



**SIMULASI PENGARUH PANJANG GELOMBANG FOTON DATANG
TERHADAP KARAKTERISTIK I - V DIODA SEL SURYA
MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA**

SKRIPSI

Oleh
Fitriana
NIM 101810201006

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2014**



**SIMULASI PENGARUH PANJANG GELOMBANG FOTON DATANG
TERHADAP KARAKTERISTIK I - V DIODA SEL SURYA
MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Ilmu Fisika (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh
Fitriana
NIM 101810201006

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2014**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan dengan penuh rasa cinta, syukur dan terima kasih yang sebesar-besarnya untuk:

1. kedua orang tuaku tercinta Suwarno dan Siti Khotijah, yang selalu menyayangiku, mendukungku, dan memberiku semangat;
2. para pahlawan tanpa tanda jasa yang sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi telah mendidikku dengan penuh perhatian dan kesabaran;
3. seluruh keluarga besar yang telah memberikan dukungan, motivasi dan nasehat yang sangat berguna;
4. sahabat-sahabatku dari Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember angkatan 2010 yang telah memberikan keceriaan, semangat, dan do'a selama ini;
5. seluruh keluarga besar Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTTO

Dan Dia menundukkan untukmu apa yang ada di langit dan apa yang ada di bumi semuanya, (sebagai rahmat) daripada-Nya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang berfikir.

(QS. Al-Jatsiyah:13)^{*)}

^{*)} Departemen Agama Republik Indonesia. 2012. *Al-Hadi: Al Qur'an Terjemah Per Kata Latin dan Kode Tajwid*. Jakarta: Penerbit Satu Warna.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fitriana

NIM : 101810201006

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: “Simulasi Pengaruh Panjang Gelombang Foton Datang terhadap Karakteristik I - V Dioda Sel Surya menggunakan Metode Elemen Hingga” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Oktober 2014

Yang menyatakan,

Fitriana

NIM 101810201006

SKRIPSI

**SIMULASI PENGARUH PANJANG GELOMBANG FOTON DATANG
TERHADAP KARAKTERISTIK *I-V* DIODA SEL SURYA
MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA**

Oleh

Fitriana
NIM 101810201006

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Endhah Purwandari, S.Si, M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Misto, M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Simulasi Pengaruh Panjang Gelombang Foton Datang terhadap Karakteristik *I-V* Dioda Sel Surya menggunakan Metode Elemen Hingga” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat :

Tim Penguji

Ketua

Sekretaris

Endhah Purwandari, S.Si, M.Si.
NIP 198111112005012001

Ir. Misto, M.Si.
NIP 195911211991031002

Anggota I

Anggota II

Dr. Edy Supriyanto, S.Si., M.Si.
NIP 196712151998021001

Puguh Hiskiawan, S.Si., M.Si.
NIP 197412152002121001

Mengesahkan
Dekan,

Prof. Drs. Kusno, DEA., Ph.D.
NIP 196101081986021001

RINGKASAN

Simulasi Pengaruh Panjang Gelombang Foton Datang terhadap Karakteristik I - V Dioda Sel Surya menggunakan Metode Elemen Hingga; Fitriana, 101810201006; 2014: 69 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Sel surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang dapat mengkonversi secara langsung energi matahari yang diterimanya menjadi energi listrik. Dioda sel surya dapat berupa dioda (persambungan p-n) yang terdiri atas semikonduktor tipe-p dan semikonduktor tipe-n. Salah satu parameter penting dalam pembentukan arus listrik pada sel surya adalah sinar matahari. Sinar matahari terdiri atas foton-foton dengan berbagai macam panjang gelombang yang jika menumbuk permukaan sel surya akan dikonversi menjadi energi listrik oleh sel surya tersebut. Hal ini berarti panjang gelombang foton datang mempunyai peranan penting dalam pembentukan arus pada sel surya, karena itu dalam penelitian ini panjang gelombang foton datang menjadi fokus dalam penelitian. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat simulasi profil distribusi konsentrasi pembawa muatan dan karakteristik I - V (arus-tegangan) dari dioda sel surya berbasis silikon untuk berbagai variasi panjang gelombang foton datang yang diterima oleh sel surya tersebut. Berdasarkan hasil simulasi yang didapatkan, telah dianalisis pengaruh panjang gelombang foton datang terhadap karakteristik I - V sel surya.

Penelitian dilaksanakan dalam beberapa tahapan kegiatan simulasi. Pada tahap pertama dilakukan *entry data* yang berupa parameter dioda silikon, geometri dioda, panjang gelombang foton datang (λ) dan tegangan keluaran sel surya (V). Geometri dioda yang akan disimulasikan karakteristik I - V nya pada penelitian ini memiliki lebar $5 \mu\text{m}$ dan panjang $7 \mu\text{m}$. Metode yang digunakan adalah metode elemen hingga

sehingga geometri dioda tersebut dibagi-bagi menjadi elemen-elemen yang lebih kecil yang disebut dengan *mesh*. Data-data yang telah di *entry* kemudian digunakan untuk pengaturan kondisi batas dan penyelesaian persamaan Poisson dan kontinuitas. Pada tahapan ini dihasilkan grafik profil distribusi konsentrasi elektron dan *hole*. Tahap kedua adalah pembuatan grafik karakteristik *I-V* yang memerlukan variasi tegangan keluaran (*V*). Tegangan keluaran divariasikan dari 0 volt sampai dengan 0,4 volt. Pada tahap ketiga, dilakukan kegiatan simulasi untuk mengetahui pengaruh panjang gelombang foton datang terhadap karakteristik *I-V* dioda sel surya dengan melakukan variasi panjang gelombang foton datang. Panjang gelombang foton datang yang digunakan pada kegiatan simulasi adalah dari 0,5 μm sampai 1,1 μm dengan rentang 0,1 μm . Tahapan ini menghasilkan grafik karakteristik *I-V* untuk beberapa variasi panjang gelombang.

Hasil simulasi variasi panjang gelombang dari 0,5 μm sampai dengan 1,1 μm diketahui bahwa konsentrasi pembawa muatan (elektron dan *hole*) tertinggi didapatkan ketika panjang gelombang foton datang 0,5 μm , konsentrasi pembawa muatan tersebut terus menurun ketika panjang gelombang foton datang semakin besar hingga didapatkan konsentrasi pembawa muatan yang terendah yaitu pada panjang gelombang 1,1 μm . Hasil simulasi juga menunjukkan bahwa ketika panjang gelombang foton datang ditingkatkan dari 0,5 μm sampai 1,1 μm , nilai rapat arus hubung singkat (J_{sc}) tertinggi (0,0556 mA/m) didapatkan ketika panjang gelombang foton datang 0,5 μm dan terus menurun hingga didapatkan nilai J_{sc} terendah yaitu ketika panjang gelombang foton datang 1,1 μm . Hal ini menunjukkan bahwa kenaikan panjang gelombang foton datang dari 0,5 μm sampai 1,1 μm menyebabkan penurunan rapat arus hubung singkat (J_{sc}). Peningkatan panjang gelombang foton datang dari 0,5 μm sampai 1,1 μm tidak mempengaruhi nilai tegangan hubungan terbuka (V_{oc}), hal ini terlihat dari nilai V_{oc} yang selalu tetap 0,4 volt meskipun panjang gelombang foton datang divariasikan dari 0,5 μm sampai 1,1 μm .

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Simulasi Pengaruh Panjang Gelombang Foton Datang terhadap Karakteristik I - V Dioda Sel Surya menggunakan Metode Elemen Hingga”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini telah mendapatkan bimbingan, pengarahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Endhah Purwandari S.Si, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ir. Misto M.Si, selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Dr Edy Supriyanto S.Si, M.Si., selaku Dosen Penguji Utama dan Puguh Hiskiawan S.Si, M.Si., selaku Dosen Penguji Anggota yang telah meluangkan waktu untuk menguji dan memberikan masukan demi kesempurnaan skripsi ini;
3. teman-temanku fisika angkatan 2010 yang telah memberikan dorongan dan semangat;
4. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Peneliti menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh sebab itu, saran dan kritik yang membangun dari pembaca sangat peneliti harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Radiasi Matahari dan Aplikasinya pada Sel Surya	5
2.2 Bahan Semikonduktor	6
2.2.1 Semikonduktor Intrinsik.....	7
2.2.2 Semikonduktor Ekstrinsik.....	9

2.3 Transport dalam Semikonduktor	12
3.3.1 Arus <i>Drift</i>	12
3.3.2 Arus Difusi	14
3.3.3 Relasi Einstein	14
2.4 Dioda (Persambungan p-n)	15
2.5 Generasi dan Rekombinasi pada Sel Surya	18
2.6 Persamaan Poisson dan Persamaan Kontinuitas	20
2.7 Karakteristik Arus-Tegangan (<i>I-V</i>) Dioda Sel Surya	21
2.8 Metode Elemen Hingga	22
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Jenis Penelitian	25
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	25
3.3 Metode Penelitian	25
3.3.1 Geometri Dioda Sel Surya	28
3.3.2 Parameter Dioda Silikon	29
3.3.3 Pengaturan Kondisi Batas	30
3.3.4 Persamaan Poisson dan Kontinuitas	31
3.3.5 Pembuatan Grafik Karakteristik <i>I-V</i>	33
3.4 Analisis Data	34
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Pengaruh Panjang Gelombang terhadap Laju Generasi	35
4.2 Distribusi Pembawa Muatan	37
4.3 Karakteristik <i>I-V</i>	47
BAB 5. PENUTUP	50
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	55

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Spektrum sinar matahari	5
2.2 Struktur pita energi.....	7
2.3 Struktur kristal silikon.....	8
2.4 Grafik variasi konsentrasi intrinsik elektron terhadap temperatur.....	9
2.5 Semikonduktor tipe-n.....	10
2.6 Semikonduktor tipe-p.....	10
2.7 Mobilitas elektron (μ_n) dan <i>hole</i> (μ_p) pada 300 K sebagai fungsi konsentrasi dopan.....	13
2.8 Struktur persambungan p-n	16
2.9 Diagram pita energi persambungan p-n	17
2.10 Karakteristik <i>I-V</i> dioda silikon.....	22
2.11 Geometri dioda.....	23
3.1 Diagram alir penelitian.....	26
3.2 Diagram alir kegiatan simulasi	27
3.3 Geometri dioda sel surya.....	28
4.1 Hasil simulasi pengaruh panjang gelombang foton datang (λ) terhadap generasi sel surya	36
4.2 Hasil simulasi profil distribusi konsentrasi elektron untuk panjang gelombang (λ) 0,5 μm dan tegangan keluaran (<i>V</i>) 0 volt	38
4.3 Hasil simulasi profil distribusi konsentrasi <i>hole</i> untuk panjang gelombang (λ) 0,5 μm dan tegangan keluaran (<i>V</i>) 0 volt.....	39
4.4 Hasil simulasi profil distribusi konsentrasi pembawa muatan untuk Panjang gelombang foton datang (λ) 0,5 μm dan tegangan keluaran (<i>V</i>) 0 volt tanpa memperhitungkan rapat fluks foton	42

4.5	Profil distribusi konsentrasi elektron untuk tegangan keluaran (V) 0,1 volt, 0,2 volt, 0,3 volt, dan 0,4 volt	44
4.6	Profil distribusi konsentrasi <i>hole</i> untuk tegangan keluaran (V) 0,1 volt, 0,2 volt, 0,3 volt, dan 0,4 volt	45
4.7	Hasil simulasi karakteristik I - V sel surya pada panjang gelombang foton datang (λ) 0,5 μm	48
4.8	Hasil simulasi karakteristik I - V sel surya untuk beberapa panjang gelombang	48

DAFTAR TABEL

	Halaman
3.1 Faktor skala untuk parameter input.....	30
4.1 Konsentrasi elektron pada $V= 0$ volt.....	39
4.2 Konsentrasi <i>hole</i> pada $V= 0$ volt	41
4.3 Konsentrasi <i>hole</i> dan elektron pada $\lambda= 0,5 \mu\text{m}$ dan berbagai variasi tegangan keluaran	46
4.4 Konsentrasi <i>hole</i> untuk berbagai variasi panjang gelombang dan tegangan keluaran pada posisi di dekat katoda (<i>mesh</i> ke-2295)	47
4.5 Konsentrasi elektron untuk berbagai variasi panjang gelombang dan tegangan keluaran pada posisi di dekat katoda (<i>mesh</i> ke-2295)	47

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. PROFIL DISTRIBUSI KONSENTRASI PEMBAWA MUATAN UNTUK VARIASI PANJANG GELOMBANG (λ).....	55
B. KONSENTRASI PEMBAWA MUATAN UNTUK BERBAGAI VARIASI PANJANG GELOMBANG (λ) DAN VARIASI TEGANGAN KELUARAN (V)	59