

**IMPLANTASI ION PERAK (Ag) PADA MATERIAL SILIKON
KARBIDA (SiC) DAN MORFOLOGI PERMUKAAN HASIL
PROSES ANIL**

Skripsi

Untuk Memenuhi Sebagian Persyarat
Mencapai Derajat Sarjana S-1 Program Studi Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri
Sunan Kalijaga



diajukan oleh:

Husaini Mirza Irani

05620010

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Kepada

Program Studi Fisika

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga

Yogyakarta

2010



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi

Lamp :

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
Di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Husaini Mirza Irani
NIM : 05620010
Judul Skripsi : **IMPLANTASI ION PERAK (Ag) PADA MATERIAL SILIKON KARBIDA (SiC) DAN MORFOLOGI PERMUKAAN HASIL PROSES ANIL**

Sudah dapat diajukan kepada Sains dan Teknologi Jurusan Fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Bidang Fisika.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 5 Agustus 2010
Pembimbing,

Anis Yuniati, M.Si.
NIP: 19830614 200901 2 009



PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nomor : UIN.02/D.ST/PP.01.1/1954/2010

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Implantasi Ion Perak (Ag) pada Material Silikon Karbida (SiC)
dan Morfologi Permukaan Hasil Proses Anil

Yang dipersiapkan dan disusun oleh

Nama : Husaini Mirza Irani

NIM : 05620010

Telah dimunaqasyahkan pada : 8/16/2010

Nilai Munaqasyah : B +

Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

TIM MUNAQASYAH :

Ketua Sidang

Anis Yuniati, M.Si
NIP.19830614 200901 2 009

Penguji I

Nita Handayani, M.Si
NIP.19820126 200801 2 008

Penguji II

Tatik Juwariyah, M.Si
NIP.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 3 September 2010

UIN Sunan Kalijaga

Fakultas Sains dan Teknologi

Dean

Dra. Maizer Said Nahdi, M.Si
NIP. 19550427 198403 2 001

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Husaini Mirza Irani

NIM : 05620010

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya ini adalah asli hasil dari laporan penelitian yang saya lakukan sendiri, bukan plagiasi dari karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Yogyakarta, Agustus 2010
Menyatakan,



Husaini Mirza Irani
NIM: 05620010

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO

*“Kebahagiaan bukan dinilai dari apa yang kita miliki,
Tetapi oleh bagaimana kita menikmati apa yang kita miliki”*

*"Keunggulan tertinggi adalah kemampuan menembus pertahanan musuh tanpa
harus berperang..
Perjuangan terhebat adalah yang mampu menekan musuh untuk menyerah tanpa
perlawanan..."*
(Sun Tzu)



PERSEMBAHAN

Kupersembahkan karya kecilku ini teruntuk:

Keluarga Tercinta

*kasihmu takkan terbalas sepanjang hidup anakmu
doamu yang akan mengantarkan anakmu ke dalam ridhonya
untuk mengarungi samudra hidup selanjutnya.*

Sahabat-sahabatku tercinta,

kalian lebih dari sekedar sahabat.

*Selamat berjuang untuk masa depan semoga kita di pertemukan kembali dalam
kesuksesan dunia akhirat.*

Semoga Alloh senantiasa melimpahkan berkah dan rahmatnya untuk kita semua.

Amin . . .



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan petunjuk-Nya kepada seluruh umat manusia sehingga mampu berfikir tentang keagungan dan kekuasaan-Nya di muka bumi. Sholawat dan salam semoga tetap terlimpahkan kepada Nabi Agung Muhammad SAW yang telah memberi lentera kehidupan kepada ummatnya, kehidupan yang penuh kasih sayang dan penuh dengan keindahan. Beliau adalah satu-satunya rasul yang mampu memberikan syafaat bagi ummatnya di hari kiamat. Semoga kita termasuk ummat yang beruntung.

Dengan iringan do'a kedua orang tua dan kerja keras penulis, akhirnya laporan yang berbentuk skripsi dengan judul **“Implantasi Ion Perak (Ag) Pada Material Siliko Karbida (SiC) dan Morfologi Permukaan Hasil Proses Anil”** ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak mungkin terwujud tanpa bantuan, bimbingan, dorongan dan do'a dari semua pihak. Oleh karena itu, dengan penuh kerendahan hati dan penuh rasa ta'dzim, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dra. Hj. Maizer Said Nahdi, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
2. Ibu Anis Yuniati, M.Si. selaku pembimbing skripsi yang senantiasa memberikan support yang sangat luar biasa untuk segera menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Murtono, M.Si selaku pembimbing akademik yang telah banyak memberikan bimbingan selama perkuliahan kami

4. Ibu Widayanti, M.Si selaku kepala program studi fisika yang telah banyak membantu selama berlangsungnya proses penyelesaian skripsi ini.
5. Segenap Dosen dan Karyawan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
6. Bapak Drs. B.A. Tjipto Sujitno, M.T, APU. Yang telah memberikan support selama penelitian di BTAFN BATAN.
7. Ibu Nita Handayani, M.Si., selaku penguji I yang telah memberikan saran bagi perbaikan skripsi ini.
8. Ibu Tatik Juwariyah, M.Si., selaku penguji II yang telah memberikan saran bagi perbaikan skripsi ini.
9. Bapak Saptoni dan Ibu Adini tecinta. Terimakasih buat support baik moral maupun material yang tak ternilai.
10. Teman-teman seperjuangan : Sigit, Masruhin, Waridad, Nurul, Andi, Abid, Panji, Irham. Terimakasih buat semangat skripsinya.
11. Penghuni kontrakan miliran: Fuadi dan Rusdin. Terimakasih buat bantuan refreshingnya.
12. Sahabat-sahabat Keche Uyee Genk : Teeca, Nidha, Ria, Eny, Lulu, Pipi, Eja uun, Abad, dan Bu Hajah.
13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Kepada semua pihak tersebut semoga amal baik yang telah diberikan dapat diterima di sisi Allah SWT serta selalu mendapat limpahan rahmat dari-Nya. Amiin.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kesalahan dan kekeliruan dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran demi sempurnanya skripsi ini.



Husaini Mirza Irani
NIM: 05620010

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
SURAT PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN MOTTO.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR SIMBOL.....	xv
INTISARI	xvi
BAB I : PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Perumusan Masalah dan Batasan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	5
E. Keaslian penelitian	5
BAB II : TINJAUAN PUSTAKA	
A. Tinjauan Pustaka	6
B. Landasan Teori	7
1. Akselerator implantor ion	7

2.	Parameter proses implantasi ion	14
3.	Interaksi berkas partikel dengan material sasaran	15
4.	Efek implantasi ion pada material target	17
5.	Stopping and Range of Ions in Matter (SRIM)	22
6.	Material SiC	23
7.	Perak	27
8.	Proses anil	28
9.	Difraksi Sinar-X	30
10.	SEM dan EDAX	35
BAB III	: METODOLOGI PENELITIAN	
A.	Tempat dan Waktu Penelitian	38
B.	Alat dan Bahan	38
C.	Pelaksanaan penelitian	40
1.	Persiapan sampel	40
2.	Proses implantasi	41
3.	Karakterisasi XRD	43
4.	Karakterisasi SEM dan EDAX	43
5.	Proses anil	44
6.	Analisa data	44
BAB IV	: PEMBAHASAN	
A.	Implantasi ion	45
B.	Struktur Kristal Sampel hasil karakterisasi XRD	51
C.	Morfologi Permukaan Hasil Karakterisasi SEM dan Komposisi Material Sampel Hasil EDAX	52

BAB V	: KESIMPULAN DAN SARAN	
A.	Kesimpulan	60
B.	Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	63



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Gaya lorentz	11
Gambar 2.2.	Akselerator implantor ion PTAPB BATAN Yogyakarta	12
Gambar 2.3.	Skema mesin implantor ion	12
Gambar 2.4.	Difusi substitusi	20
Gambar 2.5.	Difusi interstiti	21
Gambar 2.6.	struktur SiC	27
Gambar 2.7.	Kondisi difraksi bragg	30
Gambar 2.8.	Difraksi sinar X menggunakan metode rotasi kristal	33
Gambar 3.1.	Diagram alir pelaksanaan penelitian	38
Gambar 4.1.	Profil distribusi ion range	45
Gambar 4.2.	Profil distribusi kedalaman ion dari berbagai sudut pandang	46
Gambar 4.3.	Lintasan ion	47
Gambar 4.4.	Profil distribusi ionisasi	48
Gambar 4.5.	Profil distribusi fonon	48
Gambar 4.6.	Pola difraksi hasil karakterisasi XRD	49
Gambar 4.7.	Hasil SEM material sampel SiC non implantasi setelah proses anil dengan tiga varisasi perbesaran yang berbeda	51
Gambar 4.8.	Hasil karakterisasi EDAX material sampel SiC non implantasi setelah proses anil	52
Gambar 4.9.	Hasil SEM sampel SiC yang diimplantasi Ag	54
Gambar 4.10.	Hasil karakterisasi EDAX	55
Gambar 4.11.	Hasil SEM sampel SiC yang diimplantasi Ag dan dianil	56
Gambar 4.12.	Hasil karakterisasi EDAX	57

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data sheet Ag	63
Lampiran 2. Perhitungan dosis implantasi ion	65
Lampiran 3. Hasil SRIM	67
Lampiran 4. Hasil XRD	70
Lampiran 5. Kondisi mesin implantor ion saat implantasi	74



DAFTAR SIMBOL

D	= Dosis ion (ion/cm ²)
I	= Arus berkas ion (ampere)
t	= Lamanya proses implantasi (detik)
A	= Luasan berkas (cm ²)
e	= Muatan keunsuran elektron (1.602x10 ⁻¹⁹ coloumb)
M ₁	= Massa ion dopan
Z ₂	= Nomor atom target
M ₂	= Massa atom target
E	= Energi ion dopan
Z ₁	= Nomor atom ion dopan
N ₀	= Kerapatan atom target
D ₀	= Koefisien difusi awal (m/s ²)
Q _d	= Energi aktivasi untuk difusi (J/mol)
R	= Konstanta gas (8,31 J/mol)
T	= Suhu (K)
λ	= Panjang gelombang sinar-X
d	= Jarak antara dua bidang kisi
θ	= Sudut antara sinar datang dengan bidang normal
n	= Bilangan bulat (orde pembiasan)

INTISARI

IMPLANTASI ION PERAK (Ag) PADA MATERIAL SILIKON KARBIDA (SiC) DAN MORFOLOGI PERMUKAAN HASIL PROSES ANIL

Telah dilakukan implantasi perak (Ag) pada material silikon karbida (SiC) dengan tujuan untuk menyelidiki pengaruh anil terhadap perubahan morfologi permukaan SiC. Proses implantasi ion Ag dilakukan dengan akselerator implantor ion 200 keV/2mA buatan PTAPB BATAN Yogyakarta. Energi implantasi dibuat konstan sebesar 100 keV dengan arus konstan sebesar 10 μ A dan dosis ion sebesar 1,073 x 10¹⁷ ion/cm². Proses anil dilakukan selama 10,5 jam pada suhu 1000⁰C.

Perubahan morfologi permukaan material SiC diamati dari hasil karakterisasi material SiC menggunakan SEM, EDAX dan XRD. Dari hasil karakterisasi SEM dan EDAX diketahui adanya perubahan morfologi permukaan SiC hasil proses anil dan perubahan prosentase unsur Ag sebesar 0,48% massa menjadi 0,47% massa setelah proses anil. Sedangkan dari hasil karakterisasi XRD diketahui terjadi pergeseran puncak-puncak difraksi pada material sampel.

Kata kunci: implantasi ion, morfologi permukaan, silikon karbida, perak.



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Rekayasa permukaan bahan merupakan proses yang dilakukan untuk meningkatkan kerja komponen yang digunakan dalam berbagai bidang teknik dan industri. Permukaan komponen dan peralatan yang digunakan dalam bidang otomotif dan pembangkit energi khususnya yang beroperasi pada temperatur tinggi perlu dikeraskan untuk mencegah terjadinya perubahan kekuatan pada material. Dengan teknik ini, material menjadi lebih tahan terhadap keausan sedangkan kekuatan bahan secara keseluruhan tetap tinggi sehingga umur pakai komponen akan meningkat. Ada beberapa macam teknik rekayasa permukaan, antara lain: nitridasi plasma, pelapisan permukaan dengan deposisi uap dan implantasi ion.

Implantasi ion adalah suatu proses penambahan unsur asing (dopan) ke dalam permukaan material sasaran dengan cara pengionan atom asing tersebut. Proses implantasi ion dilakukan dengan memasukkan ion ke dalam permukaan benda kerja melalui akselerator dengan energi tinggi (10 sampai 500 keV). Proses dilakukan dalam ruang vakum sehingga dapat dihasilkan permukaan yang bersih dan terhindar dari reaksi kimia oksidasi. Daerah yang diimplan relatif kecil, untuk memproses daerah yang lebih luas maka benda kerja digerakkan.

Implantasi ion dapat diaplikasikan dalam rekayasa material yaitu rekayasa bahan untuk meningkatkan kerja dari suatu bahan/komponen yang

telah ada dengan cara menambahkan unsur dengan komposisi dan kedalaman tertentu (Hirvonen, 1996). Sifat-sifat yang biasa ditingkatkan adalah sifat mekanik (kekerasan, ketahanan aus, gesek, umur kelelahan), sifat kelistrikan, sifat kemagnetan, sifat kimia (korosi dan oksidasi) maupun sifat optis (Sujitno, 2003). Dalam penelitian ini dilakukan implantasi ion Ag pada material SiC dengan energi 100 keV dan arus 10 μ A.

Standar bahan bakar partikel berlapis TRISO (*Tristructural Isotropic*) yang didesain untuk bahan bakar reaktor gas temperatur tinggi terdiri dari kernel bahan bakar yang dikelilingi oleh lapisan penyangga Pyrocarbon (PyC), lapisan penyangga Pyrocarbon bagian dalam (IPyC), Silicon Carbide (SiC), dan yang terluar adalah Outer Pyrocarbon (OPyC). Bahan baku bahan bakar kernel merupakan oksida-oksida uranium atau plutonium. Ukuran kernel berkisar antara 250-600 μ m. Sebagai lapisan penyangga adalah lapisan pyrocarbon berdensitas rendah dengan ketebalan 100 μ m. Lapisan ini berfungsi untuk mengakomodasi produk fisi baik gas maupun padat yang dilepaskan dari kernel bahan bakar. Densitas dari lapisan penyangga ini berkisar antara 0,9-1,1 g/cm^3 . Lapisan berikutnya adalah lapisan IPyC dengan ketebalan dalam orde 35-50 μ m. Lapisan ini merupakan lapisan pertama yang akan menahan produk fisi yang terlepas dan lapisan ini sangat efektif menahan produk fisi gas seperti misalnya krypton dan xenon. Lapisan berikutnya adalah lapisan Silicon Carbide (SiC) dengan ketebalan dalam orde 35 μ m. Lapisan ini berfungsi untuk menahan produk fisi yang berwujud padat terutama perak dan cesium. Lapisan paling luar adalah lapisan OPyC setebal

50 μm . Lapisan ini berfungsi untuk melindungi kegetasan SiC selama proses fabrikasi bahan bakar (Tjipto Sujitno, 2009).

Unsur Ag merupakan salah satu produk fisi yang berwujud padatan yang dihasilkan selama reaktor berbahan bakar kernel beroperasi. Produk fisi ini akan terjebak dalam *barrier* SiC. Pada temperatur tinggi sekitar 1600 $^{\circ}\text{C}$, produk fisi Ag dikhawatirkan mampu bermigrasi keluar dari lapisan SiC, dampaknya akan meninggalkan jejak (*path*) yang lama kelamaan akan mengakibatkan retak (*crack*). *Crack path* ini merupakan jalan mulus bagi produk fisi gas untuk bocor keluar, sehingga keamanan lingkungan akan terganggu.

Telah lama diduga bahwa perjalanan Ag dalam SiC dikontrol oleh difusi melalui batas butir yang tentunya sangat ditentukan oleh struktur mikro dari SiC. Dengan demikian para desainer bahan bakar mengupayakan agar ukuran butir dari SiC halus atau kecil. Karena dengan bentuk halus dimungkinkan batas butir tunggal dapat tumbuh memanjang secara lurus melalui lapisan SiC. Batas butir tunggal yang kontak langsung dengan permukaan lapisan dalam dan lapisan luar SiC sangat potensial dalam memberi kontribusi perjalanan Ag dalam lapisan SiC.

B. Perumusan Masalah dan Batasan Masalah

1. Perumusan Masalah

Permasalahan yang dikaji dari penelitian ini adalah:

- a. Pengaruh implantasi ion Ag pada material SiC
- b. Perubahan struktur kristal material SiC setelah diimplantasi ion Ag

- c. Pengaruh anil terhadap perubahan struktur mikro material SiC yang diimplantasi ion Ag.

2. Batasan Masalah

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan material target Silikon karbida 50Si:50C yang diimplantasi dengan menggunakan ion Ag dengan energi sebesar 100 keV dan arus sebesar 10 μ A. Dosis ion Ag yang diimplantasikan ke dalam SiC sebesar $1,073 \times 10^{17}$ ion/cm² diperoleh berdasarkan lamanya implantasi. Proses anil dilakukan pada suhu 1000⁰C dengan waktu proses anil selama 10,5 jam. Karakterisasi XRD dilakukan pada material SiC yang tidak diimplantasi, SiC yang diimplantasi dengan ion Ag serta SiC yang diimplantasi dengan ion Ag setelah proses anil. Uji SEM dan EDAX dilakukan pada material SiC setelah proses anil serta SiC yang diimplantasi ion Ag sebelum dan setelah proses anil.

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk:

- a. Mempelajari teknik implantasi ion dan parameter-parameter yang mempengaruhi proses implantasi.
- b. Mengetahui pengaruh anil terhadap perubahan struktur mikro material SiC yang diimplantasi dengan ion Ag sehingga bisa digunakan untuk studi awal migrasi ion Ag pada material SiC pada suhu 1000⁰C.

D. Manfaat penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

- a. Untuk mempelajari proses implantasi ion pada material target khususnya implantasi ion Ag pada material SiC dan profil distribusi konsentrasi ion Ag menggunakan program SRIM.
- b. Dapat diketahui pengaruh anil terhadap perubahan struktur mikro material silikon karbida yang diimplantasi dengan ion Ag sehingga dapat digunakan untuk studi awal dalam mempelajari pengaruh suhu pada migrasi ion Ag dalam SiC.

E. Keaslian Penelitian

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan:

1. Energi implantasi ion menentukan kedalaman penembusan dan profil distribusi konsentrasi ion-ion yang terimplantasi dalam material sasaran. Dosis ion menentukan jumlah atau prosentase ion yang terimplantasi. Dengan energi sebesar 100 keV, arus 10 μ A dan lama proses implantasi 6 jam diperoleh dosis ion sebesar $1,073 \times 10^{17}$.
2. Terjadi perubahan struktur mikro SiC akibat implantasi ion Ag serta hasil dari proses anil. Dari hasil karakterisasi EDAX menunjukkan besarnya unsur Ag sebesar 0,48% massa menjadi 0,47% massa setelah proses anil.

B. Saran

Untuk penelitian selanjutnya, saran yang dapat diajukan adalah:

1. Dilakukan karakterisasi sampel searah dengan arah implantasi untuk mempelajari migrasi Ag dalam batas butir SiC.
2. Menggunakan suhu anil yang lebih tinggi dan energi implantasi yang lebih besar mendekati operasi reaktor bahan bakar kernel berlapis.

Daftar Pustaka

- Browning, D Nigel., 2004, *Characterization of High Tc Materials and Devices by Electron Microscopy*, Cambridge University Press, Sidney.
- Callister, D Wiliam Jr., 2001, *Fundamentals of Materials Science and Engineering*, John Wiley & Sons, New York.
- Clegg, William., 2009, *Crystal Structure Analysis: Principles and Practice*, Oxford University Press Inc, New York.
- Dearnaley, G., 1987, *Ion Implantation*, North Hollanf Company, Amsterdam.
- Deutchman, A. H., 1996, *Ion Nitriding and Ion Implantation: Process Characteristics and Comparisons*, ASM Int. Park, Ohio
- Dewinta, Erlan., 2000, *Faktor-faktor yang Mempengaruhi Korosi Lapisan SiC oleh Paladium Hasil Belah, P27BDU dan P2BGN-BATAN*, Jakarta.
- Gani, H.S., <http://www.docstoc.com/docs/7875211/Getaran-Atom>
(diambil pada 4 januari 2010 pukul 08.00 WIB)
- Hammond, Christopher., 2009, *The Basics of Crystallography and Diffraction*, Oxford University Press Inc, New York.
- Heater, J. Maclean, Ronald G. Ballinger., 2004, *Silver Ion Implantation And Annealing in CVD Silicon Carbida: The Effect of Temperature on Silver Migration*, 2nd International Topical Meeting on High Temperature Reactor Technologi, Beijing.
- Hirvonen, J.K., 1996, *Ion Implantation in Surface Engineering, Metals Handbook*, Metal Park, Ohio.

- Kartikasari, Ratna, 2001, *Studi Pengaruh Ion Karbon terhadap Kekerasan Permukaan Baja AISI 1040*, Media Teknik, Yogyakarta
- Kittel, Charles., 1996, *Introdustion To Solid State Physics*, John Wiley and sons, New York.
- Members.tripod.com.,http://members.tripod.com/sic_diamond/models.htm
(diambil pada 18 agustus 2010 pukul 19.30)
- Mohsin, Yulianto., http://www.chem-is-try.org/tabel_periodik/karbon/
(diambil pada 25 juni 2009 pukul 10.00 WIB)
- Mohsin, Yulianto., http://www.chem-is-try.org/tabel_periodik/silikon/
(diambil pada 25 juni 2009 pukul 10.00 WIB)
- Omar, M. A., 1993, *Elemntary Solid State Physics: principles and aplications*, Addison-wesley publishing company, Massachussets.
- Sujitno, Tjipto., 2003, *Aplikasi Implantor Ion Untuk Non Semikonduktor dan Semikonduktor*, P3TM-BATAN, Yogyakarta.
- Sujitno, Tjipto., 2009, *Pengaruh anil terhadap migrasi Ag yang diimplantasikan dalam Silikon Karbida (SiC)*, BATAN, Yogyakarta
- Wikipedia,Encyclopedia,http://id.wikipedia.org/wiki/Scanning_electron_microscope (diambil pada 25 juni 2009 pukul 10.00 WIB)
- Yuniati, Anis., 2007, *Pengaruh Implantasi Ion Yttrium (Y) Dan Cerium (Ce) Terhadap Sifat Ketahanan Oksidasi Suhu Tinggi Material FeAl*, Tesis Program Studi Ilmu Fisika, Program Pasca Sarjana UGM, Yogyakarta.
- Ziegler, J.F., 1985, *The Stopping and Range of Ion in Solids*, Academic Press, New York.