

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Analisis Faktor Bentuk Struktur Inti melalui Interaksi Elektron-Inti

Nama : Rasito

NIM : J2D 097 191

Telah lulus dan dinyatakan sebagai sarjana pada tanggal 29 Agustus 2002.



Semarang, 29 Agustus 2002

Mengetahui,

Tim Pengaji

Ketua,


Drs. Catur Edi Widodo, M.T.
NIP. 132 000 005



HALAMAN PERSETUJUAN

Judul : Analisis Faktor Bentuk Struktur Inti melalui Interaksi Elektron-Inti

Nama : Rasito

NIM : J2D 097 191

Telah dinyatakan selesai dan layak untuk mengikuti ujian sarjana.



Pembimbing Utama

Drs. Dwi P. Sasongko, M.Si.
NIP. 131 672 950

Semarang, Agustus 2002

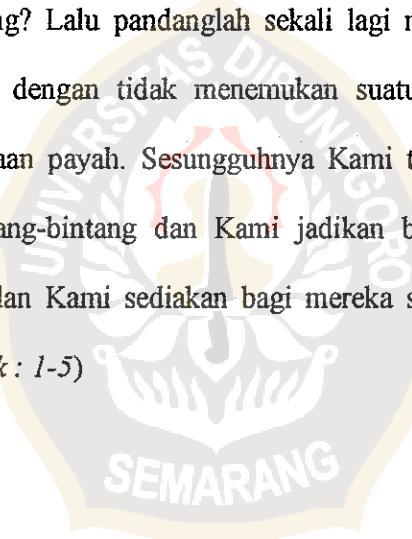
Mengetahui,

Pembimbing pendamping

Drs. Priyono, M.Si.
NIP. 032 046 843

MOTTO

Maha Suci Alloh Yang di tangan-Nyalah segala kerajaan, dan Dia Maha Kuasa atas segala sesuatu, Yang menjadikan mati dan hidup, supaya Dia menguji kamu, siapa diantara kamu yang lebih baik amalnya. Dan Dia Maha Perkasa lagi Maha Pengampun. Yang telah menciptakan tujuh langit berlapis-lapis. Kamu sekali-kali tidak akan melihat pada ciptaan Tuhan Yang Maha Pemurah sesuatu yang tidak seimbang. Maka lihatlah berulang-ulang, adakah kamu lihat sesuatu yang tidak seimbang? Lalu pandanglah sekali lagi niscaya penglihatanmu akan kembali kepadamu dengan tidak menemukan suatu cacat dan penglihatanmu itupun dalam keadaan payah. Sesungguhnya Kami telah menghiasi langit yang dekat dengan bintang-bintang dan Kami jadikan bintang-bintang itu alat-alat pelempar syaitan, dan Kami sediakan bagi mereka siksa neraka yang menyala-nyala. (*Q.S. Al-Mulk : 1-5*)



PERSEMBAHAN

Untuk umat yang ikhlas dalam mencari kebenaran hingga mereka dipertemukan dengan cahaya Islam, yang senantiasa rindu dan yakin akan kembalinya kehidupan Islam, yang mereka mencintai dan dicintai Alloh dan Rosul-Nya.

Untuk orang-orang yang penulis cintai, yang tiada henti-hentinya mencerahkan segenap waktu, pikiran, kemampuan dan segala apa yang dimilikinya demi kemuliaan Islam dan kaum muslimin.



KATA PENGANTAR

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Alhamdulillah, segala puji hanya milik Alloh SWT, Pencipta dan Pengatur semesta alam. Hanya karena limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Rosulullah Muhammad Saw. beserta keluarganya, para sahabatnya dan kepada para pengemban dakwahnya yang selalu mengikuti langkahnya hingga akhir zaman.

Dengan mengambil judul skripsi *Analisis Faktor Bentuk Struktur Inti melalui Interaksi Elektron-Inti*, penulis berusaha menyajikan gambaran struktur inti dan nukleon yakni distribusi rapat muatan dan momen magnet intrinsik beserta faktor-faktor yang mempengaruhinya secara teoretik menggunakan interaksi elektromagnetik berupa hamburan elektron.

Sebagai tugas akhir pada program S-1 yang dalam proses penyusunannya melibatkan pelbagai pihak, maka perkenankan penulis mengucapkan terima kasih dengan setulus-tulusnya kepada :

1. Bp. Prof. Drs. Mustafid, M.Eng. Ph.D., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Diponegoro, Semarang.
2. Bp. Ir. Hernowo Danusaputro, M.T., selaku Ketua Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Diponegoro, Semarang.

3. Ibu. Dra. Sumariyah, M.Si., selaku Sekretaris Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Diponegoro, Semarang.
4. Bp. Drs. Dwi P. Sasongko, M.Si., selaku pembimbing utama, atas bimbingan dan konsultasi yang menyeluruh selama pembuatan skripsi serta peminjaman buku-buku koleksi perpustakaan pribadinya. Beliaulah yang telah memberikan api semangat bagi penulis untuk mendalami ilmu Fisika Inti Teoretik.
5. Bp. Drs. Priyono, M.Si., selaku pembimbing pendamping, atas usaha beliau yang tak kenal lelah dalam membimbing dan menyertai penulis hingga selesainya penulisan ini.
6. Bp. Prof. Dr. Muslim dan ibu Dra. Zahara Muslim, M.Sc., dari jurusan Fisika FMIPA UGM atas bantuannya dalam pemberian koreksi dan juga atas diskusi-diskusi terhadap materi terkait serta buku-buku koleksi perpustakaan pribadi sebagai bahan rujukan penulis
7. Bp. Dr. Muhammad Nur, DEA., selaku guru sekaligus mitra belajar penulis dalam mempelajari luasnya ilmu Fisika. Beliaulah yang telah memahamkan penulis akan arti penting mempelajari ilmu dan memuliaan umat.
8. Bp. Gatot Y., S.Si., ibu Rina Dwi R., S.Si., dan Bp. M. Irham, M.T., selaku Dosen wali yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam kegiatan akademik mulai awal status kemahasiswaan hingga penyelesaian tugas akhir ini.

9. Seluruh staf pengajar maupun staf administrasi Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Diponegoro atas kerja kerasnya dalam mengajar dan melayani penulis sebagai mahasiswa selama kegiatan akademik.
10. Ibu dan Bapak penulis, atas jasa dan jerih payah beliau yang tidak mungkin mampu penulis balas sampai kapanpun.
11. Mas Tarono, Sukirjo, Sukirno dan Tuti Imawati, atas bantuannya baik spiritual dan material. Mereka adalah anggota keluarga dan komunitas terbaik bagi penulis.
12. Pak Anam dan pak Didik yang menjadi teman karib dalam segala suasana : Dakwah, kuliah serta suka dan duka. Tanpa mereka penulis tidak mampu berbuat banyak.
13. Teman-teman seperjuangan : pak Dir, pak Jum, pak Tang, pak Irwan, Eko, Heri, Huda, Mu'id, dkk, yang telah banyak berbagi kesulitan dengan penulis.
14. Teman-teman angkatan '97 lainnya : Supri, Ulhaq, Rofiq, Qomar, Ulfie, Waluyo, Bambang, Yopie, April, Kris, Nasar, Ucup, Yudho, Gito, Ari, Anung dan teman-teman putri.
15. Adik Rin, atas kritik, saran dan nasihatnya yang tidak akan pernah penulis lupakan sampai kapanpun.
16. Rekan-rekan yang tiada lelah memperjuangkan tegaknya Islam dan Mulianya umat dalam naungan Khilafah Islamiyyah. Mereka adalah orang-orang terbaik yang dilahirkan untuk umat ini.

17. Semua pihak yang karena keterbatasan tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga amal baik bapak, ibu dan rekan-rekan mendapatkan balasan kebaikan disisi Alloh, *amin*.

Penulis telah berusaha seoptimal mungkin, namun demikian penulis adalah manusia biasa yang tidak lepas dari kesalahan, sehingga amat penulis sadari bahwa dalam penulisan skripsi ini penuh dengan kekurangan baik dalam materi maupun penyajian. Oleh karena itu kritik, saran dan koreksi amat penulis harapkan. Semoga tulisan ini dapat memberikan banyak manfaat bagi kita semua, *amin*.



Semarang, Juli 2002

Penulis,

Rasito
NIM J2D097191

DÀRTAR ISI

Hal.

JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
MOTTO.....	iv
PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	x
DARTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMBANG	xv
DAFTAR ISTILAH.....	xxi
INTISARI.....	xxv
ABSTRACT.....	xxvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5

BAB II DASAR TEORI.....	7
2.1 Teori Hamburan.....	7
2.1.1 Tampang Lintang Hamburan.....	8
2.1.2 Amplitudo Hamburan.....	9
2.1.3 Pendekatan Born.....	11
2.1.4 Analisis Multipol.....	16
2.2 Hamburan Elektron-Inti.....	18
2.2.1 Inti Sebagai Partikel Titik.....	19
2.2.1.1 Hamburan Elektron Tak ber-spin oleh Inti Tak ber-spin..	20
2.2.1.2 Hamburan Elektron Ber-spin oleh Inti Tak ber-spin.....	23
2.2.1.3 Hamburan Elektron Ber-spin oleh Inti Ber-spin.....	25
2.2.2 Inti Sebagai Partikel Berstruktur.....	27
2.2.2.1 Hamburan Elektron Tak ber-spin oleh Inti Tak ber-spin... <td>28</td>	28
2.2.2.2 Hamburan Elektron Ber-spin oleh Inti Tak ber-spin.....	32
2.2.2.3 Hamburan Elektron Ber-spin oleh Inti Ber-spin.....	32
2.3 Inti Deutrium.....	34
BAB III METODE PENELITIAN.....	37
3.1 Studi Pustaka.....	37
3.2 Diagram Penelitian.....	39

BAB IV ANALISIS PERUMUSAN TEORETIS

FAKTOR BENTUK STRUKTUR INTI.....40

4.1 Hamburan Elastik Elektron-Inti.....40

 4.1.1 Analisis Faktor Struktur Muatan Inti.....41

 4.1.2 Analisis Faktor Struktur Magnetik Inti.....49

4.2 Hamburan Tak Elastik Elektron-Inti.....58

 4.2.1 Eksitasi pertama inti.....58

 4.2.1.1 Analisis Faktor Struktur Listrik Inti.....58

 4.2.1.2 Analisis Faktor struktur Muatan Inti60

 4.2.1.3 Elektrodisintegrasi.....65

4.3 Hamburan Elastik Elektron-Nukleon.....69

 4.3.1 Analisis Faktor Struktur Listrik-Magnet Proton.....69

 4.3.2 Analisis Faktor Struktur Listrik-Magnet Neutron.....77

BAB V APLIKASI PERUMUSAN80

5.1 Penentuan ukuran dan distribusi muatan inti deutrium.....80

5.2 Penentuan nilai momen kuadrupol inti deutrium.....83

5.3 Penentuan nilai momen magnetik inti.....84

5.4 Penentuan ukuran dan distribusi muatan dan momen magnetik
Proton85

5.5 Penentuan ukuran dan distribusi muatan dan momen magnetik
Neutron.....89

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	92
6.1 Kesimpulan.....	92
6.2 Saran.....	94
DAFTAR PUSTAKA.....	95
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	Judul Gambar	Halaman
Gambar 2.1	Tampang lintang hamburan	7
Gambar 2.2	Hamburan proyektil ber-spin oleh sasaran tak ber-spin	24
Gambar 2.3	Inti dianggap berbentuk bola	28
Gambar 3.1	Diagram Penelitian	40
Gambar 4.1	Grafik faktor struktur fungsi E' hamburan tak elastik elektron-Deuteron	66
Gambar 4.2	Diagram feynman hamburan elastik elektron-proton	70
Gambar 5.1	Grafik faktor struktur fungsi q^2 hamburan elastik elektron-Deuteron	81
Gambar 5.2	Distribusi muatan sferik fungsi jejari muatan deutron dengan tiga jenis potensial	82
Gambar 5.3	Grafik faktor struktur listrik proton fungsi q^2 hamburan elastik elektron-proton	85
Gambar 5.4	Grafik faktor struktur magnet proton fungsi q^2 hamburan elastik elektron-proton	86
Gambar 5.5	Grafik distribusi rapat muatan proton dan neutron sebagai fungsi jejari	87
Gambar 5.6	Grafik faktor struktur listrik dan magnet neutron fungsi q^2 dari hamburan elastik elektron-deuteron	89
Gambar A.1	Basis-basis vektor sferik	Lampiran-A
Gambar C.1	Distribusi spatial fungsi harmonik sferik yang menggambarkan struktur monopol, dipol dan kuadrupol	Lampiran-C

DAFTAR LAMBANG

Lambang	Keterangan
α	Konstanta struktur halus
$\hat{\vec{A}}$	Vektor potensial
$a_{m,-m}^+$	Operator kreasi dan anihilasi
A	Jumlah nukleon dalam inti
a, a_0	Elemen matrik Dirac dan elemen matrik Dirac satuan
C_l	Multipol muatan / Coulomb orde l
$d\vec{s}$	Operasi <i>dot</i> vektor
ds	Elemen luas permukaan yang ditembusi partikel
$d\Omega$	Sudut vektor ruang
$d\tau$	Elemen volume
$d\sigma$	Diferensial tampang lintang
δ	Delta kronecker
$D_{M\lambda}^J(-\phi_q, \theta_q, \phi_q)$	Matrik rotasi sudut Euler partikel spin J
da	Elemen luas permukaan yang ditembusi fluks elektron
e	Satuan muatan
E_l	Multipol listrik orde l

$f(\theta)$	Fungsi modulasi / amplitudo hamburan fungsi sudut polar
$F(q)$	Faktor struktur fungsi alih momentum
$F(q^2)$	Faktor struktur fungsi kuadrat alih momentum
f_D	Faktor struktur deuteron
$F_L()$	Faktor struktur longitudinal
$F_T()$	Faktor struktur transversal
fm	Femtometer ($1 \text{ fm} = 10^{-15} \text{ m}$) atau fermi
$F_{\mu\nu}$	Faktor struktur hadron hamburan elastik
$g(E_k)$	Rapat state akhir
G_E	Faktor struktur listrik nukleon
G_M	Faktor struktur magnet nukleon
\hbar	Konstanta Planck
\vec{H}	Helisitas
\hat{H}	Operator hamiltonian interaksi
H_{if}	Elemen matrik interaksi energi
I	Rapat fluks
$\vec{j}_{inc, sc}$	Rapat arus partikel datang, terhambur
J	Spin total inti / momentum anguler total
$j_J(qr)$	Fungsi Bessel sferik orde J
$\hat{J}_N(\vec{x})$	Operator rapat arus konveksi

$f(\theta)$	Fungsi modulasi / amplitudo hamburan fungsi sudut polar
$F(q)$	Faktor struktur fungsi alih momentum
$F(q^2)$	Faktor struktur fungsi kuadrat alih momentum
f_D	Faktor struktur deuteron
$F_L()$	Faktor struktur longitudinal
$F_T()$	Faktor struktur transversal
fm	Femtometer ($1 fm = 10^{-15} m$) atau fermi
$F_{\mu\nu}$	Faktor struktur hadron hamburan elastik
$g(E_k)$	Rapat state akhir
G_E	Faktor struktur listrik nukleon
G_M	Faktor struktur magnet nukleon
h, \hbar	Konstanta Planck
\bar{H}	Helisitas
\hat{H}	Operator hamiltonian interaksi
H_{if}	Elemen matrik interaksi energi
I	Rapat fluks
$\vec{J}_{inc, sc}$	Rapat arus partikel datang, terhambur
J	Spin total inti / momentum anguler total
$j_J(qr)$	Fungsi Bessel sferik orde J
$\hat{j}_N(\vec{x})$	Operator rapat arus konveksi

\vec{k}, \vec{k}'	Angka gelombang awal, akhir
$ \vec{k}\rangle, \vec{k}'\rangle$	State gelombang datar ternormalisasi
K	Anomeli momen magnetik
L^3	Volume kotak kubus
ℓ	Momentum anguler orbital
L_{if}	Momentum anguler orbital inti awal, akhir
$L_{\mu\nu}$	Faktor struktur lepton
L_k	Operator momentum rotasi
m	Massa partikel
$M_{t,m}$	Momen multipol magnet
M_l	Multipol magnet orde l
m_p	Massa proton
m	Massa elektron
\hat{M}_J^{coul}	Operator muatan dengan spin J
μ	Massa tereduksi
μ	Momen magnetik partikel
$\hat{\mu}_N(\vec{x})$	Operator rapat magnetisasi
$N(\theta)$	Jumlah partikel pada sudut hambur
n	Tingkat energi atom
∇	Operator nabla
N	Jumlah proton

Ω	Sudut ruang
$\varphi_{inc, sc}$	Fungsi gelombang datang, terhambur
ψ	Fungsi gelombang
$\psi(^3S_1), \psi(^3D_1)$	Fungsi gelombang <i>ground state</i> deuteron untuk <i>state triplet-S, state triplet-D</i>
p, p'	Momentum awal, akhir
$\hat{\pi}$	Paritas
\bar{q}, q_μ	Alih momentum, vektor-empat alih momentum
$Q_{\ell,m}$	Momen multipol listrik
Q_{20}	Operator kuadrupol
r, \vec{r}	Jarak proyektil dengan target, posisi elektron-inti dalam bentuk vektor
$\rho_{ch}(r)$	Rapat muatan
ρ_{if}	Rapat state awal, akhir
R, \vec{R}	Jejari inti, dalam bentuk vektor
$\rho(r)$	Rapat distribusi
$\rho(E)$	Rapat state
σ	Tampang lintang hamburan
σ_M	Tampang lintang hamburan Mott (inti tak berstruktur)
$\bar{\sigma}$	Matrik spin Pauli

\vec{s}	Resultan jejari inti dan jarak inti dengan proyektil
S	Rapat kebolehjadian
s	Impact parameter
\vec{S}	Vektor spin intrinsik deuteron
S_{12}	Operator tensor dengan $J=1$ dan $L=2$ yang muncul pada komponen state triplet-D deuteron
θ	Sudut hamburan
\hat{T}_{JM}^{el}	Operator multipol listrik transversal dengan spin J,M
\hat{T}_{JM}^{mag}	Operator multipol magnet transversal dengan spin J,M (M adalah proyeksi J pada sumbu-z)
$\vec{u}(), u()$	Fungsi gelombang spinor
$u(r)$	Komponen radial fungsi gelombang deuteron untuk state triplet-S
v	Kecepatan berkas datang
$V_{L,T}$	Faktor struktur kinematika longitudinal, transversal
$V(r)$	Potensial interaksi
w	Kebolehjadian transisi
\overline{w}	Rerata transisi
$w(r)$	Komponen radial fungsi gelombang deuteron untuk state triplet-D

ω	Alih energi
$\langle x \rangle$	Nilai harap operator x
$\langle J_f M_f X_{\lambda\nu} J_i M_i \rangle$	Elemen matrik operator $X_{\lambda\mu}$
$\langle J \ X_J \ J \rangle$	Elemen matrik tereduksi operator X orde j fungsi spin J
\times	Operasi cross vektor
\otimes	Perkalian biasa
$Y_{\ell,m}(\theta, \phi)$	Fungsi harmonik sferik
Z	Jumlah proton dalam inti



DAFTAR ISTILAH

Istilah	Keterangan
Amplitudo hamburan	Disebut juga faktor modulasi yaitu kebolehjadian hamburan pada arah sudut polar maupun azimut tertentu
Alih momentum (<i>momentum transfers</i>)	Besarnya momentum yang dipindahkan elektron selaku penumbuk kepada sasaran dalam interaksi
Aturan pilih (<i>selection rules</i>)	Kaidah untuk menentukan orde multipol elektromegnatik
Diagram Feynman	Diagram yang menggambarkan interaksi dua partikel dengan perantara foton virtual
Elektrodisintegrasi	Terlepasnya nukleon dari dalam inti akibat tumbukan elektron energi tinggi
Faktor struktur atau faktor bentuk (<i>form factor</i>)	Faktor koreksi dengan nilai 0 (nol) hingga 1 (satu) yang muncul sebagai nilai perbandingan tampang lintang eksperimen dengan tampang lintang titik
Faktor bentuk longitudinal	Faktor bentuk yang mengandung multipol muatan
Faktor bentuk transversal	Faktor bentuk yang mengandung multipol listrik dan multipol magnetik

Formula Rutherford	Perumusan tampang lintang hamburan elektron tanpa spin oleh inti tanpa spin dan menganggapnya sebagai titik
Formula Mott	Perumusan tampang lintang hamburan elektron ber-spin oleh inti tanpa spin dan menganggapnya sebagai titik
Formula Dirac	Perumusan tampang lintang hamburan elektron ber-spin oleh inti berspin dan menganggapnya sebagai titik
Formula Dirac-Pauli	Perumusan tampang lintang hamburan elektron ber-spin oleh inti berspin dengan memasukkan nilai anomali momen magnetik inti
Formula Rosenbluth	Perumusan tampang lintang hamburan elektron ber-spin oleh inti berspin dengan menganggap inti berstruktur
Helisitas	Kaitan antara arah orientasi spin dengan arah gerak kecepatannya
Inti recoil	Inti terpental akibat tumbukan elektron energi tinggi
Multipol	Orde yang memberikan struktur kutub (monopol, dipol, kuadrupol,...dst)
Multipol muatan	Disebut juga multipol Coulomb yaitu orde struktur kutub muatan (monopol muatan = C0, dipol muatan = C1,...dst)

Multipol listrik	Orde struktur kutub muatan (monopol listrik = E0, dipol listrik = E1,...dst)
Multipol magnet	Orde struktur kutub muatan (monopol magnet = M0, dipol magnet = M1,...dst)
Paritas	Disebut juga transformasi refleksi ruang yaitu operasi seluruh sumbu koordinat untuk merubah tanda sistem koordinat
Terpolarisasi	Keadaan dimana spin seluruh berkas partikel adalah sejajar pada arah tertentu
Tak terpolarisasi	Keadaan dimana spin-spin berkas partikel tidak saling sejajar pada arah tertentu
Hamburan elektron tak terpolarisasi	Hamburan elektron yang tidak tergantung pada sudut azimuth tetapi hanya tergantung pada sudut polar
Deuteron terpolarisasi	Keadaan deuteron setelah hamburan dimana spin S deuteron tetap berharga 1 (satu). Hal ini dimaksudkan untuk menampakkan dua harga mommentum orbitalnya L=0 dan L=2, sehingga dapat dipisahkan hamburan muatan sferik dengan hamburan momen kuadrupol
State triplet	State untuk partikel berspin intrinsik satu ($S=1$) misal, inti deutrium dengan $J=1$, $S=1$ dan $L=0$ dalam notasi spektroskopik dituliskan ${}^2S_1 = {}^3S_1$ yang dibaca state

	triplet-S
Tampang lintang	Luasan kebolehjadian projektil mengenai sasaran
Tampang lintang diferensial	Elemen Luasan kebolehjadian projektil mengenai sasaran

