

TUGAS AKHIR
ANALISIS DIMENSI ATOM HIDROGEN DAN APLIKASINYA PADA EFEK
STARK



ANDREW SUWANDI

NPM : 2012720008

PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INFOMASI DAN SAINS
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

2017

FINAL PROJECT
ANALYSIS OF HYDROGEN ATOM DIMENSIONAL AND THEIR APPLICATION
TO THE STARK EFFECT



ANDREW SUWANDI

NPM : 2012720008

DEPARTMENT OF PHYSICS
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCES
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERITY

2017

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS DIMENSI ATOM HIDROGEN DAN APLIKASINYA PADA EFEK STARK

Andrew Suwandi

NPM : 2012720008

Bandung, 3 Agustus 2017

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Sylvia Hastuti Sutanto, Ph.D.



Ketua Tim Penguji

Anggota Tim Penguji



Paulus Cahyono Tjiang, Ph.D.



Reinard Primulando, Ph.D.

Mengetahui,

Ketua Program Studi



Philips Nicolas Gunawidjaja, Ph.D.

PERNYATAAN

Dengan ini saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul :

ANALISIS DIMENSI ATOM HIDROGEN DAN APLIKASINYA PADA EFEK STARK

adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung segala risiko dan sanksi yang dijatuhkan kepada saya, apabila kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non-formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini.



Dinyatakan di Bandung

Tanggal 2 Agustus 2017



NPM : 2012720008

ABSTRAK

Tugas akhir ini bertujuan untuk mencari nilai energi dan fungsi gelombang dari atom hidrogen dalam ruang 3 dimensi dan 2 dimensi serta aplikasinya pada efek stark. Nilai energi dan fungsi gelombang akan dihitung menggunakan beberapa persamaan yaitu Persamaan Schrödinger dalam ruang 3 dan D dimensi, Persamaan Klein-Gordon dan Persamaan Dirac dalam ruang 3 dimensi dan D dimensi. Setelah dihitung didapatkan bahwa nilai energi pada ruang 3 dan 2 dimensi memiliki perbedaan. Pada ruang 3 dimensi nilai energi bergantung pada nilai n^2 sedangkan untuk nilai energi pada ruang 2 dimensi bergantung pada $\left(n - \frac{1}{2}\right)^2$. Pada efek stark 3 dimensi nilai energi akan berdegenerasi 4, sedangkan untuk efek stark pada ruang 2 dimensi didapatkan nilai energi akan berdegenerasi 3.

Kata-kata kunci : Persamaan Schrödinger, Persamaan Klein-Gordon, Persamaan Dirac, efek Stark

ABSTRACT

This final project have purpose to find energy and wavefunction from hydrogen atom in 3 and 2 dimensional and application on Stark effect. The value of energy and wavefunction will be calculated using several equations that is Schrödinger equation in 3 and D dimension, Klein-Gordon equation and Dirac equation in 3 and D dimension. Since calculated it's found that value of energy in 3 and 2 dimension has difference. In 3 dimensional the value of energy depends on n^2 whereas for 2 dimensional the value of energy depends on $\left(n - \frac{1}{2}\right)^2$. In 3 dimensional the value of Stark effect will have 4 degenerate while in 2 dimensional the value of Stark effect will have 3 degenerate.

Keywords : Schrödinger equation, Klein-Gordon equation, Dirac equation, Stark effect

KATA PENGANTAR

Ucapan syukur kepada Tuhan Yesus karena dengan pertolongan-Nya tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan tepat waktu. Tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna dalam berbagai hal. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua yang telah mendukung dalam penulisan tugas akhir ini, yaitu :

1. Tuhan Yesus Kristus yang selalu memberikan berkat, pendampingan, perlindungan serta mujizat dalam membantu setiap pengerjaan skripsi ini.
2. Kepada orang tua, koko yang selalu membantu menyemangati, mendoakan agar semuanya berjalan dengan baik. Penulis berharap semoga dengan selesainya tugas akhir ini bisa membuat senang dan bangga.
3. Ibu Sylvia Hastuti Sutanto sebagai pembimbing. Terima kasih telah membantu dalam proses pembuatan skripsi ini. Terima kasih selalu sabar dalam membimbing saya selama 1.5 tahun ini.
4. Kepada dosen penguji skripsi Bp. Reinard Primulando, Ph.D, Ph.D dan Bp Paulus Cahyono Tjiang, Ph.D. Terima kasih sudah mau memberikan waktunya untuk menguji sidang saya.
5. Dosen-Dosen Fisika Unpar. Terima kasih selama 5 tahun ini sudah mengajarkan serta memberikan banyak motivasi dalam setiap pembelajaran.
6. Angkatan 2012 Fisika Unpar. Terima kasih telah menemani selama kuliah di Fisika Unpar. Terima kasih juga selalu memotivasi dalam menyelesaikan setiap mata kuliah dan skripsi ini. Banyak pengalaman baru yang didapat dari kalian semua. Selalu kompak dalam segala hal baik susah dan senang.
7. Terima kasih untuk seseorang yang pernah menemani, mendukung dan mengajari banyak hal. Terima kasih juga telah menemani selama 1 tahun dalam mengerjakan skripsi ini.
8. Dan untuk semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan namanya satu persatu.

Penulis ucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada semua orang yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini. Semoga dengan adanya skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua orang.

Bandung, Agustus 2017

Penulis,

DAFTAR ISI

Abstrak.....	i
Abstract.....	ii
Kata Pengantar.....	iii
Daftar Isi.....	iv
Pendahuluan.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	2
Dasar Teori.....	4
2.1 Persamaan Schrödinger dalam Ruang 3 Dimensi.....	4
2.2 Atom Hidrogen dalam D Dimensi.....	7
2.2.1 Persamaan Schrödinger dalam Ruang D Dimensi.....	8
2.2.2 Persamaan Klein-Gordon.....	9
2.3 Persamaan Dirac tanpa Potensial.....	10
2.4 Persamaan Dirac dengan Potensial Coulomb.....	14
2.5 Persamaan Dirac Koordinat Polar dalam Ruang 3 Dimensi.....	25
2.6 Persamaan Dirac Koordinat Polar dalam Ruang D Dimensi.....	26
Aplikasi Efek Stark pada Atom Hidrogen dalam Ruang 3 Dimensi.....	30
3.1 Efek Stark dalam Ruang 3 Dimensi.....	30
3.2 Teori Gangguan Tidak Berdegenerasi.....	30
3.2.1 Koreksi Orde Pertama.....	32
3.2.2 Koreksi Orde Kedua.....	32

3.3 Teori Gangguan Berdegenerasi.....	34
Aplikasi Efek Stark pada Atom Hidrogen dalam Ruang 2 Dimensi	39
4.1 Teori <i>Nonrelativistic</i>	39
4.1.1 Persamaan Schrödinger 2 Dimensi Dalam Koordinat Polar.....	39
4.1.1.1 Solusi Radial Persamaan Schrödinger	39
4.2 Efek Stark dalam Ruang 2 Dimensi.....	41
4.2.1 Efek Stark pada $n = 1$	41
4.2.2 Efek Stark pada $n = 2$	41
Kesimpulan dan Saran	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	44
Daftar Referensi	45
Lampiran A	46
Lampiran B	49
Lampiran C	50

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Atom hidrogen merupakan salah satu atom yang sangat sederhana. Dikatakan sederhana karena hanya terdiri dari sebuah proton yang bermuatan positif dan sebuah elektron yang bermuatan negatif. Pada tahun 1913 model atom hidrogen dijelaskan dalam Teori Atom Bohr yaitu bahwa elektron mengelilingi inti atom dengan tingkat-tingkat energi yang berbeda-beda. Elektron yang berada pada lintasannya atau orbitnya dapat berpindah dari satu lintasan ke lintasan yang lain. Tingkat energi biasanya dilambangkan E_n . Menurut Bohr, persamaan untuk menghitung energi yaitu [1]

$$E_n = -\frac{me^4}{32\pi^2 \epsilon_0^2 \hbar^2} \frac{1}{n^2} = \frac{-13.60eV}{n^2} \quad (1.1)$$

dimana $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2}$, $e = 1.60 \times 10^{-19} C$, $m = 9.11 \times 10^{-31} kg$ dan $\hbar = 1.05 \times 10^{-34} Js$.

Dari persamaan (1.1) terlihat bahwa dengan berbedanya nilai bilangan kuantum utama n , maka nilai energinya pun akan berbeda. Sedangkan untuk besar potensial Coulombnya yaitu

$$V(r) = -\frac{e^2}{r} \quad (1.2)$$

dimana r merupakan jarak interaksi antara proton dan elektron dan satuan yang digunakan adalah satuan Gauss.

Persamaan Schrödinger dalam ruang 3 dimensi digunakan untuk mendapatkan energi dan fungsi gelombang dari atom hidrogen. Posisi elektron dan proton dalam persamaan Schrödinger dilukiskan dengan sebuah vektor. Dalam kasus 3 dimensi posisi proton dituliskan dengan vektor $\vec{r}_p = (x_p, y_p, z_p)$ sedangkan untuk elektron $\vec{r}_e = (x_e, y_e, z_e)$. Interaksi antara proton dan elektron $\vec{r} = (\vec{r}_e - \vec{r}_p)$ [2]. Pada perhitungan energi dan fungsi gelombang yang dilakukan, tidak diperhitungkan nilai *spin* dari atom hidrogen [2].

Analogi dengan persamaan Schrödinger dalam ruang 3 dimensi, penulis mencoba untuk menghitung energi dan fungsi gelombang atom hidrogen dalam ruang 1 dimensi. Dalam ruang 1 dimensi, persamaan yang digunakan berbeda dengan persamaan energi menurut Bohr. Namun besar potensial coulomb dalam ruang 1 dimensi dan 3 dimensi tidaklah berbeda seperti

pada persamaan (1.2). Persamaan Schrödinger dalam ruang 1 dimensi ini menjadi menarik karena belum banyak orang yang mengerjakan.

Tahun 1913, seorang ilmuwan bernama Stark melakukan sebuah eksperimen pada atom hidrogen dan pada atom yang lain. Setelah diberi gangguan berupa medan listrik maka didapatkan nilai energi akan berdegenerasi. Dari hasil percobaan yang dilakukan, Stark mendapatkan bahwa efek medan listrik pada atom hidrogen berbeda dengan atom yang lain.

1.2 Rumusan Masalah

Pada penulisan ini akan dibahas persamaan Schrödinger dalam ruang 3 dimensi dan D dimensi serta menghitung energi dan fungsi gelombang untuk atom hidrogen. Pembahasan yang dilakukan ini mengacu pada 2 makalah dari Harold N. Spector dan Johnson Lee serta R. E. Moss [3,4]. Dari hasil yang diperoleh diatas, dibahas pula nilai energi dan fungsi gelombang pada efek Stark untuk atom hidrogen dalam ruang 3 dan 2 dimensi.

1.3 Tujuan Penelitian

Tulisan dari tugas akhir ini bertujuan untuk mendapatkan energi dan fungsi gelombang atom hidrogen menggunakan Persamaan Schrödinger dalam ruang 3 dan D dimensi, Klein-Gordon dan Dirac dalam ruang 3 dan D dimensi serta melihat aplikasinya pada efek Stark. Hal ini menjadi sebuah inspirasi penulis untuk membuat tugas akhir. Semoga dengan adanya tulisan ini kelak dapat menambah pengetahuan bagi orang lain yang membaca.

1.4 Batasan Masalah

Pada tugas akhir ini dilakukan pembatasan masalah yaitu :

1. Tidak memperhitungkan *spin* dari atom hidrogen.
2. Ruang dimensi yang dikerjakan untuk atom hidrogen hanya dalam ruang 3 dan D dimensi serta untuk efek Stark hanya dalam ruang 3 dan 2 dimensi.
3. Efek Stark dihitung sampai dengan ruang 2 dimensi pada $n = 2$.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari empat bab yaitu :

1. Bab 1 Pendahuluan, berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

2. Bab 2 Dasar Teori, berisi tentang Persamaan Schrödinger dalam ruang 3 dan D dimensi, Persamaan Klein-Gordon dan Persamaan Dirac dalam ruang 3 dan D dimensi untuk atom hidrogen.
3. Bab 3 berisi pembahasan tentang perhitungan efek Stark pada atom hidrogen berdimensi 3.
4. Bab 4 berisi pembahasan tentang perhitungan efek Stark pada atom hidrogen berdimensi 2.
5. Bab 4 Kesimpulan, berisi tentang kesimpulan dari penulisan ini.