



**PENGARUH KETEBALAN LAPISAN I PADA PERHITUNGAN
KARAKTERISTIK ARUS-TEGANGAN SEL SURYA TIPE PIN
MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA**

SKRIPSI

oleh

**Yetik Herawati
NIM 071810201066**

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



**PENGARUH KETEBALAN LAPISAN I PADA PERHITUNGAN
KARAKTERISTIK ARUS-TEGANGAN SEL SURYA TIPE PIN
MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA**

SKRIPSI

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

oleh

Yetik Herawati
NIM 071810201066

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2014

PERSEMBAHAN

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

1. Ibunda tercinta Asmik serta Ayahanda tercinta Bukaman, yang selalu memberikan do'a dan restunya kepada Ananda dengan segenap cinta kasih, rasa sayang dan sejuta kesabaran serta pengorbanan dalam mendidik Ananda selama ini;
2. Kakakku Samsul Hadi dan Haryuningsih yang selalu memberikan do'a dan motivasinya;
3. para guru yang pernah mendidikku sejak kecil hingga saat ini, terimakasih banyak atas semua ilmu yang telah diberikan;
4. seluruh keluarga besar yang telah memberikan dukungan, motivasi dan nasehat yang sangat berguna;
5. sahabat-sahabatku Abdus, Diajeng, Farah, Heri, Ina, Ja'far, Kahfi, Marisa, Melandi, Prila, Prio, Zainul yang telah memberikan keceriaan, dorongan serta do'a selama ini;
6. Almamater Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTTO

“Manusia yang terbaik ialah mu’min yang berilmu, jika diperlukan dia berguna. Dan jika tidak diperlukan, maka ia dapat mengurus dirinya sendiri”.

(Al-Baihaqi dari Abid Darda’)^{*)}

Atau

“Berfikir adalah fungsi tertinggi dari kemampuan manusia”.^{**)}

^{*)} Prof.TK.H.Ismail Yakub MA-SH. 1964. Ihya’ Al-Ghazali. Semarang: C.V. Faizan

^{**)} Bob Proctor dalam AN. Ubaedy. 2008. Ubah Sikap Raih Kesuksesan. Jakarta: PT. Perspektif Media Komunika Vision 03

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yetik Herawati

NIM : 071810201066

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: “Pengaruh Ketebalan Lapisan-i Pada Perhitungan Karakteristik Arus-Tegangan Sel Surya Tipe p-i-n 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 atas 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, Januari 2014
Yang menyatakan,

Yetik Herawati
NIM 071810201066

SKRIPSI

PENGARUH KETEBALAN LAPISAN I PADA PERHITUNGAN KARAKTERISTIK ARUS-TEGANGAN SEL SURYA TIPE PIN MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Oleh

Yetik Herawati
NIM 071810201066

Pembimbing:

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

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “*Pengaruh Ketebalan Lapisan-i Pada Perhitungan Karakteristik Arus-Tegangan Sel Surya Tipe p-i-n Menggunakan Metode Elemen Hingga*” telah diuji dan disahkan pada :

hari :

tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua

Sekretaris

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

Ir. Misto, M.Si.
NIP 195911211991031002

Anggota I

Anggota II

Drs. Yuda Cahyoargo Hariadi, M.Sc., Ph.D.
NIP 196203111987021001

Dra. Arry Yuariatun Nurhayati.
NIP 196109091986012001

Mengesahkan
Dekan,

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

RINGKASAN

Pengaruh Ketebalan Lapisan-i Pada Perhitungan Karakteristik Arus-Tegangan Sel Surya Tipe p-i-n Menggunakan Metode Elemen Hingga; Yetik Herawati, 071810201066; 2014: 43 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Krisis energi akan dihadapi manusia saat ini dan saat mendatang. Divais sel surya merupakan salah satu penghasil energi alternatif untuk mengatasi masalah tersebut. Sel surya pertama kali dikembangkan menggunakan kristal silikon dengan tipe persambungan p-n. Namun untuk saat ini struktur p-i-n lebih banyak digunakan dibandingkan struktur p-n. Dalam pengembangannya ada beberapa parameter penting yang perlu diperhatikan, dimana parameter tersebut memberikan kontribusi cukup besar terhadap karakteristik keluaran sel surya. Parameter tersebut berupa ketebalan lapisan-p, ketebalan lapisan-i, celah pita optik lapisan-i, dan mobilitas pembawa muatan. Pada penelitian ini akan dikaji pengaruh ketebalan lapisan-i terhadap distribusi konsentrasi pembawa muatan dari sel surya, sehingga diperoleh karakteristik I-V (arus-tegangan) dari divais tersebut dengan basis material yang digunakan adalah kristal silikon pada tipe persambungan p-i-n.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Fisika Komputasi, Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Jember mulai 20 Oktober 2012 hingga 10 September 2013. Penelitian dilakukan dengan dua tahapan yaitu: (1) menentukan grafik distribusi konsentrasi pembawa muatan terhadap variasi ketebalan lapisan-i 1 μm , 2 μm , 3 μm dengan menyelesaikan persamaan Poisson dan persamaan kontinuitas menggunakan aplikasi berbasis metode elemen hingga, (2) Menghitung karakteristik I-V terhadap variasi ketebalan lapisan-i pada nilai pengamatan tegangan keluaran tertentu.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa grafik distribusi konsentrasi pembawa muatan yang dihasilkan hampir sesuai dengan grafik distribusi konsentrasi pembawa

muatan hasil simulasi yang dilakukan oleh Hack dan Shur (1985). Akan tetapi, pada beberapa tegangan keluaran grafik distribusi konsentrasi pembawa muatan elektron mengalami penurunan ketika memasuki daerah persambungan p-i dan persambungan i-n. Sedangkan untuk karakteristik arus-tegangan dapat diketahui bahwa tegangan keluaran yang dihasilkan berbeda dengan hasil eksperimen yang dilakukan oleh Sanchez (2001). Orde dari tegangan keluaran yang dihasilkan pada simulasi ini terlalu kecil. Namun karakteristik I-V yang dihasilkan sudah sesuai dengan *trend* I-V dari sel surya, yaitu besarnya arus semakin mengecil dengan bertambahnya tegangan keluaran. Dari grafik I-V dapat diketahui bahwa pada saat lapisan-i ditingkatkan dari 1 μm ke 2 μm nilai arus yang dihasilkan menurun, sedangkan ketika lapisan-i ditingkatkan dari 2 μm ke 3 μm nilai arus yang dihasilkan meningkat.

PRAKATA

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan berkah dan rahmat-Nya serta tak lupa sholawat dan salam penulis haturkan kepada Rasulullah SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Pengaruh Ketebalan Lapisan-i Pada Perhitungan Karakteristik Arus-Tegangan Sel Surya Tipe p-i-n Menggunakan Metode Elemen Hingga*”.

Penyusunan skripsi ini disusun untuk melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember. Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan semua pihak, baik berupa dorongan, nasehat, saran maupun kritik yang sangat membantu dalam penyelesaian skripsi ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Endhah Purwandari, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama (DPU) dan Ir. Misto, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota (DPA), yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan tenaga dalam membantu dan membimbing penulis dari awal sampai terselesaikannya penulisan skripsi ini;
2. Drs. Yuda Cahyoargo Hariadi, M.Sc., Ph.D, selaku Dosen Penguji I dan Dra. Arry Yuariatun Nurhayati, selaku Dosen Penguji II, atas segala masukan, kritik serta saran yang telah diberikan bagi kesempurnaan penulisan skripsi ini;
3. Dr. Artoto Arkundarto, S.Si., M.Si, selaku ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
4. Agung Tjahjo Nugroho, S.Si, selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama perkuliahan;
5. Teknisi Laboratorium Fisika Komputasi dan rekan-rekan kerja di Laboratorium Fisika Komputasi, Organisasi Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) dan Angkatan 2007 serta semua pihak yang telah ikut membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis sadar akan keterbatasan dan kurang sempurnanya penulisan skripsi ini, oleh karena itu segala saran dan kritik yang bersifat membangun akan sangat penulis harapkan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan memberikan tambahan pengetahuan bagi yang membacanya.

Jember, Januari 2014

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Radiasi Matahari	5
2.2 Kristal Silikon (c-Si)	6
2.3 Prinsip Kerja Sel Surya PIN	7
2.4 Karakteristik Sel Surya	10
2.4.1 Kurva I-V Sel Surya.....	10

2.4.2 Titik Daya Maksimum (P_m).....	14
2.4.3 Tegangan Terbuka (V_{oc}) dan Arus Hubung Singkat (I_{sc})	14
2.4.4 Efisiensi Sel Surya.....	14
2.5 Persamaan Dasar Divais Semikonduktor	16
2.5.1 Persamaan Rapat Arus.....	16
2.5.2 Persamaan Poisson.....	17
2.5.3 Persamaan Kontinuitas Pembawa Muatan	18
2.6 Analisa Numerik Berbasis Metode Elemen Hingga	19
BAB 3. METODE PENELITIAN	22
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	22
3.2 Desain Penelitian.....	22
3.3 Studi Literatur	23
3.4 Persiapan Perangkat Keras/ Komputer	23
3.5 Menjalankan Simulasi	23
3.6 Analisa Data	28
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Distribusi Konsentrasi Pembawa Muatan Pada Variasi Ketebalan Lapisan-i.....	29
4.2 Kurva Karakteristik Arus-Tegangan Sel Surya C-Si Terhadap Variasi Ketebalan Lapisan-i	38
BAB 5. PENUTUP	40
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	44

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Efisiensi modul diukur pada spektrum AM 1.5 pada suhu 25°C.....	15
3.1 Parameter input simulasi.....	25
3.2 Parameter equivalen.....	26
4.1 Konsentrasi elektron dan <i>hole</i> pada lapisan-i 1 μm dengan tegangan keluaran 0,0036 volt.....	30
4.2 Konsentrasi elektron dan <i>hole</i> pada lapisan-i 2 μm dengan tegangan keluaran 0,0037 volt.....	30
4.3 Konsentrasi elektron dan <i>hole</i> pada lapisan-i 3 μm dengan tegangan keluaran 0,0034 volt.....	31
4.4 Konsentrasi pembawa muatan untuk ketebalan lapisan-i 1 μm hingga 3 μm pada beberap tegangan keluaran.....	35

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Spektrum radiasi matahari mencapai atmosfer bumi dan permukaan bumi.....	5
2.2 Skema kristal silikon.....	6
2.3 Struktur kristal diamond.....	7
2.4 Struktur lapisan sel surya tipe p-i-n.....	8
2.5 Ilustrasi proses konversi fotovoltaik dalam sel surya berbasis c-Si...	9
2.6 Profil pembawa muatan bebas dalam sel surya p-i-n yang disinari, dengan absorpsi cahaya yang seragam.....	10
2.7 Skema rangkaian ekuivalen sel surya dengan hambatan seri.....	11
2.8 Karakteristik I-V sel surya.....	12
2.9 (a) Grafik pengaruh ketebalan lapisan-i terhadap tegangan, (b) Pengaruh ketebalan lapisan-i terhadap arus.....	13
3.1 Alur kegiatan penelitian.....	22
3.2 Alur simulasi untuk menentukan karakteristik I-V dari divais sel surya.....	24
3.3 Struktur 1D divais sel surya dengan persambungan tunggal p-i-n tersusun atas lapisan c-Si/c-Si/c-Si.....	28
4.1 Hasil pemodelan pembawa muatan pada ketebalan lapisan-i 1 μm	29
4.2 Hasil pemodelan pembawa muatan pada ketebalan lapisan-i 2 μm	31
4.3 Hasil pemodelan pembawa muatan pada ketebalan lapisan-i 3 μm	32
4.4 Karakteristik I-V divais sel surya c-Si pada variasi ketebalan lapisan-i, dengan ketebalan lapisan-p 0,4 μm dan lapisan-n 0,4 μm	38