



UNIVERSITAS INDONESIA

STUDI DIFRAKSI NEUTRON MATERIAL AMORPH
 $\text{Fe}_{73}\text{Al}_5\text{Ga}_2\text{P}_8\text{C}_5\text{B}_4\text{Si}_3$

SKRIPSI



Oleh:
RESTA AGUNG SUSILO
0304020612

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
DEPARTEMEN FISIKA
PEMINATAN FISIKA MATERIAL ZAT PADAT
DEPOK
DESEMBER 2008



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI DIFRAKSI NEUTRON MATERIAL AMORPH
 $\text{Fe}_{73}\text{Al}_5\text{Ga}_2\text{P}_8\text{C}_5\text{B}_4\text{Si}_3$**

SKRIPSI

diajukan untuk melengkapi
persyaratan mencapai gelar
Sarjana Sains

Oleh:
RESTA AGUNG SUSILO
0304020612

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
DEPARTEMEN FISIKA
PEMINATAN FISIKA MATERIAL ZAT PADAT
DEPOK
DESEMBER 2008**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Resta Agung Susilo

NPM : 0304020612

Tanda Tangan :

Tanggal : 1 Desember 2008

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Resta Agung Susilo
NPM : 0304020612
Program Studi : Fisika
Judul Skripsi : Studi Difraksi Neutron Material Amorph
 $\text{Fe}_{73}\text{Al}_5\text{Ga}_2\text{P}_8\text{C}_5\text{B}_4\text{Si}_3$

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. tech. Djoko Triyono ()

Pembimbing : Agus Purwanto, Ph.D ()

Penguji : Dr. M. Hikam ()

Penguji : Ariadne L. J., Ph.D ()

Ditetapkan di : Universitas Indonesia, Depok

Tanggal : 1 Desember 2008

KATA PENGANTAR

Rasa syukur yang sedalam-dalamnya penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat serta hidayah-Nya seiring terselesaikannya skripsi ini. Betapa daya dan usaha tiada guna bila tanpa izin-Nya dan kehendak-Nya. Skripsi yang berjudul *Studi Difraksi Neutron Material Amorph $Fe_{73}Al_5Ga_2P_8C_5B_4Si_3$* ini adalah untuk melengkapi tugas akhir dan memenuhi persyaratan guna mencapai gelar Sarjana Sains pada Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

Berbagai hambatan, keterbatasan dan kemampuan penulis menyebabkan penulis sering menemukan kesulitan. Namun berkat bantuan dari berbagai pihak, akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan juga. Oleh karena itu, pada kesempatan yang berbahagia ini dengan keikhlasan dan ketulusan hati, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Tech. Djoko Triyono selaku dosen pembimbing I, yang dengan penuh selalu membimbing, mengarahkan, memberikan masukan pada saat berdiskusi, serta memotivasi penulis selama menyusun skripsi ini dengan penuh rasa humor. *“Pak, awas aja kalo ngga jadi beli laptop & HP baru, hehe..”*
2. Agus Purwanto, Ph.D selaku dosen pembimbing II, yang telah meluangkan banyak waktu kerja beliau bagi penulis, dan dengan penuh kesabaran telah membimbing, memberikan masukan-masukan kepada penulis, serta secara tidak langsung telah memberikan wawasan baru kepada penulis mengenai difraksi neutron dan bahasa pemrograman. *“Trima kasih banyak ya Pak, maaf kalau saya sering merepotkan Bapak. Oiya terima kasih juga untuk unek-unek dan cerita Bapak, saya jadi mengerti kondisi lembaga penelitian di Indonesia, hehe..”*
3. Dr. M. Hikam serta Dr. Ariadne L.J. selaku penguji I dan II, yang telah meluangkan waktu untuk menguji serta mengoreksi hasil penelitian penulis.
4. Prof. Dr.rer.nat. Rosari Saleh, selaku Ketua Peminatan Fisika Material dan Zat Mampat. *“Makasih banyak ya Bu, untuk semuanya..”*

5. Seluruh staf pengajar Departemen Fisika, Universitas Indonesia. Berkat mereka semua, penulis semakin bertambah wawasan dan memahami “fisika”.
6. Keluarga tercinta, Bapak, Ibu, Oom Adi, Oom Agus dan Mbak Mien yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materiil, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
7. Nopianti, atas segala bantuan dan dorongannya baik pada waktu senang maupun susah. *“Eh jlek, akhirnya lulus juga nih hahaha..”*
8. Teman-teman satu peminatan Fisika Material dan Zat Mampat 2004: Cenmi, Juan, Ali, Doya, Nidya, Sarif, Daniel, Cengling dan Irwanto. *“Wah tambah gila gw kuliah 2thn sama org2 kyk loe, mantep bgt deh!!!!ga nyesel punya temen2 kyk loe.. Hidup metal-liar hehe..”*
9. Seluruh teman angkatan 2004: Budi, Becol, Sandi W, Gendut, Sugi, Zamroni, Satria, Kray, Rendi, Ubay, Wamid, Vian, Fikri, Ais, Aca, Ira, Pitung dan lain-lain yang tidak dapat Penulis sebutkan. *“Seneng bgt deh kuliah sama makhluk2 yg agak aneh spt kalian, makasi byk ya..”*

Semoga mereka tercatat sebagai pembawa amal shaleh yang tak pernah putus. *Robbana salamatan fidduniah wal akhirah, amin ya robbal alamin.*

Penulis sangat menyadari bahwa tulisan ini baru merupakan kulit luarnya saja, belum menyentuh kepada isinya apalagi akarnya. Oleh karena itu, hadirnya saran dan kritik sangat penulis harapkan.

Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini berguna bagi para pembaca.

Depok, Desember 2008

Penulis

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Resta Agung Susilo
NPM : 0304020612
Program Studi : Fisika Material dan Zat Mampat
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Studi Difraksi Neutron Material Amorph $\text{Fe}_{73}\text{Al}_5\text{Ga}_2\text{P}_8\text{C}_5\text{B}_4\text{Si}_3$

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 1 Desember 2008

Yang menyatakan

(Resta Agung Susilo)

ABSTRAK

Nama : Resta Agung Susilo
Program Studi : Fisika
Judul : Studi Difraksi Neutron Material Amorph
 $\text{Fe}_{73}\text{Al}_5\text{Ga}_2\text{P}_8\text{C}_5\text{B}_4\text{Si}_3$

Struktur material amorph $\text{Fe}_{73}\text{Al}_5\text{Ga}_2\text{P}_8\text{C}_5\text{B}_4\text{Si}_3$ telah diamati dengan difraksi neutron pada temperatur ruang. Analisis struktural dilakukan dengan mencocokkan fungsi distribusi pasangan total permodelan dan eksperimen menggunakan algoritma evolusi differensial. Analisis serta permodelan dikerjakan menggunakan bahasa pemrograman C++. Jarak antar atom serta bilangan koordinasi hasil fungsi distribusi pasangan parsial Fe-Fe, Fe-P, Fe-C, Fe-B kemudian dibandingkan dengan lima fase kristal yang terbentuk setelah material tersebut dianil. Hasil yang diperoleh menunjukkan jarak atom tetangga terdekat pada material amorph ini lebih besar daripada jarak atom tetangga terdekat pada kelima fase kristal yang terbentuk.

Kata kunci: material amorph, fungsi distribusi pasangan, jarak antar atom

ABSTRACT

Name : Resta Agung Susilo
Study Program : Physics
Title : Neutron Diffraction Study on Amorphous Material
 $\text{Fe}_{73}\text{Al}_5\text{Ga}_2\text{P}_8\text{C}_5\text{B}_4\text{Si}_3$

The structure of amorphous material $\text{Fe}_{73}\text{Al}_5\text{Ga}_2\text{P}_8\text{C}_5\text{B}_4\text{Si}_3$ in room temperature has been investigated by using neutron diffraction. Structural analysis is done by fitting the experimental total pair distribution function with the modeled total pair distribution function using differential evolution algorithm. Simulation and analysis is written in C++ code. Interatomic distance and coordination number from each partial pair distribution function Fe-Fe, Fe-P, Fe-C, Fe-B is then compared with five crystalline phases that formed when this amorphous material annealed. The results show that interatomic distance from above atomic pair in amorphous material is larger than interatomic distance in five crystalline phases.

Keywords: amorphous material, pair distribution function, interatomic distance

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS..... | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN..... | iii |
| KATA PENGANTAR..... | iv |
| LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH..... | vi |
| ABSTRAK..... | vii |
| DAFTAR ISI..... | ix |
| DAFTAR GAMBAR..... | xi |
| DAFTAR TABEL..... | xiii |
| BAB 1 PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 3 |
| 1.4 Sistematika Penulisan..... | 3 |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA..... | 4 |
| 2.1 Sifat Dasar Neutron..... | 4 |
| 2.2 Teori Hamburan Neutron..... | 5 |
| 2.2.1 Definisi Penampang Lintang Hamburan..... | 5 |
| 2.2.2 Hamburan Neutron Oleh Inti Atom..... | 7 |
| 2.3 Fungsi Distribusi Pasangan (<i>Pair Distribution Function</i>)..... | 16 |
| 2.4 Hubungan Fungsi Distribusi Pasangan Dengan Hamburan Neutron.. | 16 |
| 2.5 Optimasi Global dengan Algoritma Evolusi Differensial..... | 20 |
| BAB 3 METODE PENELITIAN..... | 24 |
| 3.1 Diagram Alir Penelitian..... | 24 |
| 3.2 Metode Eksperimen..... | 25 |
| 3.3 Dasar Pemrograman (Simulasi)..... | 27 |

| | |
|---|-----------|
| 3.3.1 Inisialisasi Atom..... | 27 |
| 3.3.2 Perhitungan Fungsi Distribusi Pasangan..... | 28 |
| 3.3.3 Proses Optimasi dengan Algoritma Evolusi Differensial..... | 30 |
| BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 32 |
| 4.1 Hasil Permodelan..... | 32 |
| 4.1.1 Hasil Fungsi Distribusi Pasangan Total Simulasi..... | 32 |
| 4.1.2 Validasi Proses Fitting/Optimasi Terhadap Data Simulasi.. | 33 |
| 4.2 Pembahasan..... | 37 |
| 4.2.1 Hasil Difraksi Neutron Material Amorph $\text{Fe}_{73}\text{Al}_5\text{Ga}_2\text{P}_8\text{C}_5\text{B}_4\text{Si}_3$ | 37 |
| 4.2.2 Identifikasi Fase..... | 37 |
| 4.2.3 Fungsi Struktur serta Fungsi Distribusi Pasangan Eksperimen..... | 39 |
| 4.2.4 Hasil Optimasi Fungsi Distribusi Pasangan Simulasi dan Eksperimen..... | 41 |
| 4.2.5 Analisis Struktur..... | 44 |
| BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN | 50 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 50 |
| 5.2 Saran..... | 50 |
| DAFTAR ACUAN | 51 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Geometri Eksperimen Hamburan..... | 6 |
| Gambar 2.2 Perhitungan $\rho k'$ | 13 |
| Gambar 3.1 Diagram alir penelitian..... | 22 |
| Gambar 3.2 Triple Axis Spectrometer (TAS)..... | 24 |
| Gambar 3.3 High Resolution Powder Diffraction (HRPD)..... | 24 |
| Gambar 3.4 Posisi sampel pada saat pengambilan data..... | 25 |
| Gambar 3.5 Geometri koreksi perhitungan atom tetangga..... | 27 |
| Gambar 4.1 Hasil fungsi distribusi pasangan total, $G(r)$ simulasi dengan variasi dr | 30 |
| Gambar 4.2 Fungsi distribusi pasangan awal permodelan..... | 32 |
| Gambar 4.3 Konfigurasi atom awal permodelan..... | 32 |
| Gambar 4.4 Fungsi distribusi pasangan hasil optimasi data simulasi..... | 33 |
| Gambar 4.5 Konfigurasi atom hasil optimasi data simulasi..... | 33 |
| Gambar 4.6 Grafik fungsi objektif..... | 34 |
| Gambar 4.7 Hasil difraksi neutron material amorph $Fe_{73}Al_5Ga_2P_8C_5B_4Si_3$ pada temperatur ruang..... | 35 |
| Gambar 4.8 Fungsi struktur total, $F(Q)$ material amorph $Fe_{73}Al_5Ga_2P_8C_5B_4Si_3$... | 38 |
| Gambar 4.9 Fungsi distribusi pasangan total, $G(r)$, material amorph $Fe_{73}Al_5Ga_2P_8C_5B_4Si_3$ | 39 |
| Gambar 4.10 Hasil fungsi distribusi pasangan hasil optimasi..... | 40 |
| Gambar 4.11 Perbandingan fungsi distribusi pasangan hasil optimasi dan eksperimen..... | 41 |
| Gambar 4.12 Konfigurasi atom hasil optimasi..... | 42 |
| Gambar 4.13 Hasil fungsi objektif proses optimasi terhadap generasi..... | 42 |

Gambar 4.14 Fungsi distribusi pasangan parsial tiap-tiap pasangan atom..... 44



DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1. Perbedaan ketiga jenis neutron..... | 4 |
| Tabel 2.2. Sifat dasar neutron | 5 |
| Tabel 4.1 Hasil identifikasi fase puncak sampel..... | 30 |
| Tabel 4.2 Perbandingan jarak antar atom Fe terdekat..... | 45 |
| Tabel 4.3 Perbandingan jarak antar atom Fe-P terdekat..... | 46 |
| Tabel 4.4 Perbandingan jarak antar atom Fe-B terdekat..... | 46 |
| Tabel 4.5 Perbandingan jarak antar atom Fe-C terdekat..... | 46 |

