

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dunia fisika pada abad ke-20 ditandai oleh perubahan cara pandang tentang fenomena fisis, yaitu dengan muncul dan berkembangnya fisika modern. Perkembangan mekanika kuantum dan teori relativitas didasarkan pada paradigma baru dalam fisika karena memperkenalkan asumsi dan gambaran baru tentang fenomena fisis, yang memungkinkan munculnya alternatif cara berpikir baru untuk memahami alam. Perkembangan fisika modern dimulai pada tahun 1900 ketika Planck menyampaikan teori tentang kuantisasi energi dalam radiasi benda hitam. Menurut Planck, dinding rongga benda hitam berfungsi sebagai osilator yang dapat menyerap dan memancarkan energi hanya dalam jumlah diskret, E , yang besarnya berhubungan dengan frekuensi, f , dari penyerap atau pemancar radiasi, atau

$$E = hf, \quad \text{dengan } h \text{ adalah konstanta Planck.}$$

Meskipun Planck menyatakan dalam dinding rongga benda hitam energinya terkuantisasi, dia tidak menganggap radiasi elektromagnetik terkuantisasi. Baru kemudian pada tahun 1905 Einstein mendukung kuantisasi energi dengan menyarankan bahwa radiasi elektromagnetik dipancarkan dalam bentuk paket-paket energi, yang sekarang disebut foton. Dengan pemikiran baru ini Einstein dapat menjelaskan peristiwa efek foto listrik yang tidak dapat dijelaskan oleh teori elektromagnetik klasik. Teori klasik menganggap energi dalam cahaya proporsional terhadap intensitas dan tidak bergantung pada frekuensi, tetapi fakta

eksperimen menunjukkan hasil yang bertentangan dengan itu. Einstein kemudian menyatakan bahwa bila radiasi atau elektromagnetik merupakan pancaran energi hf , maka energi maksimum yang dapat diserap elektron ketika bertumbukan dengan foton haruslah sebesar hf . Berdasarkan pendapat ini selanjutnya Einstein menjelaskan energi yang diperlukan elektron untuk lepas dari permukaan logam, yang sekarang disebut fungsi kerja, ϕ . Energi kinetik maksimum elektron yang lepas dari permukaan logam sebesar:

$$K = hf - \phi$$

Kuantisasi energi radiasi kemudian digunakan oleh Bohr untuk memperbaiki penjelasan tentang konsep atom yang dikemukakan oleh Rutherford. Setelah melakukan percobaan dengan hamburan partikel alfa, akhirnya Rutherford berkesimpulan bahwa atom berukuran kecil dan terdiri dari inti yang dikelilingi beberapa elektron. Ini berarti ada gaya tarik elektrostatis antara elektron dan inti dan diperlukan gaya sentripetal. Model ini tidak dapat dijelaskan dengan teori fisika klasik, karena elektron yang dipercepat akan memancarkan energi, sehingga lintasan elektron akan berupa spiral menuju ke inti. Pada tahun 1913 Bohr menyampaikan gagasannya tentang atom berkaitan dengan kuantisasi energi, yaitu bahwa elektron-elektron secara stasioner menempati orbit lingkaran, dan memancarkan energi hanya ketika mereka berpindah dari orbit stasioner satu ke orbit stasioner yang lain. Keadaan stasioner dimungkinkan oleh kuantisasi nilai momentum sudut orbital, L , sebesar :

$$L = \frac{nh}{2\pi}$$

dengan n bilangan bulat. Perpindahan elektron dari keadaan stasioner satu ke keadaan stasioner yang lain menyebabkan atom memancarkan atau menyerap sebuah foton yang setara dengan perbedaan energi antara dua orbit yang berkait. Dalam gagasannya, Bohr hanya membahas bahwa orbit elektron berbentuk lingkaran. Selanjutnya Sommerfeld dan Wilson, secara terpisah, keduanya mengembangkan aturan kuantisasi Bohr pada momentum sudut orbit elips dengan gerak periodik.

Bohr menyatakan bahwa perpindahan elektron terjadi seketika (*instantaneous*), yang sekarang lebih dikenal dengan lompatan kuantum (*quantum jumps*). Einstein menunjukkan bahwa teori kuantum tidak dapat meramalkan kapan terjadi lompatan dan kemana arah radiasi foton. Teori kuantum hanya dapat meramalkan probabilitas tempat terjadinya lompatan.

Dalam relativitas, kemunculan *teori relativitas khusus* yang dikemukakan oleh Albert Einstein pada tahun 1905 membentuk landasan bagi konsep-konsep baru tentang ruang dan waktu, yang memberikan alternatif pemecahan masalah terhadap kebuntuan permasalahan yang dimunculkan dalam percobaan Michelson-Morley (Krane, 1992). Dalam gejala gelombang, secara umum rambatan gangguan periodik memerlukan zat perantara. Oleh karenanya muncul konsep *eter* sebagai perantara gelombang elektromagnet. Eter dipostulatkan sebagai zat tidak bermassa dan tidak tampak, tetapi mengisi seluruh ruang, dan fungsi satu-satunya hanyalah untuk merambatkan gelombang elektromagnet. Konsep eter menarik perhatian karena pada saat itu sulit untuk membayangkan bagaimana sebuah gelombang dapat merambat tanpa memerlukan zat perantara.

Percobaan Michelson-Morley bertujuan mendapatkan bukti kehadiran eter tersebut. Dengan berbagai teknik seksama yang dilakukan akhirnya Michelson-Morley berkesimpulan bahwa kehadiran eter di alam semesta ini tidak dapat dibuktikan.

Dengan memperhatikan rantai penalaran yang berawal dari asas kelembaman Galileo, melalui hukum-hukum Newton dengan andaian implisitnya tentang ruang dan waktu, dan berakhir dengan kegagalan percobaan Michelson-Morley untuk mengamati gerak bumi relatif terhadap eter, maka dengan demikian diperlukan penjelasan dengan cara pandang yang baru tentang konsep ruang dan waktu, dan hal ini dikemukakan Einstein dalam teori relativitas khusus. Teori ini didasarkan kepada dua postulat berikut: (1) Asas relativitas, yaitu hukum-hukum fisika tetap sama pernyataannya dalam semua sistem lembam, (2) Ketidakberubahan laju cahaya, yaitu laju cahaya memiliki nilai c yang sama dalam semua sistem lembam.

Postulat pertama menegaskan tidak ada satupun percobaan yang dapat kita gunkan untuk mengukur kecepatan terhadap ruang mutlak, yang dapat kita ukur hanyalah laju relatif dari dua sistem lembam. Sedangkan postulat kedua menunjukkan bahwa laju cahaya adalah sama bagi semua pengamat, sekalipun mereka dalam keadaan gerak relatif. Ini berarti bila ada pesawat roket menuju bumi dengan laju relatif $c/2$ dan kemudian menembakkan berkas cahaya dengan arah yang sama dengan arah gerak roket maka orang di bumi tidak akan mengukur bahwa laju cahaya yang menuju bumi $c + (c/2)$ sebagaimana diramalkan

menurut relativitas Galileo, tetapi bahkan tetap c . Hal terakhir ini sulit dipahami menurut fisika klasik.

Sebagai akibat dari munculnya postulat Einstein adalah terjadinya pemuluran waktu (*time dilation*) bagi pengamat yang bergerak dibandingkan dengan pengamat diam terhadap suatu peristiwa. Juga terjadinya peristiwa penyusutan panjang (*length contraction*) bagi pengamat yang bergerak dibandingkan dengan pengamat yang diam merupakan akibat dari postulat Einstein. Hal seperti ini sulit dipahami siswa yang sedang belajar fisika modern karena tampak seolah-olah bertentangan dengan pengalaman sehari-hari mereka.

Perkembangan fisika modern akan berlanjut terus dan bahkan akan semakin kompleks, tetapi sampai sebatas yang diuraikan di atas telah tampak hal-hal yang bersifat baru, yang menuntut alternatif cara berpikir baru pula, baik dalam mekanika kuantum maupun dalam teori relativitas. Hal-hal baru tersebut agak sukar dipahami karena pada umumnya konsep-konsep siswa berkembang berdasarkan pengalaman sehari-hari (Pospeich, 1999). Sebagai contoh, dalam peristiwa efek fotolistrik, dengan bekal sifat gelombang yang menyatakan bahwa energi gelombang elektromagnet dibawa secara kontinu, semula kita menduga bahwa dengan menyinari pelat logam dalam waktu yang lama maka setelah energi cukup, elektron akan lepas dari permukaan logam, tanpa memperhitungkan keberadaan fungsi kerja dari jenis logam yang disinari maupun frekuensi cahaya yang digunakan. Ternyata yang terjadi berbeda, lepasnya elektron dari permukaan logam bukan disebabkan oleh lamanya penyinaran tetapi bergantung kepada energi foton cahaya dan fungsi kerja permukaan logam yang disinari. Di sini

tampak adanya kesulitan memahami fenomena mekanika kuantum bila digunakan paradigma fisika klasik. Demikian juga dalam teori relativitas, siswa sulit memahami peristiwa pemuluran waktu karena tampak seolah-olah bertentangan dengan pengalaman sehari-hari mereka. Oleh karena dalam perkembangannya, mekanika kuantum dan teori relativitas menjadi dasar bagi perkembangan fisika modern, dan berperan penting dalam perkembangan fisika modern selanjutnya, maka perlu dipikirkan bagaimana caranya agar siswa tidak mengalami kesulitan ketika mempelajari fenomena mekanika kuantum dan teori relativitas tersebut.

Untuk dapat turut serta memberikan alternatif pemikiran tentang pembelajaran fisika modern bagi siswa, perlu kiranya disini ditinjau kurikulum fisika di SMU. Tujuan utama pembelajaran fisika modern menurut kurikulum tahun 1994 adalah agar siswa memahami masing-masing sembilan pokok bahasan, yaitu: relativitas, dualisme gelombang partikel, atom berelektron banyak, molekul, zat padat, pita energi, piranti semikonduktor, inti atom, dan radioaktivitas. Walaupun tidak tercantum secara eksplisit dalam tujuan pembelajaran di kurikulum, diharapkan dengan memahami materi fisika modern siswa akan memiliki kemampuan berpikir alternatif, karena karakteristik dari materi fisika modern adalah mengajarkan kepada kita tentang alternatif berpikir. Kemampuan ini tampaknya merupakan akumulasi dari kemampuan-kemampuan generik, terutama kesadaran skala besaran objek-objek alam, kemampuan membangun konsep, dan kemampuan dalam pemodelan matematik.

Membicarakan proses pembelajaran fisika modern di SMU tidak dapat dipisahkan dengan proses pembelajaran serta isi kurikulum fisika modern di

lembaga pendidikan tenaga kependidikan (LPTK), sebagai lembaga produsen guru. Seperti diketahui bersama, bahwa setiap LPTK memiliki kebebasan dalam menyusun kurikulum serta menentukan pendekatan proses pembelajarannya. Termasuk didalamnya adalah kurikulum dan pendekatan proses pembelajaran mata kuliah fisika modern. Walaupun demikian, dari segi materi, kurikulum fisika modern di berbagai LPTK dapat dikatakan kurang lebih sama. Oleh karenanya, di sini hanya ditinjau kurikulum fisika modern dari salah satu LPTK. Tujuan perkuliahan fisika modern salah satunya adalah untuk lebih memantapkan penguasaan materi setelah mahasiswa mempelajari fisika modern pada mata kuliah fisika dasar. Bagi mahasiswa calon guru, penguasaan materi secara mantap serta kemampuan berpikir alternatif diperlukan terutama untuk mata kuliah yang materinya mirip dengan materi pelajaran di SMU. Untuk fisika modern, sesuai karakteristiknya, mahasiswa calon guru dituntut mampu mengembangkan kemampuan-kemampuan generik melalui pembelajaran agar pada gilirannya siswa memiliki kemampuan berpikir alternatif. Ditinjau dari kurikulum fisika di LPTK tahun 1999, materi kuliah fisika modern mencakup pokok bahasan: teori relativitas khusus, gejala kuantum, dualisme gelombang partikel, model atom, fungsi gelombang, tinjauan kuantum atom hidrogen. Adapun fungsi dan tujuan sesuai deskripsinya adalah merupakan pemantapan topik fisika modern yang ada di fisika dasar, sekaligus memberi landasan untuk mempelajari fisika mikroskopik. Pembelajaran fisika modern juga dimaksudkan mendasari perkuliahan fisika tingkat lanjut yang antara lain fisika zat padat, fisika inti, fisika kuantum, dan fisika statistik. Dengan demikian bagi mahasiswa yang telah lulus



kuliah fisika modern diharapkan disamping memiliki bekal untuk mempelajari fisika tingkat lanjut juga memiliki penguasaan materi fisika modern yang lebih mantap dibanding ketika mereka mempelajari materi fisika modern pada mata kuliah fisika dasar.

B. Identifikasi Masalah

Para siswa mengalami kesulitan dalam mempelajari materi fisika modern karena pada umumnya konsep-konsep yang dimiliki diperoleh melalui pengalaman empiris sehari-hari (Pospeich, 1999), sementara konsep-konsep fisika modern tampak seolah-olah bertentangan dengan pengalaman sehari-hari mereka. Faktor lain yang juga menjadi penyebab para siswa mengalami kesulitan adalah sifat konsep-konsep fisika modern yang didominasi oleh konsep-konsep abstrak. Untuk memahami konsep-konsep abstrak tersebut secara umum membutuhkan kemampuan penalaran yang tinggi, sementara tidak semua siswa memiliki kemampuan penalaran seperti itu.

Untuk dapat mencapai kemampuan penalaran yang tinggi siswa perlu dibiasakan dengan cara belajar yang menuntut penggunaan penalaran. Dengan terlatih menggunakan kemampuan penalarannya maka dalam proses memahami konsep para siswa tidak hanya menggunakan pengalaman empiris, tetapi juga terbiasa memahami konsep melalui penalaran.

Agar para siswa memiliki pengalaman belajar seperti yang diharapkan di atas diperlukan guru yang tidak hanya memahami materi fisika secara baik tetapi juga guru dituntut memahami dan mampu mengaplikasikan teori-teori

pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik ilmu fisika. Berikut ini adalah pendapat para ahli yang telah lama menekuni pembelajaran fisika.

Brotosiswojo(2000) menyatakan bahwa melalui pembelajaran fisika modern dapat ditumbuhkan kemampuan-kemampuan generik tertentu, antara lain kemampuan pengamatan tak langsung, kesadaran tentang skala besaran, pemodelan matematik, dan membangun konsep. Sementara McDermott(1990) menyatakan pembelajaran fisika untuk calon guru harus mengutamakan konsep yang akan diajarkan di lapangan. Disamping itu, tujuan intelektual, pengembangan penalaran, dan proses sains, juga merupakan aspek penting yang harus diperhatikan oleh mahasiswa calon guru. Reif (1995) menyatakan tujuan utama pembelajaran fisika adalah membantu siswa memperoleh sejumlah pengetahuan dasar yang dapat digunakan secara fleksibel. Heuvelen (2001) menyatakan pengetahuan itu sendiri agak kurang penting bila dibanding pemanfaatannya untuk membantu siswa mengembangkan kemampuan berpikir, kemampuan belajar, dan ketrampilan lain yang diperlukan dalam belajar.

Dari pendapat para ahli di atas, tampak adanya kesamaan prinsip, yaitu bahwa proses pembelajaran tidak mengutamakan banyaknya pengetahuan yang dapat diperoleh, tetapi lebih kepada pengembangan kemampuan dan ketrampilan siswa untuk dapat belajar lebih lanjut. Apabila hal ini diterapkan untuk mata kuliah fisika modern maka bentuk perkuliahan fisika modern sebaiknya dapat membekali mahasiswa dengan kemampuan mengajar yang dapat mengembangkan kemampuan-kemampuan generik para siswanya.



Selain memperhatikan pendapat para ahli pendidikan di atas, model pembelajaran fisika yang diperkirakan dapat mengembangkan kemampuan generik memiliki karakteristik antara lain: (1) mengkondisikan mahasiswa untuk aktif berpikir, (2) terjadi layanan bimbingan individual, (3) ada tugas yang perlu diselesaikan di luar jam pembelajaran di kelas, (4) memanfaatkan keunggulan komputer, dan (5) memanfaatkan sumber belajar internet dan buku teks.

Fokus utama dalam penelitian ini adalah model pembelajaran fisika modern bagi mahasiswa calon guru yang berorientasi kepada pengembangan kemampuan generik. Sedangkan materi fisika modern yang menjadi objek penelitian adalah topik relativitas khusus dan gejala kuantum. Kedua topik tersebut dipilih karena keduanya merupakan pilar fisika modern yang mengemukakan gagasan revolusioner (Krane, 1992:3). Teori relativitas khusus memunculkan konsep baru tentang ruang dan waktu, sedangkan gejala kuantum memunculkan konsep baru mengenai pancaran gelombang elektromagnetik. Kedua topik tersebut juga menjadi topik penting yang diajarkan di sekolah lanjutan.

C. Rumusan Masalah

Sesuai dengan uraian dalam latar belakang dan identifikasi masalah di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: *Bagaimana model pembelajaran fisika modern yang dapat meningkatkan kemampuan generik dan penguasaan materi fisika calon guru?* Masalah tersebut dioperasionalkan menjadi pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Kemampuan generik apa saja yang dapat dikembangkan melalui pembelajaran fisika modern?

2. Bagaimana karakteristik model pembelajaran fisika modern yang dikembangkan dalam penelitian ini?
3. Bagaimana efektivitas model pembelajaran fisika modern yang dikembangkan dalam penelitian ini dalam meningkatkan kemampuan generik?
4. Bagaimana efektivitas model pembelajaran fisika modern yang dikembangkan dalam penelitian ini dalam meningkatkan penguasaan materi?
5. Apa keunggulan dan kelemahan model pembelajaran fisika modern yang dikembangkan dalam penelitian ini?
6. Kendala apa yang muncul dalam pelaksanaan model pembelajaran fisika modern yang dikembangkan dalam penelitian ini?
7. Bagaimana tanggapan mahasiswa terhadap model pembelajaran fisika modern yang mereka alami?

D. Tujuan Penelitian

Secara umum penelitian ini bertujuan menyusun model pembelajaran fisika modern bagi mahasiswa calon guru fisika. Dalam pelaksanaan penelitian, untuk memudahkan pemantauan pencapaian tujuan tersebut dilakukan melalui tahapan-tahapan kegiatan dengan tujuan yang lebih spesifik, yaitu :

1. Menganalisis kemampuan generik yang dapat dikembangkan melalui pembelajaran fisika modern.
2. Menganalisis karakteristik model pembelajaran fisika modern yang dikembangkan dalam penelitian ini.
3. Menganalisis efektivitas model pembelajaran fisika modern yang dikembangkan dalam penelitian ini dalam meningkatkan kemampuan generik.

4. Menganalisis efektivitas model pembelajaran fisika modern yang dikembangkan dalam penelitian ini dalam meningkatkan penguasaan materi.
5. Menganalisis keunggulan dan kelemahan model pembelajaran fisika modern yang dikembangkan dalam penelitian ini.
6. Menganalisis kendala yang muncul dalam pelaksanaan pembelajaran fisika modern yang dikembangkan dalam penelitian ini.
7. Menganalisis tanggapan mahasiswa terhadap model pembelajaran fisika modern yang dikembangkan dalam penelitian ini.

E. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini berupa model pembelajaran fisika modern bagi mahasiswa calon guru, yang berorientasi kepada pengembangan kemampuan generik siswa. Model pembelajaran tersebut sangat diperlukan bagi dosen fisika modern di LPTK maupun bagi guru fisika di sekolah sebagai tambahan alternatif model pembelajaran, mengingat sampai saat ini diduga masih banyak guru fisika yang belum tahu persis tujuan utama serta bagaimana sebaiknya fisika modern diajarkan. Di samping itu diharapkan hasil penelitian ini juga menambah informasi mengenai kajian pembelajaran fisika modern bagi para peneliti dan pengambil keputusan dalam bidang pembelajaran fisika khususnya dan pembelajaran sains pada umumnya.