

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN FISIKA 2019

“Integrasi Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Mengembangkan Budaya Ilmiah di Era Revolusi Industri 4.0 “
17 NOVEMBER 2019

**PROBABILITAS POSISI ELEKTRON DALAM ATOM TRITIUM PADA BILANGAN
KUANTUM $n \leq 3$**

Febrianti Utami

Program Studi Pendidikan Fisika, FKIP, UNIVERSITAS JEMBER

utamifebrianti3@gmail.com

Bambang Supriadi

Program Studi Pendidikan Fisika, FKIP, UNIVERSITAS JEMBER

bambangsupriadi.fkip@unej.ac.id

Albertus Djoko Lesmono

Program Studi Pendidikan Fisika, FKIP, UNIVERSITAS JEMBER

albert.fkip@unej.ac.id

ABSTRAK

Atom Tritium merupakan salah satu atom yang memiliki sifat hidrogenik sehingga tergolong isotop atom hidrogen. Permasalahan terkait gejala atom hidrogenik dalam kuantum dapat diselesaikan dengan persamaan schrodinger. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya probabilitas posisi elektron dalam atom tritium pada bilangan kuantum $n \leq 3$ dengan metode kajian teoritis. Jenis penelitian ini merupakan penelitian non eksperimen dengan mengembangkan teori yang sudah ada sebelumnya. Hasil penelitian berupa nilai probabilitas yang dapat memberikan informasi mengenai kedudukan dan peluang keberadaan elektron dalam atom tritium. Simulasi grafik distribusi probabilitas radial pada atom tritium menunjukkan peluang ditemukannya elektron dalam atom tritium semakin kecil jika posisinya elektronnya jauh dari inti atom.

Kata kunci: *probabilitas, atom tritium, persamaan schrodinger*

PENDAHULUAN

Teori mekanika kuantum muncul untuk menjelaskan keterkaitan antara gelombang dan partikel yang didalamnya mengkaji mengenai hal-hal yang berada dalam lingkup mikroskopik. Era perkembangan teori mekanika kuantum yang paling berpengaruh saat ini adalah gejala atom hidrogen. Atom Tritium masih tergolong isotop dari atom hidrogen namun keduanya tetap memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda satu sama lain. Atom tritium memiliki inti yang didalamnya terdapat neutron serta sebuah elektron yang mengelilingi inti atom (Supriadi *et al*, 2018).

Triton adalah sebutan dari inti atom tritium yang terdiri dari satu proton dan dua neutron. Atom tritium merupakan satu-satunya isotop hidrogen yang tidak stabil atau bersifat radioaktif. Oleh sebab itu, dalam aplikasinya atom tritium memiliki peranan penting salah satunya yaitu sebagai bahan pembuatan baterai nuklir, alat pelacak radioaktif serta dapat diaplikasikan

untuk baterai betavoltaics (Nano Tritium Battery) (Supriadi *et al*, 2018). Selain itu yang tidak kalah penting pada studi hidrologi tritium berperan dalam menentukan umur air tanah (Djuhaningrum, 2003: 533).

Persamaan schrodinger dalam mekanika kuantum digunakan untuk memberikan informasi mengenai perilaku gelombang dari sebuah partikel yang berupa persamaan differensial orde dua. Persamaan schrodinger menghasilkan solusi analitik kompleks berupa fungsi gelombang yang bernilai tunggal, kontinu dan berhingga. Mengingat dalam penelitian ini yang dikaji adalah sistem dalam atom pemecahan persamaan schrodinger atom tritium yang digunakan merupakan persamaan schrodinger tidak bergantung waktu dalam keadaan tiga dimensi seperti berikut:

$$\frac{\hbar^2}{2m} \left\{ \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right\} \psi(x,y,z) + (E - V(x))\psi(x,y,z) = 0$$

(1)

(Beiser, 1990: 176).

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN FISIKA 2019

“Integrasi Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Mengembangkan Budaya Ilmiah di Era Revolusi Industri 4.0 “
17 NOVEMBER 2019

Hasil penyelesaian persamaan schrodinger berupa fungsi gelombang yang mendeskripsikan perilaku dari sekelompok partikel (Suparmi *et al*, 2018: 43). Fungsi gelombang didapatkan melalui separasi variabel sehingga menghasilkan dua buah solusi yaitu fungsi gelombang radial dan fungsi gelombang angular. Fungsi gelombang radial bergantung pada bilangan kuantum utama (n) yang menunjukkan tingkat energi elektron dalam atom dan bilangan kuantum azimut (l) yang menentukan bentuk orbital elektron (Sukardjo, 2013: 472). Fungsi gelombang angular terdiri dari fungsi gelombang polar dan azimut.

Prinsip ketidakpastian heisenberg dalam kuantum dapat digunakan untuk mencari informasi terkait perilaku suatu partikel. Prinsip tersebut menjelaskan bahwa dalam mengukur posisi dan momentum tidak mungkin dilakukan secara bersamaan untuk hasil yang pasti pada kasus partikel yang kecil seperti elektron. Efek dari prinsip ketidakpastian ini munculah teori kemungkinan untuk atom. Kemungkinan kedudukan dan kecepatan dari suatu partikel yang dimaksudkan dalam hal ini.

Fungsi gelombang dari suatu atom akan bermakna fisis apabila nilai probabilitasnya semakin tinggi. Probabilitas adalah seberapa besar peluang keboleh jadian ditemukannya elektron dalam suatu tempat. Fungsi gelombang suatu atom harus sudah ternormalisasi untuk mencari nilai probabilitas posisi elektron dalam suatu atom. Fungsi gelombang yang dimaksud adalah fungsi gelombang radial dalam atom karena untuk mencari probabilitas posisi elektron dalam atom hanya dibutuhkan fungsi gelombang bagian radialnya saja. Fungsi gelombang radial untuk atom tritium dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$R_{nl}(r) = \sqrt{\left(\frac{2}{na_0}\right)^3 \frac{(n-l-1)!}{2n((n+l)!)} \left(\frac{2r}{na_0}\right)^l e^{-\frac{r}{na_0}} L_{n+l}^{2l+1}\left(\frac{2r}{na_0}\right)} \quad (2)$$

(Singh, 2009: 237).

Normalisasi dilakukan untuk meyakini bahwa keberadaan partikel dalam suatu tempat untuk setiap saat dan peluang untuk menentukan kedudukan partikel tersebut adalah 1 yang dapat dilihat dalam persamaan berikut :

$$\int_{-\infty}^{\infty} |\psi|^2 dV = 1 \quad (3)$$

(Beiser, 1990: 169).

Interpretasi dari $|\psi|^2$ yang merupakan kuadrat fungsi gelombang berada dalam koordinat bola dV yang merepresentasikan elemen volume dapat dituliskan sebagai berikut :

$$dV = r^2 \sin\theta dr d\theta d\phi \quad (4)$$

(Voughn, 2007: 134).

Fungsi gelombang yang telah ternormalisasi untuk atom tritium sebagai berikut:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \int_0^{\pi} \int_0^{2\pi} \psi^* \psi r^2 \sin\theta dr d\theta d\phi = 1 \quad (5)$$

Sehingga probabilitas dalam menemukan elektron pada atom tritium pada suatu tempat yang terletak interval r dan $r + dr$ dari inti atom adalah sebagai berikut:

$$P = \int_{-\infty}^{\infty} r^2 |R(r)|^2 dr \quad (6)$$

Apabila probabilitas berharga nol maka dapat dipastikan bahwa partikel tersebut tidak ditemukan dalam ruangan.

Penelitian sebelumnya yang juga membahas mengenai informasi perilaku partikel dalam atom berelektron tunggal antara lain Yusron *et al* (2007) menyimpulkan bahwa probabilitas kebolehjadian menemukan elektron di ruang antar proton pada molekul H_2^+ bergantung pada jarak antar proton, Ries (2012) menjelaskan bahwa jarak antara elektron dan proton selalu sangat kecil dalam atom Hidrogen dan mekanika kuantum memiliki kemungkinan untuk menghitung spasial distribusi kerapatan elektron yang tepat. Serta penelitian Hermanto (2016) yang menyimpulkan bahwa integral dari nilai absolute fungsi radial mempresentasikan probabilitas dalam atom dimana semakin jauh nilai r (posisi elektron) dari inti makan semakin kecil nilai probabilitasnya.

Kenyataan bahwa dalam penelitian sebelumnya dapat mencari informasi terkait perilaku partikel dalam atom hidrogen ataupun isotopnya menjadikan dasar untuk penelitian ini mengkaji lebih lanjut dengan mencari salah satu informasi tentang perilaku dan karakteristik partikel yaitu probabilitas posisi elektron dalam atom tritium pada bilangan kuantum $n \leq 3$.

METODE PENELITIAN

Berdasarkan tujuan penelitian, Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini merupakan penelitian non eksperimen berupa pengembangan teori yang sudah ada dengan metode kajian teoritis. Penelitian ini dilaksanakan pada semester gasal tahun ajaran 2019/2020 di laboratorium fisika lanjut, program studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember. Langkah-langkah dalam penelitian ini meliputi persiapan, pengembangan teori, validasi hasil pengembangan teori, hasil/pengambilan data, pembahasan serta kesimpulan.

Pada langkah pertama yaitu persiapan dilakukan dengan mengumpulkan bahan-bahan berupa beberapa

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN FISIKA 2019

“Integrasi Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Mengembangkan Budaya Ilmiah di Era Revolusi Industri 4.0 “
17 NOVEMBER 2019

literatur yang dapat dijadikan referensi dan informasi dalam penelitian ini. Referensi yang digunakan diantaranya berupa buku fisika modern, fisika kuantum, fisika atom, fisika matematika serta jurnal berskala nasional dan internasional yang relevan dengan persamaan schrodinger pada atom berelektron satu serta nilai probabilitas posisi elektron dalam atom tritium.

Langkah kedua dalam penelitian ini yaitu pengembangan teori, dimana peneliti akan melakukan pengembangan teori yang sudah ada sebelumnya yang bersumber dari beberapa literatur maupun penelitian-penelitian sebelumnya yang berkaitan. Kebanyakan teori sebelumnya yang terdapat pada literatur mengenai fungsi gelombang saja pada atom-atom hidrogen maupun isotopnya. Pada penelitian ini teori yang dikembangkan merupakan nilai probabilitas posisi elektron dalam atom tritium.

Validasi pengembangan teori merupakan langkah ketiga dalam penelitian ini yang dilakukan dengan memvalidasi nilai probabilitas posisi elektron dalam atom tritium dengan literatur yang ada berupa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya terkait dengan atom hidrogen maupun isotopnya.

Langkah hasil/pengambilan data merupakan langkah selanjutnya yang akan dilakukan peneliti dengan melakukan perhitungan untuk menentukan nilai probabilitas posisi elektron dalam atom tritium pada bilangan kuantum $n \leq 3$ sertasimulasi grafik rapat probabilitas radial dalam atom tritium pada bilangan kuantum $n \leq 3$ dengan menggunakan software matlab 2015a.

Langkah terakhir dalam penelitian ini yaitu pembahasan dimana peneliti akan membahas secara rinci mengenai besarnya nilai probabilitas posisi elektron dalam atom tritium pada bilangan kuantum $n=1,2,3$. Berikutnya akan dilanjutkan dengan

menyimpulkan hasil dari pembahasan yang digunakan untuk menjawab rumusan masalah dalam penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian mengenai probabilitas posisi elektron dalam atom tritium pada bilangan kuantum $n \leq 3$ diperoleh hasil penelitian berupa besarnya nilai probabilitas posisi elektron dan grafik distribusi probabilitas radial dalam atom tritium.

Atom tritium tergolong salah satu isotop hidrogen yang memiliki satu proton, dua neutron dan satu elektron. Sehingga fungsi gelombang dan perhitungan tingkat energi dari atom tritium mirip dengan atom hidrogen. Fungsi gelombang dari atom tritium terdiri dari fungsi gelombang radial, fungsi gelombang polar, dan fungsi gelombang azimuth. Dimana dalam penelitian ini yang dibutuhkan hanya fungsi gelombang radialnya saja. Fungsi gelombang radial menyatakan gerak elektron bergeser sejajar jari-jari atom tritium.

Fungsi gelombang radial dari atom tritium tidak memiliki makna fisis. Agar fungsi gelombang radial memiliki makna fisis maka nilai probabilitasnya harus tinggi. Nilai probabilitas dari fungsi gelombang radial atom tritium menunjukkan peluang kebolehdian ditemukannya elektron dalam atom tritium. Nilai probabilitas posisi elektron dalam atom tritium dapat diperoleh dengan cara mengintegrasikan harga mutlak kuadrat dari fungsi gelombang radial atom tritium yang sudah dinormalisasi.

Berikut ini tabel 1 yang menunjukkan rekapitulasi hasil probabilitas posisi elektron dalam atom tritium pada bilangan kuantum $n \leq 3$.

Tabel 3. 1 Rekapitulasi Hasil Probabilitas Elektron dalam Atom Tritium

r (posisi elektron)	$n = 1$		$n = 2$		$n = 3$	
	$l = 0$	$l = 0$	$l = 1$	$l = 0$	$l = 1$	$l = 2$
a_0	32,33235838%	3,43164669%	0,36598468%	0,98663607%	0,12585444	0,00064984%
$2a_0$	76,18966944%	5,26530173%	5,26530173%	1,43532099%	1,69244974	0,04682578%
$3a_0$	93,80311955%	7,27158516%	18,47367555%	2,25785099%	5,26530173	0,45338055%
$4a_0$	98,62460322%	17,57962500%	37,11630648%	5,35487651%	8,87935335	1,93884511%
$5a_0$	99,72306042%	34,89458712%	55,95067149%	8,99026550%	10,75738146	5,32010158%
$6a_0$	99,94777419%	53,64733430%	71,49434997%	11,06739784%	11,06739784	11,06739784%

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN FISIKA 2019

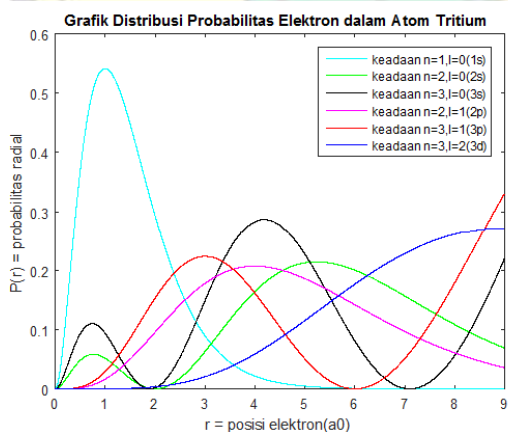
“Integrasi Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Mengembangkan Budaya Ilmiah di Era Revolusi Industri 4.0 “

17 NOVEMBER 2019

$7a_0$	99,99060372%	69,66852612%	82,70083921%	11,47766271%	11,37934176	19,08771177%
$8a_0$	99,99836824%	81,44891668%	90,03675995%	11,71017983%	13,36791581	28,79993072%
$9a_0$	99,99972434%	89,25563393%	94,50363585%	13,49154903%	17,95330295	39,36972176%

Berdasarkan tabel diatas menunjukkan bahwa dalam penelitian ini batas yang digunakan untuk mencari posisi elektron hanya sampai pada batas $9 a_0$. Sebab sesuai dengan penelitian ini hanya mengkaji pada bilangan kuantum $n \leq 3$ maka kemungkinan terbesar ditemukannya elektron sebesar n^2 Bilangan kuantum utama n menunjukkan tingkatan energi dari elektron yang berada di dalam atom. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa nilai probabilitas posisi elektron dalam atom tritium semakin kecil seiring dengan semakin besarnya bilangan kuantum utama n . sehingga peluang keberadaan elektron sangat kecil untuk dapat ditemukan dalam atom tersebut.

Rapat probabilitas radial dalam atom tritium menunjukkan nilai probabilitas elektron dapat ditemukan dalam suatu ruang tiap satuan panjang. Grafik rapat probabilitas radial menunjukkan grafik fungsi $P(r)$ yang merupakan probabilitas radial sebagai fungsi posisi elektron (r) untuk berbagai orbital. Grafik rapat probabilitas radial dalam atom tritium diperoleh dengan menggunakan software matlab 2015a. Berikut merupakan grafik distribusi probabilitas radial atom tritium pada bilangan kuantum $n \leq 3$.



Gambar 1. Grafik rapat probabilitas radial atom tritium pada bilangan kuantum $n \leq 3$

Hasil simulasi grafik rapat probabilitas dalam atom tritium menunjukkan adanya kesesuaian dengan bentuk grafik rapat probabilitas dalam atom hidrogen dari literatur yang sudah ada. Posisi elektron (r) pada grafik menunjukkan jarak antara elektron dengan inti.

Elektron akan semakin mudah ditemukan apabila posisi elektron semakin dekat dengan inti karena energi elektronnya lebih besar. Peluang terbesar ditemukannya elektron terletak pada posisi elektron $r = a_0$ dimana hal ini sesuai dengan pendapat Bohr terkait jari-jari orbital elektron pada $n=1$.

PENUTUP KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dari penyelesaian persamaan schrodinger pada atom tritium diperoleh fungsi gelombang atom tritium. Fungsi gelombang tersebut terdiri dari fungsi gelombang radial, fungsi gelombang polar, dan fungsi gelombang azimut. Besarnya nilai probabilitas posisi elektron dalam atom tritium didapatkan dari integral dari harga mutlak fungsi radial pada atom tritium yang nilainya bergantung pada bilangan kuantum utama n dan bilangan kuantum azimuth l . Apabila bilangan kuantum bernilai besar maka nilai probabilitas posisi elektron semakin kecil sehingga ada kemungkinan tidak dapat ditemukan elektron. Simulasi grafik distribusi probabilitas radial pada atom tritium menunjukkan peluang ditemukannya elektron dalam atom tritium semakin kecil jika posisinya elektronnya jauh dari inti atom.

SARAN

Berdasarkan kesimpulan diatas maka saran yang dapat diberikan oleh penulis adalah penelitian selanjutnya dalam fisika teori dapat dikembangkan untuk mencari nilai ekspektasi posisi elektron pada atom tritium maupun tetap pada nilai probabilitas posisi elektron dalam atom tritium dengan tingkatan bilangan kuantum utama 3 keatas.

DAFTAR PUSTAKA

- Beiser, A. 1990. *Konsep Fisika Modern*. Edisi Keempat. Terjemahan oleh The Howling. Jakarta: Erlangga.
- Djuhariningrum, T. 2003. *Isotop Alam dalam Sistem Hidrologi*. Jakarta: BATAN.
- Hermanto, W. 2016. Fungsi Gelombang Atom Deuterium dengan Pendekatan Persamaan Schrodinger. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Sains 2016*: 794-802.

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN FISIKA 2019

“Integrasi Pendidikan, Sains, dan Teknologi dalam Mengembangkan Budaya Ilmiah di Era Revolusi Industri 4.0 “
17 NOVEMBER 2019

- Ries, A. 2012. The Radial Electron Density in the Hydrogen Atom and the Model of Oscillations in a Chain System. *Jurnal Progress in Physics*. 3(1) : 29-34.
- Singh, R. B. 2009. *Introduction to modern physics-Volume 1 Second edition: New age International*. New Delhi: New Age International Publisher.
- Sukardjo. 2004. *Kimia Fisika*. Cetakan Ketiga. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Suparmi, A., C. Cari, J. Handhika, C. Yanuarief, and H. Marini. 2018. Approximate Solution of Schrodinger Equation for Modified Poschl-Teller plus Trigonometric Rosen-Morse Non-Central Potentials in Terms of Finite Romanovski Polynomials. *Journal of Applied Physics*. 2(2): 43-51.
- Supriadi, B., S. H. B. Prastowo, S. Bahri, Z. R. Ridlo, and T. Prihandono. 2018. The Stark Effect on the Wave Function of Tritium in Relativistic Condition. *Journal of Physics: Conference Series*. 997 012045: 1-7.
- Voughn, M. T. 2007. *Introduction to Mathematical Physics*. Germany: Wiley.
- Yusron, M., Firdausi, K.S., Sumariyah. 2007. Review Probabilitas Menemukan Elektron dengan Fungsi Gelombang Simetri dan Antisimetri pada Molekul H_2^+ . *Jurnal Fisika*. 10(1): 7-12.