HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Kajian Fisis Magnetic Resonance Imaging dan Aplikasinya Dalam Bidang Medis

NAMA : Supriyanto

NIM : J2D 097 195

Telah diujikan pada sidang sarjana tanggal 3 Mei 2001, dan dinyatakan lulus.

Semarang, Juni 2001

Mengetahui

Tim Penguji

Ketua

Jurusan Fisika

Ketua

Ir. Hermowo Danu Saputro, MT
NIP. 131 601 938

Dr. Wahyu Setia Budi, MS
NIP. 131 459 438

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

LEMBAR PERSETUJUAN

JUDUL : KAJIAN FISIS MAGNETIC RESONANCE IMAGING DAN APLIKASINYA DALAM BIDANG MEDIS

NAMA : SUPRIYANTO

NIM : J2D 097 195

telah selesai dan layak diujikan di sidang sarjana

Semarang, April 2001

Mengetahui

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. Muhammad Nur,DEA	Drs. Catur Edi W,MT
NIP. 131 875 475	NIP. 132 000 005

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

" Barang siapa menginginkan (kebahagiaan) dunia, maka ia butuh memiliki ilmunya; barang sipa menghendaki (kebahagiaan) akhirat, maka ia harus memilki ilmunya dan siapapun yang ingin memilki keduanya , maka ia harus memiliki ilmunya (ilmu keduniaan dan ilmu akhirat)"(Hadist)

" Dan tiada sesuatupun melainkan pada sisi Kami-lah simpananya; dan kami tidak melepaskan melainkan dengan ukuran tertentu"(Al Hijr :21)

" tak mungkin matahari menyusul bulan dan tidak pula malam akan melampaui siang hari.Semuanya bergerak dalam lingkupnya masing-masing"(Yassin :40)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Kupersembahan Skripsi ini Untuk :

Bapaku Sutoyo Hardjo Pawiro dan Ibuku tercinta

Eyang Arsa Wigena dan Narso Pawiro

Adikku tersayang Tugiyanto

Agama, Almamater, dan Bangsaku

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai sebagian persyaratan memperoleh derajat S-1 pada Universitas Diponegoro dengan judul " Kajian Fisis Magnetic Resonance Imaging Dan Aplikasinya Dalam Bidang Medis".

Semoga karya ini bisa bermanfaat untuk pemahaman sebagian aspek dari fisika medis dan memacu perkembangan fisika medis di Indonesia khusunya bidang Magnetik resonance Imaging.

Dalam kesempatan ini ijinkan saya menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Mustafid, M Eng, selaku dekan fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam , Universitas Diponegoro.
2. Bapak Dr. Muhammad Nur, DEA, selaku pembimbing I yang telah mencurahkan pikiran, masukan dan tenaga selama penulisan skripsi ini maupun selama penulis kuliah di jurusan Fisika.
3. Bapak Drs. Catur Edi W, MT, aelaku pembimbing II yang telah banyak memberikan masukkan dalam penulisan skripsi ini.
4. Direktur RSUPN Dr Cipto Mangun Kusumo Jakarta dan dr. K. Tjandra selaku direktur PT. Adhimedika Dharma yang telah memperbolehkan penulis untuk mengambil data sebagai pelengkap skripsi ini.
5. Bapak Sariman Ariemarto, BSc, Cicih Budiharjo, BSc yang telah memberikan bimbingan kepada penulis selama di lapangan dan seluruh staf paviliun MRI yang telah memberikan pelayanan yang baik .

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

6. Mbak Yekti Nastiti, S.Si dan Mayarani, S.Si yang telah banyak memberikan sumbangan moral dan material selama penulis melakukan penelitian
7. Bapak Soeyoto dan keluarga yang telah banyak memberikan sumbangan baik moral maupun material selama penulis melakukan penelitian
8. Bapak Drs. Dwi P. Sasongko, MSi dan Dr. Wahyu Setia Budi, MS dan seluruh staf pengajar Jurusan Fisika sebagai narasumber ilmu dan telah banyak membantu pemahaman belajar ilmu fisika secara umum.
9. Seluru angkatan '97 , 98 ,'99, lintas jalur 97, 98 ,99 dan 00 yang tidak dapat disebut satu per satu dan telah bersama-sama penulis dalam medan perjuangan mencari ilmu, kuliah, diskusi serta praktikum di Jurusan Fisika

Bak tiada gading yang tak retak, masih banyak kekurangan dalam penulisan maupun isi dari skripsi ini. Saran dan kritik yang membangun dibutuhkan untuk penyempurnaan skripsi ini.

Semarang , Mei 2001

Penyusun

Supriyanto
NIM. J2D 097 195

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

DAFTAR ISI

Halaman

Halaman judul i

Lembar pengesahan ii

Lembar persetujuan iii

Motto iv

Halaman persembahan v

Prakata vi

Daftar isi viii

Daftar tabel..... x

Daftar gambar xi

Daftar simbol xiii

Intisari xvi

Abstract xvii

Bab I Pendahuluan..... 1

1.1 Latar belakang 1

1.2 Perumusan masalah 2

1.3 Batasan masalah 3

1.4 Tujuan penelitian 3

1.5 Manfaat penelitian 3

1.6 Sistematika penulisan 4

Bab II Tinjauan dasar fisis 5

2.1 Konsep dasar spin dan momen magnetik..... 5

2.2 Pemecahan tingkat energi dan magnetisasi 7

2.3 Gangguan kuantum, medan efektif dan relaksasi spin 11

2.3.1 Gangguan kuantum 11

2.3.2 Persamaan gerak spin dan medan efektif 12

2.3.3 Relaksasi spin 15

2.4 Pengukuran sinyal MRI dan waktu relaksasi transversal efektif 18

Bab III Metode Penelitian 22

3.1 Metode Penelitian Eksperimental 22

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

3.2 Metode Penelitian Teoritik : Metode dan teknik pencitraan MRI 23
3.2.1 Persamaan dasar pencitraan 23
3.2.2 Pencitraan Fourier 24
3.2.2.1 Pencitraan Fourier 2-D 24
3.2.2.2 Pencitraan Fourier 3-D 25
3.2.3 Metode pencitraan MRI 26
3.2.3.1 Prinsip dasar single line–scan imaging 26
3.2.3.2 Pencitraan multiline scan imaging 31
3.2.4 Pembobotan citra 32
3.2.4.1 Pembobotan citra T1 34
3.2.4.2 Pembobotan citra T2 35
3.2.4.3 Pembobotan citra proton density 35
Bab IV Hasil dan Pembahasan 36
Bab V Kesimpulan dan saran 46
5.1 Kesimpulan 46
5.2 Saran 47
Daftar pustaka 48
Lampiran 50

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1 Tabel karakteristik inti 9

Tabel 2 Tabel waktu relaksasi transversal T_2 18

Tabel 3 Tabel waktu relaksasi longitudinal T_1..... 18

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Ilustrasi karakteristik inti..... 5

Gambar 2.2 Pemecahan tingkat energi akibat interaksi spin dengan medan magnet luar 9

Gambar 2.3 Ilustrasi magnetisasi akibat interaksi spin dengan B_o..... 11

Gambar 2.4 Ilustrasi kerangka koordinat frekuensi larmor dan frekuensi RF 13

Gambar 2.5 Mekanisme relaksasi transversal dan longitudinal 17

Gambar 2.6 Ilustrasi kondisi magnetisasi transversal dan longitudinal 17

Gambar 2.7 Sinyal MRI atau FID 19

Gambar 2.8 Ilustrasi sinyal MRI karena pengaruh ketakhomogenan medan magnet luar dan medan gradien 20

Gambar 2.9 Pengukuran sinyal MRI 21

Gambar 3.1 Proses penyeleksian objek dan eksitasi..... 27

Gambar 3.2 Pengkodean fase dengan gradien G_y 27

Gambar 3.3 Penerapan pulsa RF 180 pemproduksi sinyal echo..... 28

Gambar 3.4 Proses pengkodean frekuensi ..... 29.

Gambar 3.5 Proses digitizer sinyal MRI..... 30

Gambar 3.6 Proses pencitraan multiline scan..... 31

Gambar 3.7 Pulse sequence imaging diagnostic MRI..... 33

Gambar 4.1 Potongan sagital organ kepala dengan pembobotan T_1..... 36

Gambar 4.2 Potongan axial organ kepala dengan pembobotan T_1 39

Gambar 4.3 Potongan axial organ kepala dengan pembobotan T_2..... 40

Gambar 4.4 Potongan axial organ kepala dengan pembobotan proton density... 42

Gambar 4.5 Potongan coronal organ kepala dengan pembobotan T1..... 43

Gambar 4.6 Potongan axial organ abdomen dengan pembobotan T1..... 44

Gambar 4.7 Potongan axial organ abdomen dengan teknik fast scan..... 45

Gambar L-1.a Pola potongan irisan pencitraan MRI..... 56

Gambar L-1.b Tebal irisan potongan pencitraan MRI 56

Gambar L-2 Kurva T_1 dan T_2 57

Gambar L-3 Hasil-hasil penelitian 61

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Gambar L-4 Gambar pelengkap potongan axaial organ kepala dengan pembobotan T1..... 62
Gambar L-5 Gambar pelengkap irisan axial organ kepala dengan pembobotan T2..... 62
Gambar L-6 Gambar pelengkap irisan axial organ kepala dengan pembobotan proton density 63
Gambar L-7 Skema Alat MRI 64

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

DAFTAR SIMBOL

A	=	Luas penampang loop tertutup
a	=	Luas penampang koil
B_O	=	Medan magnet luar
$B'(t)$	=	Medan magnet gangguan RF
B_{eff}	=	Medan effektif
f_o	=	Frekuensi presisi larmor
Gx	=	Gradien pengkode frekuensi
Gy	=	Gradien pengkode fase
Gz	=	Gradien penyeleksi irisan
g_s	=	Faktor lande
$H'(t)$	=	Hamiltonian gangguan
H^N	=	Matrik Hadamard
$\hbar$	=	Tetapan Planck
I	=	Momentum angular inti.
i	=	Arus lisrik
L	=	Momentum angular orbital total
m_l	=	Bilangan kuantum azimutal
m_p	=	Massa proton
M	=	Magnetisasi
M_o	=	Magnetisasi awal pada sumbu longitudinal
M_{xy}	=	Magnetisasi transversal

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

$M_{xy}(r,t)$ = Magnetisasi transversal bergantung posisi dan waktu

M_z = Magnetisasi longitudinal

N = Jumlah spin

n = Jumlah lilitan koil

L = Induktansi diri koil

ℓ = Momentum angular orbital individu

Q = Faktor kualitas

q = Muatan listrik

S = Momentum angular spin total

S(t) = Signal NMR

S^N = Signal FID yang terukur

s_i = Momentum angular spin individu

s_N = Signal FID yang didapatkan pada masing-masing garis

T_1 = Waktu relaksasi longitudinal

T_2 = Waktu relaksasi transversal

T_p = Periode putar proton

T_2^* = Waktu relaksasi transversal pengaruh ketakhomogenan medan

T_2^{**} = Waktu relaksasi transversal pengaruh ketakhomogenan medan dan medan gradien

T = Temperatur Objek (sample organ)

T_d = Temperatur koil

TE = Waktu echo

TR = Waktu pengulangan

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

ω_p	=	Kecepatan sudut proton
ω	=	Kecepatan sudut RF
ω_o	=	Frekuensi sudut larmor
μ	=	Momen dipol magnetik
μ_N	=	Magneton inti
γ	=	Koefisien gyromagnetik
ϕ	=	Fluks magnetik
ξ	=	Faktor filling koil
ε	=	Tegangan yang dihasilkan akibat fluks magnetik
ε_o	=	Tegangan puncak
ε_n	=	Tegangan *noise*
$\rho(r)$	=	Fungsi densitas spin
ρ	=	Rasio induktansi terhadap system MRI
Δf	=	Bandwidth frekuensi

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)