

**PENINGKATAN KEMAMPUAN BAHASA SIMBOLIK DAN KEMAMPUAN
PEMODELAN MATEMATIKA MAHASISWA CALON GURU FISIKA
MELALUI PEMBELAJARAN BERBASIS INQUIRY**

Ida Kaniawati (idakaniawati@yahoo.com)

Kualitas pendidikan calon guru fisika perlu ditingkatkan, hal ini berkaitan dengan berbagai fakta permasalahan yang dimukakan. Peningkatan kualitas pembelajaran diorientasikan kepada kemampuan-kemampuan fisika calon guru fisika. Dua kemampuan Generik yang dikemukakan oleh Suprpto (2000) adalah Kemampuan Bahasa Simbolik dan Kemampuan Pemodelan Matematika. Penelitian ini

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Rendahnya penguasaan materi dan kemampuan calon guru tentunya berkaitan dengan kesulitan dan masalah yang dihadapi mahasiswa. Sebuah penelitian terhadap kesulitan-kesulitan mahasiswa TPB dalam memahami materi fisika, mengidentifikasi sejumlah kesulitan belajar yang berasal dari diri mahasiswa. Hasil penelitian tersebut mengungkapkan bahwa sebagian besar mahasiswa mengalami kesulitan dalam: (1) memahami soal-soal fisika; (2) menghubungkan konsep-konsep fisika; (3) pembuatan gambar penolong; dan (4) menggunakan formulasi matematika. Kesulitan-kesulitan ini dapat diduga bahwa belum optimalnya penguasaan kemampuan-kemampuan fisika yang dimiliki oleh calon guru (Mudjiarto, 1993).

Penelitian lain menyatakan bahwa umumnya mahasiswa TPB mengalami masalah serius dalam (a) memahami konsep-konsep Fisika; (b) membaca grafik dan menafsirkannya; (c) menginterpretasikan persamaan matematika yang merepresentasikan hubungan antara besaran; (d) membaca data; dan (e) mengaitkan suatu konsep dengan konsep lainnya (Karim, 2000). Berdasarkan data dari Jurusan Pendidikan Fisika FPMIPA UPI bahwa Nilai kelulusan matakuliah Fisika Dasar yang memperoleh nilai D dan E dari tahun 2000/2001 sampai dengan tahun 2003/2004 berturut-turut 38%, 31%, 26% dan 34%.

Secara ideal, calon guru fisika harus memiliki pengetahuan yang luas dan kuat untuk: (a) memahami hakikat dan peran inkuiri ilmiah dalam fisika, serta menggunakan keterampilan-keterampilan dan proses-proses inkuiri, (b) memahami fakta-fakta fundamental dan konsep-konsep utama dalam fisika, (c) dapat membuat jalinan konseptual dalam disiplin fisika sendiri maupun antar disiplin sains, (d) mampu menggunakan pemahaman dan kemampuan-kemampuan ilmiah bila berhadapan dengan isu-isu personal dan sosial (*National Research Council, 1996*). Suprpto (2000) mengungkapkan sejumlah kemampuan-kemampuan generik yang dapat dikembangkan dalam pembelajaran fisika. Kemampuan generik tersebut adalah: kemampuan pengamatan langsung atau tidak langsung, kesadaran akan skala besaran, bahasa simbolik, kerangka logika taat azas dari hukum alam, inferensi logika, hukum sebab

akibat, pemodelan matematika, dan membangun konsep. Kemampuan-kemampuan ini juga relevan untuk dikuasai oleh guru maupun calon guru.

McDermot (2000) dan *National Science Education Standards* (1996) mengemukakan bahwa melalui pembelajaran berbasis inquiry dapat meningkatkan kemampuan-kemampuan fisika. Calon guru Fisika perlu mempelajari sains yang esensial melalui konteks dan metode inkuiri. Calon guru sains harus mempelajari sains melalui inkuiri yang memberi kesempatan pada mahasiswa untuk melakukan observasi dan bekerja dengan melibatkan penalaran dalam perumusan prinsip-prinsip.

B. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan permasalahan di atas, penelitian ini difokuskan pada permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana peningkatan kemampuan bahasa simbolik dan kemampuan pemodelan matematika calon guru fisika melalui pembelajaran berbasis Inquiry?
2. Bagaimanakah efektifitas pembelajaran berbasis inquiry peningkatan kemampuan bahasa simbolik dan kemampuan pemodelan matematika calon guru?
3. Bagaimanakah respon calon guru fisika terhadap pembelajaran berbasis Inquiry yang diterapkan?

II. KAJIAN TEORITIS

A. Tugas dan Peran Guru Fisika

Dalam upaya mencapai tujuan-tujuan pendidikan, seorang guru tidak hanya bertugas sebagai pengajar melainkan juga sebagai pendidik. Misi utama guru sebagai pendidik ialah mengupayakan terwujudnya perkembangan kepribadian peserta didik dalam dimensi yang lebih luas untuk memberikan urunan nyata bagi pencapaian tujuan pendidikan (Depdikbud, 2004). Sejalan dengan pikiran di atas tugas-tugas guru fisika di sekolah adalah selain mengupayakan perolehan pengetahuan dan keterampilan fisika di kalangan peserta didik, juga mendorong daya nalar, cara berpikir logis, imajinasi, dan sistematis, bersikap kritis, terbuka, dan ingin tahu. Guru fisika harus dapat membawa anak didik untuk mengalami proses fisika, dan dapat meningkatkan motivasi sehingga dapat mengurangi persepsi bahwa pelajaran fisika adalah pelajaran yang berat. (National Research Council, 1996).

Untuk mewujudkan tugas dan peran di atas maka kegiatan belajar mengajar yang dilakukan guru harus dilandasi oleh prinsip-prinsip: berpusat pada peserta didik, mengembangkan kreativitas peserta didik, menciptakan kondisi menyenangkan dan menantang, mengembangkan beragam kemampuan yang bermuatan nilai, menyediakan pengalaman belajar yang beragam serta belajar melalui berbuat (Depdiknas, 2003). Berdasarkan tugas dan peran guru di atas maka sangat dibutuhkan sejumlah kemampuan-kemampuan guru fisika untuk melaksanakan peran dan tugasnya di sekolah. Oleh karena itu perlu ditinjau kembali bagaimana sistem pendidikan guru fisika di LPTK.

B. Pendidikan Calon Guru Fisika

Di dalam Kurikulum Universitas Pendidikan Indonesia (2002) dikemukakan salah satu tujuan kurikulum adalah mengembangkan sikap dan wawasan sebagai guru, pengajar dan tenaga kependidikan yang profesional. Lebih rinci diuraikan dalam Kurikulum Pendidikan MIPA LPTK Program S-1 (Dirjen Dikti: 1990) bahwa tujuan Pendidikan MIPA di LPTK adalah untuk menghasilkan calon guru Fisika yang menguasai pengetahuan dasar mengenai ilmu yang akan diajarkannya secara komprehensif, mantap, dan cukup mendalam sehingga para lulusan dapat mengembangkan dan menyesuaikan diri terhadap berbagai situasi dan perubahan yang terjadi di tempat tugasnya. Berdasarkan tujuan tersebut maka calon guru tidak hanya memiliki dan menguasai pengetahuan tapi juga memiliki kemampuan *adaptive* terhadap perubahan yang terjadi di lapangan.

National Science Teacher Association (1998) mengemukakan *Standards for Science Teacher Preparation* meliputi *content*, *Nature of Science*, *Inquiry*, dan *Context of Science*. *Standards for Science Teacher Preparation: Content*. Program yang mempersiapkan calon guru untuk membangun dan menginterpretasi konsep, ide dan hubungan dalam sains yang dibutuhkan untuk membelajarkan siswa. Standard *content* ini meliputi: konsep-konsep dan prinsip-prinsip yang dipahami melalui sains, konsep-konsep dan hubungan antar konsep penting dalam sains, proses penyelidikan dalam disiplin sains dan aplikasi matematika dalam penelitian sains.

Standards for Science Teacher Preparation: Inquiry. Program yang menyiapkan calon guru agar mendorong siswa secara reguler dan efektif dalam inkuiri ilmiah dan memfasilitasi pemahaman akan tahapan dalam berinkuiri dalam mengembangkan pengetahuan sains. Inkuiri meliputi mempertanyakan dan memformulasi masalah, merefleksi dan mengkonstruksi pengetahuan berdasarkan data, kolaborasi dan saling tukar informasi saat mencari solusi, mengembangkan konsep dan hubungan antar konsep berdasarkan pengalaman empiris.

C. Hakikat Fisika

Fisika adalah suatu disiplin yang membutuhkan banyak observasi fenomena, pengukuran yang tepat, interaksi yang luas dengan peralatan, eksperimen yang luas dan mendalam, serta interpretasi dan prediksi yang tepat (Renner, 1976). Renner juga menyatakan bahwa fisika adalah disiplin yang berupaya menjelaskan fenomena alam dan pengalaman apa yang perlu diselidiki bagi pertumbuhan intelektual. Dalam menyediakan pengalaman itu siswa harus berinteraksi dengan materi pelajaran.

Fisika adalah ilmu eksperimen. Para ahli fisika mengamati fenomena alam dan mencoba untuk menemukan pola dan prinsip-prinsip yang berhubungan dengan gejala tersebut. Model-model atau pola-pola tersebut disebut dengan teori fisika, atau prinsip ataupun hukum-hukum. Pengembangan teori dalam fisika seperti yang dikatakan Galileo selalu dimulai dari observasi atau eksperimen dan berakhir dengan observasi atau eksperimen. Fisika bukanlah fakta dan prinsip-prinsip saja, tetapi merupakan proses bagaimana orang sampai pada prinsip-prinsip umum yang menggambarkan perilaku fisik alam semesta. Menurut Tipler (1991) Fisika merupakan bagian dari sains yang berhubungan dengan: materi dan energi, hukum-hukum yang mengatur gerakan partikel dan gelombang, interaksi antar partikel, listrik dan magnet, optik, sifat-sifat molekul, atom dan inti atom, serta sistem berskala besar seperti gas, zat cair, dan zat padat.

Suprpto (2000) mengemukakan ada sekurang-kurangnya tiga alasan mengapa fisika diajarkan di pendidikan tinggi. *Pertama*, fisika dipandang sebagai *kumpulan pengetahuan* tentang gejala alam dan perandai alam yang dapat digunakan untuk membantu mengembangkan bidang-bidang profesi seperti kedokteran, pertanian, rekayasa teknik dan sebagainya. *Kedua*, fisika dipandang sebagai suatu *disiplin kerja* yang dapat menghasilkan sejumlah *kemahiran generik* untuk bekal bekerja di berbagai profesi yang lebih luas. *Ketiga*, fisika ditunjukkan bagi mereka yang menyenangi kegiatan *menggali informasi baru* yang dapat ditambahkan kepada ilmu fisika yang ada waktu ini. Berdasarkan alasan-alasan di atas tentunya alasan kedua yang cocok bagi calon guru karena fisika dSainsndang sebagai suatu *disiplin kerja* yang dapat menghasilkan sejumlah *kemahiran generik* untuk bekal bekerja sebagai profesi guru.

E. Kemampuan-kemampuan Fisika yang harus dikuasai oleh Calon Guru Fisika

Berdasarkan *National Science Education Standards* (National Research Council,1996), kemampuan yang harus dimiliki oleh calon guru fisika adalah :

1. Memahami hakikat inquiri ilmiah dan peran sentralnya dalam fisika, serta bagaimana menggunakan keterampilan-keterampilan dan proses-proses inquiri ilmiah.
2. Memahami fakta-fakta fundamental dan konsep-konsep utama dalam disiplin fisika.
3. Dapat membuat jalinan konseptual dalam disiplin fisika sendiri maupun antara disiplin sains dan disiplin lainnya seperti matematika, teknologi dan sosial.
4. Menggunakan pemahaman dan kemampuan ilmiah bila berhadapan dengan isu personal dan sosial.

Senada dengan McDermott (1990) mengemukakan bahwa kemampuan-kemampuan yang harus dimiliki oleh calon guru fisika adalah sebagai berikut :

- a. Calon guru harus mengembangkan kemampuan penalaran kualitatif dan kuantitatif.
- b. Calon guru harus dapat memecahkan persoalan-persoalan yang terdapat dalam buku teks tertentu. Pemecahan persoalan ini bukan hanya menekankan manipulasi matematikanya tetapi yang tak kalah penting adalah pada penalaran kualitatif.
- c. Pemahaman proses-proses ilmiah haruslah menjadi tujuan intelektual yang penting dalam kuliah bagi calon guru. Cara yang efektif untuk menyediakan pengalaman tersebut adalah dengan memberikan kesempatan pada calon guru untuk membangun model-model ilmiah dari pengamatannya sendiri. Calon guru harus melalui proses tersebut tahap demi tahap mulai dari pengamatan, menggambarkan inferensi, mengidektifikasi asumsi sampai kepada menguji dan memodifikasi hipotesis.
- d. Calon guru harus dapat mengungkapkan pikiran mereka dengan jelas. Mereka harus dapat membedakan kata-kata atau istilah teknik dengan pengertian sehari-hari.
- e. Calon guru harus mengantisipasi kesulitan-kesulitan konseptual umum yang dialami siswa dalam belajar fisika.
- f. Calon guru harus menguasai cara berpikir seorang ilmuwan yaitu menginterpretasikan konsep-konsep atau prinsip-prinsip fisika, mengorganisasikan pengetahuan fisika dan menata pengetahuan fisika secara efektif.

Menurut Suprpto (2000) kemampuan generik yang dapat ditumbuhkan dalam pembelajaran fisika adalah :

- (1) *Pengamatan langsung* adalah mengamati objek secara langsung. Misalnya saat mengamati perubahan posisi benda terhadap waktu, mengamati perubahan panjang logam karena dipanaskan, mengamati perubahan suhu zat karena dipanaskan. Aspek

pendidikan yang amat penting adalah melatih kejujuran, kesadaran akan batas-batas ketelitian sehingga penggunaan teori kesalahan dalam pengukuran merupakan aspek penting dalam pengamatan langsung.

- (2) *Pengamatan tidak langsung* adalah pengamatan terhadap objek-objek yang tak dapat dilihat atau didengar, atau dicium. Misalnya pengukuran terhadap percepatan gravitasi bumi, pengukuran terhadap gejala radioaktivitas dan lain-lain.
- (3) *Kesadaran akan skala besaran*. Fisika banyak melibatkan besaran-besaran dari skala kecil sampai skala yang sangat besar (skala jagat raya), baik menyangkut jarak maupun dalam hal jumlah benda.
- (4) *Bahasa simbolik*. Tidak seluruhnya gejala-gejala alam dapat diungkapkan dengan bahasa sehari-hari khususnya yang diungkapkan secara kuantitatif. Sifat kuantitatif dari gejala memerlukan pengungkapan secara simbolik. Misalnya gerak benda dalam mekanika, termodinamika dan elektrodinamika diungkapkan dalam persamaan diferensial.
- (5) *Inferensi Logika*. Matematika merupakan bahasa hukum alam dalam bentuk matematika, ilmuwan dapat menggali konsekuensi-konsekuensi logis semata-mata lewat inferensi logika. Hasil-hasil inferensi logika dapat dibuktikan secara meyakinkan melalui percobaan-percobaan. Misalnya ramalan-ramalan adanya neutrino dan positron merupakan hasil inferensi logika yang eksistensinya kemudian ditemukan.
- (6) *Kerangka logika taat azas*. Dalam fisika aturan-aturan alam yang diungkapkan memiliki sifat taat azas secara logika (*logically self consistency*). Matematika sebagai bahasa yang sangat cermat memiliki sifat yang memudahkan untuk menguji ketaataazasan itu.
- (7) *Hukum Sebab akibat*. Ilmu-ilmu alam/fisika merupakan gejala-gejala alam saling berkaitan dalam suatu pola *sebab akibat* yang dapat dipahami dengan penalaran yang seksama. Hukum II Newton misalnya disimpulkan dari pengamatan empiris bahwa jika ada gaya yang bekerja pada benda, maka padanya akan timbul percepatan yang sebanding dengan gaya tersebut dan arahnya dalam arah gaya. Sebagian besar hukum-hukum fisika merupakan hubungan sebab akibat.
- (8) *Pemodelan matematika*. Fisika banyak melibatkan rumus-rumus untuk melukiskan hukum-hukum alam. Rumus-rumus tersebut pada hakikatnya adalah sebuah model yang ungunya menggunakan bahasa matematika. Misalnya pemodelan gerak periodik, pemodelan peluruhan radioaktif, pemodelan penurunan suhu air dan lain-lainnya.
- (9) *Membangun konsep*. Tidak semua gejala alam dapat dipahami dengan menggunakan bahasa sehari-hari. Untuk itu perlu dibangun suatu pengertian yang disebut konsep. Misalnya konsep energi, konsep entropi, konsep momentum, konsep gaya dan sebagainya. Guru perlu memahami definisi operasional dari konsep-konsep dan membedakannya dengan pengertian sehari-hari (McDermott, 1990).

F. Kemampuan Bahasa Simbolik

Banyak perilaku alam, khususnya yang dapat diungkapkan secara kuantitatif, yang tidak dapat diungkapkan dengan 'bahas' komunikasi sehari-hari. Sifat kuantitatif tersebut menyebabkan adanya keperluan untuk menggunakan *bahasa yang kuantitatif* juga. Dalam matematika ada aljabar sederhana yang dapat digunakan untuk misalnya

melukiskan perbesaran atau pengecilan benda dalam Optika Geometri. Tetapi gerak benda secara mekanika misalnya, hanya dapat diungkapkan dalam bentuk *persamaan diferensial*. Demikian juga halnya dengan termodinamika.

Harus diakui bahwa tidak semua orang dapat dilatih untuk fasih dalam 'bahasa' simbolik ini. Lazimnya disediakan matakuliah yang namanya Fisika Matematik untuk melatih kefasihan penggunaan bahasa simbolik. Mengingat tujuan pembelajaran 'kalkulus' di fisika dimaksudkan sebagai 'bahasa' atau *alat untuk mengungkapkan sejumlah hukum atau peringai alam, maka sebaiknya cara mengajarkannya selalu dikaitkan dengan topik peristiwa, atauran, atau perangai alam yang ingin di'bahasa'kan*. Kesederhanaan serta makna dari *ungkapan simbolik* itu dalam kaitan dengan gejala atau peristiwa alam yang ingin di'bahasa'kan perlu memperoleh prioritas.

Pengertian 'integral' sebagai penjumlahan, atau 'diferensial' sebagai selisih dengan interval kecil, perlu diungkapkan dengan menggunakan data-data riil seperti Integrasi numerik maupun diferensial numerik. Penjelasan tentang hal tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan komputer atau kalkulator sehingga dapat mempermudah mahasiswa dalam memahami maknanya dan dalam melukiskan gejala alam yang dapat teramati secara konkret.

G. Kemampuan Pemodelan Matematik

Rumus-rumus yang melukiskan hukum-hukum alam dalam fisika adalah buatan manusia yang ingin melukiskan gejala dan peringai alam tersebut, baik dalam bentuk kualitatif maupun kuantitatif. Jadi kita dapat menyebutnya sebagai 'model' yang ungunannya menggunakan 'bahasa' matematika. Karena pada hakekatnya ungkapan itu adalah 'model' maka dalam fisika kita juga mengenal 'model alternatif' (tidak harus hanya satu model).

Untuk mekanika klasik kita mengenal cara pengungkapan yang paling tua, yaitu model Newton. Tetapi mekanika yang sama juga dapat diungkapkan dalam bentuk alternatif lain, yaitu modelnya Hamilton. Dalam mengajarkan fisika, sebaiknya jika model yang kita ajarkan mempunyai lebih dari satu cara, jelaskan alternatif yang lainnya. Biasanya masing-masing alternatif mempunyai kelebihan dan kekurangannya. Dengan sajian alternatif tersebut kita akan dapat membantu mahasiswa untuk memahami suatu makna lebih mendalam lagi.

Mekanika kuantum, juga timacam model alternatif: pertama yang paling populer disebut mekanika gelombang (Schrodinger), yang kedua mekanika matriks (Heisenberg) dan yang ketiga adalah model Path Integral (Feuman).

Latihan pemodelan matematik gejala-gejala alam juga dapat diajarkan dengan membuat obyek-obyek sederhana, seperti Peluruhan Badan Radioaktif, Peluruhan Suhu Secangkir Kopi Panas, ...dsb. dengan peralatan komputer saat ini proses pemodelan dapat diajarkan dengan cara yang lebih mudah dan menarik, karena memberi kebebasan bagi mahasiswa untuk bereksperimen dengan model-model yang dikarangnya sendiri. Dengan cara ini kita dapat mendidika mahasiswa untuk mempunyai sikap "berpikir alternatif" (tidak bersikeras dengan satu macam cara untuk memahami sebuah permasalahan).

III. Metode Penelitian

Penelitian ini termasuk jenis penelitian dan Pengembangan Pendidikan (*Educational Research dan Developmnet*) yang disingkat dengan R & D. Menurut Borg & Gall (1983) *Educational Research dan Development* adalah suatu proses yang digunakan untuk mengembangkan dan memvalidasi produk-produk pendidikan. Produk pendidikan yang dimaksud dalam penelitian ini adalah program pembelajaran Fisika Dasar untuk meningkatkan kemampuan-kemampuan fisika bagi calon guru melalui pembelajaran berbasis inquiry, yang meliputi Deskripsi, Silabi, Satuan Acara Perkuliahan Fisika Dasar I, Skenario Pembelajaran, Media Pembelajaran, Lembar Kerja Mahasiswa dan Penilaian yang berorientasi pada kemampuan-kemampuan fisika.

A. Subjek Penelitian

Subjek penelitian ini adalah mahasiswa calon guru semester I Jurusan Pendidikan Fisika yang sedang mengikuti mata kuliah Fisika Dasar I. Mahasiswa ini terdiri dari 120 orang yang dibagi menjadi empat kelas yang masing-masing terdiri dari \pm 30 orang. Dari empat kelas tersebut diundi untuk memperoleh satu kelas eksperimen (A-1) dan satu kelas kontrol (A-2). Jumlah mahasiswa kelas eksperimen adalah 30 orang terdiri dari 7 orang laki-laki dan 23 orang wanita. Sedangkan jumlah mahasiswa kelas kontrol adalah 29 orang yang terdiri dari 7 orang laki-laki dan 22 orang wanita.

Kelompok eksperimen adalah kelompok yang akan mendapatkan program pembelajaran berorientasi pada kemampuan fisika, sedangkan kelompok kontrol adalah kelompok yang akan mendapatkan program pembelajaran reguler. Pengaruh dari perlakuan eksperimen nantinya diperhitungkan melalui perbandingan gain kelompok eksperimen dan gain kelompok kontrol terhadap pencapaian kemampuan-kemampuan fisika masing-masing.

B. Instrumen Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan berbagai instrumen, baik dalam pembelajaran maupun dalam pengumpulan data. Instrumen-instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Pedoman observasi. Pedoman ini digunakan untuk mengobservasi proses pembelajaran
2. Satuan Acara Perkuliahan (SAP) dan Bahan ajar. Bahan ajar ini terdiri dari Modul Fisika Melalui Inkuiri dan Pedoman Aktifitas Fisika.
3. Kuesioner. Kuesioner ini digunakan untuk mengetahui pendapat mahasiswa tentang pembelajaran yang dialaminya.
4. Catatan-catatan harian peneliti. Catatan ini digunakan untuk menilai pembelajaran dan kendala-kendala yang dialami.
5. Tes kemampuan-kemampuan fisika. Tes ini digunakan untuk mengukur tingkat penguasaan kemampuan-kemampuan fisika oleh calon guru fisika.

C. Perencanaan Model Perkuliahan

Bertolak dari hakikat tugas guru dan peran guru di sekolah; kemampuan-kemampuan fisika yang harus dikuasai oleh calon guru; hakikat pembelajaran fisika bagi calon guru; dan karakteristik materi subjek Fisika Dasar, dapat dirancang sebuah model pembelajaran untuk meningkatkan penguasaan mahasiswa terhadap materi fisika dasar I.

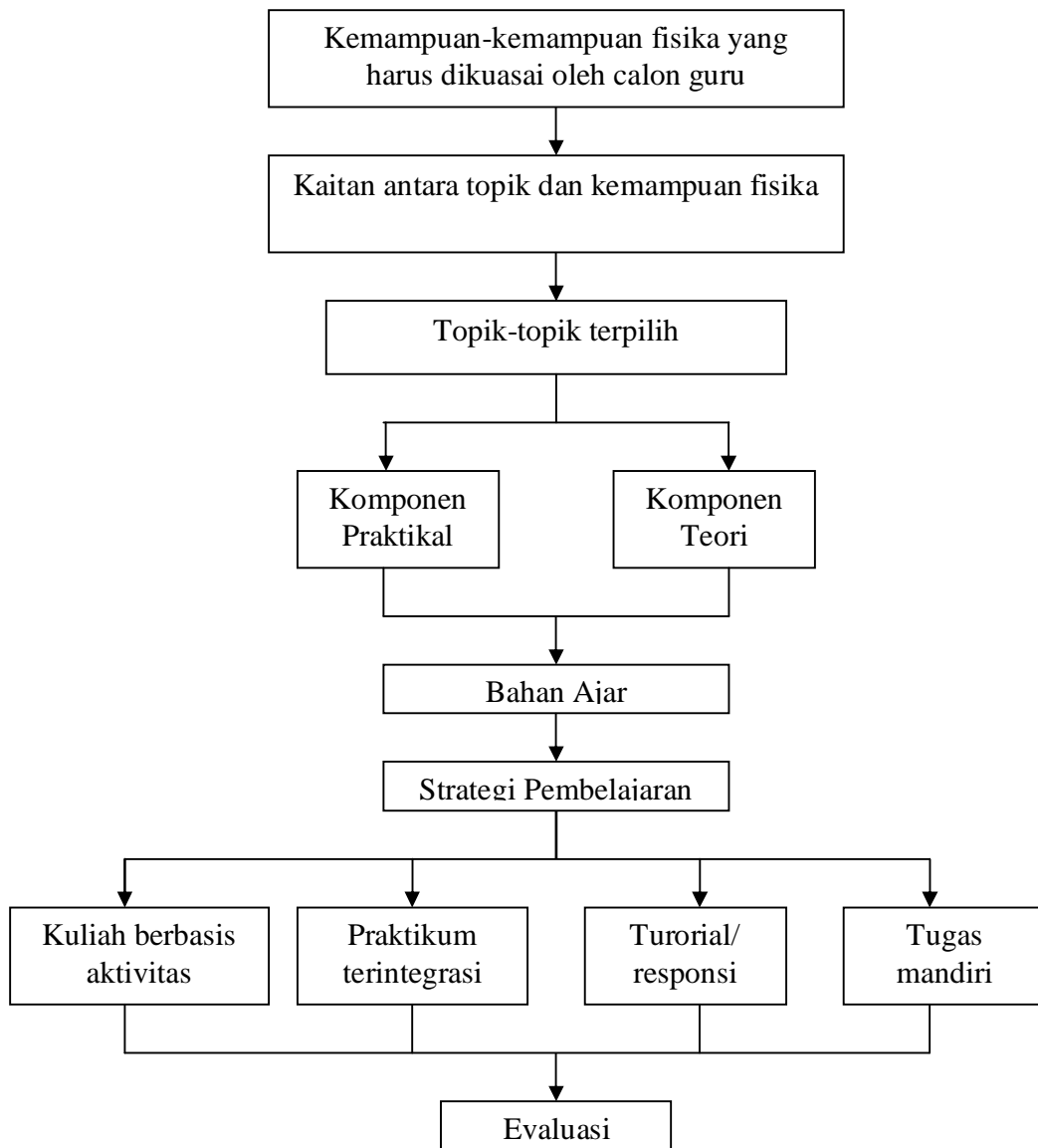
Model ini mencakup komponen-komponen seperti: kemampuan-kemampuan fisika yang harus dikuasai guru; kaitan topik-topik fisika dasar dengan kemampuan-kemampuan fisika; topik-topik terpilih; bahan ajar; strategi pembelajaran (kuliah berbasis aktivitas, praktikum terintegrasi, tutorial/responsi dan tugas mandiri); dan model evaluasi. Kaitan komponen-komponen model pembelajaran ini secara sederhana dinyatakan dalam gambar 1.

D. Identifikasi Topik-Topik Fisika

Bertolak dari karakteristik topik-topik fisika dasar I, hasil wawancara dengan mahasiswa yang telah mengambil matakuliah fisika dasar I, Kemampuan-kemampuan fisika yang teridentifikasi, maka dalam penelitian ini dipilih topik-topik Kinematika Partikel, Dinamika Partikel, Impuls dan Momentum, Usaha dan Energi, Panas dan Termodinamika. Pemilihan topik-topik tersebut dianalisis berdasarkan kemampuan fisika yang dapat dikembangkan. Analisis topik fisika berdasarkan indikator kemampuan fisika dapat dilihat pada tabel 1.

Tahapan selanjutnya dalam pengembangan program pembelajaran Fisika Dasar I adalah sebagai berikut:

- a) Mengidentifikasi tujuan pembelajaran
- b) Mengidentifikasi kemampuan fisika bagi calon guru
- c) Mengidentifikasi topik yang dapat menumbuhkan kemampuan fisika
- d) Mengidentifikasi dan merancang model pembelajaran yang diperkirakan dapat mewujudkan kemampuan -kemampuan fisika.
- e) Merancang instrumen penelitian dan instrumen pembelajaran seperti tes, kuesioner, lembaran observasi, pedoman wawancara, SAP, bahan ajar yang meliputi materi perkuliahan, materi praktikum, tugas-tugas latihan dan tugas terbuka.



Gambar 1 Kaitan antar Komponen-Komponen Model Pembelajaran

Tabel 1
Topik-topik Fisika Berdasarkan Indikator Kemampuan Fisika

KEMAMPUAN	INDIKATOR	TOPIK
Bahasa Simbolik	1. Mahasiswa dapat menjelaskan makna dari ungkapan simbolik dalam kaitan dengan gejala atau peristiwa alam	Dinamika Partikel, Impuls dan Momentum, Usaha dan Energi, Benda tegar, Elastisitas, Fluida, Suhu dan Kalor
Pemodelan Matematik	2. Mahasiswa dapat menggunakan rumus-rumus (model matematika) untuk melukiskan hukum-hukum alam. 3. Dengan menggunakan instruksi, aturan, langkah aritmatik, logika atau geometri, maka mahasiswa dapat meramalkan suatu fenomena fisika.	Dinamika Partikel, Impuls dan Momentum, Usaha dan Energi, Benda tegar, Elastisitas, Fluida, Suhu dan Kalor

E. Teknik Analisis Data

Data berupa skor kemampuan-kemampuan fisika yang diperoleh mahasiswa calon guru akan dianalisis secara statistik deskriptif. Tingkat penguasaan kemampuan-kemampuan fisika yang dinyatakan dengan katagori kemampuan yang didasarkan pada kriteria PAP. Disamping itu juga digunakan kecenderungan memusat. Untuk melihat peningkatan kemampuan-kemampuan fisika yang diperoleh oleh mahasiswa calon guru akan dilakukan perbandingan antara rata-rata skor pre-test dengan rata-rata skor post-test. Untuk menguji signifikansi perbedaan kedua rata-rata itu digunakan uji-t (t-test).

Keunggulan/tingkat efektivitas pendekatan pembelajaran yang digunakan dalam meningkatkan kemampuan Fisika calon guru akan ditinjau dari perbandingan nilai gain ternormalisasi (normalized gain) yang diperoleh dari penggunaannya. Untuk perhitungan gain ternormalisasi dan pengklasifikasiannya digunakan perumusan yang didefinisikan oleh R. R.Hake (1998) sebagai berikut:

$$\langle g \rangle = \frac{\% \langle G \rangle}{\% \langle G \rangle_{\max}} = \frac{\% \langle S_f \rangle - \% \langle S_i \rangle}{100 - \% \langle S_f \rangle}$$

disini: $\langle g \rangle$ adalah rata-rata gain ternormalisasi dari kedua pendekatan pembelajaran yang merupakan rasio dari gain aktual $\langle G \rangle$ terhadap gain maksimum yang mungkin terjadi $\langle G \rangle_{\max}$, sedangkan $\langle S_f \rangle$ dan $\langle S_i \rangle$ merupakan rata-rata kelas dari tes akhir dan tes awal

Tinggi rendahnya gain ternormalisasi diklasifikasikan seperti pada tabel 2

Tabel 2. Nilai Gain Ternormalisasi dan Klasifikasinya

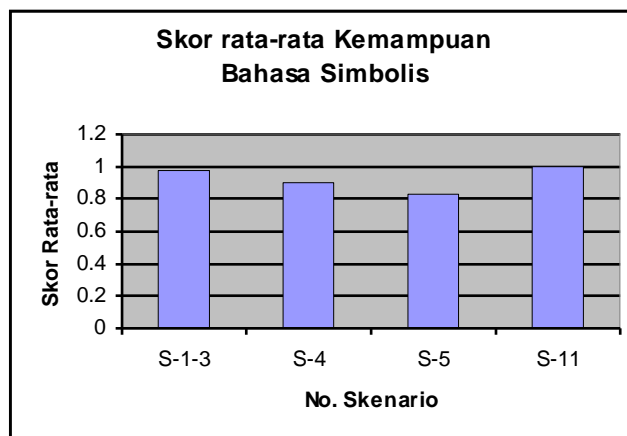
Gain	Klasifikasi
$\langle g \rangle \geq 0,7$	Tinggi
$0,7 > \langle g \rangle \geq 0,3$	Sedang
$\langle g \rangle < 0,3$	Rendah

IV. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pembelajaran Fisika Dasar I dengan strategi kuliah berbasis aktifitas, praktikum terintegrasi dan tugas mandiri pada topik Kinematika partikel dilaksanakan dalam 10 pertemuan. Dalam satu pertemuan dirancang skenario pembelajaran berbasis inkuiri yang terdiri dari tahapan pendahuluan, kegiatan inti dan penutup. Pada kegiatan praktikum terintegrasi mahasiswa melakukan percobaan-percobaan dengan menggunakan petunjuk percobaan yang berbasis inkuiri yang diadaptasi dari *Physics by inquiry* (McDermott, 1996), pada kuliah berbasis aktivitas mahasiswa difasilitasi dengan lembar kerja mahasiswa yang diadaptasi dari *Workshop Physics Activity Guide* (Priscilla Laws, 1997) dan tugas mandiri yang berorientasi pada *problem solving*.

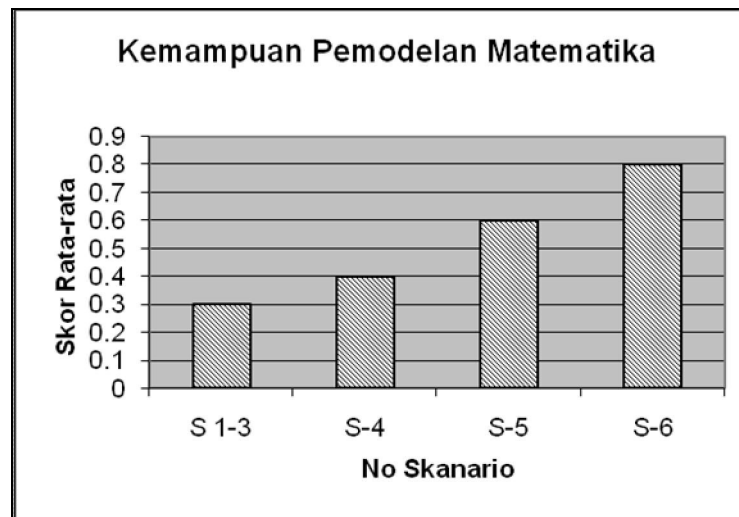
Kemampuan fisika dianalisis berdasarkan data hasil kinerja mahasiswa dalam melakukan percobaan maupun dalam mengerjakan Lembar Kerja Mahasiswa. Setiap tugas yang harus dikerjakan oleh mahasiswa diberi skor 1 untuk jawaban benar dan 0 untuk jawaban yang salah. Analisis ini dilakukan setiap pertemuan yang diberi nomor skenario (S-no pertemuan). Rata-rata skor kemampuan tertentu dari skenario pertama hingga skenario 11 dapat dilihat ada grafik berikut ini.

Kemampuan menggunakan bahasa simbolik terukur pada enam pertemuan dengan skor rata-rata di atas 0,8. Kemampuan menggunakan bahasa simbolik tertinggi terjadi pada skenario 11 yang membahas tentang penyelesaian persoalan tentang aplikasi kinematika. Skenario-skenario yang dikembangkan memang memfasilitasi mahasiswa untuk berlatih menggunakan bahasa simbolik sehingga mahasiswa dapat lebih memahami makna dari simbol-simbol fisika yang dipelajari.



Berdasarkan profil kemampuan-kemampuan fisika inilah dapat disimpulkan bahwa kemampuan-kemampuan fisika dapat tumbuh melalui proses yang melibatkan mahasiswa aktif dalam melakukan aktivitas pembelajaran baik melalui praktikum yang terintegrasi, kuliah berbasis aktivitas dan juga melalui kegiatan tugas mandiri.

Kemampuan Pemodelan Matematika pada enam pertemuan pertama dapat dilihat pada gambar di bawah ini. Grafik tersebut menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kemampuan pemodelan matematika, berdasarkan latihan yang dilakukan oleh mahasiswa calon guru dengan menggunakan LKM *physics by Inquiry*.



Analisis Hasil Observasi Proses Pembelajaran

Observasi pembelajaran dilakukan secara kontinu oleh seorang orang observer pada setiap pertemuan. Hasil observasi dapat dilihat pada tabel berikut ini.

No.	Aspek yang diobservasi	Penilaian			
		Baik Sekali	Baik	Sedang	Kurang
1	Tingkat kesiapan mahasiswa mengikuti perkuliahan	2* (20%)**	8 (80%)		
2	Partisipasi mahasiswa secara umum	4 (40%)	6 (60%)		
3	Respon terhadap tugas/penyelesaian tugas	3 (30%)	7 (70%)		
4	Persiapan mahasiswa dalam tutorial dan responsi		5 (50%)	1 (10%)	
5	Kegairahan mahasiswa mengikuti perkuliahan	2 (20%)	7 (70%)	1 (10%)	
6	Efisiensi waktu		6(60%)	2(20%)	2(20%)

Keterangan : *) jumlah pertemuan

***) prosentase terhadap total pertemuan

Berdasarkan tabel di atas menunjukkan bahwa tingkat kesiapan mahasiswa, partisipasi mahasiswa dan respon terhadap tugas yang diberikan selama 9 pertemuan pada umumnya berada pada kategori baik dan baik sekali (>90%). Sedangkan Persiapan tutorial dan responsi selama enam pertemuan berada pada katagori baik dan sedang. Kegairahan mahasiswa dalam mengikuti Perkuliahan sembilan pertemuan berada pada kagori baik sekali dan baik, sedangkan satu pertemuan pada katagori sedang. Faktor yang perlu dipertimbangkan adalah efisiensi waktu. Berdasarkan tabel di atas dua kali pertemuan observer menyatakan kurang efisien dan dua kali pertemuan menyatakan sedang. Hal ini dirasakan oleh peneliti bahwa pembelajaran berorientasi pada kemampuan membutuhkan waktu yang cukup lama. Hal ini disebabkan proses pembelajaran yang diberikan sangat menekankan pada proses berpikir mahasiswa sehingga diberikan waktu yang cukup untuk menyelesaikan tugas dan problem yang diberikan.

Analisis Pre-test dan Post-test

Analisis peningkatan kemampuan fisika yang berkembang pada topik Kinematika ini juga dilakukan melalui analisis gain ternormalisasi dari skor pre-test dan post-test setiap kemampuan yang tumbuh. Dari hasil test yang dilakukan diperoleh data sebagai berikut:

No Soal	Kemampuan Fisika	Pre-test	Post-test	n-Gain	Kategori
1	Menggunakan Bahasa Simbolik	4.3	6.4	0.37	Sedang
2	Menggunakan Bahasa Simbolik	4.8	7.9	0.60	Sedang
3	Menggunakan Bahasa Simbolik	3.2	8.2	0.74	Tinggi
4	Menggunakan Bahasa Simbolik	3.8	8.2	0.71	Tinggi
5	Menggunakan Bahasa Simbolik	4	6.5	0.42	Sedang
6	Pemodelan matematika	2.5	7.9	0.72	Tinggi
7	Pemodelan matematika	3.2	8	0.71	Tinggi
8	Pemodelan matematika	5.5	7.5	0.44	Sedang
9	Pemodelan matematika	3.5	6.8	0.51	Sedang
10	Pemodelan matematika	4	8.2	0.70	Tinggi
Rata-rata				0.59	Sedang

Rata-rata gain ternormalisasi dari skor kemampuan fisika berada pada katagori sedang (0,59). Hal ini menunjukkan bahwa ada peningkatan kemampuan fisika yang dikembangkan pada topik kinematika, dengan katakatori efektifitas pembelajaran **sedang**.

Respon Mahasiswa terhadap Pembelajaran

Berdasarkan kuesioner yang menggali respon mahasiswa tentang pembelajaran yang diterapkan meliputi kemampuan-kemampuan fisika, kaitan kemampuan fisika dengan topik yang diberikan, bahan ajar yang digunakan dan proses pembelajaran (kuliah berbasis aktifitas, praktikum terintegrasi dan tugas-tugas terbuka). Data yang diperoleh dari 30 orang mahasiswa yang mengikuti perkuliahan fisika dasar I dapat dilihat dari tabel berikut ini.

No.	Aspek pada pernyataan	Penilaian			
		SS	S	TS	STS
1	Pembelajaran berorientasi pada kemampuan Fisika.	19 (63,3%)	11 (36,7%)		
2	Pembelajaran terpusat pada mahasiswa	10 (33,3%)	20 (66,7%)		
3	Pembelajaran mendorong untuk mengemukakan pendapat dan pertanyaan-pertanyaan	5 (16,7%)	22 (73,3%)	3 (10%)	
4	Pembelajaran mendorong untuk menemukan sendiri konsep-konsep dan prinsip-prinsip fisika.	6 (20%)	21 (70%)	3 (10%)	
5	Praktikum yang terintegrasi dengan kuliah lebih membantu dalam memahami konsep-konsep dan prinsip-prinsip fisika.	9 (30%)	20 (66,7%)	1 (3,3%)	
6	Praktikum membantu untuk mengembangkan kemampuan berpikir kualitatif dan kuantitatif.	3 (10%)	25 (83,3%)	2 (6,7%)	
7	Praktikum menyadari peranan praktikum dalam perkuliahan fisika dasar.	6 (20%)	24 (80%)		
8	Bahan belajar membuat frekuensi belajar di rumah lebih banyak.	2 (6,7%)	22 (73,3%)	6 (20%)	
9	Bahan belajar mampu mengarahkan pada konsep-konsep dan prinsip-prinsip penting yang perlu dipelajari	8 (26,7%)	21 (70%)	1 (3,3%)	
10	Bahan belajar menunjukkan kemampuan-kemampuan fisika yang harus dikuasai oleh calon guru	8 (26,7%)	22 (73,3%)		
11	Tugas-tugas rumah yang diberikan memperkaya penguasaan tentang konsep-konsep dan prinsip-prinsip.	5 (16,7%)	22 (73,3%)	3 (10%)	

No.	Aspek pada pernyataan	Penilaian			
		SS	S	TS	STS
12	Tugas-tugas rumah memberikan memotivasi dalam belajar fisika.	3 (10%)	22 (73,3%)	5 (16,7%)	

Berdasarkan data tersebut respon mahasiswa tentang pembelajaran yang diterapkan pada umumnya (>80%) memberikan respon yang positif baik dalam hal kemampuan fisika yang dikembangkan, bahan ajar yang digunakan maupun proses pembelajaran yang diterapkan.

V. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diuraikan di atas maka dapat disimpulkan bahwa:

- Ø Berdasarkan analisis gain ternormalisasi (0,59), pembelajaran yang diterapkan dapat secara efektif meningkatkan kemampuan bahasa Simbolik dan pemodelan matematika yang dikembangkan.
- Ø Respon mahasiswa terhadap pembelajaran yang diterapkan menunjukkan respon positif dalam hal proses pembelajaran bagi calon guru bahan ajar yang digunakan dan dapat meningkatkan motivasi belajar fisika.
- Ø Hasil observasi menunjukkan bahwa melalui pembelajarn yang diterapkan baik dalam aspek kesiapan dan partisipasi mahasiswa, respon dalam menyelesaikan tugas dan kegairahan mengikuti perkuliahan menunjukkan pada katagori baik. Sedangkan faktor waktu masih belum menunjukkan efisiensi yang baik. Hal ini merupakan kendala yang dihadapi sehingga perlu dipikirkan bagaimana strategi yang harus dilakukan untuk mengefisiensikan waktu tetapi tujuan pembelajaran tetap tercapai.

Berdasarkan hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa perlu adanya penelitian lanjutan yang mengembangkan kemampuan fisika lainnya pada topik layng berbeda pada perkuliahan fisika dasar. Kemampuan-kemampuan yang harus dimiliki oleh calon guru merupakan salah satu faktor penting dalam mempersiapkan calon guru yang profesional, sehingga perlu pembekalan kemampuan fisika yang efektif selama mahasiswa mengikuti perkuliahan di Jurusan pendidikan Fisika.

DAFTAR PUSTAKA

- Craven, J.A. & Penick, J. (2001). "Preparing New Teachers To Teach Science : The Role of The Science Teacher Educator". *Electronic Journal of Science Education* 68 (4), (112-128).
- Puskur Depdiknas. (2001). *Kurikulum Berbasis Kompetensi Mata Pelajaran Fisika SMU*. Jakarta : Depdiknas.
- Heuvelen, A., V. (2000). Millikan Lecture 1999 : "The Workplace, Student Minds, and Physics Learning Systems". *American Journal of Physics*, Vol. 69 (11). Nov 2000.
- Karim, S. (2000). Peningkatan Pemahaman Fisika Dasar Poko Bahsan Kinematika da Dinamika Partikel dengan Batuan Peraga Kinematika dan Dinamika pada

Mahasiswa TPB Jurusan Pendidikan Fisika Angkatan 2000/2001. Laporan Penelitian Dosen FPMIPA UPI : Tidak diterbitkan.

McDermott, L.C. (1990). "A Perspective on Teacher Preparation in Physics and Other Sciences : The Need for Special Science Course for Teacher". *American Journal of Physics*. 58 (6) 56-61.

_____. (1996). *Physics By Inquiry, An Introduction to physics and the Physical Sciences*. Vol I, New York : John Wiley & Sons Inc.

_____. (2000). "Preparing Teacher to teach Physics and Physical Science by Inquiry". *Physics Education*. 35 (6), 411-416.

National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. Washington DC : National Academy Press.

National Science Teacher Association. (1998). *Standards for Science Teacher Preparation*. National Science Teacher Association: New York.

Priscilla W. Laws. (1997). *Workshop Physics Activity Guide*. Modul 1. John Willey & Sons: New York.

Reif, F. (1995). Millican Lecture 1994 : "Understanding and Teaching Important Scientific Thought Processes". *American of Physics* . Vol. 63. No. 1. January 1995.

Renner, J.W. dan Lawson, A.E. (1973). "Promoting Intellectual Development Through Science Teaching". *The Physics Teacher*. 11 (5) 113-120.

Savinainen & Scott, Philip. (2002). The Force concept inventory: A Tool for monitoring student learning, *Physics Education*, 37 (1), 45-52.

Suprpto. B. (2000). *Hakikat Pembelajaran MIPA (Fisika) di Perguruan Tinggi*. Proyek Pengembangan Universitas Terbuka Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi. Jakarta : Depdiknas.