G)} = 0,1538 \text{ watt.}$$



Gambar 3.10. Pengukuran intensitas cahaya hijau (G)

Rekapitulasi hasil parameter cahaya hijau (G) lampu LED menyinari bidang permukaan sel surya seperti pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7. Nilai parameter  $I_{\text{cahaya}(G)}$  dan  $P_{i(G)}$

Jarak penyinaran cahaya	Intensitas cahaya	Daya input cahaya
$Sx_{(G)}$	$I_{\text{cahaya}(G)}$	$P_{i(G)}$
20 cm	7,5 watt/m <sup>2</sup>	0,1538 watt

### Output kelistrikan sel surya

Pengukuran tegangan listrik searah/dc tanpa beban pada bagian output sel surya adalah parameter  $V_{oc(G)}$  menggunakan alat ukur voltmeter digital. Hasil pengukuran parameter  $V_{oc(G)}$  adalah sebesar  $V_{oc(G)} = 4,7$  volt.

Pengukuran arus listrik tanpa beban adalah arus listrik hubung singkat parameter  $I_{sc}$  dalam satuan amper di ukur menggunakan amper meter digital. Hasil pengukuran parameter  $I_{sc(G)} = 1,95$  milli-Amper (mA). = 0,00195 A

Daya listrik output parameter  $P_{oc}$  dihitung menggunakan persamaan, sbb.:

$$P_{oc(G)} = V_{oc(G)} \times I_{sc(G)}$$

$$P_{oc(G)} = 4,7 \text{ volt} \times 1,95 \text{ mA} = 9,165 \text{ milli-watt} = 0,00917 \text{ watt.}$$

Rekapitulasi hasil parameter listrik pada output sel surya pada penyinaran cahaya putih lampu LED ke permukaan sel surya seperti pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8. Rekapitulasi hasil parameter listrik pada output sel surya

Jarak penyinaran cahaya hijau LED	Tegangan searah output	Arus searah output	Daya listrik searah output
$Sx_{(G)}$	$V_{oc(G)}$	$I_{sc(G)}$	$P_{oc(G)}$
20 cm	4,7 volt	0,00195 A	0,00917 watt



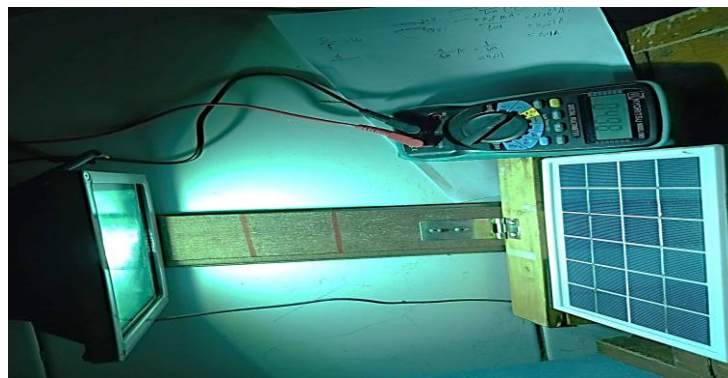
Efisiensi daya output sel surya pada perlakuan penyinaran cahaya hijau (G) lampu LED ke luas bidang permukaan sel surya dinyatakan parameter  $\eta_{(G)}$  dihitung menggunakan persamaan, sbb.:

$$\eta_{(G)} = \frac{P_{oc(G)}}{P_{i(G)}} \times 100 \% = \frac{0,00917}{0,1538} \times 100\% = 5,96 \%$$

$$\eta_{(G)} = 5,96 \%$$

### 3.6. Penyinaran cahaya biru (B) ke permukaan sel surya

Perlakuan penyinaran cahaya biru berjarak  $S_{X(B)} = 20$  cm ke permukaan sel surya diperagakan seperti pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11. Penyinaran cahaya biru berjarak 20 cm

#### Input intensitas dan daya cahaya biru dari lampu LED

Pengukuran intensitas cahaya biru (B) dinyatakan parameter  $I_{cahaya(B)}$  di ukur menggunakan alat ukur intensitas cahaya menghasilkan nilai  $I_{cahaya(B)} = 8,6$  watt/m<sup>2</sup>

Untuk nilai data parameter intensitas cahaya biru  $I_{cahaya(B)} = 8,6$  watt/m<sup>2</sup> terpapar ke luas bidang permukaan sel surya sebesar  $A_{(sel)} = 0,0205$  m<sup>2</sup> yang menghasilkan nilai daya input cahaya merah dihitung menggunakan persamaan, sbb.:

$$P_{i(B)} = I_{cahaya(B)} \times A_{(sel)}$$

$$P_{i(B)} = 8,6 \times 0,0205 = 0,1763 \text{ watt}$$

$$P_{i(B)} = 0,1763 \text{ watt.}$$

Rekapitulasi hasil parameter cahaya biru (B) lampu LED menyinari bidang permukaan sel surya seperti pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9. Nilai parameter  $I_{cahaya(B)}$  dan  $P_{i(B)}$

Jarak penyinaran cahaya	Intensitas cahaya	Daya input cahaya
$S_{X(B)}$	$I_{cahaya(B)}$	$P_{i(B)}$
20 cm	8,6 watt/m <sup>2</sup>	0,1763 watt

### Output parameter kelistrikan sel surya

Pengukuran tegangan listrik searah/dc tanpa beban pada bagian output sel surya adalah parameter  $V_{oc(B)}$  menggunakan alat ukur voltmeter digital. Hasil pengukuran parameter  $V_{oc(B)}$  adalah  $V_{oc(B)} = 4,98$  volt.

Pengukuran arus listrik tanpa beban adalah arus listrik hubung singkat parameter  $I_{sc}$  dalam satuan amper di ukur menggunakan amper meter digital. Hasil pengukuran parameter  $I_{sc(B)} = 1,4$  milli-Amper (mA) = 0,0014 A

Daya listrik output parameter  $P_{oc}$  dihitung menggunakan persamaan, sbb.:  
 $P_{oc(B)} = V_{oc(B)} \times I_{sc(B)} = 4,98 \text{ volt} \times 1,4 \text{ mA} = 6,972 \text{ milli-watt} = 0,00697 \text{ watt}.$   
 $P_{oc(B)} = 0,00697 \text{ watt}.$

Rekapitulasi hasil parameter listrik pada output sel surya pada penyinaran cahaya biru dari lampu LED ke permukaan sel surya seperti pada Tabel 3.10.

Tabel 3.10. Rekapitulasi hasil parameter listrik pada output sel surya

Jarak penyinaran cahaya putih LED	Tegangan searah output	Arus searah output	Daya listrik searah output
$S_{X(B)}$	$V_{oc(B)}$	$I_{sc(B)}$	$P_{oc(B)}$
20 cm	4,98 volt	0,0014 A	0,00697 watt

Efisiensi daya output sel surya pada perlakuan penyinaran cahaya biru (B) lampu LED ke luas bidang permukaan sel surya dinyatakan parameter  $\eta_{(B)}$  dihitung menggunakan persamaan, sbb.:

$$\eta_{(B)} = \frac{P_{oc(B)}}{P_{i(B)}} \times 100 \% = \frac{0,00697}{0,1763} \times 100\% = 3,95 \%$$

$$\eta_{(B)} = 3,95 \%$$

### 3.7. Spektrum panjang gelombang warna cahaya lampu LED

Spektrum panjang gelombang cahaya putih (W) lampu LED adalah parameter  $\lambda_{(W)}$  mencakup tiga (3) campuran panjang gelombang RGB, yaitu panjang gelombang  $\lambda_{1(W)} = 474$  nm,  $\lambda_{2(W)} = 535$  nm dan  $\lambda_{3(W)} = 638$  nm. Energi foton pada panjang gelombang warna cahaya putih (W) dinyatakan parameter  $E_{p(W)}$  mencakup tiga (3) energi foton pada panjang gelombang, yaitu energi foton  $E_{p1(W)}$  pada panjang gelombang  $\lambda_{1(W)} = 474$  nm,  $E_{p2(W)}$  pada panjang gelombang  $\lambda_{2(W)} = 535$  nm dan parameter  $E_{p3(W)}$  pada panjang gelombang  $\lambda_{3(W)} = 638$  nm.

Spektrum panjang gelombang  $\lambda_{(R)}$ ,  $\lambda_{(G)}$  dan  $\lambda_{(B)}$  berada pada spektrum panjang gelombang  $\lambda_{(W)}$  seperti pada Tabel 3.11.

Tabel 3.11. Spektrum panjang gelombang  $\lambda_{(R)}$ ,  $\lambda_{(G)}$  dan  $\lambda_{(B)}$

Spektrum panjang gelombang R-G-B	Berada pada panjang gelombang $\lambda_{(W)}$
$\lambda_{(R)} = 620 \text{ nm s/d } 750 \text{ nm}$	$\lambda_{3(W)} = 638 \text{ nm}$
$\lambda_{(G)} = 495 \text{ nm s/d } 570 \text{ nm}$	$\lambda_{2(W)} = 535 \text{ nm}$
$\lambda_{(B)} = 450 \text{ nm s/d } 495 \text{ nm}$	$\lambda_{1(W)} = 474 \text{ nm}$

Dengan demikian spektrum panjang gelombang  $\lambda_{(W)}$  mencakup dengan nilai panjang gelombang  $\lambda_{(R)}$ ,  $\lambda_{(G)}$  dan  $\lambda_{(B)}$  seperti pada Tabel 3.12.

Tabel 3.12. Hasil parameter  $\lambda_{(R)}$ ,  $\lambda_{(G)}$  dan  $\lambda_{(B)}$

Spektrum panjang gelombang $\lambda_{(W)}$	Nilai panjang gelombang RGB
$\lambda_{1(W)} = \lambda_{(B)}$	$\lambda_{(B)} = 474 \text{ nm}$
$\lambda_{2(W)} = \lambda_{(G)}$	$\lambda_{(G)} = 535 \text{ nm}$
$\lambda_{3(W)} = \lambda_{(R)}$	$\lambda_{(R)} = 638 \text{ nm}$

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Rekapitulasi data hasil intensitas cahaya dari masing-masing lampu LED yang menyinari permukaan sel surya seperti pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Rekapitulasi intensitas cahaya menyinari sel surya

Warna cahaya	Intensitas cahaya	(watt/m <sup>2</sup> )
Putih (W)	$I_{\text{cahaya(W)}}$	10,3
Merah (R)	$I_{\text{cahaya(R)}}$	3,5
Hijau (G)	$I_{\text{cahaya(G)}}$	7,5
Biru (B)	$I_{\text{cahaya(B)}}$	8,6

Hasil penelitian diperoleh perbandingan data hasil intensitas cahaya masing-masing warna cahaya RGB menyinari permukaan sel surya, yaitu parameter

$$I_{\text{cahaya(R)}} : I_{\text{cahaya(G)}} : I_{\text{cahaya(B)}} = 3,5 : 7,5 : 8,6 = (1,0) : (2,14) : (2,46)$$

Jumlah perbandingan = 5,6

Besarnya nilai perbandingan intensitas cahaya masing-masing warna cahaya RGB terhadap intensitas cahaya putih (W) yang dinyatakan sebagai referensi adalah, sbb.:

$$I_{\text{cahaya(R)}} = 1/5,6 \times I_{\text{cahaya(W)}} = 0,179 \times I_{\text{cahaya(W)}}$$

$$I_{\text{cahaya(G)}} = 2,14/5,6 \times I_{\text{cahaya(W)}} = 0,382 \times I_{\text{cahaya(W)}}$$

$$I_{\text{cahaya(B)}} = 2,46/5,6 \times I_{\text{cahaya(W)}} = 0,439 \times I_{\text{cahaya(W)}}$$

Perbandingan intensitas cahaya RGB mencakup intensitas cahaya putih (W), yaitu:

$$I_{\text{cahaya(R)}} : I_{\text{cahaya(G)}} : I_{\text{cahaya(B)}} = 0,178 \times I_{\text{cahaya(W)}} : 0,382 \times I_{\text{cahaya(W)}} : 0,439 \times I_{\text{cahaya(W)}}$$

Intensitas cahaya dari energi foton masing-masing warna cahaya menghasilkan daya input cahaya yang menyinari luas bidang permukaan sel surya. Rekapitulasi perbedaan daya input cahaya masing-masing warna cahaya RGB terhadap daya input cahaya putih (W) seperti pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Rekapitulasi daya input cahaya menyinari sel surya

Daya input cahaya RGB	Daya input cahaya putih (W)
$Pi_{(R)} = 0,072 \text{ watt}$	$Pi_{(W)} = 0,211 \text{ watt}$
$Pi_{(G)} = 0,1538 \text{ watt}$	
$Pi_{(B)} = 0,1763 \text{ watt}$	

### Daya listrik output sel surya

Rekapitulasi hasil konversi daya listrik output sel surya pada hasil penyinaran masing-masing warna cahaya RGB terhadap hasil daya listrik output sel surya pada hasil penyinaran cahaya putih (W) sebagai referensi seperti pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Hasil daya listrik output sel surya

Daya listrik output pada penyinaran cahaya RGB	Daya listrik output pada penyinaran cahaya putih (W)
$P_{OC(R)} = 0,00363$ watt	
$P_{OC(G)} = 0,00917$ watt	$P_{OC(W)} = 0,0146$ watt
$P_{OC(B)} = 0,00697$ watt	

#### 4.1 Efisiensi daya listrik output sel surya

Hasil efisiensi daya output sel surya untuk masing-masing penyinaran warna cahaya lampu LED ke permukaan sel surya adalah, sbb.:

- (1) Efisiensi  $\eta_{(W)}$  sel surya pada penyinaran cahaya putih (W)
- (2) Efisiensi  $\eta_{(R)}$  sel surya pada penyinaran cahaya merah (R)
- (3) Efisiensi  $\eta_{(G)}$  sel surya pada penyinaran cahaya hijau (G)
- (4) Efisiensi  $\eta_{(B)}$  sel surya pada penyinaran cahaya biru (B).

Efisiensi daya output sel surya dihitung dengan menggunakan persamaan matematis:

$$\eta_{(\text{sel-surya})} = \frac{P_{oc}}{P_{i(\text{cahaya})}} \times 100 \%$$

Hasil efisiensi daya output sel surya diperlihatkan seperti pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Rekapitulasi efisiensi daya output sel surya

Daya input cahaya (watt)	Daya listrik output (watt)	Efisiensi daya output Persen (%)
$P_{i(W)} = 0,211$	$P_{OC(W)} = 0,0146$	$\eta_{(W)} = 6,90 \%$
$P_{i(R)} = 0,072$	$P_{OC(R)} = 0,00363$	$\eta_{(R)} = 5,04 \%$
$P_{i(G)} = 0,1538$	$P_{OC(G)} = 0,00917$	$\eta_{(G)} = 5,96 \%$
$P_{i(B)} = 0,1763$	$P_{OC(B)} = 0,00697$	$\eta_{(B)} = 3,95 \%$

Hasil perbedaan nilai efisiensi daya output sel surya pada hasil penyinaran masing-masing warna cahaya RGB terhadap hasil daya listrik output sel surya pada hasil penyinaran cahaya putih (W) sebagai referensi. Hasil efisiensi daya output sel surya dinyatakan lebih efisien untuk mengkonversikan sumber warna

cahaya hijau (G) dibandingkan dengan mengkonversikan sumber warna cahaya merah (R) dan warna cahaya biru (B).

Perbandingan efisiensi ( $\eta$ ) daya output sel surya pada penyinaran masing-masing warna cahaya RGB (data table 4.4) terpapar menyinari permukaan sel surya, sbb.:

$$\eta_{(R)} : \eta_{(G)} : \eta_{(B)} = (5,04) : (5,96) : (3,95)$$

$$\text{Jumlah perbandingan} = 14,95$$

Nilai perbandingan persen (%) efisiensi  $\eta_{(R)}$ ,  $\eta_{(G)}$  dan  $\eta_{(B)}$  terhadap efisiensi daya output parameter  $\eta_{(W)}$  yang dinyatakan sebagai referensi, sbb.:

$$\eta_{(R)} = \frac{5,04}{14,95} \eta_{(W)} = 0,3371 \quad \eta_{(W)} = 33,71 \% \quad \eta_{(W)}$$

$$\eta_{(G)} = \frac{5,96}{14,95} \eta_{(W)} = 0,39866 \quad \eta_{(W)} = 39,87 \% \quad \eta_{(W)}$$

$$\eta_{(B)} = \frac{3,95}{14,95} \eta_{(W)} = 0,2642 \quad \eta_{(W)} = 26,42 \% \quad \eta_{(W)}$$

$$\eta_{(R)} : \eta_{(G)} : \eta_{(B)} = 33,71 \% \quad \eta_{(W)} : 39,87 \% \quad \eta_{(W)} : 26,42 \% \quad \eta_{(W)}$$

Perbedaan persen (%) perbandingan efisiensi  $\eta_{(R)}$ ,  $\eta_{(G)}$  dan  $\eta_{(B)}$  disebabkan oleh sinar cahaya putih sebagai gelombang elektromagnetik memiliki spektrum panjang gelombang 380 nm s/d 750 nm yang terlihat berwarna cahaya putih (*white*) mencakup spektrum panjang gelombang cahaya cahaya merah (R), cahaya hijau (G), cahaya biru (B). Nilai persen (%) panjang gelombang masing-masing cahaya RGB mencakup spektrum panjang gelombang  $\lambda_{(W)}$  adalah, sbb.:

$$\lambda_{(R)} = 33,71 \% \quad \lambda_{(W)}$$

$$\lambda_{(G)} = 39,87 \% \quad \lambda_{(W)}$$

$$\lambda_{(B)} = 26,42 \% \quad \lambda_{(W)}$$

Cakupan persen (%) warna cahaya merah (R), cahaya hijau (G) dan cahaya biru (B) berada dalam campuran warna cahaya putih (W) adalah, sbb.:

Cahaya merah (R) = 33,7 % dari warna cahaya putih (W)

Cahaya hijau (G) = 39,9 % dari warna cahaya putih (W)

Cahaya biru (B) = 26,4 % dari warna cahaya putih (W).

Rekapitulasi warna cahaya putih (W) mencakup 33,7% cahaya merah, 39,9 % cahaya hijau dan 26,4 % cahaya biru.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

- [1] Intensitas cahaya warna putih (W) dan intensitas cahaya merah (R), cahaya hijau (G) serta intensitas cahaya biru (B) berasal dari sumber cahaya gelombang elektromagnetik lampu LED di ukur menggunakan alat ukur intensitas cahaya dalam satuan  $\text{watt/m}^2$ .
- [2] Hasil penyinaran masing-masing warna cahaya RGB dan warna cahaya putih (W) berasal dari cahaya lampu LED ke luas bidang permukaan sel surya berjarak yang sama sebesar  $S_x = 20$  cm memiliki perbedaan besarnya nilai daya input cahaya berturut-turut dinyatakan  $P_{i(R)}$ ,  $P_{i(G)}$ ,  $P_{i(B)}$  dan  $P_{i(W)}$  satuan watt.
- [3] Perbedaan nilai parameter  $P_{i(W)}$ ,  $P_{i(R)}$ ,  $P_{i(G)}$  dan  $P_{i(B)}$  ke permukaan sel surya menghasilkan daya listrik output yang berbeda pula pada output sel surya dinyatakan parameter  $P_{oc(W)}$ ,  $P_{oc(R)}$ ,  $P_{oc(G)}$  dan  $P_{oc(B)}$  dalam satuan watt.
- [4] Hasil efisiensi daya output sel surya satuan persen (%) menjadi berbeda berdasarkan perbandingan perbedaan masing-masing daya input cahaya terhadap daya listrik output yang dihasilkan oleh material fotovoltaik sel surya.
- [5] Hasil daya input gelombang masing-masing warna cahaya RGB berada dalam spektrum panjang gelombang warna cahaya putih (G). Dimana masing-masing besarnya nilai panjang gelombang masing-masing warna cahaya RGB tercakup di dalam spektrum panjang gelombang warna cahaya putih (W).
- [6] Setiap berkas cahaya memancarkan intensitas cahaya menghasilkan energi foton (E) fungsi panjang gelombang cahaya ( $\lambda$ ). Intensitas warna cahaya putih (W) menghasilkan energi foton pada spektrum panjang gelombang cahaya yang mencakup panjang gelombang dari masing-masing warna cahaya RGB.
- [7] Cakupan warna cahaya putih (W) terdiri dari campuran nilai persen (%) warna cahaya merah (R), % warna cahaya hijau (G) dan % warna cahaya biru (B).

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ta'Lim, Nur.H, dkk [(2021)], ANALISIS OUTPUT DAYA PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DENGAN KAPASITAS 10WP, 20WP, DAN 30WP, Jurnal CRANKSHAFT , Vol. 4 No. 2, ISSN: 2623-0720.
- [2] Muchammad, dkk. (2010) , “Pengaruh Suhu Permukaan Photovoltaic Module 50 Watt Peak Terhadap Daya Keluaran yang Dihasilkan Menggunakan Reflector Dengan Variasi Sudut Reflektor 00 , 500 , 600 , 700 , 800 ”, ROTASI, Volume 12, No. 4.
- [3] [http://nekomtao8.weebly.com/uploads/ k2\\_photovoltaic.doc1](http://nekomtao8.weebly.com/uploads/k2_photovoltaic.doc1), diunduh pada tanggal 24 Pebruari 2013.
- [4] Arwi R, dkk (2018), Alat pendeteksi warna dengan menggunakan sensor TCS230 berdasarkan warna dasar penyusun RGB, Prosiding SNIPS, Fakultas MIPA Institut Teknologi Bandung hal.78-85.
- [5] A. Asrul, K, dkk, [2016], Komparasi Energi Surya Dengan Lampu Halogen Terhadap Efisiensi Modul Photovoltaic Tipe Multicrystalline, Jurnal Mekanikal, vol. 7, no. 1.
- [6] J. Grabham S., Beeby and J. Tudor, [2015], The effect of the type of illumination on the energy harvesting performance of solar cells, Solar Energy, vol. 111, pp. 21–29.
- [7] T. Nur Hidayat (2021), Analisis Output Daya Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Kapasitas 10WP dan 30WP, Jurnal CRANKSHAFT, Vol. 4 No. 2, hal 9 -18.
- [8] Haris Romadhon, dkk, Pemanfaatan Intensitas Radiasi Cahaya Lampu dengan Reflektor Panel Surya sebagai Energi Harvesting, Jurnal RESISTOR Vol.3, 2621-9700, page 45-56.
- [9] <https://www.lazada.co.id/tag/spektrum-cahaya/>
- [10] Hilmansyah, dkk [2017], Optimalisasi Intensitas Cahaya pada Luas Permukaan Solar Cell, JURNAL TEKNOLOGI TERPADU Vol. 5 No.1, pp. 90-95.
- [11] Martawati, [2018], Analisis Simulasi Pengaruh Variasi Intensitas Cahaya Terhadap Daya Dari Panel Surya. Jurnal ELTEK, Vol 16 no.1 ISSN.1693-4024.



- [12] Floyd, Thomas L, [2005], *Electronic Devices*, Pearson Education, Inc., New Jersey Bab 1.4, hal. 13-19.
- [13] Parlindungan P,M, dkk (2014), Efektivitas Sel Fotovoltaik Sel Surya Metoda Perlakuan Penyinaran cahaya Lampu RGB Pada Permukaan Sel Surya, *Jurnal Iptek ITI*, hal. 16-23.
- [14] Y. Li, N. J. Grabham, S. P. Beeby, and M. J. Tudor, “The effect of the type of illumination on the energy harvesting performance of solar cells,” *Solar Energy*, vol. 111, pp. 21–29, 2015.
- [15] A. Asrul, R., Demak, and R. Hatib, “Komparasi Energi Surya Dengan Lampu Halogen Terhadap Efisiensi Modul Photovoltaic Tipe Multicrystalline,” *Jurnal Mekanikal*, vol. 7, no. 1, 2016.
- [16] A. Asrul, R. K. Demak, and R. Hatib, “Komparasi Energi Surya Dengan Lampu Halogen Terhadap Efisiensi Modul Photovoltaic Tipe Multicrystalline,” *Jurnal Mekanikal*, vol. 7, no. 1, 2016.

### Rincian Biaya Penelitian

Parameter	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
<b>1. Honorarium</b>			
-Peneliti 5 bulan	1 orang	300.000	1.500.000
-Pendamping 2 bulan	1 orang	150.000	300.000
Sub Total - 1			1.800.000
<b>2. Pembelian dan Pembuatan peralatan</b>			
Material/bahan peralatan	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Total harga (Rp)
-Panel peralatan penelitian.	1 unit	1.500.000	1.500.000
-Sel Surya tipe 3 W (watt)	2 unit	150.000	300.000
-Lampu LED cahaya putih 20 watt	1 unit	200.000	200.000
-Lampu LED cahaya merah (R), hijau (G) dan biru (B ) 20 watt	3 unit	250.000	750.000
Sub Total 2			2.750.000
<b>3. Uji Coba peralatan</b>			
- Pengoperasian peralatan	1 unit	800.000	800.000
- Uji coba dan pengukuran	1 unit	500.000	500.000
-Sewa alat ukur intensitas cahaya	1 unit	200.000	200.000
Sub Total 3			1.500.000
Sub Total			550.000
<b>4. Perjalanan pembelian alat dan studi literatur</b>			
-Serpong – Glodok PP	3	150.000	450.000
-Serpong – BSD	5	100.000	500.000
Sub total 4			950.000
<b>4. Operasional</b>			
-Pulsa internet	5	70.000	350.000
-Tinta printer 3 warna	3 unit	50.000	1.500.000
Sub Total 5			1.850.000
<b>5. Belanja material non operasional</b>			
-Pembuatan artikel penelitian dan publikasi ke jurnal nasional	1	1.500.000	1.500.000
-Kertas HVS	2 rim	65.000	130.000

-Foto copy literatur, naskah - proposal dan presentasi ilmiah.	1 paket	120.000	120.000
-Foto-copy laporan hasil akhir penelitian + Jilid soft cover.	5 exemplar	70.000	350.000
Sub Total 6			1.070.000
Sub total			

<p>Biaya Total = Rp 1.800.000 + Rp 2.750.000 + Rp 1.500.000 + Rp 950.000  + Rp 1.850.000 + Rp 1.070.000 = <u>Rp 10.000.000</u></p>
--