**Meningkatkan Pemahaman Fisika Kuantum Melalui Simulasi Berbasis Python: Perguruan Tinggi**

Muammar M D

[ammardalimunthers16@gmail.com](mailto:ammardalimunthers16@gmail.com)

Abstrak

Fisika kuantum merupakan cabang fisika yang paling mendasar namun juga paling abstrak. Hal ini sering kali menjadi tantangan bagi para mahasiswa terutama dalam hal pemahaman konsep. Konsep fisika kuantum seperti efek fotolistrik, efek compton dan ketidakpastian Heisenberg sulit divisualisasikan dan dipahami secara intuitif. Penelitian ini mengusulkan pendekatan baru yang inovatif untuk memfasilitasi pemahaman konsep fisika kuantum, yaitu melalui praktik coding. Dengan memanfaatkan bahasa pemrograman yang sesuai, mahasiswa diajak untuk membangun simulasi dan visualisasi fenomena kuantum secara mandiri. Dengan memprogram simulasi kuantum, mahasiswa tidak hanya memperoleh pemahaman teoritis yang mendalam, tetapi juga mengembangkan keterampilan komputasional yang sangat dibutuhkan di era digital.

*Kata kunci: Fisika kuantum, simulasi, pembelajaran fisika, visualisasi, pemahaman konsep.*

**Pendahuluan**

Fisika merupakan cabang ilmu sains yang mendasar, karena dalam fisika mempelajari hukum-hukum dasar yang mengatur alam semesta. Adapun keindahan fisika terletak pada kemampuannya menggunakan konsep, persamaan dan asumsi dasar yang sedikit, namun dapat mengubah cara pandang seseorang terhadap dunia disekitarnya. Ilmu fisika terbagi menjadi enam bidang utama, yaitu mekanika klasik, relativitas, termodinamika, elektromagnetik, optik dan fisika kuantum.1

Fisika kuantum merupakan cabang sains yang mempelajari tingkah laku materi pada skala atomik dan subatomik. Hal ini berbeda dengan dengan fisika klasik, mekanika kuantum menghadirkan sebuah konsep yang terdengar asing dan sulit dipahami seperti efek fotolistrik, efek compton dan ketidakpastian Heisenberg. Namun, inilah yang membuat fisika kuantum begitu menarik dan penting. Fisika kuantum berawal dari pemecahan masalah radiasi oleh Max Planck tahun 1900 dan makalah Albert Einsten pada tahun 1905 yang mengusulkan teori berbasis kuantum untuk menjelaskan efek fotolistrik.2 Teori ini terus berkembang sampai sekarang dan dijadikan sebagai materi disekolah dan perkuliahan.

Fisika kuantum berkembang pada akhir abad ke-19, yang mana kemunculan teori ini adalah dikarenakan oleh hasil percobaan yang tidak bisa dijelaskan dengan teori fisika klasik.3 Fisika kuantum adalah landasan utama untuk mempelajari dan memahami alam semesta. Namun diperkuliahan, beberapa mahasiswa sering mengabaikan mata kuliah ini karena menganggap bahwa fisika kuantum sebagai topik yang mikroskopik, yaitu mengamati sesuatu yang tidak dapat dilihat langsung oleh mata dan memerlukan pemahaman yang mendalam.4

Di program studi Tadris Fisika UIN Imam Bonjol Padang, mata kuliah fisika kuantum menjadi bagian mata kuliah wajib bagi mahasiswa pada semester VI. Fisika kuantum yang diajarkan mencakup materi tentang perilaku materi dan energi pada tingkat molekul, seperti efek fotolistrik dan efek compton, hipotesis De Broglie dan difraksi elektron, teori atom Bohr, paket gelombang dan prinsip ketidaktentuan Heisenberg, persamaan Schrödinger, aplikasi persamaan Schrödinger, sistem kuantum tiga dimensi serta atom hidrogen. Konsep yang ada pada materi kuliah ini tidak dapat dilihat langsung dengan mata telanjang, karena fenomena yang dibahas terjadi pada skala mikroskopik yang jauh lebih kecil dari apa yang dilihat oleh indra manusia.

Berdasarkan hasil observasi dan tanya-jawab dengan mahasiswa yang sudah mengikuti mata kuliah wajib fisika kuantum. Ditemukan bahwa masih kurangnya penguasaan baik secara matematis maupun visualis pada konsep fisika kuantum mahasiswa. Hal ini dikarenakan banyaknya materi yang bersifat abstrak, kurangnya media pembelajaran dan kegiatan pembelajaran yang cenderung didalam kelas. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan penerapan berbagai pendekaan pembelajaran yang tepat dan sesuai.5

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kesulitan mahasiswa dalam memahami konsep fisika kuantum baik secara sistematis ataupun visual, serta mengembangkan dan menerapkan beberapa kode program python sebagai media pembelajaran yang membantu mahasiswa mengatasi kesulitan tersebut. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan kode program python dalam meningkatkan pemahaman konseptual mahasiswa terhadap fisika kuantum.

Adapun batasan penelitian ini adalah pada pemahaman konsep mahasiswa dengan materi fisika kuantum yang dijelaskan sebelumnya, dan bahasa pemrograman untuk coding-an yang digunakan adalah bahasa pemrograman *python.*

**Metode Penelitian**

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan fokus utama pada pengembangan dan dokumentasi kode program python untuk membantu pemahaman konsep fisika kuantum. Metode ini dilakukan secara daring, sehingga memungkinkan peneliti untuk menjangkau partisipan dan melaksanakan seluruh tahapan penelitian secara online.

Untuk mengukur tingkat pemahaman mahasiswa terhadap konsep fisika kuantum, digunakan kuesioner berbasis skala likert. Skala ini dirancang untuk menganalisis pemahaman mahasiswa terhadap lima konsep utama fisika kuantum, yaitu efek fotolistrik dan efek compton, ketidakpastian Heisenberg, persamaan Schrodinger dan atom hidrogen. Setiap bagian dalam kuesioner diberi skor berdasarkan skala likert 5 tingkat dengan, sangat mengerti(skor 5), mengerti(skor 4), cukup mengerti (skor 3), kurang mengerti (skor 2), tidak mengerti (skor 1).

Tahapan penelitian

Perancangan Kode Program

Analisis kebutuhan(skala likert)

Finish

Start

Evaluasi

Dokumentasi dan Publikasi Kode

Uji Coba Terbatas

Penjelasan tahapan penelitian:

1. Analisis kebutuhan: Penelitian diawali dengan mengidentifikasi kebetuhan mahasiswa dalam memahami konsep-konsep fisika kuantum yang dianggap sulit. Pengumpulan data dilakukan melalui survei daring menggunakan google form berbasis skala likert.
2. Perancangan kode program: kode program python dirancang untuk memvisualisasikan fenomena fisika kuantum secara interaktif.
3. Uji coba terbatas: kode program yang telah selesai dikembangkan diuji coba oleh mahasiswa yang dipilih berdasarkan kriteria tertentu. Program disebarkan melalui platform GitHub, disertai dengan panduan penggunaan. Tanggapan dan masukan dari mahasiswa dikumpulkan melaui survei online serta diskusi daring menggunakan zoom untuk mengevaluasi program.
4. Dokumentasi pengembangan kode program, termasuk panduan penggunaan didokumentasikan secara detail. Dokumentasi ini akan dibagikan secara online melalui platform GitHub sehingga dapat diakses oleh mahasiswa dan tenaga pengajar yang membutuhkan.
5. Evaluasi: pemeriksaan terhadap kode program tetap berjalan sesuai tujuan dan menganalisis dampak program terhadap pemahaman berdasarkan tanggapan dan masukan dari mahasiswa.

**Hasil dan Pembahasan**

**1. Hasil Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kesulitan yang dialami mahasiswa dalam memahami konsep fisika kuantum baik secara sistematis maupun visual, serta mengevaluasi efektivitas penggunaan kode program python sebagai media pembelajaran. Data yang dikumpulkan melalui kuesioner skala likert dianalisis untuk membandingkan rata-rata pemahaman mahasiswa sebelum dan sesudah menjalankan simulasi menggunakan kode program python. Hasil analisis disajikan dalam tabel berikut:

Tabel. Hasil analisis rata-rata pemahaman mahasiswa

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Sub-materi | Rata-rata Sebelum | Rata-rata Sesudah | Total Peningkatan |
| Efek fotolistrik | 2.11 | 4.11 | 2.00 |
| Efek compton | 2.33 | 4.11 | 1.78 |
| Ketidakpastian Heisenberg | 2.11 | 4.33 | 2.22 |
| Persamaan Schrodinger | 2.11 | 4.00 | 1.89 |
| Atom hidrogen | 2.33 | 4.22 | 1.89 |

Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan pada semua sub-materi, dengan rata-rata peningkatan berkisar antara 1,78 hingga 2,22. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan coding dengan simulasi python dapat menjadi solusi efektif untuk membantu mahasiswa dalam memahami kosep fisika kuantum baik secara sistematis dan visual.

**2. Pembahasan Penelitian**

2.1. Tahap analisis kebutuhan

Pada tahap ini, survei awal mengngkapkan bahwa mahasiswa mengalami kesulitan yang cukup besar dalam memahami konsep-konsep abstrak fisika kuantum. Hambatan ini terutama disebabkan oleh minimnya visualisasi fenomena kuantum dalam metode pembelajaran tradisional. Selain itu, mahasiswa juga mengeluhkan kurangnya media pembelajaran intraktif yang mendukung pemahaman mereka terhadap konsep tersebut secara lebih mendalam.

2.2. Tahap perancangan kode program

Kode program python yang dibuat untuk memvisualisasikan konsep-konsep utama dalam fisika kuantum, seperti efek fotolistrik, efek Compton, prinsip ketidakpastian Heisenberg, persamaan Schrödinger dan struktur atom hidrogen. Setiap program dilengkapi dengan antarmuka interaktif yang memungkinkan mahasiswa mengubah parameter, sehingga mereka dapat memahami dampak perubahan tersebut terhadap fenomena kuantum yang diamati.

2.3. Tahap uji coba terbatas

Pada tahap ini, mahasiswa melakukan pengujian terhadap program simulasi yang telah dibuat. Dari umpan balik yang diterima, simulasi berbasis python mempermudah mahasiswa dalam memahami konsep-konsep yang kompleks melalui pendekatan yang lebih interaktif dan visual. Sebagai contoh:

1. Pada program efekfotolistrik, mahasiswa dapat mengamati hubungan antara frekuensi cahaya dan energi kinetik elektron yang terlepas dari permukaan logam.
2. Program efek Compton, simulasi ini memperlihatkan bagaimana panjang gelombang foton berubah saat berinteraksi dengan elektron, serta bagaimana energi foton terhambur dihitung berdasarkan perubahan panjang gelombang.
3. Ketidakpastian Heisenberg, mahasiswa dapat melihat hubungan antara ketidakpastian posisi dan momentum dalam bentuk grafik.
4. Persamaan schrodinger dan atom hidrogen, simulasi ini menggambarkan distribusi probabilitas dan tingkat energi dengan cara yang lebih mudah dimengerti.

2.4. Tahap dokumentasi

Setiap program disertai dengan dokumentasi yang mencakup penggunaannya. Dokumentasi tersebut dibagikan melalui platform GitHub, sehingga mahasiswa dan dosen dapat dengan mudah mengakses dan memamfaatkan program ini sebagai bagian dari kegiatan pembelajaran. Adapun limk GitHub yang dikunjungi yaitu -----------

2.5. Tahap evaluasi

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa penggunaan simulasi berbasis python cukup signifikan meningkatkan pemahaman mahasiswa, sebagai mana ditunjukkan pada tebel dan grafik diatas seperti, efek fotolistrik dengan skor rata-rata pemahaman awal yaitu 2,11 menjadi 4,11, efek Compton yang awalnya 2,33 menjadi 4,11, ketidakpastian Heisenberg yang awalnya 2,11 menjadi 4,33, persamaan scrodinger 2,11 menjadi 4,00 dan atom hidrogen yang awalnya 2,33 menjadi 4,22. Variasi hasil ini mengindikasikan bahwa beberapa simulasi memerlukan pengembangan lebih lanjut, khususnya terkait kompleksitas visualisasinya.

Penelitian ini secara keseluruhan menegaskan bahwa pembelajaran berbasis coding, terutama dengan menggunakan python dapat dijadikan alternatif yang relavan dan efektif dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap fisika kuanatum. Selain itu, pendekatan ini juga memberikan keterampilan komputasi yang sangat dibutuhkan di era digital.

**Kesimpulan**

Fisika kuantum merupakan cabang fisika yang paling mendasar namun juga paling abstrak. Hal ini sering kali menjadi tantangan bagi para mahasiswa terutama dalam hal pemahaman konsep. Konsep fisika kuantum seperti efek fotolistrik, efek compton dan ketidakpastian Heisenberg sulit divisualisasikan dan dipahami secara intuitif. Penelitian ini mengusulkan pendekatan baru yang inovatif untuk memfasilitasi pemahaman konsep fisika kuantum, yaitu melalui praktik coding. Dengan memanfaatkan bahasa pemrograman yang sesuai, mahasiswa diajak untuk membangun simulasi dan visualisasi fenomena kuantum secara mandiri.

Penelitian ini mengungkapkan bahwa simulasi berbasis python dapat menjadi metode pembelajaran yang relavan dan efektif untuk meningkatkan pemahaman mahasiwa terhadap konsep fisika kuantum. Mahasiswa yang sebelumnya mengalami kesulitan dalam memahami konsep yang abstrak, seperti efek fotolistrik, efek Compton, prinsip ketidakpastian Heisenberg, persamaan Schrödinger dan atom hidrogen menunjukkan peningkatan pemahaman yang cukup signifikan setelah menggunakan simulasi interaktif berbasis python.

Selain memperkuat pemahaman teoritis, pendekatan ini juga membekali mahasiswa dengan keterampilan komputasi yang sangat dibutuhkan di era digital. Simulasi dikembangkan dan dilengkapi dengan dokumentasi panduan penggunaan yang diunggah melalui platfprm GitHub agar mudah diakses oleh mahasiswa dan tenaga pengajar.

Meskipun demikian, hasil evaluasi mengindikasikan bahwa beberapa simulasi masih memerlukan pengembangan lebih lanjut terutama terkait kompleksitas visualisasi. Secara keseluruhan, pembelajaran berbasis coding dengan python menawarkan alternatif inovatif untuk mengatasi tantangan pembelajaran fisika kuantum di perguruan tinggi.

**Daftar Pustaka**