



**SIMULASI KARAKTERISTIK I-V DIODA Si PADA VARIASI
TEMPERATUR OPERASIONAL AKIBAT EFEK
HAMBURAN IMPURITAS TERIONISASI**

SKRIPSI

Oleh

Siti Lailatul Arofah

NIM 121810201002

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS JEMBER

2016



**SIMULASI KARAKTERISTIK I-V DIODA Si PADA VARIASI
TEMPERATUR OPERASIONAL AKIBAT EFEK
HAMBURAN IMPURITAS TERIONISASI**

SKRIPSI

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

Oleh

Siti Lailatul Arofah

NIM 121810201002

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS JEMBER

2016

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Chofsoh dan Ayahanda Nur Hamid yang selalu memberikan doa dan dukungan;
2. Kakakku Siti Maghfirotul Ulyah dan Adik – adikku Nurma Mas'udah dan Wulan Abidah serta seluruh keluarga besar yang selalu mendoakanku;
3. Guru-guruku sejak Taman Kanak-kanak hingga Perguruan Tinggi;
4. Almamater Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTTO

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan ”

(Terjemahan Surat Al Insyiroh ayat 5-6)¹

“Apakah engkau meremehkan suatu doa kepada Allah, apakah engkau tahu keajaiban dan kemukjizatan doa? Ibarat panah di malam hari, ia tidak akan melesat namun ia punya batas, dan setiap batas ada saatnya untuk selesai”

(Faris Gobell)²

¹ Departemen Agama Republik Indonesia. 2012. *Alquran dan Terjemahannya*. Surabaya: Mahkota.

² <http://www.katabijaklogs.com/2015/05/islami-tentang-kehidupan.html>

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Siti Lailatul Arofah

NIM : 121810201002

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Simulasi Karakteristik I-V Dioda Si pada Variasi Temperatur Operasional Akibat Efek Hamburan Impuritas Terionisasi” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen pembimbing.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 17 Oktober 2016

Yang menyatakan,

Siti Lailatul Arofah

NIM 121810201002

SKRIPSI

**SIMULASI KARAKTERISTIK I-V DIODA Si PADA VARIASI
TEMPERATUR OPERASIONAL AKIBAT EFEK
HAMBURAN IMPURITAS TERIONISASI**

Oleh
Siti Lailatul Arofah
NIM 121810201002

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Edy Supriyanto, S.Si., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Simulasi Karakteristik I-V Dioda Si pada Variasi Temperatur Operasional Akibat Efek Hamburan Impuritas Terionisasi” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat :

Tim Penguji:

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

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

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

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,

Ir. Misto, M.Si.
NIP 195911211991031002

Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si.
NIP 197202101998021001

Mengesahkan,

Dekan Fakultas MIPA,

Drs. Sujito, Ph.D.
NIP 196102041987111001

RINGKASAN

Simulasi Karakteristik I-V Dioda Si pada Variasi Temperatur Operasional Akibat Efek Hamburan Impuritas Terionisasi; Siti Lailatul Arofah, 121810201002; 2016; (62) halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Dioda merupakan komponen elektronika yang banyak digunakan sebagai divais penyearah pada beberapa rangkaian elektronika. Salah satu contohnya adalah Dioda Si, yang merupakan dioda dengan material dasar berupa silikon, yang kemudian ditambahkan impuritas dari golongan III untuk membentuk semikonduktor tipe-p dan golongan V untuk membentuk semikonduktor tipe-n. Pada temperatur ruang, impuritas yang ditambahkan pada dioda Si akan terionisasi dan kemudian mengalami interaksi Coulomb dengan pembawa muatan setempat. Interaksi ini menyebabkan terjadinya hamburan yang kemudian disebut sebagai hamburan impuritas terionisasi. Hamburan impuritas terionisasi mempengaruhi kecepatan pembawa muatan serta mobilitas pembawa muatan. Ketika temperatur dioda meningkat maka akan ada lebih banyak impuritas yang terionisasi dan terjadi lebih banyak hamburan impuritas terionisasi, sehingga kecepatan pembawa muatan serta mobilitas pembawa muatannya semakin menurun. Hal ini menyebabkan terjadinya perubahan distribusi konsentrasi pembawa muatan, sehingga mempengaruhi rapat arus difusi yang dihasilkan Dioda.

Pada penelitian ini telah dilakukan simulasi untuk mendapatkan nilai rapat arus yang dihasilkan oleh Dioda Si yang dipengaruhi oleh peristiwa hamburan impuritas terionisasi pada temperatur 200 K, 223 K, 273 K, 323 K, 373 K, 423 K, dan 473 K dengan menggunakan metode elemen hingga. Dalam hal ini nilai mobilitas pembawa muatan berubah sesuai dengan perubahan temperatur dioda. Penelitian

diawali dengan pembuatan geometri dioda. Geometri dioda digambarkan dalam bentuk 2D dengan panjang $7 \mu\text{m}$ dan lebar $5 \mu\text{m}$ yang kemudian dibagi menjadi subdomain-subdomain yang lebih kecil. Sehingga solusi umumnya merupakan hasil penjumlahan dari masing-masing subdomain. Kemudian dilakukan input data parameter Dioda Si, pengaturan kondisi batas, dan penyelesaian persamaan Poisson dan Kontinuitas. Berdasarkan distribusi konsentrasi pembawa muatan elektron dan *hole*, maka rapat arus difusi yang mengalir dalam dioda dapat diperoleh. Nilai rapat arus difusi yang dihasilkan disajikan dalam kurva hubungan arus dan tegangan (I-V).

Pengamatan dilakukan pada tiga titik, yakni daerah dekat anoda, persambungan, dan daerah dekat katoda. Hasil simulasi menunjukkan nilai elektron maksimal pada daerah dekat katoda dan semakin menurun ketika mendekati daerah anoda, dan sebaliknya konsentrasi *hole* maksimal pada daerah dekat anoda dan semakin berkurang ketika mendekati daerah katoda. Ketika temperatur dirubah, maka konsentrasi pembawa muatan pada setiap titik mengalami perubahan, dimana konsentrasi elektron di daerah dekat anoda cenderung meningkat, sedangkan di daerah persambungan dan daerah dekat katoda cenderung menurun seiring dengan meningkatnya temperatur. Sedangkan konsentrasi *hole* cenderung menurun di daerah dekat anoda, dan cenderung meningkat di daerah persambungan dan daerah dekat katoda seiring dengan meningkatnya temperatur. Konsentrasi pembawa muatan ini kemudian digunakan digunakan menentukan arus difusi yang mengalir dalam dioda. Dari hasil simulasi karakteristik I-V dioda, dapat diperoleh hasil bahwa ketika tegangan semakin besar maka nilai rapat arus difusi yang dihasilkan juga semakin besar, karena tegangan yang besar (mendekati nilai potensial penghalang) mempermudah pembawa muatan untuk berdifusi. Namun ketika temperatur dioda meningkat diperoleh nilai rapat arus yang semakin menurun, sehingga rapat arus maksimal diperoleh ketika temperatur minimal dan rapat arus minimal diperoleh ketika temperatur maksimal. Hal ini dikarenakan mobilitas pembawa muatan yang menurun sebagai akibat dari peristiwa hamburan impuritas terionisasi.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat serta nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Simulasi Karakteristik I-V Dioda Si pada Variasi Temperatur Operasional Akibat Hamburan Impuritas Terionisasi”. 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 skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan dan arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Endhah Purwandari, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dr. Edy Supriyanto, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu dan pemikiran demi selesainya penelitian dan penulisan skripsi ini;
2. Ir. Misto, M.Si, selaku Dosen Pengji I dan Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan masukan, kritikan dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
3. Drs. Sujito, Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
4. Rekan kerjaku Greta A. F., Agnes D. S., Samsiatun H., dan M. Sholehudin.
5. Teman-teman Lorentz 12 yang telah menghiasi hari-hari penulis selama menjadi mahasiswa;
6. Semua pihak yang membantu demi terselesaikannya skripsi ini.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk semua pihak.

Jember, 17 Oktober 2016

Penulis

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 TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Dioda Si	6
2.1.1 Dioda Berbasis Bahan Semikonduktor Si	6
2.1.2 Karakteristik I-V Dioda Si.....	10

2.2 Pengaruh Temperatur Operasional pada Dioda Si	13
2.2.1 Hamburan Impuritas Terionisasi	13
2.2.2 Kebergantungan Karakteristik I-V terhadap Temperatur	15
2.3 Mekanisme Transport Pembawa Muatan	18
2.3.1 Arus Difusi dan Arus Drift	18
2.3.2 Persamaan Poisson	20
2.3.3 Persamaan Kontinuitas	21
2.4 Metode Elemen Hingga	22
BAB 3. METODE PENELITIAN	25
3.1 Jenis Penelitian	25
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	25
3.3 Prosedur Penelitian	25
3.3.1 Studi Pustaka	25
3.3.2 Kegiatan Simulasi	26
3.3.3 Analisa Data	34
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Distribusi Elektron dan Hole pada Dioda Si	35
4.2 Karakteristik I-V Dioda Si Efek Hamburan Impuritas Terionisasi pada Temperatur Operasional	42
BAB 5. PENUTUP	48
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN-LAMPIRAN	
A. PROFIL DISTRIBUSI KONSENTRASI PEMBAWA MUATAN PADA VARIASI TEMPERATUR	54
B. KURVA KARAKTERISTIK I-V UNTUK BEBERAPA VARIASI TEMPERATUR	58

C. NILAI RAPAT ARUS YANG DIHASILKAN DIODA Si PADA VARIASI TEMPERATUR DENGAN NILAI MOBILITAS PEMBAWA MUATAN YANG BERUBAH BERGANTUNG TEMPERATUR 62



DAFTAR TABEL

	Halaman
3.1 Nilai temperatur dan mobilitas pembawa muatan.....	26
3.2 Parameter imput Dioda Si	29
3.3 Faktor skala untuk parameter input.....	31
4.1 Konsentrasi pembawa muatan elektron dan <i>hole</i> Dioda Si pada temperatur 200 K.....	37
4.2 Nilai konsentrasi <i>hole</i> di titik pengamatan pada variasi temperatur	38
4.3 Nilai konsentrasi elektron di titik pengamatan pada variasi temperatur	39
4.4 Nilai konsentrasi <i>hole</i> hasil penelitian Kusniawati (2015)	40
4.5 Nilai konsentrasi elektron hasil penelitian Kusniawati (2015)	42

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Struktur dioda semikonduktor.....	7
2.2 Dioda anjar maju.....	8
2.3 Dioda panjar mundur.....	9
2.4 Kurva karakteristik arus tegangan.....	12
2.5 Kurva karakteristik I-V dioda Si pada 323 K.....	16
2.6 Kurva karakteristik I-V dioda silikon dengan variasi temperatur yang bergantung pada mobilitas pembawa muatan	17
2.7 Geometri dioda.....	23
3.1 Diagram alir simulasi karakteristik I-V.....	27
3.2 Geometri dioda Si	28
4.1 Profil distribusi konsentrasi pembawa muatan pada temperatur 200 K.....	36
4.2 Kurva karakteristik I-V dioda Si pada 323 K.....	43
4.3 Perbandingan kurva karakteristik I-V pada 323 K.....	44
4.4 Kurva karakteristik I-V dioda Si pada beberapa variasi temperatur	46

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Profil distribusi konsentrasi pembawa muatan pada variasi temperatur	54
B. Kurva karakteristik I-V untuk beberapa variasi temperatur	58
C. Nilai rapat arus yang dihasilkan dioda Si pada variasi temperatur dengan nilai mobilitas pembawa muatan yang berubah bergantung temperatur	62

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Komponen elektronika merupakan elemen terkecil dari suatu rangkaian elektronika. Setiap komponen elektronika dibuat dengan nilai dan fungsi masing-masing. Komponen elektronika yang sering digunakan pada rangkaian elektronika adalah dioda (Jorena, 2009). Dioda merupakan komponen elektronika yang hanya dapat melewatkan arus pada satu arah (Sutrisno, 1986). Dioda mempunyai struktur dasar berupa sambungan semikonduktor tipe p dan tipe n (Aziz *et al.*, 2013), dimana pada ujung tipe p dikenal sebagai terminal anoda dan ujung tipe n dikenal sebagai terminal katoda (Surjono, 2007).

Dioda dapat dibuat dengan menggunakan bahan semikonduktor dari golongan IV yang telah diberi impuritas. Salah satu bahan semikonduktor yang sering digunakan sebagai bahan semikonduktor dasar dioda adalah Silikon (Si). Silikon berasal dari golongan IV dan tersusun atas atom-atom tunggal berstruktur kristal tetrahedron dengan empat elektron valensi (Aslizar, 1996). Pada temperatur ruang impuritas yang terionisasi mengalami interaksi Coulomb dengan pembawa muatan setempat, dan mengakibatkan adanya hamburan pada dioda semikonduktor yang disebut sebagai hamburan impuritas terionisasi. Hamburan ini menyebabkan terjadinya perubahan kecepatan pembawa muatan. Jumlah impuritas yang ditambahkan pada semikonduktor sebanding dengan jumlah impuritas yang terionisasi. Jadi ketika semikonduktor ditambahkan dengan banyak impuritas, maka akan terjadi lebih banyak hamburan, yang kemudian mempengaruhi kecepatan pembawa muatan elektron. Perubahan kecepatan pembawa muatan elektron ini menyebabkan mobilitas elektron menjadi lebih kecil. Ketika temperatur dioda

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dioda Silikon

2.1.1 Dioda berbasis Bahan Semikonduktor Silikon

Dioda adalah komponen elektronika yang dapat melewatkan arus hanya pada satu arah (Sutrisno, 1986). Dioda silikon (Si) terbentuk atas persambungan bahan semikonduktor tipe-p dan tipe-n, dengan material intrinsik yang berasal dari bahan silikon. Silikon adalah bahan yang berasal dari golongan IV, dimana ketika temperatur 0 K silikon mempunyai energi gap (E_g) sebesar 1.16 eV dan berlaku sebagai semikonduktor intrinsik (Puri dan Barbar, 2001). Bahan semikonduktor intrinsik silikon dapat menghantarkan arus listrik jika diberikan energi dari luar seperti peningkatan temperatur. Pada temperatur 300 K, bahan silikon mempunyai konduktivitas listrik sebesar $0.00035 \Omega^{-1}\text{m}^{-1}$, seiring dengan pertambahan temperatur maka konduktivitasnya juga akan mengalami peningkatan (Hayt dan Buck, 2006).

Struktur dasar dioda semikonduktor terdiri atas sambungan semikonduktor tipe-p dan semikonduktor tipe-n. Dimana pada semikonduktor tipe-p berlaku sebagai terminal anoda dan semikonduktor tipe-n berlaku sebagai terminal katoda (Surjono, 2007). Semikonduktor tipe-n adalah semikonduktor yang mengandung mayoritas pembawa muatan elektron. Semikonduktor tipe-n ini dapat dibuat dengan menambahkan impuritas dari golongan V pada semikonduktor intrinsik dari golongan IV (Malvino, 1994). Sedangkan semikonduktor tipe-p adalah semikonduktor yang diberi impuritas dari golongan III dalam susunan berkala (Sutrisno, 1986).

Proses penyambungan semikonduktor tipe-p dan tipe-n menyebabkan *hole* dan elektron di sekitar daerah persambungan cenderung untuk berekombinasi. *Hole* dan elektron yang berekombinasi akan saling meniadakan, sehingga pada daerah

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian yang dilakukan berupa kegiatan simulasi karakteristik I-V dioda Silikon pada variasi temperatur operasional akibat hamburan impuritas terionisasi. Karakteristik I-V dioda Silikon diperoleh dari pengolahan parameter fisis yang telah diketahui sebelum dilakukan penelitian. Penelitian ini bersifat kuantitatif karena karakteristik I-V diperoleh dari perhitungan secara numerik dengan menggunakan metode Elemen Hingga.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Fisika Komputasi, Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Pelaksanaan kegiatan penelitian dimulai dari bulan Maret 2016 sampai dengan selesai.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Studi Pustaka

Prosedur awal yang dilakukan dalam penelitian simulasi karakteristik I-V dioda Si adalah studi pustaka. Studi pustaka dilakukan dengan mencari literatur-literatur mengenai dioda silikon, karakteristik I-V dioda Si, mekanisme-mekanisme yang terjadi pada dioda Si dan prosedur simulasi. Literatur yang diperoleh kemudian digunakan sebagai acuan dan pembanding dalam pelaksanaan penelitian. Literatur yang digunakan sebagai acuan data masukan adalah data yang digunakan oleh Kusniawati (2015) dan Priyanka (2013), dimana data yang digunakan adalah data temperatur dan mobilitas pembawa muatan. Pada penelitian ini digunakan data temperatur 223K, 273K, 323K, 373K, 423K, dan 473K dari data Kusniawati, dan

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Konsentrasi elektron maksimum berada pada daerah katoda dan semakin berkurang ketika mendekati daerah anoda, sebaliknya konsentrasi *hole* maksimum berada pada daerah anoda dan semakin berkurang ketika mendekati daerah katoda.
2. Konsentrasi *hole* di titik A (daerah dekat anoda) cenderung berkurang seiring dengan meningkatnya temperatur operasional, sedangkan pada titik B (daerah persambungan) dan titik C (daerah dekat katoda) konsentrasi *hole* cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur operasional.

Fenomena sebaliknya terjadi pada konsentrasi elektron, yaitu pada titik A (daerah dekat anoda) konsentrasi elektron cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur operasional, sedangkan pada titik B (daerah persambungan) dan titik C (daerah dekat katoda) konsentrasi elektron cenderung berkurang seiring dengan meningkatnya temperatur operasional.

3. Peristiwa hamburan impuritas terionisasi pada temperatur operasional mempengaruhi *trend* dari kurva karakteristik I-V Dioda Si. Arus difusi yang dihasilkan Dioda Si semakin menurun seiring dengan meningkatnya temperatur operasional.

DAFTAR PUSTAKA**Buku**

- Boylestard, R & Nashelsky, L. 2009. *Electronic Devices and Circuit Theory*. New Jersey: Prentice Hall.
- Collinge, J.P. & Collinge, C. A. 2002. *Physics of Semiconductor Devices*. New York: Kluwer Publisher [Spring pdf].
- Danielsson, E. 2000. *FEMLAB Model Library for Semiconductor Device Model*. Stockholm: The Royal Institute of Institute.
- Gareso, P. L. 2012. *Fisika Semikonduktor*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Geotzberger, A., Knobloch, J., dan Vob, B. 1998. *Crystalline Silicon Cells*. Chichester: John Willey & Sons.
- Hayt, W. H. & Buck, J. A. 2006. *Elektromagnetika*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Malvino, A. P. 1994. *Aproksimasi Rangkaian Semikonduktor*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Neaman, D. A. 2007. *Microelectronics: Circuit Analysis dan Design*. 3rd edition. New York: Mc. Graw-Hill.
- Puri, R. K. & Babbar, V. K. 2001. *Solid State Physics Electronics*. New Delhi: S. Chand Company LTD.
- Rio, R. S. & Lida, M. 1999. *Fisika Teknologi Semikonduktor*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Schumacher. 2000. *Device Physics of Silicon Solar Cells*. London: Imperial Collage Press.
- Seeger, K. 1989. *Semiconductor Physics An Introduction*. USA: Springer-Verlag.

Sharma, B. L. 1984. *Metal Semiconductor Schottky Barrier Junctions and Their Applications*. New York: Plenum Press.

Subekti, A. 2003. *Semikonduktor*. Jember: Fakultas MIPA Universitas Jember.

Subekti, A. 2002. *Semikonduktor (Transportasi Listrik, Generasi dan Rekombinasi)*. Jember: Fakultas MIPA Universitas Jember.

Surjono. 2007. *Elektronika: Teori dan Penerapan*. Jember: Penerbit Cerdas Ulet Kreatif.

Sutrisno. 1986. *Elektronika Teori dan Penerapannya*. Bandung: Penerbit ITB.

Sze, S. M. & Kwok, K. Ng. 2007. *Physics of Semiconductor Devices*. New York: John Willey & Son.

Skripsi

Alvianti, N. 2015. *Simulasi Distribusi Konsentrasi Elektron Kristal Semikonduktor GaAs pada Peristiwa Deformation Potential Scattering Berbasis Metode Elemen Hingga*. Skripsi. Jember: Universitas Jember.

Aslizar. 1996. *Pengaruh Suhu terhadap Karakteristik Volt-Ampere Persambungan p-n Silikon pada Bias Maju*. Skripsi. Semarang: UNDIP.

Fitriana. 2014. *Simulasi Pengaruh Panjang Gelombang Foton Datang terhadap Karakteristik I-V Dioda Sel Surya Menggunakan Metode Elemen Hingga*. Skripsi. Jember: Universitas Jember.

Kurniawan, H. 2013. *Analisis Pengaruh Temperatur Operasional dalam Simulasi Karakteristik Arus-Tegangan pada Dioda Si Menggunakan Femlab*. Skripsi. Jember: Universitas Jember.

Kusniawati, M. 2015. *Simulasi Efek Hamburan Impuritas Terionisasi terhadap Distribusi Pembawa Muatan Dioda Si pada Variasi Temperatur Operasional*. Skripsi. Jember: Universitas Jember.

Usman, I. 2006. *Penumbuhan Lapisan Tipis Silikon Amorf Terhidrogenasi dengan Teknik HWC-VHF-PECVD dan Aplikasinya pada Sel Surya*. Disertasi. Bandung: ITB.

Jurnal

- Appel, J. 1961. Electron-electron Scattering and Transport Phenomena in Nonpolar Semiconductors. *Physical Review*. Vol. **122**. No. 6.
- Aziz, A. K., Jasim, F. A., dan Fayyadh, I. K. 2013. The Silicon Diode as a New Temperature Sensor. *International Journal of Innovative Reseach in Engineering and Science*. Vol. **8**. ISSN 2319-5665.
- Baik, K. H., Irokawa, Y., Pearton, S. J., dan Park, Y. J. 2003. Temperature Dependence of Forward Current Characteristics of GaN Junction and Schottky Rectifiers. *Solid-State Electronics*. Vol. **47**: 1533-1538.
- Bate, R. T., Baxter, R. D., Reid, F. J., dan Beer, A. C. 1965. Conduvtion Electron Scattering by Ionized Donors in InSb at 80K. *J. Phys. Chem. Solids*. Vol. **26**. PP. 1205-1214.
- Chakrabarti, S., Chatterjee, S. G., dan Chatterjee, S. 2011. Modeling of Electron Mobility of GaN at Low Temperature and Low Electric Field. *Journal Nano-Electron-Physics*. Vol. **3**. No. 1P: 1071-1080.
- Goudon, T., Miljanovic, V., dan Schemeiser, C. On The Shocley-Read Hall Model: Generatiton-Recombination in Semiconductors. *SIAM J. Appl. Math*. Vol. **67**. No. 4. PP. 1183-1201.
- Jorena. 2009. Menentukan Energi Gap Semikonduktor Silikon Melalui Pengukuran Resistansi Bahan pada Suhu Beragam. *Jurnal Penelitian Sains*. Vol. **12**. No. 1 (B) 12104.
- Priyanka, K., Subhash, C., dan Jozef, O. 2013. Current-Voltage Characteristic of Schottky Diode Simulated Using Semiconductor Device Equation. *International Journal of Electronics*. Vol. **100**. No. 5: 686-698.
- Rusdiana, D., Hasanah, L., dan Suhendi, E. 2010. Mekanisme Hamburan Defek Statis dan Vibrasi Termal Terhadap Mobilitas Elektron pada Film Tipis GaN. *Berkala Fisika*. ISSN: 1410-9662. Vol. **13** (1): 39-44.
- Sconza, A., Torzo, G., dan Viola, G. Experiment on The Physics of The PN Junction. *American Journal of Physics*. Vol. **62**. No. 66.

Internet

Peiró, J & Sherwin, S. 2005. Handbook of Materials Modelling.
http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-3286-8_127#page-1 [23
Maret 2016].

Putra, I. 2011. Finite Element Methode (FEM).
<http://irianpoo.blogspot.com/2011/09/finite-elemen-method-fem.html> [23
Maret 2016].

Zeghbroeck, B. V. 2011. Principles of Semiconductor Devices.
<http://ecee.colorado.edu/~bart/book/> [17 Maret 2016].

NXP Semiconductor Philips. 2004. Data sheet Dioda 1N4148; 1N4448.
https://www.nxp.com/documents/data_sheet/1N4148_1N4448.pdf. [23 Juni
2016].