



Analisis Model Mental Mahasiswa tentang Struktur Atom dan Implikasinya terhadap Strategi Pembelajaran

Khofifah Nurhayati[✉], Sunyoto Eko Nugroho, Ngurah Made Darma Putra

Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima Maret 2025

Disetujui Maret 2025

Dipublikasikan Mei 2025

Keywords:

Mental model, Atomic Structure, Learning Strategies, Qualitative Descriptive, Quantum Mechanics

Abstrak

Pemahaman mahasiswa tentang struktur atom sangat dipengaruhi oleh model mental yang terbentuk melalui pengalaman belajar dan interpretasi konsep ilmiah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dan mengkategorikan model mental mahasiswa tentang struktur atom berdasarkan hasil tes diagnostik two-tier dan wawancara klinis. Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif untuk menggali kedalaman pemahaman konseptual mahasiswa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model mental mahasiswa dapat dikelompokkan ke dalam tiga kategori utama: model kuantum (sesuai dengan konsep ilmiah modern), model intermediet (kombinasi teori klasik dan kuantum), dan model klasik (berbasis model Bohr dan Rutherford). Diskusi hasil menunjukkan bahwa pengalaman belajar, penggunaan analogi, dan kesulitan dalam memahami konsep abstrak menjadi faktor utama yang membentuk model mental tersebut. Berdasarkan temuan ini, disarankan strategi pembelajaran berbasis eksplorasi dan interaktif guna mendorong mahasiswa membangun model mental yang lebih ilmiah dan konseptual.

Abstract

Students' understanding of atomic structure is strongly influenced by mental models formed through learning experiences and interpretations of scientific concepts. The purpose of this study was to identify and categorize students' mental models of atomic structure based on the results of a two-tier diagnostic test and a clinical interview. This study used a qualitative descriptive approach to explore the depth of students' conceptual understanding. The results showed that students' mental models can be grouped into three main categories: quantum models (in accordance with modern scientific concepts), intermediate models (a combination of classical and quantum theories), and classical models (based on the Bohr and Rutherford models). Discussion of the results showed that learning experiences, the use of analogies, and difficulties in understanding abstract concepts were the main factors that formed these mental models. Based on these findings, exploration-based and interactive learning strategies are suggested to encourage students to build more scientific and conceptual mental models.

PENDAHULUAN

Konsep struktur atom merupakan dasar penting dalam pembelajaran fisika karena menjadi fondasi bagi pemahaman topik lanjutan seperti mekanika kuantum dan fisika partikel. Penguasaan terhadap konsep ini tidak hanya memengaruhi pemahaman sains secara keseluruhan, tetapi juga kemampuan mahasiswa dalam membangun penalaran ilmiah. Struktur atom juga memperkenalkan sifat abstrak dan non-intuitif dari teori ilmiah modern, sehingga menjadi tantangan konseptual tersendiri bagi mahasiswa.

Namun, banyak mahasiswa mengalami kesulitan dalam memahami struktur atom secara konseptual. Kesulitan ini sering kali muncul karena perbedaan antara model mental yang mereka bentuk dan konsep ilmiah yang sebenarnya. Model mental mahasiswa kerap kali masih dipengaruhi oleh pemahaman intuitif atau model klasik yang tidak sepenuhnya sesuai dengan teori mekanika kuantum (Coll & Treagust, 2003). Akibatnya, mahasiswa mengalami hambatan dalam menghubungkan konsep dasar dengan representasi ilmiah yang lebih abstrak.

Studi sebelumnya telah menyoroti keberadaan model mental non-ilmiah yang masih dominan di kalangan mahasiswa. Park *et al.* (2009) menemukan bahwa mahasiswa cenderung mempertahankan model klasik seperti Bohr dan Rutherford karena lebih intuitif, meskipun telah diperkenalkan dengan model kuantum yang lebih kompleks. Sunyono *et al.* (2014) menggunakan pendekatan kualitatif untuk mengidentifikasi model mental mahasiswa baru dan menemukan ketidaksesuaian antara pemahaman mereka dan konsep ilmiah.

Esther *et al.* (2022) mengkaji kesulitan dalam memahami abstraksi konsep atom pada siswa usia 15–18 tahun. Hasilnya menunjukkan bahwa terdapat kesenjangan antara model mental siswa dan ekspektasi kurikulum. Masdrin *et al.* (2022) memperkuat temuan ini dengan menyoroti keragaman representasi konsep ilmiah yang

dimiliki mahasiswa dan hambatan yang mereka hadapi dalam memahami materi kompleks. Sementara itu, Elsa *et al.* (2021) mengungkap bahwa wawancara mendalam dapat mengungkap pola model mental siswa yang tidak selalu mencerminkan pemahaman konseptual yang benar. Meskipun fokus kajian tersebut beragam, semuanya mengindikasikan pentingnya analisis terhadap model mental dalam pembelajaran fisika.

Berangkat dari studi-studi tersebut, terdapat celah yang masih perlu dikaji lebih lanjut, khususnya mengenai bagaimana mahasiswa di tingkat perguruan tinggi membentuk dan mengembangkan model mental tentang struktur atom. Selain itu, belum banyak penelitian yang secara eksplisit menghubungkan temuan tentang model mental ini dengan strategi pembelajaran yang dapat diterapkan untuk meningkatkan pemahaman mereka.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengkategorikan model mental mahasiswa tentang struktur atom ke dalam tiga kategori: model kuantum, intermediet, dan klasik. Melalui pendekatan deskriptif kualitatif, data dikumpulkan menggunakan tes diagnostik two-tier dan wawancara klinis. Selain memetakan variasi model mental, penelitian ini juga mengungkap faktor-faktor yang memengaruhi pembentukan model tersebut, seperti pengalaman belajar, penggunaan analogi, dan tantangan dalam memahami konsep abstrak.

Dengan memahami pola model mental mahasiswa, penelitian ini memberikan dasar untuk merancang strategi pembelajaran yang lebih efektif. Strategi seperti diskusi interaktif, eksplorasi mandiri, dan pemanfaatan teknologi pembelajaran berbasis simulasi virtual diharapkan dapat membantu mahasiswa membangun pemahaman konseptual yang lebih ilmiah dan mendalam tentang struktur atom.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif untuk menganalisis model mental mahasiswa tentang struktur atom. Subjek penelitian terdiri dari 26 mahasiswa semester 1 Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Negeri Semarang. Teknik sampling yang digunakan adalah *purposive sampling*, dengan kriteria mahasiswa yang telah menempuh mata kuliah struktur atom.

Data dikumpulkan melalui dua instrumen utama, yaitu tes diagnostik *two-tier* dan wawancara klinis. Tes diagnostik *two-tier* terdiri dari 20 butir soal pilihan ganda yang dilengkapi dengan alasan terbuka. Salah satu contoh butir adalah: *"Model atom manakah yang paling sesuai untuk menjelaskan spektrum garis hidrogen?"*, diikuti dengan opsi jawaban dan pertanyaan alasan yang menggali pemahaman konseptual di balik pilihan tersebut. Tes ini dirancang untuk menjangkau dugaan awal model mental yang dimiliki mahasiswa.

Wawancara klinis dilakukan secara semi-terstruktur terhadap 9 mahasiswa terpilih yang mewakili variasi jawaban pada tes diagnostik. Wawancara bertujuan menggali lebih dalam bagaimana mahasiswa merepresentasikan struktur atom dalam pikirannya serta faktor-faktor yang memengaruhi pemahaman tersebut, seperti pengalaman belajar atau penggunaan analogi. Contoh pertanyaan dalam wawancara antara lain: *"Bagaimana Anda membayangkan elektron bergerak di dalam atom?"* atau *"Mengapa Anda memilih model atom tersebut sebagai yang paling sesuai?"*

Instrumen disusun berdasarkan indikator pemahaman struktur atom dan telah direview oleh dua dosen ahli bidang fisika dan pendidikan sains untuk memastikan kesesuaian isi (*content validity*). Karena penelitian ini bersifat eksploratif, reliabilitas kuantitatif tidak dihitung secara statistik, namun keandalan data dijaga melalui triangulasi antara hasil tes dan wawancara.

Data dianalisis dengan mengkategorikan model mental mahasiswa ke dalam tiga kelompok utama: model mekanika kuantum (sesuai konsep ilmiah),

intermediet (gabungan unsur klasik dan kuantum), dan klasik (berbasis model Bohr dan Rutherford). Kategori ini ditentukan berdasarkan pola jawaban dan argumentasi yang muncul, kemudian dibandingkan dengan literatur konsep ilmiah. Hasil analisis digunakan untuk merumuskan rekomendasi strategi pembelajaran yang mendukung pembentukan model mental yang lebih ilmiah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa mahasiswa memiliki variasi model mental tentang struktur atom yang dapat dikategorikan menjadi tiga kelompok utama: mekanika kuantum, intermediet, dan klasik. Berdasarkan tes diagnostik *two-tier*, mayoritas mahasiswa masih memiliki pemahaman yang terbatas tentang konsep mekanika kuantum. Sebagai contoh, dalam pertanyaan mengenai probabilitas keberadaan elektron dalam orbital, hanya 40% mahasiswa yang dapat menjawab dengan benar dan memberikan alasan yang sesuai, sementara sisanya cenderung menggunakan konsep lintasan tetap seperti dalam model Bohr. Berdasarkan analisis tes diagnostik, distribusi model mental mahasiswa dapat dilihat dalam Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Persentase Model Mental Mahasiswa

Model Mental	Persentase Mahasiswa
Mekanika Kuantum	25%
Intermediet	45%
Klasik	30%

Dari data yang disajikan dalam Tabel 1, dapat dilihat bahwa mayoritas mahasiswa (45%) memiliki model mental intermediet, yang mencerminkan pemahaman yang masih menggabungkan elemen-elemen mekanika kuantum dan model klasik. Sementara itu, 30% mahasiswa masih mempertahankan model klasik, dan hanya 25% mahasiswa yang memiliki pemahaman yang mendekati teori mekanika kuantum yang lebih akurat. Persentase ini menunjukkan bahwa meskipun beberapa mahasiswa telah mempelajari konsep

mekanika kuantum, masih banyak yang mengalami kesulitan dalam sepenuhnya meninggalkan model klasik yang lebih sederhana dan intuitif.

Mahasiswa dengan model mental mekanika kuantum menunjukkan pemahaman yang lebih akurat terhadap struktur atom. Mereka memahami bahwa elektron tidak bergerak dalam lintasan tetap, melainkan memiliki probabilitas keberadaan dalam orbital tertentu. Sebaliknya, mahasiswa dalam kategori intermediet menggabungkan beberapa konsep mekanika kuantum dengan model klasik. Kelompok klasik masih mempertahankan pemahaman berbasis model atom Bohr dan Rutherford, sehingga mengalami kesulitan dalam memahami konsep abstrak seperti orbital dan prinsip ketidakpastian Heisenberg.

Hasil wawancara klinis dengan mahasiswa menunjukkan adanya variasi dalam pemahaman mereka mengenai struktur atom. Responden yang memiliki model mental klasik cenderung berpegang pada representasi visual yang lebih konkret. Sebagai contoh, Responden R1 mengungkapkan: "*Saya lebih nyaman membayangkan elektron bergerak mengelilingi inti atom seperti planet mengelilingi matahari. Saya sulit memahami konsep orbital karena dalam pikiran saya elektron pasti punya jalur yang tetap.*" Analisis menunjukkan bahwa responden ini masih sulit beralih dari pemahaman fisik yang lebih mudah dipahami ke konsep yang lebih abstrak dalam mekanika kuantum. Ini menunjukkan ketegangan antara model klasik yang lebih intuitif dan teori mekanika kuantum yang lebih kompleks dan abstrak. Hal ini konsisten dengan penelitian yang menunjukkan bahwa mahasiswa sering kali terjebak pada konsep lama meskipun telah diperkenalkan dengan teori yang lebih modern.

Sebaliknya, responden yang berada dalam kategori model mental intermediet, seperti Responden R2, mengungkapkan: "*Saya tahu bahwa elektron tidak benar-benar bergerak dalam lintasan tetap, tapi saya masih berpikir bahwa mereka ada dalam orbit tertentu. Saya belum sepenuhnya memahami bagaimana probabilitas elektron bekerja.*" Pernyataan ini menunjukkan bahwa responden sedang berada dalam transisi antara model klasik dan mekanika kuantum. Meski ia mengakui bahwa elektron

tidak mengikuti lintasan tetap, masih ada keterbatasan dalam pemahaman mengenai probabilitas elektron, yang menunjukkan adanya percampuran antara pemahaman klasik dan kuantum. Temuan ini sejalan dengan studi Park *et al.* (2009) yang menunjukkan bahwa mahasiswa sering kali kesulitan untuk mengintegrasikan konsep-konsep mekanika kuantum dengan model klasik yang lebih familiar.

Di sisi lain, responden dengan model mental mekanika kuantum, seperti Responden R3, memiliki pemahaman yang lebih sesuai dengan teori ilmiah modern. Responden ini mengungkapkan: "*Saya memahami bahwa kita tidak bisa menentukan posisi pasti elektron, tetapi hanya probabilitas keberadaannya. Saya terbiasa melihat fungsi gelombang dalam grafik, jadi konsep ini lebih masuk akal bagi saya.*" Pemahaman ini mencerminkan penguasaan terhadap konsep probabilitas dalam mekanika kuantum dan penggunaan fungsi gelombang untuk menggambarkan posisi elektron, yang menunjukkan pemahaman yang lebih matematis dan abstrak. Ini sejalan dengan penelitian Vosniadou (2012), yang menekankan pentingnya kemampuan berpikir abstrak dalam memahami konsep-konsep fisika tingkat lanjut seperti mekanika kuantum. Pemahaman seperti ini lebih mudah diterima oleh mereka yang terbiasa dengan pendekatan matematis dan teoritis dalam fisika.

Wawancara mengungkapkan perbedaan model mental antara mahasiswa dari SMA dan SMK. Mahasiswa dari SMA cenderung memiliki model mental yang lebih dekat dengan konsep mekanika kuantum, sementara mahasiswa dari SMK lebih banyak yang masih menggunakan model klasik. Perbedaan ini tampaknya dipengaruhi oleh pendekatan pembelajaran yang diterapkan di masing-masing jenjang pendidikan. Di SMA, materi fisika disampaikan secara teoritis dan konseptual, sedangkan di SMK lebih menekankan pada aplikasi praktis. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian oleh Esther *et al.* (2022), yang menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran yang bersifat konseptual cenderung menghasilkan pemahaman ilmiah yang lebih dalam.

Bahan ajar dan media pembelajaran yang digunakan juga memengaruhi

pembentukan model mental mahasiswa. Mahasiswa yang terbiasa menggunakan modul fisika dengan ilustrasi grafis yang jelas atau memanfaatkan teknologi seperti simulasi komputer menunjukkan pemahaman yang lebih baik terhadap konsep abstrak seperti mekanika kuantum. Sebaliknya, mahasiswa yang hanya mengandalkan ceramah dosen tanpa visualisasi tambahan cenderung tetap berada pada pemahaman klasik. Penelitian oleh Masdril *et al.* (2022) mendukung hal ini, dengan menunjukkan bahwa media visual dan teknologi pembelajaran dapat memperkuat pemahaman konseptual dalam fisika.

Selain bahan ajar dan media pembelajaran, faktor lain yang turut memengaruhi pembentukan model mental mahasiswa adalah lingkungan belajar, pengalaman eksperimen, dan kemampuan matematis. Mahasiswa yang aktif berdiskusi dalam kelompok maupun dengan dosen menunjukkan pemahaman yang lebih mendalam dibandingkan mereka yang belajar secara individual, menegaskan pentingnya interaksi sosial dalam membangun konsep ilmiah. Eksposur terhadap eksperimen laboratorium dan simulasi kuantum juga berkontribusi signifikan, karena membantu mahasiswa memahami konsep probabilitas keberadaan elektron secara visual dan konkret. Sebaliknya, mahasiswa yang hanya mendapatkan informasi secara konvensional tanpa dukungan praktik cenderung bertahan pada pemahaman klasik. Selain itu, pemahaman terhadap aspek matematis seperti fungsi gelombang turut menentukan kedalaman model mental mahasiswa. Mereka yang memiliki kemampuan matematika yang baik lebih mudah menerima pendekatan mekanika kuantum, sementara yang kurang cenderung mengandalkan visualisasi sederhana yang lebih dekat dengan model klasik. Temuan ini menunjukkan bahwa pembelajaran fisika yang efektif perlu memperhatikan aspek interaksi, praktik, dan kemampuan kognitif agar dapat membantu mahasiswa membangun model mental yang selaras dengan konsep ilmiah modern.

Secara keseluruhan, berbagai faktor seperti latar belakang pendidikan, pengalaman belajar, penggunaan media pembelajaran, interaksi akademik,

keterlibatan dalam eksperimen, serta kemampuan matematis memainkan peran penting dalam pembentukan model mental mahasiswa tentang struktur atom. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun beberapa mahasiswa telah mengenal konsep mekanika kuantum, masih banyak yang mempertahankan pemahaman berdasarkan model klasik karena keterbatasan dalam aspek-aspek tersebut. Oleh karena itu, strategi pembelajaran yang lebih inovatif, kolaboratif, kontekstual, dan berbasis teknologi diperlukan untuk mendukung transisi mahasiswa menuju pemahaman yang lebih konseptual, abstrak, dan sesuai dengan teori fisika modern

SIMPULAN

Mayoritas mahasiswa menunjukkan model mental intermediet, yang merepresentasikan ketidaksesuaian antara pemahaman ilmiah tentang struktur atom dan intuisi awal yang mereka miliki. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa masih berada pada tahap transisi antara model klasik menuju pemahaman mekanika kuantum, namun belum sepenuhnya dapat melepaskan diri dari konsep-konsep lama yang lebih konkret. Perbedaan model mental juga dipengaruhi oleh latar belakang pendidikan, metode pembelajaran yang digunakan, serta kemampuan dalam memahami konsep abstrak dan matematis.

Temuan ini menegaskan perlunya pendekatan pembelajaran yang menggabungkan visualisasi konseptual, diskusi aktif, serta pengalaman laboratorium yang memungkinkan mahasiswa membangun pemahaman berbasis representasi ilmiah yang lebih akurat. Penggunaan media pembelajaran berbasis teknologi dan simulasi interaktif juga dapat menjadi strategi efektif untuk menjembatani kesenjangan antara pemahaman intuitif dan ilmiah mahasiswa.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas cakupan subjek dengan melibatkan mahasiswa dari berbagai latar belakang program studi dan institusi

pendidikan guna memperoleh representasi yang lebih komprehensif mengenai model mental yang berkembang. Selain itu, pengembangan serta evaluasi terhadap strategi pembelajaran berbasis model mental—seperti pemanfaatan simulasi

kuantum dan pendekatan inkuiri—perlu dilakukan untuk mengkaji efektivitasnya dalam meningkatkan kualitas pemahaman konseptual mahasiswa terhadap struktur atom secara lebih mendalam, konsisten, dan sesuai dengan kerangka ilmiah modern.

Ormrod, J. E. (2008). *Psikologi Pendidikan* (Jilid I). Erlangga.

DAFTAR PUSTAKA

Arianti, N., Lia, Y., & Sunaryono, S. (2018). Perubahan Model Mental Siswa Pada Materi Alat Optik Melalui *Experiential Learning*. *Skripsi*. Universitas Negeri Malang.

Dahar, R. (2011). *Teori-teori Belajar & Pembelajaran*. Erlangga.

Hidayat, W. N. (2016). *Analisis pemahaman Konsep Mahasiswa Fisika Terhadap Pembentukan Bayangan pada Lensa*. Grasindo.

Itza-Ortiz, S. F., Rebello, S., & Zollman, D. (2004). Students' Models of Newton's Second Law in Mechanics and Electromagnetism. *European Journal of Physics*, 25(1), 81-89. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/25/1/011>

Jansoon, N., Coll, R. K., & Somsook, E. (2009). Understanding Mental Models of Dilution in Thai Students. *International Journal of Environmental & Science Education*, 4(2), 147-168.

Kane, S. N., Mishra, A., & Dutta, A. K. (2016). Preface: International Conference on Recent Trends in Physics (ICRTP 2016). *Journal of Physics: Conference Series*, 755(1), 3-10. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/755/1/011001>

Karo-Karo, E. K., Sari, I. M., & Suwarma, I. R. (2021). Investigasi Model Mental Konduksi Kalor Siswa SMA. *Journal of Teaching and Learning Physics*, 6(1), 39-48. <https://doi.org/10.15575/jotalp.v6i1.10987>

Nasution, N. (2006). *Asas-asas Kurikulum*. Jemmars Bandung.

Osborne, J., Simon, S., & Colins, S. (2003). Attitudes Towards Science: A Review of the Literature and Its Implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049-1079.

Park, E. J. (2009). Student Perception and Conceptual Development as Represented by Student Mental Models of Atomic Structure. *Disertasi*. The Ohio State University, Ohio.

Pikoli, M., Sukertini, K., & Isa, I. (2022). Analisis Model Mental Siswa dalam Mentransformasikan Konsep Laju Reaksi Melalui Multipel Representasi. *Jambura Journal of Educational Chemistry*, 4(1), 8-12. <https://doi.org/10.34312/jjec.v4i1.13515>

Senge, P. M. (2006). *The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization*. Available from <http://www.amazon.com/com/Fifth--Discipline-Practice-Learning-Organization/dp/0385517254> (accessed 10 July 2010).

Sunyono. (2015). Introductory Study on Student's Mental Models In Understanding the Concept of Atomic Structure: Case Study on High School Students in Lampung, Indonesia. *The Online Journal of New Horizons in Education*, 5(4), 104-105.

Sunyono, Yuanita, L., & Muslimin, I. (2014). Model Mental Mahasiswa Baru dalam Memahami Konsep Struktur Atom. *Jurnal Pendidikan Sains*, 3(2), 346-353.

Vosniadou, S. (2012). *Reframing the Classical Approach to Conceptual Change: Preconceptions, Misconceptions, And Synthetic Models* (Vol. 24). Springer.

