

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan fisika komputasi pada abad ke-21 membuat banyak hal dalam bidang fisika dapat disimulasikan dengan menggunakan aplikasi atau melalui bahasa pemrograman seperti python, matlab, C, atau bahasa pemrograman lainnya. Kegunaan dari fisika komputasi selain menjadi visual dari sebuah fenomena fisis, juga dapat digunakan menjadi penghubung antara konsep matematika, pemrograman dan fisika dengan kemampuan yang lebih baik serta efisien dalam waktu pengerjaan. Selain itu, perkembangan dari komputasi juga dapat memperluas segala kemungkinan yang sebelumnya rumit untuk digambarkan atau divisualisasikan (Hanson, 2024).

Erwin Schrödinger mengembangkan Persamaan Schrodinger pada tahun 1926. Ide dasarnya berasal dari konsep De-Broglie tentang materi gelombang dan konsep dualitas partikel gelombang. Heisenberg, dengan Prinsip Ketidakpastiannya menyatakan bahwa tidak mungkin untuk menemukan posisi dan momentum partikel secara bersamaan dengan kepastian mutlak, sehingga hal ini memunculkan konsep probabilitas. Konsep atom hidrogen menurut mekanika kuantum menunjukkan bahwa elektron juga dapat bertindak sebagai gelombang dan partikel yang membawa informasi sistemik dari elektron-proton dalam atom Hidrogen yang dapat digambarkan dengan fungsi gelombang. Oleh karena itu, didefinisikan "Model Awan Elektron" untuk atom hidrogen dan menggunakan Persamaan Schrodinger untuk menemukan fungsi gelombang radialnya. Pendekatan ini memberikan informasi yang lebih baik dan menjelaskan banyak fakta tentang Atom Hidrogen. Persamaan Schrodinger diturunkan dengan mempertimbangkan persamaan gelombang umum dan konsep gelombang materi De-Broglie, dalam koordinat sferis (Hanson, 2024).

Atom hidrogen hanya memiliki satu elektron sebagai sistem atomik yang paling sederhana. Fungsi gelombang $\psi(r)$ dari elektron dalam atom hidrogen dapat memenuhi persamaan Schrödinger. Atom hidrogen terdiri dari proton dan elektron,

dan memiliki bentuk simetri dalam ruang menggunakan koordinat kutub bola (sferis). Meskipun energi elektron dalam atom hidrogen dapat ditentukan dengan memberikan bilangan kuantum n , namun gerakan elektron yang bergerak dalam ruang tiga dimensi tidak sepenuhnya ditentukan oleh nilai energinya. Tingkatan atom hidrogen menggambarkan keterkaitan antara nilai n dan l . Pada setiap pilihan n dan l , ada $2l+1$ nilai m_l dan dua nilai m_s . Keadaan stasioner pada atom hidrogen memiliki beberapa kemungkinan keadaan yang salah satunya atom hidrogen dapat berevolusi dalam medan eksternal yang konstan pada waktu tertentu (Beiser, 2003). Hasil dari solusi persamaan schrodinger nantinya akan berupa visualisasi densitas elektron atom hidrogen berdasarkan bilangan kuantum yang akan dimasukkan ke dalam program dengan kuadrat densitasnya akan menyatakan peluang untuk mendapatkan elektron pada interval jarak tertentu.

Efek Zeeman pada atom hidrogen terjadi ketika medan magnet eksternal berinteraksi dengan atom yang menyebabkan pemisahan tingkat energinya. Fenomena ini muncul karena medan magnet berinteraksi dengan momen dipol magnetik yang terkait dengan momentum sudut orbital dan spin elektron. Pada atom hidrogen, pergeseran energi akibat efek Zeeman dapat dipahami melalui penambahan Hamiltonian magnetik ke dalam persamaan Hamiltonian atom, yang mengubah tingkat energi berdasarkan bilangan kuantum m_l dan m_s . Efek ini memiliki dua jenis, yang pertama adalah "normal," di mana pemisahan energi tidak dipengaruhi oleh spin instrinsik, dan yang kedua adalah "anomali" yang mempertimbangkan kontribusi spin elektron. Efek ini memberikan Gambaran bagaimana perilaku atom dalam medan magnet (Commins, 2014).

Penggunaan bahasa pemrograman Python untuk visualisasi atom hidrogen yang melibatkan fungsi polinomial legendre dan polinomial laguerre memberikan akurasi lebih baik dalam model eksak dengan berbagai aspek dari struktur atom. Fungsi-fungsi tersebut berperan penting dalam menentukan gerak lintasan elektron, yang dipengaruhi oleh momentum sudut orbitalnya, serta distribusi densitas elektron dalam berbagai keadaan kuantum yang ditentukan oleh bilangan kuantum. Visualisasi ini juga memberikan representasi yang lebih intuitif terhadap fungsi gelombang elektron (Hanson, 2024). Program yang digunakan dalam penelitian ini

adalah hasil modifikasi dari bahasa pemrograman Python, yang sebelumnya dikembangkan oleh Sebastian Mag dan Morris Eriksson, dengan penyesuaian untuk dibuat dalam jendela anatarmuka (GUI). Penggunaan program ini memungkinkan untuk memvisualisasikan dengan rentang bilangan kuantum yang cukup besar dalam format GUI yang dapat diubah setiap nilai masukannya. Program ini juga mencakup interaksi atom hidrogen keadaan eksitasi pertama dengan medan magnet yang menyebabkan terjadinya efek Zeeman. Pada penelitian ini akan berfokus pada visualisasi atom hidrogen tanpa gangguan dan pemisahan orbital pada atom hidrogen berdasarkan besarnya medan magnet yang terjadi di sekitar atom hidrogen.

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui:

1. Menyusun program untuk mensimulasikan atom hidrogen dan keadaan pemisahan orbital akibat efek Zeeman dengan bahasa pemrograman python.
2. Memvisualisasikan hasil tersebut untuk dibandingkan dengan literatur dalam menggambarkan atom hidrogen dan fenomena efek Zeeman yang ditampilkan dalam pola lingkaran konsentris interferometer Fabry-Perot.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat bermanfaat sebagai:

1. Dengan menyusun program simulasi, dapat memberikan kemudahan memahami konsep-konsep fisika kuantum, seperti struktur atom hidrogen dan efek Zeeman, serta meningkatkan kemampuan dalam pemrograman dalam penggunaan Python untuk keperluan komputasi. Program simulasi sebagai alat bantu bagi peneliti lainnya untuk melakukan eksperimen secara virtual, yang dapat menghemat waktu dan biaya dibandingkan dengan eksperimen fisik.
2. Simulasi dapat menyediakan visualisasi yang membantu memahami bagaimana efek Zeeman mempengaruhi tingkat energi orbital atom hidrogen, yang seringkali sulit dipahami hanya melalui teori dan matematis. Selain itu, simulasi dapat digunakan untuk memverifikasi hasil teoritis dan eksperimental terkait

efek Zeeman, membantu dalam memastikan keakuratan dan konsistensi data. Program visualisasi dapat dikembangkan sebagai metode baru dalam menganalisis fenomena fisika yang serupa dan memberikan kontribusi pada kemajuan ilmu pengetahuan. Hasil simulasi dapat dijadikan materi pembelajaran bagi mahasiswa dan peneliti pemula, memberikan gambaran nyata tentang aplikasi teori dan persamaan matematis yang mendekati kejadian nyata.