

A. JUDUL PENELITIAN

Pengembangan Model Analisis Struktur Pengetahuan Materi (ASPM) Termodinamika Dalam Rangka Menunjang Proses Pembelajaran Problem Solving Berbasis Konsep (PSBK) untuk Meningkatkan Keterampilan Intelektual Mahasiswa.

B. BIDANG ILMU

Pendidikan Fisika

C. PENDAHULUAN

Perjuangan panjang yang memakan waktu hampir 10 tahun yang dilakukan oleh staf Dosen di lingkungan FPMIPA UPI untuk bekerjasama dengan proyek JICA (Japan International Cooperation Agency) dari Jepang, kini telah membuahkan hasil. Sejumlah alat-alat praktikum maupun untuk demonstrasi telah diterima oleh 4 Jurusan yang ada di FPMIPA UPI. Hibah yang diberikan pemerintah Jepang itu tiada lain adalah untuk meningkatkan mutu hasil belajar MIPA. Oleh karena itu dengan adanya bantuan tersebut maka fasilitas untuk mengembangkan inovasi-inovasi pembelajaran di lingkungan FPMIPA UPI menjadi sangat terbuka.

Sebagai dosen mata kuliah Termodinamika yang telah mengajar mata kuliah tersebut selama 7 tahun, kami sering mengamati bahwa umumnya mahasiswa yang mengikuti perkuliahan Termodinamika sering mengalami kesulitan terutama dalam hal *menafsirkan grafik, penguasaan diferensial parsial dan interpretasi fisisnya, memahami konsep-konsep termodinamika dan sulit mengaplikasikan konsep-konsep termodinamika dalam kehidupan sehari-hari dan dalam teknologi*, sehingga materi termodinamika seakan-akan terpisah dari kehidupan nyata. Kebiasaan belajar fisika ketika mereka masih menduduki bangku SMU yang berorientasi pada ‘rumus-rumus jadi’ dan pembahasan soal-soal secara langsung tanpa menghiraukan pemahaman konsep-konsepnya, merupakan kendala utama mereka sehingga mereka sulit beradaptasi pada cara pembelajaran di Perguruan Tinggi.

Diperparah lagi dengan cara pembelajaran fisika di SMU yang hanya mengandalkan buku dan kapur tulis, sehingga pembelajaran fisika menjadi “melangit” dan jauh dari kehidupan nyata karena pembelajarannya hanya informatif saja. Hal ini

dapat dilihat dari data berikut ini. Berdasarkan data hasil penelitian dari Pusat Kurikulum (PUSKUR), bahwa muatan kurikulum fisika SMU memiliki prosentase sub topik yang secara eksplisit mencerminkan penerimaan lebih maju yang lebih besar, yaitu 57 % (kelas I), 38 % (kelas II), dan 42 % (kelas III). Dalam implementasinya, kegiatan belajar mengajar tidak terlaksana sebagaimana mestinya, hal ini disebabkan bahwa baik siswa (83,3%) maupun guru (80,6%) beranggapan bahwa metode ceramah dengan guru menulis dipapan tulis merupakan metode yang paling sering digunakan, diikuti dengan metode latihan (80,6 % guru dan 77,5 % siswa), pemecahan masalah (45,2 % guru dan 42,9% siswa) dan tanya jawab (64,5% guru dan 35,8% siswa). Menarik untuk dicermati bahwa *siswa cenderung menyatakan negatif* mengenai pendekatan pembelajaran melalui demonstrasi dan eksperimen (hanya 5% dan 10% yang menyatakan sering) dibanding guru (38,7% dan 25,8%). Tetapi dari data ini terungkap bahwa hanya sekitar 34,7 % siswa yang merasa kebingungan dan tidak mampu mengembangkan diri. Berarti sekitar 65,3% merasa dapat mengembangkan diri. Hal ini tergantung proses pembelajarannya.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Pusat Kurikulum (PUSKUR) secara Nasional, terungkap bahwa metode belajar mengajar atau pendekatan yang dipakai oleh Guru dan dilaporkan oleh guru dan siswa, dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini :

Tabel 1

Responden Metode/ Pendekatan	Guru (31 orang)			Siswa (240 orang)		
	Sering	Kadang-Kadang	Jarang/tak pernah	Sering	Kadang-Kadang	Jarang/Tak pernah
Ceramah	80,6%	16,1%	0	83,3%	11,7%	5,4%
Tanya Jawab	64,5%	9,7%	0	35,8%	11,3%	0,4%
Demonstrasi	38,7%	58,1%	0	5%	26,3%	64,2%
Latihan	80,6%	12,9%	22,6%	77,5%	7,9%	0,8%
Menulis Kreatif	6,5%	45,2%	3,2%	3,3%	15,8%	26,3%
Diskusi kelompok	38,7%	58,1%	6,5%	27,5%	53,8%	16,7%
Percobaan	25,8%	61,3%	12,9%	10%	44,6%	42,1%
Memecahkan Masalah	45,2%	35,5%	32,3%	42,9%	40%	12,9%

Dari tabel 1 jelas terungkap bahwa baik guru maupun siswa beranggapan bahwa metode ceramah dengan guru menulis di papan tulis merupakan metode yang paling sering digunakan, diikuti dengan metode latihan, pemecahan masalah dan tanya jawab. ***Menarik untuk dicermati bahwa siswa cenderung menyatakan negatif mengenai pendekatan pembelajaran melalui demonstrasi dan eksperimen.*** Kebiasaan seperti ini

terbawa terus oleh mahasiswa walaupun di tahun pertama sudah memperoleh perkuliahan fisika dasar I dan II. Untuk menghilangkan kebiasaan ini diperlukan proses yang panjang. Sehingga Dosen-Dosen di Perguruan Tinggi mempunyai kewajiban moral untuk merubahnya.

Matakuliah termodinamika merupakan matakuliah siklus kedua yang berperan *untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa pada fisika dasar dan untuk membekali mahasiswa mengikuti matakuliah yang ada di siklus ketiga* baik pada struktur kurikulum Program Studi Pendidikan Fisika maupun Program Studi Fisika, terutama perkuliahan Fisika Statistik dan Seminar Fisika . Sehingga termodinamika sebagai salah satu sosok fisika yang memberikan deskripsi keadaan makroskopis, sangat penting memformulasikan deskripsi keadaan mikroskopis.

Namun demikian tujuan dari matakuliah termodinamika seperti yang tertuang dalam deskripsi matakuliah tersebut diatas belum seperti yang diharapkan. Hal ini terlihat dari data hasil belajar mahasiswa yang mengikuti perkuliahan termodinamika 3 tahun terakhir, baik secara kualitatif maupun kuantitatif pada tabel berikut ini :

Tabel 2
Data Kelulusan Matakuliah Termodinamika
3 Tahun Terakhir di Jurusan Pendidikan Fisika
FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia

No	Tahun Ajaran	Semester	Jumlah Peserta Kuliah	Jumlah Mahasiswa yang lulus dengan Nilai			
				A	B	C	E
1.	2002/2003	1	65	3	6	45	12
2.	2001/2002	2	96	5	14	37	43
3.	2001/2002	1	87	4	9	40	34
4.	2000/2001	2	41	3	7	14	17
5.	2000/2001	1	68	5	7	21	35
6.	1999/2000	2	36	2	5	16	13
7.	1999/2000	1	52	3	4	13	32

Data diatas memberikan isyarat bahwa perlunya pengungkapan yang mendalam tentang berbagai faktor yang mempengaruhi ketidakkululusan mahasiswa pada mata kuliah termodinamika. Banyak faktor yang mempengaruhi kuantitas dan kualitas kelulusan mahasiswa pada perkuliahan termodinamika, yaitu : Perencanaan perkuliahan, penyajian

materi, pemberian motivasi, evaluasi, umpan balik, tindak lanjut, dan lain sebagainya. Pada penelitian ini kami akan memprioritaskan pada faktor penyajian materi perkuliahan dengan penekanan pada *pengembangan model analisa struktur pengetahuan materi Termodinamika untuk menunjang pembelajaran problem solving* untuk meningkatkan keterampilan intelektual mahasiswa melalui penelitian tindakan berbasis kelas, sehingga diharapkan melalui tindakan berbasis kelas yang dibantu dengan alat-alat peraga kiriman proyek JICA dan PGSM ini diharapkan dapat meningkatkan **kualitas proses** dan **hasil** pembelajaran Termodinamika.

Mengingat dalam matakuliah termodinamika banyak konsep-konsep essensial yang diperlukan sebagai prasyarat untuk mempelajari fisika lanjut, maka usaha-usaha untuk meningkatkan penguasaan terhadap konsep-konsep dan prinsip-prinsip termodinamika untuk memudahkan pemahaman pada fisika lanjut sangat mendesak untuk dilakukan. Salah satu usaha yang akan diupayakan adalah memperbaiki berbagai aspek proses pembelajaran dalam perkuliahan termodinamika melalui penelitian ini

Dari pengalaman kami selama mengajar matakuliah termodinamika umumnya mahasiswa peserta matakuliah tersebut mengalami kesulitan dalam hal-hal sebagai berikut :

- 1) Termodinamika adalah ilmu yang mempelajari perilaku zat dibawah kontrol suhu. Keadaan zat dalam kesetimbangan termodinamik dapat digambarkan oleh persamaan keadaannya. Persamaan keadaan adalah persamaan yang menyatakan cara berhubungannya koordinat-koordinat termodinamika atau variabel sistem. Perubahan satu variabel sistem dapat mempengaruhi variabel sistem yang lain. Untuk mengkuantitatifkan perubahan infinit pada sistem diperlukan ***penguasaan diferensial parsial*** , terutama tafsiran-tafsiran fisis tentang diferensial eksak dan tak eksak, bagaimana cara mencari persamaan keadaan suatu sistem, bagaimana membedakan besaran fisika yang merupakan fungsi keadaan dan bukan fungsi keadaan, perumusan-perumusan termodinamika secara lengkap dari Maxwell dan sebagainya. Dalam hal inilah umumnya mahasiswa mengalami kesulitan belajar.

- 2) *Tafsiran-tafsiran fisis dari representasi grafis tentang segala proses yang terjadi pada sistem*, misalnya proses isokhorik, isotermik, isobarik, adiabatik dan isentropik umumnya direpresentasikan dalam diagram P-V, P-T, V-T, dan T-S. Ini merupakan dasar untuk memahami macam-macam siklus. Begitu pula tentang gambaran grafis keadaan sistem, diagram P-V-T gas, keadaan agregasi atau fase zat murni, dan sebagainya.
- 3) Termodinamika untuk program S-1 dibatasi hanya untuk sistem-sistem setimbang, sehingga banyak batasannya, misalkan proses harus berjalan kuasistatik, reversibel, non disipatif, dan sebagainya. Misalkan interaksi antara sistem dan lingkungan baik interaksi usaha, kalor, maupun massa harus berjalan kuasistatik, maka diperlukan syarat-syarat praktis dan teoritis agar keadaan tersebut tercapai. ***Umumnya mahasiswa kesulitan dalam memahami hukum-hukum dan prinsip-prinsip termodinamika dengan pembatasan-pembatasan tersebut***, sehingga perlu dirancang pembelajaran yang inovatif untuk mengatasi persoalan tersebut. Misalkan suatu sistem menerima kalor dan sistem tersebut mengalami perubahan suhu, bagaimana membayangkan perubahan suhu yang kuasistatik.
- 4) ***Mahasiswa tidak akan termotivasi untuk mempelajari sesuatu secara serius, bila manfaat dari apa yang dipelajarinya itu tidak terlihat***. Dalam termodinamika mereka belajar tentang hukum-hukum termodinamika. Misalnya mereka mempelajari hukum ke-0 tentang kesetimbangan termal, jika pembelajarannya sampai pada perancangan alat ukur suhu dengan menggunakan *thermometric property* pada saat menjelaskan hukum ke-0 tersebut, maka mahasiswa tidak akan mengalami kesulitan dalam hal tersebut. Begitu pula untuk hukum-hukum termodinamika yang lainnya.
- 5) Diantara kelemahan dan kesalahan umum yang sering dilakukan oleh pembelajar dalam perkuliahan Termodinamika adalah : (1) *Salah konsep*, (2) *Bagaimana mengaplikasikan konsep-konsep dan prinsip-prinsip dalam memecahkan masalah*, (3) *Penggunaan rumus-rumus yang tidak tepat* dan (4) *Pemahaman dan pembangunan konsep dan pengetahuan yang terintegrasi*.

Keberhasilan mahasiswa dalam memahami materi Termodinamika menentukan keberhasilannya pada mata kuliah-mata kuliah pada siklus-siklus di atasnya. Pola pembelajaran lama yang lebih menitikberatkan pada mahasiswa, secara psikologi justru lebih menekan mahasiswa. Berbagai upaya untuk memperbaiki situasi ini telah dilakukan, namun hasilnya belum seperti yang diharapkan. Upaya yang akan dilakukan pada penelitian ini, merupakan upaya yang sangat fundamental, karena hal ini didasari oleh trend pembelajaran yang sedang dilaksanakan di negara-negara maju, yaitu menempatkan pembelajaran bukan sebatas isu psikologis, tetapi lebih menekankan pada upaya membangun pengetahuan.

Hampir semua perkuliahan yang diberikan untuk mahasiswa pendidikan fisika dan fisika di Jurusan Pendidikan Fisika FPMIPA UPI khususnya dan Perguruan Tinggi lain pada umumnya, dalam perancangan perkuliahannya kurang melibatkan kendala waktu dan situasi yang sangat berperan dalam pengetahuan praktis dosen dalam kelas. Sehingga perkuliahan yang diberikan kurang memiliki kepekaan terhadap kondisi yang akan dihadapi oleh calon guru. Kendala waktu dan situasi sebenarnya mengendalikan bagaimana materi perkuliahan seharusnya diolah agar berpotensi lebih memenuhi kriteria mudah diajarkan dan mudah dijangkau oleh mahasiswa. Model Representasi Mengajar dalam hal ini memberikan jalan keluar bagaimana caranya menyeimbangkan dan menghemat fungsi-fungsi kognitif dalam PBM, agar keseluruhannya menjadi efektif dalam mewujudkan tugas bersama dalam membangun pengetahuan. Materi subyek dapat memenuhi kriteria mudah diajarkan jika fungsi kognitif yang dilibatkan tidak dibebani oleh tugas menyimpan sejumlah besar informasi, melainkan oleh antar hubungan informasi-informasi utama dalam bentuk representasi. Deskripsi antar ketergantungan dalam tugas membangun pengetahuan didasarkan pada bagaimana mengalih bentuk materi subyek menjadi bentuk representasi tertentu (Mc Diarmid dan Loewenberg, 1989)

Banyak faktor yang mempengaruhi kuantitas dan kualitas kelulusan mahasiswa pada mata kuliah Termodinamika, terutama untuk mahasiswa Jurusan Pendidikan Fisika, yaitu: Media pembelajaran, Perencanaan perkuliahan, penyajian materi, pemberian motivasi, evaluasi, umpan balik, tindak lanjut, dan lain sebagainya. Pada kegiatan

penelitian ini kami akan memprioritaskan pada faktor *pengembangan media pembelajaran, perencanaan perkuliahan dan penyajian materi perkuliahan.*

Dalam journal-journal pendidikan baik Nasional maupun Internasional telah terjadi perubahan kesadaran sehingga terjadi pergeseran paradigma dalam Proses Belajar Mengajar (PBM), dimana ***fenomena PBM bukan sekedar fenomena psikologi, tetapi fenomena materi subyek dan wacana membangun pengetahuan.*** Sehingga PBM, pengajar, pembelajar dan materi subyek harus dilihat sebagai hubungan ketergantungan dalam membangun pengetahuan.

Berdasarkan pemikiran di atas, dalam usulan penelitian ini kami mencoba untuk *memapankan peranan struktur ilmu dalam tugas mengembangkan kurikulum* melalui peranan materi subyek sebagai salah-satu komponen penting PBM. Sehingga kami mengajukan program ***pengembangan model analisis struktur pengetahuan materi Termodinamika dalam rangka menunjang proses pembelajaran problem solving berbasis konsep (PSBK).***

Melalui proses pembelajaran *problem solving berbasis konsep (PSBK)*, keterampilan intelektual pembelajar sebagai salah satu hasil proses belajar dapat *dikembangkan secara lebih efisien.* Dalam kaitan ini, Gagne (dalam Ratna Wilis Dahar,1991) mengintroduksi sebuah metoda yang dapat menstimulasikan perkembangan intelektualitas seseorang melalui belajar menggunakan metoda problem solving.

Metoda *pembelajaran problem solving*, dikontraskan dengan metoda *solved problem*, menghendaki tidak saja *kejelasan strategi* yang diterapkan oleh dosen maupun mahasiswa, *kurikulum* (Satuan Acara perkuliahan atau SAP) sebagai bahan rujukan dosen termasuk di dalamnya *media* dan *metoda* yang digunakan, serta *masalah* atau *topik-topik (problem)* yang dihadapi, tetapi juga *sejauh mana dosen dapat mempersiapkan sebuah materi pembelajaran dengan konsep-konsep yang terstruktur secara sistematis* sehingga mahasiswa dapat mengembangkan keterampilan intelektualnya secara maksimal.

Berdasarkan informasi yang peneliti dapatkan dari media internet, metoda pembelajaran problem solving untuk mata pelajaran fisika, sekarang ini tengah dikembangkan oleh *William Gerace, Robert Dufresne, Wiliam Leonard, dan Jose Mestre*

di *Department of Physics and Astronomy, University of Massachusetts* melalui **Pendekatan MINDS.ON PHYSICS (MOP), yaitu Pengembangan Konsep Berdasarkan Keterampilan Problem-Solving Dalam Fisika.** Sukses yang diperoleh kelompok ini dalam uji coba selama kurang lebih 10 tahun (sampai dengan tahun 1999) menunjukkan salah satu keunggulan *metoda problem solving*. Mereka mencatat bahwa sistem pembelajaran ini mampu mereduksi secara signifikan kelemahan dan kesalahan yang pada umumnya dilakukan pembelajar di tingkat SMU dan College pada bidang studi fisika.

Pada akhir kegiatan penelitian ini akan dihasilkan sebuah *buku panduan belajar Termodinamika* yang ditulis berdasarkan pengembangan model analisis struktur pengetahuan materi Termodinamika dalam rangka menunjang proses pembelajaran problem solving berbasis konsep (PSBK) yang dilengkapi dengan media dan metoda yang digunakan serta masalah atau problem yang dihadapi.

D. PERUMUSAN MASALAH

Dalam penelitian ini akan dikembangkan *model Analisis Struktur Pengetahuan Materi (ASPM) Termodinamika pada Struktur Kurikulum Pendidikan Fisika dan Fisika Pendidikan Tinggi* yang berpijak pada pendekatan **MINDS.ON PHYSICS (MOP)** berdasarkan *asumsi-asumsi constructivist*. Kemudian Model yang telah dikembangkan akan diterapkan pada proses pembelajaran Problem Solving Berbasis Konsep (PSBK), untuk selanjutnya diukur kontribusinya terhadap *peningkatan keterampilan intelektual mahasiswa*.

Berdasarkan uraian di atas, maka permasalahan pokok dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

- ◆ *Model Analisis Struktur Pengetahuan Materi (SPM) Termodinamika yang bagaimana untuk menunjang Proses Pembelajaran Problem Solving Berbasis Konsep (PSBK) untuk mahasiswa program pendidikan fisika dan fisika di Perguruan Tinggi.*
- ◆ *Bagaimanakah kontribusi proses pembelajaran PSBK terhadap keterampilan intelektual pembelajar.*

E. TUJUAN PENELITIAN

Sesuai dengan masalah yang telah dirumuskan sebelumnya, maka penelitian ini bertujuan :

- 1) Untuk memperoleh informasi empiris tentang kemampuan mahasiswa pada tiap tahap keterampilan intelektual pada semua pokok bahasan Termodinamika yang ada pada Struktur Kurikulum Program Studi Fisika dan Program Studi Pendidikan Fisika Pendidikan Tinggi.
- 2) Untuk memperoleh kemampuan keterampilan intelektual mahasiswa berdasarkan tingkat kompleksitasnya pada tiap pokok bahasan Termodinamika yang ada pada Struktur Kurikulum Program Studi Fisika dan Program Studi Pendidikan Fisika Pendidikan Tinggi.
- 3) Mencari Model Analisis Struktur Pengetahuan Materi (SPM) Termodinamika yang dapat menunjang Proses Pembelajaran Problem Solving Berbasis Konsep (PSBK), sehingga diperoleh panduan belajar termodinamika yang *mudah ajar*, yang selanjutnya dapat dikembangkan untuk materi fisika yang lainnya, agar pembelajaran fisika menjadi menarik dan bermakna.
- 4) Mengetahui sejauh mana kontribusi proses pembelajaran PSBK untuk semua pokok bahasan Termodinamika yang ada pada Struktur Kurikulum Program Studi Fisika dan Program Studi Pendidikan Fisika Pendidikan Tinggi terhadap keterampilan intelektual mahasiswa .

F. TINJAUAN PUSTAKA

1. Struktur Ilmu Sebagai Dasar Pengembangan Materi Subyek

Struktur ilmu memegang peran yang sangat penting dalam pengembangan Kurikulum melalui peranan materi subyek sebagai salah satu komponen penting Proses Belajar Mengajar (PBM). Struktur ilmu memberikan kejelasan posisi materi subyek sebagai pengetahuan dan pemahaman atas fakta, konsep, dan prinsip, bagaimana pengetahuan ini diorganisasi, dan pengetahuan disiplin keilmuannya mengenai mengukuhkan kebenaran (Epistemologi, Shulman, 1986).

Materi subyek perlu mempertimbangkan keinginan pakar disiplin ilmu agar pelajaran sekolah menjadi wakil setia dari disiplin keilmuannya, yaitu mata pelajaran yang menyandang nama disiplin keilmuan tertentu merupakan pengantar yang absah. Artinya fisika yang diajarkan di sekolah merupakan pengantar yang sesuai dengan fisika yang diketahui ilmuwan. Dalam kaitan ini Gardner (dalam Nelson Siregar,2000) mengatakan bahwa hal ini dapat diwujudkan jika konsep kunci dan operasi intelektual yang digunakan oleh peneliti dapat diidentifikasi dan diungkapkan lebih eksplisit.

Dalam mengajarkan Hukum Newton, umpamanya, tanpa memperhatikan keterampilan intelektual yang mendasarinya, Hukum Newton dipandang sebagai suatu prinsip yang lazim. Pandangan ini berlawanan dengan kenyataan bahwa setiap benda yang bergerak selalu memerlukan gaya agar tetap bergerak seperti dikemukakan oleh Aristoteles. Konsep gesekan dan hambatan udara dalam kehidupan sehari-hari merupakan kenyataan yang selalu menyertai setiap benda yang bergerak. Apakah mungkin membuktikan Hukum Newton tanpa asumsi-asumsi non-empirik ini ?

Kesulitan diatas hanya mungkin diatasi dengan menyertakan struktur ilmu dalam pengembangan materi subyek (Nelson Siregar,2000).Pengembangan dapat berlaku adil karena disamping *siswa menguasai konsep-konsep fisika dan saling keterkaitannya* (GBPP,1994), pertimbangan juga perlu mencakup keterampilan intelektual yang sebenarnya bertanggung jawab terhadap *saling keterkaitan* dimaksud.

2. Epistemologi Pengembangan Ilmu

Pandangan yang mendasari penelitian proses dan pruduk sebenarnya mengaburkan isu penting dari kenyataan sehari-hari PBM bahwa PBM berlangsung terutama melalui inteaksi verbal (Nelson Siregar,2000). Bahwa interaksi ini untuk membangun pengetahuan berlangsung melalui wacana yang menuntut seseorang menjadikan *bahasa* sebagai sumber daya untuk mewujudkan proses sosial yang menyertai interaksi tersebut. Richmond dan Striley mengatakan bahwa proses sosial yang dimaksud mencakup *bagaimana pengetahuan diperkenalkan, diperdebatkan, dan diterima sebagai hasil interaksi pembelajar dan pembelajar atau pembelajar dan pengajar.*

Implikasi dari pandangan di atas menegaskan bahwa *proses mengkonstruksi pengetahuan* berlangsung melalui wacana. Pandangan Shulman (1987) kiranya menolong mendeskripsikan materi subyek yang dirincinya kedalam aspek konten, substansi dan sintaktikal. Dan *aspek sintaktikal* merupakan perwujudan dari *pandangan epistemologi dari keilmuan dalam wacana membangun pengetahuan*.

3. Problematika dalam Pengembangan Materi Subyek

Posner dan Hewson (dalam Nelson Siregar, 2000) mengatakan bahwa yang banyak terjadi dalam pengembangan PBM adalah bahwa PBM dikembangkan menurut fungsi dependen PBM terhadap pembelajar. Hal ini terlihat dari penggunaan istilah *pembelajaran* yang secara luas digunakan untuk menekankan pandangan PBM dengan *Student-centered*. Istilah *pengajaran* tampil kurang disenangi karena memberikan kesan PBM yang kurang memberi peluang bagi pembelajar untuk mengembangkan diri. Yang menjadi masalah adalah apakah PBM bergantung pada *kriteria eksternal* tertentu atau tergantung pada *fungsi intrinsik* berupa proses membangun pengetahuan. Jawaban terhadap pertanyaan tersebut adalah bahwa *kedua-duanya penting*. Kriteria eksternal yang dianggap penting dalam PBM adalah *taksonomi tujuan kognitif pendidikan dari Bloom*. Sedangkan yang dimaksud dengan fungsi intrinsik adalah *kegiatan berfikir* dari PBM itu sendiri.

Berkenaan dengan tugas PBM dalam membangun ilmu, lebih eksplisit lagi menyangkut fungsi wacana dari pengembangan ilmu, yaitu : bahwa tidaklah mencukupi jika teori hanya didukung oleh bukti empirik, tetapi juga teori tersebut harus menarik komunitas ilmuwan agar layak untuk dipublikasi dan berkembang menjadi wacana keilmuan agar menjadi penelitian yang berlanjut dan dinyatakan asli diterima sebagai pengetahuan baru (Selly, 1989).

Pandangan psikologi yang mengklaim dirinya sebagai studi ilmiah mengenai perilaku, berasumsi bahwa sebagaimana fenomena alamiah lainnya, PBM dapat diteliti menggunakan metoda ilmiah berdasarkan observasi, kuantifikasi dan pengukuran. Di lain pihak pandangan pedagogi yang berasumsi bahwa PBM adalah fenomena wacana, membatasi PBM sebagai fenomena alamiah yang mengabaikan aspek-aspek sikap dan tindakan-tindakan mentalistik. Padahal, aspek-aspek ini justru sangat diperlukan untuk

menggambarkan upaya membangun pengetahuan bersama antara guru dan pembelajar dengan mengacu pada materi subyek.

4. Pendekatan MINDS.ON PHYSICS (MOP) : Pengembangan Konsep Berdasarkan Keterampilan Problem-Solving Dalam Fisika.

Pendekatan MOP adalah pendekatan yang didasarkan pada asumsi *constructivist* dalam mengembangkan konsep fisika berdasarkan keterampilan problem-solving. Pendekatan ini telah dikembangkan selama 10 tahun oleh *William Gerace, Robert Dufresne, William Leonard dan Jose Mestre* di University of Massachusetts.

Asumsi-asumsi *constructivist* pada pendekatan MINDS.ON PHYSICS (MOP) adalah sebagai berikut (Wiliam Gerace et.al.,1999) :

- (a) ***Knowledge is constructed, not transmitted (only information is transmitted).***
Artinya bahwa pengetahuan itu harus dibangun, tidak sekedar ditransfer begitu saja.
- (b) ***Prior learning filters all experiences and therefore impacts subsequent learning.*** Artinya bahwa proses belajar sebelumnya memfilter pengalaman-pengalaman belajar yang dialami pembelajar dan hal ini berpengaruh pada proses belajar selanjutnya.
- (c) ***Initial understanding is local, not global.*** Artinya bahwa pengetahuan awal itu bersifat lokal dan sementara serta tidak global dan permanen.
- (d) ***Building useful knowledge structures requires effort.*** Artinya bahwa membangun suatu pengetahuan yang terstruktur serta mudah digunakan dan diakses itu memerlukan usaha dan kerja keras.

Dalam MOP terdapat **6 buah komponen instruksional utama**, yaitu :

- (a) ***Aktivitas Pembelajar*** . Inti dari kurikulum adalah kumpulan aktivitas pembelajar yang terintegrasi. Setiap aktivitas berisi hal-hal berikut ini :
 - ❖ ***Purpose and expected outcome*** . Pada seksi ini pembelajar diberitahu konsep-konsep, prinsip-prinsip, ide-ide lainnya yang akan dikembangkan selama aktivitas berlangsung.

- ❖ *Prior experience/ knowledge needed.* Pada bagian ini akan didata konsep-konsep dan prinsip-prinsip yang sudah dianggap familiar dengan pembelajar sebelum aktivitas dimulai. Jika perlu pembelajar akan diberikan informasi tambahan yang diperlukan berkenaan dengan konsep-konsep dan prinsip-prinsip yang sudah harus mereka ketahui sebelum memulai suatu aktivitas.
- ❖ *Main Activity.* Bagian ini berisi pertanyaan-pertanyaan dan masalah-masalah khusus untuk meningkatkan pemahaman pembelajar terhadap suatu topik dan mempersiapkan mereka mengembangkan gagasan-gagasannya.
- ❖ *Reflection.* Setelah menyelesaikan *Main Activity*, pembelajar harus menguji-ulang jawaban-jawaban mereka untuk mencari pola. Mereka juga harus dapat mengeneralisasi, mengabstraksi, dan mencari hubungan antar konsep.

(b) Bahan bacaan bagi pembelajar

(c) Bahan panduan dan solusi untuk pengajar

(d) Bahan asesmen untuk pembelajar

(e) Suplemen (berupa bahan-bahan media pembelajaran)

(f) Lembar kerja bagi pembelajar.

Bahan ajar termodinamika yang dirancang dengan pendekatan MOP memiliki tujuan sebagai berikut :

- ❑ *Reveal and address students' misconceptions.*
- ❑ *Emphasize the role of concepts in problem solving.*
- ❑ *Show students how to use concepts and principles to solve problem*
- ❑ *Discourage formulaic approaches to solving problems*
- ❑ *Promote knowledge structuring and integration.*

5. Keterampilan Intelektual

Keterampilan intelektual secara sederhana dapat dikatakan suatu kemampuan yang dimiliki seseorang setelah mengalami proses belajar. Keterampilan intelektual dikatakan juga sebagai kemampuan memecahkan masalah, karena keterampilan itu merupakan penampilan yang ditunjukkan oleh pembelajar tentang operasi-operasi intelektual yang dapat dilakukannya. Kemampuan ini lebih menekankan pada “bagaimana seseorang melakukan suatu pekerjaan”. Menurut Gilbert Ryle, seseorang dapat melakukan pekerjaan setelah mengalami proses belajar. Kemampuan ini akan bertambah seiring dengan pengalaman orang tersebut. Sedangkan J.R Anderson (1980), mengemukakan bahwa pengetahuan “*bagaimana seseorang melakukan pekerjaan*” disajikan dalam bentuk produksi (menghasilkan aksi-aksi tertentu pada kondisi-kondisi tertentu).

Dalam bukunya *Essentials of Learning for Instruction* (1974), Gagne mengemukakan bahwa keterampilan intelektual memiliki tahap-tahap kemampuan sebagai berikut :

- 1) *Kemampuan membedakan*
- 2) *Kemampuan konsep konkrit*
- 3) *Kemampuan konsep terdefinisi*
- 4) *Kemampuan aturan*
- 5) *Kemampuan aturan tingkat tinggi*

Dimana tahap kemampuan yang paling mendasar merupakan prasyarat untuk tahap kemampuan selanjutnya.

6. Fungsi Keterampilan Intelektual

Karena keterampilan intelektual merupakan kemampuan memecahkan masalah, tentu saja memiliki fungsi yang sangat penting dalam proses pendidikan. Keterampilan intelektual memungkinkan seseorang berinteraksi dengan lingkungannya melalui penggunaan simbol-simbol atau gagasan-gagasan . Keterampilan intelektual juga dapat memberi kemampuan mengklasifikasi atau mengelompokkan peristiwa-peristiwa, objek-objek dan kegiatan-kegiatan yang dijumpai dalam kehidupan sehari-hari.

7. Tahap-Tahap kemampuan keterampilan Intelaktual

Belajar keterampilan intelaktual ini sudah dimulai sejak tingkat pertama sekolah dasar dan dilanjutkan sesuai dengan perhatian dan kemampuan intelektual seseorang . Keterampilan intelektual ini untuk bidang studi apapun dapat digolongkan berdasarkan kompleksitasnya.

Untuk memecahkan masalah, pembelajar memerlukan aturan tingkat tinggi yaitu aturan-aturan kompleks. Demikian pula diperlukan aturan-aturan konsep terdefinisi. Untuk memperoleh aturan-aturan ini pembelajar harus belajar beberapa konsep kongkrit dan belajar konsep kongkrit ini pembelajar harus menguasai perbedaan atau diskriminasi.

Sebelum seseorang mampu mengadakan interaksi dengan lingkungannya, orang itu harus dapat membedakan benda-benda atau simbol-simbol. Dalam kasus yang sederhana, seseorang memberikan respon bahwa dua stimulus sama atau mirip. Diskriminasi merupakan keterampilan intelektual yang paling dasar. Kemampuan membedakan ini hanya mencakup kemampuan mengatakan perbedaan-perbedaan, dan tidak mencakup kemampuan menyebutkan namanya. Banyak pola yang dipelajari dari pengalaman tanpa instruksi langsung yang melibatkan diskriminasi (Carroll,1964).

Menurut Gagne salah satu keterampilan intelektual adalah konsep kongkrit. Dan konsep kongkrit menunjukkan suatu sifat objek atau atribut (warna,bentuk dan lain-lain). Konsep-konsep ini disebut kongkrit sebab penampilan manusia yang dibutuhkan adalah mengenal suatu objek yang kongkrit. Belajar konsep kongkrit, diharapkan pembelajar dapat memberikan respon yang sama pada stimulus-stimulus dengan atribut-atribut yang mirip (Rosser,1984). Kita dapat mengatakan bahwa seseorang itu telah mempelajari suatu konsep kongkrit dengan meminta orang tersebut menunjukkan anggota kelas objek-objek yang sama. Operasi menunjuk dapat dilakukan dengan berbagai cara ; bisa dengan memilih, melingkari, tau memegang. Atau dengan kata lain, keberhasilan seseorang dalam mempelajari konsep kongkrit jika orang tersebut dapat mengidentifikasi benda, sifat benda atau hubungan yang dimaksud oleh konsep itu.

Kemampuan untuk mennetukan konsep-konsep kongkrit merupakan dasar yang penting untuk mempelajari konsep yang lebih kompleks. Banyak peneliti

menekankan pentingnya “belajar kongkrit” sebagai prasyarat untuk mempelajari gagasan abstrak. Dalam bukunya *Principles of Instructional Design* (1988), Gagne menyarankan kondisi-kondisi berikut yang dibutuhkan untuk belajar konsep-konsep kongkrit :

- *Kondisi Internal* : Dimana pembelajar harus dapat membedakan suatu konsep dan contoh-contoh suatu konsep. Jika digunakan instruksi verbal, pembelajar harus sebelumnya telah mempelajari nama verbal, pembelajar harus mengingat kembali diskriminasi.
- *Kondisi Eksternal* : Perolehan suatu konsep bagi seorang pembelajar membutuhkan pemberitahuan respon-respon yang benar. Untuk memperlancar belajar konsep kongkrit, berbagai contoh yang menyangkut diskriminasi yang sama harus disajikan secara berturut-turut.

Belajar konsep kongkrit ini sama dengan cara perolehan konsep secara formasi konsep (Ausubel,1968).

Seseorang dikatakan telah mengerti suatu konsep terdefinisi bila ia dapat mendemonstrasikan arti dari kelas tertentu tentang objek-objek, kejadian-kejadian atau hubungan-hubungan. Seseorang dapat dikatakan telah berhasil mempelajari konsep yang didefinisikan bila orang tersebut telah dapat menggunakan konsep itu secara betul. Masih dalam buku *Principles of Instructional Design* (1988), Gagne menyarankan kondisi-kondisi yang dibutuhkan untuk belajar konsep terdefinisi adalah sebagai berikut :

- *Kondisi Internal* : Untuk memperoleh konsep terdefinisi, pembelajar harus mengeluarkan atau memanggil semua komponen-komponen itu yang terdapat dalam definisi, termasuk konsep-konsep yang menyatakan hubungan antara konsep-konsep.
- *Kondisi Eksternal* : Suatu konsep terdefinisi dapat dipelajari dengan menyuruh pada pembelajar mengamati suatu kejadian/penampilan dari kejadian/penampilan itu siswa dapat menyatakan secara terdefinisi. Menurut Rosser (1984), kemampuan konsep terdefinisi dapat dilihat dari kemampuan pembelajar dalam menggunakan konsep-konsep yang telah dipelajari sebelumnya untuk memperoleh suatu konsep baru.

Seseorang telah belajar suatu aturan bila penampilannya mempunyai semacam keteraturan dalam berbagai situasi khusus. Prinsip-prinsip yang dipelajari dalam sains ditampilkan pembelajar sebagai penggunaan aturan, misalnya kita mengharapkan para pembelajar yang telah mempelajari Hukum Ohm $V = I \times R$ dapat menerapkan aturan ini.

Seorang pembelajar yang mempunyai kemampuan suatu aturan tidak berarti bahwa ia dapat menyatakan aturan secara verbal. Sebaliknya, ada pula pembelajar yang dapat menyebutkan suatu aturan tetapi ia belum dapat menerapkan aturan tersebut pada suatu masalah kongkrit khusus.

Seseorang dikatakan telah mempelajari suatu aturan bila orang tersebut mengikuti aturan itu dalam penampilannya. Dengan kata lain, aturan adalah suatu kemampuan yang memungkinkan seseorang untuk berbuat sesuatu dengan menggunakan simbol. Kemampuan berbuat sesuatu harus dibedakan dengan kemampuan menyebutkan sesuatu. Aturan sebagai kemampuan yang dipelajari, memungkinkan seseorang untuk merespon terhadap sekumpulan benda atau penampilan dan memberikan respon pada suatu kelas stimulus-stimulus dengan satu kelas penampilan-penampilan (Rosser,1984).

Dalam suatu program pendidikan banyak aturan yang dipelajari. Pembelajar-pembelajar pada tingkat yang lebih tinggi mempelajari, misalnya aturan untuk menghubungkan massa dengan percepatan yang dialami suatu benda dengan gaya yang bekerja pada benda itu. Setelah kita mengenal apakah aturan itu, kita dapat menerima bahwa suatu konsep terdefinisi seperti yang dijelaskan, pada kenyataan tidak berbeda dengan suatu aturan. Dengan kata lain, suatu konsep terdefinisi merupakan suatu bentuk khusus dari suatu aturan yang bertujuan untuk mengelompokkan objek-objek dan kejadian-kejadian. Konsep terdefinisi adalah suatu aturan pengklasifikasian. Pembelajar yang belajar dihadapkan pada sejumlah contoh-contoh dan non-contoh dari konsep tertentu melalui proses diskriminasi. Ia menetapkan suatu aturan yang menentukan kriteria untuk konsep itu. Seorang ahli fisika dengan cepat dapat memecahkan masalah fisika dengan mengenal rumus-rumus khusus yang dapat diterapkan (Larkin,1980).

Adakalanya aturan-aturan yang telah dipelajari merupakan gabungan yang kompleks tentang aturan-aturan yang sederhana. Lagi pula kerap kali aturan-aturan yang kompleks atau aturan tingkat tinggi ini ditemukan untuk memecahkan masalah. Kemampuan memecahkan masalah adalah kemampuan menggabungkan aturan-aturan untuk mencapai suatu pemecahan yang menghasilkan suatu aturan dengan tingkat yang lebih tinggi. Kemampuan memecahkan masalah pada dasarnya adalah tujuan utama proses pendidikan.

Bila para pembelajar memecahkan masalah yang mewakili kejadian-kejadian nyata, mereka terlibat dalam perilaku berfikir. Dengan mencapai pemecahan secara nyata, para pembelajar juga mencapai suatu kemampuan yang baru. Mereka telah belajar sesuatu yang dapat digeneralisasikan pada masalah-masalah lain yang mempunyai ciri-ciri formal yang mirip. Ini berarti mereka telah memperoleh suatu aturan yang baru atau mungkin juga suatu set baru tentang aturan-aturan.

Suatu kondisi yang esensial yang membuat belajar aturan tingkat tinggi suatu kejadian pemecahan masalah ialah karena tidak adanya bimbingan belajar, apakah dalam bentuk komunikasi verbal ataupun dalam bentuk yang lain. Bimbingan belajar diberikan oleh si pemecah masalah itu sendiri, tidak oleh dosen atau sumber eksternal yang lain. Sekali pembelajar telah berhasil memecahkan masalah, pembelajar itu telah belajar aturan baru. Aturan baru yang dipelajari akan disimpan dalam memori dan digunakan lagi untuk memecahkan masalah yang lain.

Aturan-aturan memegang peranan penting dalam memecahkan masalah. Konsep-konsep dan aturan-aturan harus disintesis menjadi bentuk-bentuk kompleks yang baru agar pembelajar dapat menghadapi situasi-situasi masalah yang baru. Pemecahan masalah merupakan suatu kegiatan manusia yang menggabungkan konsep-konsep dan aturan-aturan yang telah diperoleh sebelumnya. Dapat kita bayangkan, bila seseorang tidak mampu mengklasifikasikan atau mengelompokkan peristiwa-peristiwa, objek-objek dan kegiatan-kegiatan yang dijumpainya dalam kehidupan sehari-hari.

Konsep-konsep merupakan kategori-kategori yang kita berikan pada stimulus-stimulus yang ada di lingkungan kita. Konsep-konsep merupakan dasar bagi proses-proses mental yang lebih tinggi untuk merumuskan prinsip-prinsip. Untuk

memecahkan masalah, seorang pembelajar harus mengetahui aturan-aturan yang relevan dan aturan-aturan berdasarkan konsep-konsep yang telah diperolehnya.

Menurut Gagne, belajar konsep merupakan suatu bagian dari hierarki dari delapan bentuk belajar. Dalam hierarki ini, setiap tingkat belajar tergantung pada tingkat-tingkat sebelumnya. Tingkat belajar tersebut adalah :

- 1) *Belajar tanda (signal)*
- 2) *Belajar stimulus –respon*
- 3) *Chaining*
- 4) *Asosiasi verbal*
- 5) *Belajar diskriminasi*
- 6) *Belajar konsep kongkrit*
- 7) *Belajar konsep terdefinisi dan belajar aturan*
- 8) *Pemecahan masalah*

G. KONTRIBUSI PENELITIAN

Pada penelitian ini dikembangkan model analisis struktur pengetahuan materi Termodinamika untuk mahasiswa program pendidikan fisika dan program fisika di Perguruan Tinggi. Hal ini dimaksudkan untuk mengatasi kesulitan belajar Termodinamika.

Pengembangan materi Termodinamika dengan pendekatan MOP dimaksudkan agar memiliki *kriteria mudah ajar* dan *meningkatkan keterampilan intelektual mahasiswa*. Kriteria mudah ajar untuk menanggulangi kesulitan mahasiswa dalam mempelajari konsep-konsep dasar termodinamika untuk mempelajari fisika lebih lanjut. Peningkatan keterampilan intelektual mahasiswa berkontribusi dalam *menyiapkan lulusan yang adaptif terhadap perkembangan*.

Disamping itu Penelitian ini memberikan peluang kepada dosen pemegang matakuliah Termodinamika untuk meningkatkan kepakarannya baik dalam pengembangan materi ajarnya maupun dalam pengembangan PBM-nya.

Sehingga Kontribusi yang paling dominan dari penelitian ini adalah terhadap *pemecahan masalah pembangunan (Kategori Penelitian II)*.

H. METODE PENELITIAN

1) Desain Penelitian

Dalam mengembangkan model analisis Struktur Pengetahuan Materi (SPM) Termodinamika yang ada pada Struktur Kurikulum Fisika Pendidikan Tinggi, Peneliti berpijak pada pendekatan MINDS.ON PHYSICS (MOP) berdasarkan asumsi-asumsi *constructivist* sebagai berikut (Wiliam Gerace et.al.,1999) :

- (a) Pengetahuan itu harus dibangun, tidak sekedar ditransfer begitu saja.
- (b) Proses belajar sebelumnya memfilter pengalaman-pengalaman belajar yang dialami pembelajar dan hal ini berpengaruh pada proses belajar selanjutnya.
- (c) Pengetahuan awal itu bersifat lokal dan sementara serta tidak global dan permanen.
- (d) Membangun suatu pengetahuan yang terstruktur serta mudah digunakan dan diakses itu memerlukan usaha dan kerja keras.
- (e) Proses belajar harus dimulai dari yang mudah dan sederhana serta secara bertahap menuju kepada yang lebih sulit dan kompleks.

Berdasarkan asumsi-asumsi di atas, peneliti juga mencoba mengembangkan model analisis pembelajaran problem solvingnya. Dalam model analisis SPM, totalitas materi Termodinamika yang ada pada Struktur Kurikulum Fisika Pendidikan Tinggi akan dikembangkan dalam bentuk satuan-satuan pembelajaran yang mencakup unsur-unsur sebagai berikut :

1. ***Tujuan instruksional secara umum.*** Bagian ini dimaksudkan untuk mengarahkan pembelajar kepada sasaran-sasaran dan tujuan mempelajari topik tertentu seperti yang ditetapkan dalam GBPP.
2. ***Introduksi atau pendahuluan.*** Pada bagian ini pengetahuan awal pembelajar akan dicerahkan. Untuk kepentingan ini, jika diperlukan, akan digunakan gambar-gambar ilustrasi, kegiatan demonstrasi dan bahkan eksperimen-eksperimen di laboratorium, untuk mengarahkan pembelajar pada pengertian tentang konsep-konsep inti yang akan dibahas dan terus dipertajam pada bagian-bagian selanjutnya.

3. ***Uraian tentang konsep-konsep inti dan keterkaitannya satu sama lain.***
Dalam bagian ini pembelajar didorong untuk dapat mengembangkan keterampilan intelektualnya berdasarkan hubungan-hubungan logis antar konsep. Beberapa perumusan-perumusan konseptual dan matematis pada tiap-tiap topik bahasan, sengaja diberikan kepada pembelajar untuk dapat memperolehnya sendiri dibawah arahan guru. Dengan demikian pengetahuan terstruktur dari pembelajar diharapkan dapat terbangun. Penggunaan media pembelajaran seperti gambar-gambar ilustrasi, kediatan demonstrasi serta percobaan di laboratorium akan lebih dikedepankan dan dikoordinasikan secara terpadu dengan kegiatan praktikum. Disini, aktivitas pembelajar lebih dikedepankan untuk setiap usaha-usaha pengkonstruksian pengetahuan dan perolehan konsep.
4. ***Kata-kata kunci.*** Pada sesi ini pembelajar akan mengetahui informasi tentang konsep-konsep inti, kaidah-kaidah pokok yang bersifat prinsipil, keterkaitan antar konsep yang harus diberi tekanan.
5. ***Referensi.*** Seksi ini ditujukan untuk memberikan informasi tentang bahan ajar yang sifatnya memperkaya dan memperdalam konsep-konsep yang sedang dibahas. Informasi tersebut sejauh mungkin diberikan selengkap dan seakurat mungkin.
6. ***Evaluasi.*** Pada seksi terakhir ini, konsep-konsep yang ada pada setiap bahasan akan kembali dikonstruksikan melalui pemberian pertanyaan-pertanyaan evaluatif dan soal-soal latihan. Sejauh diperlukan, strategi penyelesaian untuk pertanyaan-pertanyaan dan soal-soal tersebut akan diberikan. Keberhasilan pembelajar dalam menyelesaikan setiap pertanyaan dan soal tersebut akan digunakan sebagai tolok ukur keberhasilan proses pembelajaran dan menjadi bahan pertimbangan bagi proses pembelajaran berikutnya.

Dalam rangka mengupayakan agar proses pembelajaran seperti yang dikehendaki dalam ASPM tersebut di atas dapat dilaksanakan secara optimal, peneliti telah menerapkan *metoda pembelajaran problem solving* seperti yang tengah dikembangkan oleh *William Gerace, Robert Dufresne, Wiliam Leonard, dan Jose Mestre*

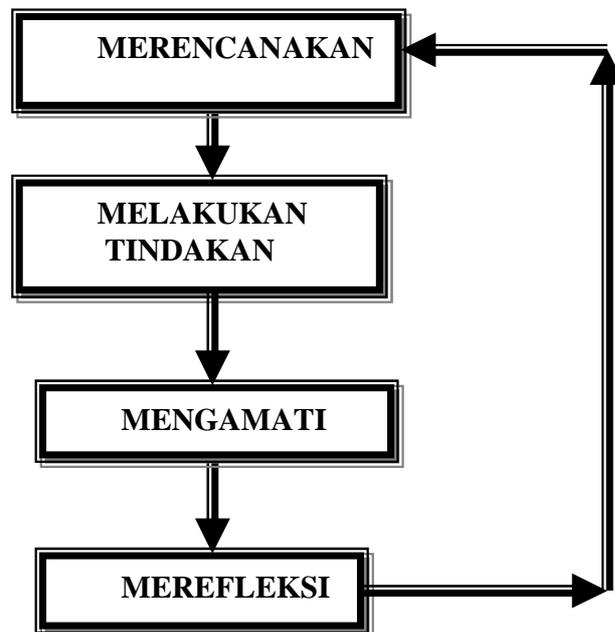
di Department of Physics and Astronomy, University of Massachusetts, yaitu sebuah model pembelajaran yang ditandai oleh perpaduan dari 6 buah komponen instruksional utama, yaitu :

- a) *Aktivitas Pembelajaran*
- b) *Bahan bacaan bagi pembelajar*
- c) *Bahan panduan dan solusi untuk pengajar*
- d) *Bahan asesmen untuk pembelajar*
- e) *Suplemen (berupa bahan-bahan media pembelajaran)*
- f) *Lembar kerja bagi pembelajar.*

Jadi dalam penelitian ini telah dikembangkan model analisis Struktur Pengetahuan Materi (SPM) yang berpijak pada pendekatan MINDS.ON PHYSICS (MOP) berdasarkan asumsi-asumsi *constructivist* , kemudian diterapkan pada pembelajaran Termodinamika dan selanjutnya diukur perannya dalam meningkatkan keterampilan intelektual mahasiswa.

2) Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *penelitian tindakan berbasis kelas*. Secara singkat penelitian tindakan kelas didefinisikan sebagai bentuk kajian yang bersifat reflektif oleh pelaku tindakan, yang dilakukan untuk meningkatkan kemantapan rasional dari tindakan-tindakan mereka dalam melaksanakan tugas, memperdalam pemahaman terhadap tindakan-tindakan yang dilakukannya itu, serta memperbaiki kondisi dimana praktek-praktek pembelajaran tersebut dilakukan. Untuk mewujudkan tujuan-tujuan tersebut, penelitian tindakan kelas dilaksanakan berupa pengkajian berdaur (cyclical) yang terdiri atas 4 tahap yaitu :



Gambar 1
Kajian Berdaur 4 tahap penelitian tindakan kelas

Setelah dilakukan perenungan atau refleksi yang mencakup analisis, sintesis, dan penilaian terhadap hasil pengamatan proses serta hasil tindakan tadi, kemungkinan muncul permasalahan atau pemikiran baru yang perlu mendapat perhatian, sehingga pada gilirannya perlu dilakukan perencanaan ulang. Dalam penelitian ini hanya akan dilakukan untuk 3 **siklus saja**.

Penelitian ini telah dilakukan di Jurusan Pendidikan Fisika FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia kepada mahasiswa semester V yang mengambil perkuliahan termodinamika yang berjumlah 40 orang.

Pendekatan yang telah digunakan adalah campuran antara kualitatif dan kuantitatif yang dilaksanakan melalui perlakuan (ceramah, demonstrasi, diskusi, eksperimen dengan pendekatan teknik), observasi kelas, wawancara, dan tes.

Langkah-langkah penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengembangkan model Analisis Struktur Pengetahuan Materi (ASPM) termodinamika yang berpijak pada pendekatan MINDS.ON PHYSICS (MOP) berdasarkan asumsi-asumsi *constructivist*
2. Merancang silabus matakuliah termodinamika berdasarkan ASPM yang dikembangkan.

3. Merancang naskah bahan ajar termodinamika yang berbasis ASPM yang telah dirancang, dengan memperhatikan silabus yang telah dibuat.
4. Merancang paket program Problem Solving Berbasis Konsep (PSBK) termodinamika untuk setiap pokok bahasan.
5. Merancang instrumen untuk mengukur keterampilan intelektual mahasiswa.
6. Mengadakan studi eksplorasi untuk memahami kondisi kelas dan mahasiswa. Hal ini dimaksudkan untuk menggali informasi tentang keadaan mahasiswa secara akademik.
7. Melaksanakan pembelajaran untuk suatu topik tertentu dengan berdasarkan model pembelajaran yang telah dirancang .
8. Mengadakan refleksi berdasarkan pada hasil studi eksplorasi dan diikuti dengan perencanaan tindakan siklus kedua, sekaligus memperbaiki kelemahan model analisa struktur materi termodinamika yang telah dirancang.
9. Melakukan tindakan atau perlakuan pada mahasiswa dalam kelas, dan pada saat yang sama melakukan observasi kelas dan refleksi, dan seterusnya sampai siklus ketiga, sehingga pada akhir penelitian ini dihasilkan suatu model analisa pengetahuan materi termodinamika yang telah dikembangkan dan diujicoba melalui siklus I,II dan III, yang mampu menunjang pembelajaran problem solving berbasis konsep untuk meningkatkan keterampilan intelektual mahasiswa.
10. Menulis draft laporan sementara.
11. Diseminasi hasil temuan sementara melalui diskusi dan semilok.
12. Menyusun rencana untuk penulisan draft buku termodinamika untuk perguruan tinggi sesuai hasil penelitian ini, dan rencananya akan diterbitkan.

Untuk menunjang pelaksanaan penelitian ini, telah dirancang alat pengumpul data sebagai berikut :

- Untuk mengukur keadaan awal mahasiswa sebelum mendapatkan proses pembelajaran PSBK untuk masing-masing pokok bahasan, telah dibuat soal *pre-test*.

- Untuk mengukur peningkatan keterampilan intelektual mahasiswa dalam memecahkan masalah, telah dibuat soal post-test untuk masing-masing pokok bahasan yang mengadopsi indikator-indikator keterampilan intelektual mahasiswa.
- Untuk menentukan gambaran keterampilan intelektual mahasiswa pada setiap pokok bahasan dan pada setiap item, dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :
 1. Mengolah skor subyek penelitian pada setiap item. Pengolahan dilakukan juga pada masing-masing tahap keterampilan intelektual.
 2. Menentukan persentase subyek penelitian berdasarkan tahap keterampilan intelektual yang telah ditampilkan oleh mahasiswa.
 3. Menentukan skor rata-rata yang dicapai oleh subyek penelitian.
 4. Mengelompokkan dan menentukan skor rata-rata untuk masing-masing kategori.
 5. Menggambarkan skor rata-rata dan persentase subyek penelitian tiap tahap keterampilan intelektual.

I. PELAKSANAAN PENELITIAN

Penelitian ini dirancang dalam tiga siklus, yaitu :

➤ SIKLUS I (Matematika untuk Termodinamika)

Masalah-masalah yang teridentifikasi dan akan diupayakan penyelesaiannya pada siklus I ini dapat digambarkan sebagai berikut : “*Termodinamika* adalah ilmu yang mempelajari *perilaku zat dibawah kontrol suhu*. Keadaan zat dalam *kesetimbangan termodinamik* dapat digambarkan oleh *persamaan keadaannya*. Persamaan keadaan adalah persamaan yang menyatakan cara berhubungannya *koordinat-koordinat termodinamika* atau *variabel sistem*. Perubahan satu variabel sistem dapat mempengaruhi variabel sistem yang lain. Untuk mengkuantitatifkan *perubahan infinit* pada sistem diperlukan *penguasaan diferensial parsial* , terutama tafsiran-tafsiran fisis tentang *diferensial eksak dan tak eksak*, bagaimana cara *mencari persamaan keadaan* suatu sistem, bagaimana membedakan besaran fisika yang merupakan *fungsi keadaan* dan *bukan fungsi keadaan*, *perumusan-*

perumusan termodinamika secara lengkap dari Maxwell dan sebagainya. Dalam hal inilah umumnya mahasiswa mengalami kesulitan belajar”.

Tindakan I (Matematika untuk Termodinamika)

- Di awal kuliah, dosen menyampaikan dulu aturan-aturan perkuliahan termodinamika.
- Selanjutnya dosen menyampaikan *bagan Analisa Struktur Pengetahuan Materi Termodinamika atau ASPM Termodinamika (Lampiran I)* yang telah dikembangkan, menjelaskan pentingnya ilmu termodinamika dalam badan ilmu fisika secara keseluruhan dan dalam kehidupan sehari-hari dan teknologi, kemudian menjelaskan sifat ilmu termodinamika.
- Kemudian dosen menjelaskan *Silabus matakuliah termodinamika (Lampiran II)* yang telah dikembangkan berdasarkan ASPM termodinamika dan menjelaskan pentingnya kedudukan dan peranan matematika dalam memecahkan persoalan-persoalan termodinamika, terutama konsep diferensial parsial.
- Sebelum perkuliahan dimulai, dosen memberikan *pre-test tentang matematika untuk termodinamika pendahuluan*, terutama tentang *penguasaan konsep-konsep diferensial parsial sederhana*. Selanjutnya hasil pre-test dianalisa secara cepat, untuk memastikan “*penyakit-penyakit yang diderita*” oleh mahasiswa berkenaan dengan pemahaman konsep-konsep diferensial parsial sederhana.
- Selanjutnya *mahasiswa dibagi menjadi 10 kelompok*, dimana setiap kelompok terdiri dari 4 orang. Kelompok ini *tidak akan berubah sampai perkuliahan termodinamika selesai*. Jadi, bila dalam kelas ada petunjuk untuk melaksanakan diskusi kelompok, maka kelompoknya itu tidak berubah.
- Selanjutnya dosen *membagikan hand-out* yang berjudul “*Matematika untuk Termodinamika*” (*Lampiran III*) yang telah dikembangkan berdasarkan silabusnya. Sekilas tentang *isi Hand-Out Matematika untuk Termodinamika* : *Paket program ini berupa diktat kecil yang ditulis dengan menggunakan bahasa modul yang interaktif, sehingga pembaca seolah-olah merasakan kehadiran seorang guru pembimbing. Diktat kecil ini diberi judul Matematika Untuk Termodinamika. Bagian awal dari diktat ini membahas apakah termodinamika itu, sampai pada uraian pentingnya konsep diferensial parsial dan keterampilan mendiferensiasikan suatu fungsi keadaan bila beberapa koordinat yang menggambarkan keadaan suatu sistem termodinamika berubah secara kuasistatik.*

Selanjutnya diperkenalkan beberapa persamaan keadaan sistem termodinamika dalam spektrum yang lebih luas, yaitu persamaan keadaan sistem hidrostatis, sistem paramagnetik, sistem dielektrik, dan lain-lain. Bagian akhir dari diktat ini membahas beberapa hubungan penting diferensial parsial yang diperlukan untuk mengatasi fungsi-fungsi implisit, serta penerapannya dalam memecahkan persoalan-persoalan termodinamika. Setiap konsep matematika yang dibahas dalam diktat ini disertai dengan contoh-contoh penerapannya secara langsung dalam termodinamika. Di setiap akhir pembahasan sub pokok bahasan tertentu, mahasiswa dituntut untuk mengerjakan soal-soal yang telah disediakan, dan hasil pekerjaannya dievaluasi dengan melihat kunci jawaban yang telah disediakan diakhir setiap sub pokok bahasan tertentu. Untuk mengevaluasi kebenaran jawaban yang telah dikerjakan oleh mahasiswa yang berkaitan dengan tugas tersebut, setelah semua mahasiswa menyerahkan tugasnya, maka semua soal dibahas bersama, untuk melihat kekeliruan pengerjaan soal-soal tersebut.

- Selanjutnya dosen menjelaskan tentang cara mempelajari Hand-Out Matematika untuk Termodinamika, sebagai berikut : Pada setiap sub pokok bahasan sudah disediakan soal-soal yang harus langsung dicoba oleh mahasiswa. Sehingga bila perkuliahan sudah sampai pada materi tersebut, mahasiswa diberi kesempatan untuk mengerjakan soal-soal tersebut secara mandiri, lalu selanjutnya bila pekerjaan mereka sudah dikumpulkan, mereka harus mencocokkan setiap jawaban mereka dengan kunci jawaban yang tersedia. Bila mereka sudah menyelesaikan semua soal tersebut, semua pekerjaan mereka dikumpulkan dan diperiksa lalu dibagikan sebagai feedback. Dan mereka diharuskan menelusuri proses pekerjaan mereka sampai menyadari kesalahannya sendiri. Begitu seterusnya sampai materi dalam diktat kecil itu habis.
- Sebelum mendiskusikan Hand-out Matematika untuk Termodinamika, dosen terlebih dahulu menjelaskan tujuan pembelajaran matematika untuk termodinamika.
- Pembelajaran Matematika untuk Termodinamika ini disampaikan dengan pendekatan konstruktivisme (sesuai keinginan “Mind on Physics”), dengan metoda ceramah, diskusi kelompok, diskusi kelas, tanya-jawab, dan problem solving berbasis konsep. Perkuliahan matematika untuk termodinamika dibantu dengan media pembelajaran (teaching materials) .Contoh soal problem solving (*Lampiran IV*).
- Selama perkuliahan berlangsung, seluruh aktivitas kelompok maupun individu dipantau dan dicatat dalam lembar observasi oleh tim observer.
- Setiap selesai perkuliahan, mahasiswa diharuskan mengikuti test yang telah dipersiapkan.

➤ **SIKLUS II (Matematika untuk Termodinamika Lanjutan)**

Masalah-masalah yang teridentifikasi dan akan diupayakan penyelesaiannya pada siklus II ini dapat digambarkan sebagai berikut :

- ✓ Mahasiswa umumnya masih kesulitan dalam memahami pengertian “*kesetimbangan termodinamik*” dan “*persamaan keadaan suatu sistem termodinamika*”.
- ✓ Mahasiswa umumnya masih kesulitan *mengkuantitatifkan perubahan infinit* satu variabel sistem akibat pengaruh variabel sistem yang lain.
- ✓ Mahasiswa umumnya masih kesulitan membuat *tafsiran-tafsiran fisis* tentang *diferensial eksak dan tak eksak*
- ✓ Mahasiswa umumnya masih kesulitan dalam mencari persamaan keadaan dari suatu sistem.
- ✓ Mahasiswa umumnya masih kesulitan dalam membedakan besaran fisika yang merupakan *fungsi keadaan* dan *bukan fungsi keadaan*.
- ✓ Mahasiswa umumnya masih kesulitan dalam mendiferensiasi suatu fungsi secara implisit, terutama untuk fungsi-fungsi yang sulit dieksplicitkan.
- ✓ Mahasiswa umumnya masih kesulitan dalam menerapkan hubungan antara berbagai diferensial parsial, untuk mendiferensiasi persamaan keadaan yang kompleks.
- ✓ Mahasiswa umumnya masih kesulitan dalam menerapkan konsep-konsep diferensial parsial dalam persoalan langsung termodinamika.
- ✓ Mahasiswa umumnya masih kesulitan dalam menerapkan syarat Euler untuk menguji apakah suatu diferensial total itu berasal dari suatu fungsi yang ada dan baik (well behavior function) atau tidak.
- ✓ Mahasiswa umumnya masih kesulitan dalam menerapkan integrasi terhadap suatu diferensial parsial, untuk menentukan fungsi keadaannya.
- ✓ Dalam diskusi kelompok, belum semua peserta berperan secara aktif.

Tindakan II (Matematika untuk termodinamika Lanjutan)

- Melaksanakan perkuliahan seperti pada tindakan siklus I, yaitu dengan metode *diskusi,ceramah, dan tanya jawab* mengikuti buku panduan Matematika untuk termodinamika yang telah dipersiapkan sebelumnya, tetapi dengan menggunakan *Pendekatan Teknik*. Artinya materi-materi yang masih dirasakan sulit untuk dipahami (seperti yang sudah teridentifikasi sebelumnya), diupayakan contoh-contoh kongkritnya dalam termodinamika. Pada siklus kedua ini perkuliahan lebih diarahkan pada kegiatan *diskusi kelompok yang difasilitasi dengan soal-soal untuk bahan diskusi yang disesuaikan dengan materi-materi yang masih menjadi masalah*.
- Untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap keseluruhan materi yang masih dirasakan sulit, diskusi kelompok lebih diaktifkan (tetapi lebih menekankan pada *cooperative learning (pembelajaran kooperatif)*, dan diakhiri dengan diskusi kelas dengan dipimpin oleh dosen, untuk mendapatkan penegasan. Pada setiap sub pokok bahasan sudah disediakan soal-soal yang harus langsung dicoba oleh mahasiswa. Sehingga bila diskusi kelompok sudah sampai pada materi tersebut, mahasiswa diberi kesempatan untuk mengerjakan soal-soal tersebut secara mandiri, lalu selanjutnya bila pekerjaan mereka sudah dikumpulkan, mereka harus mencocokkan setiap jawaban mereka dengan kunci jawaban yang tersedia. Bila mereka sudah menyelesaikan semua soal tersebut, semua pekerjaan mereka dikumpulkan dan diperiksa lalu dibagikan sebagai *feedback*. Dan mereka diharuskan menelusuri proses pekerjaan mereka sampai menyadari kesalahannya sendiri.

SIKLUS III (Matematika untuk Termodinamika Lanjutan)

Masalah-masalah yang teridentifikasi dan akan diupayakan penyembuhannya pada siklus III ini dapat digambarkan sebagai berikut :

- ✓ Mahasiswa umumnya masih kesulitan membuat *tafsiran-tafsiran fisis* tentang *diferensial eksak dan tak eksak*
- ✓ Mahasiswa umumnya masih kesulitan dalam mencari persamaan keadaan dari suatu sistem.

- ✓ Mahasiswa umumnya masih kesulitan dalam membedakan besaran fisika yang merupakan *fungsi keadaan* dan *bukan fungsi keadaan*.
- ✓ Mahasiswa umumnya masih kesulitan dalam mendiferensiasi suatu fungsi secara implisit, terutama untuk fungsi-fungsi yang sulit dieksplicitkan.
- ✓ Mahasiswa umumnya masih kesulitan dalam menerapkan hubungan antara berbagai diferensial parsial, untuk mendiferensiasi persamaan keadaan yang kompleks.
- ✓ Mahasiswa umumnya masih kesulitan dalam menerapkan integrasi terhadap suatu diferensial parsial, untuk menentukan fungsi keadaannya.
- ✓ Hampir semua peserta dalam diskusi kelompok sudah berperan, tetapi kualitas perannya masih belum optimal.

TINDAKAN SIKLUS III

- Melaksanakan perkuliahan seperti pada tindakan siklus iI, yaitu dengan metode *diskusi,ceramah, dan tanya jawab* mengikuti buku panduan Matematika untuk termodinamika yang telah dipersiapkan sebelumnya, dengan menggunakan *Pendekatan Teknik*, tetapi dengan menekankan pada tinjauan ulang terhadap kata-kata kunci yang ada pada pokok bahasan tersebut. Artinya materi-materi yang masih dirasakan sulit untuk dipahami (seperti yang sudah teridentifikasi sebelumnya), diupayakan contoh-contoh kongkritnya dalam termodinamika, dengan memperhatikan tinjauan ulang terhadap kata-kata kunci . Pada siklus ketiga ini perkuliahan lebih diarahkan pada kegiatan *diskusi kelompok (dengan metoda cooperative learning)* yang difasilitasi dengan soal-soal untuk bahan diskusi yang disesuaikan dengan materi-materi yang masih menjadi masalah, terutama masalah-masalah yang disediakan sebagai soal *problem solving*, melalui diskusi kelas yang dipimpin langsung oleh dosen.

J. HASIL PENELITIAN

Observasi dan Refleksi I (Matematika untuk termodinamika)

Tindakan I untuk pembelajaran Matematika untuk Termodinamika , kemudian dievaluasi dengan menggunakan instrumen *Tes Kemampuan Matematika untuk Termodinamika (Lampiran V)*, dan hasilnya sebagai berikut :

Tabel 3
Hasil observasi dan refleksi tindakan I : Matematika untuk Termodinamika

No.	Masalah-Masalah Yang Masih Dialami Pembelajar	Persentase Pembelajar
1	Masih kesulitan dalam menerapkan integrasi terhadap suatu diferensial parsial, untuk menentukan fungsi keadaannya.	72%
2	Masih kesulitan dalam menerapkan syarat Euler untuk menguji apakah suatu diferensial total itu berasal dari suatu fungsi yang ada dan baik (well behavior function) atau tidak.	76%
3	Masih kesulitan dalam menerapkan konsep-konsep diferensial parsial dalam persoalan langsung termodinamika	85%
4	Masih kesulitan dalam menerapkan hubungan antara berbagai diferensial parsial, untuk mendiferensiasi persamaan keadaan yang kompleks.	77%
5	Masih kesulitan dalam mendiferensiasi suatu fungsi secara implisit, terutama untuk fungsi-fungsi yang sulit dieksplicitkan	76%
6	Masih kesulitan dalam membedakan besaran fisika yang merupakan <i>fungsi keadaan</i> dan <i>bukan fungsi keadaan</i> .	66%
7	Masih kesulitan dalam mencari persamaan keadaan dari suatu sistem.	82%
8	Masih kesulitan membuat <i>tafsiran-tafsiran fisis</i> tentang <i>diferensial eksak dan tak eksak</i>	68%
10	Tidak dapat menyebutkan diferensial parsial yang mungkin ada dari suatu fungsi yang ada dan baik	30%
11	Tidak dapat menyebutkan diferensial total yang mungkin ada dari suatu fungsi yang diketahui	42%
12	Tidak mampu menjabarkan turunan parsial dari sebuah fungsi sederhana yang sudah eksplisit	27%
13	Tidak dapat menjelaskan pengertian fisis dari diferensial total ,diferensial parsial kesatu dan kedua	33%
14	Tidak dapat mengembalikan diferensial total yang eksak ke dalam bentuk fungsi aslinya	10%
15	Tidak dapat menyelesaikan persoalan integral garis, yang garisnya dikendalikan oleh suatu fungsi	20%
16	Tidak dapat membaca definisi koefisien-koefisien penting dalam termodinamika yang ditulis dalam bentuk diferensial parsial (seperti :koefisien muai kubik isobarik, kompressibilitas isotermik, dll)	26%
17	Tidak dapat menentukan diferensial parsial pertama untuk suatu variabel tertentu yang terdapat dalam suatu fungsi yang tidak dapat	55%

	dieksplisitkan.	
18	Tidak dapat menggunakan teorema-teorema yang menyatakan hubungan penting antara diferensial parsial untuk mencari diferensial parsial dari fungsi yang rumit	55%
19	Tidak dapat membedakan pengertian diferensial eksak dan tak eksak melalui syarat-syarat matematis	45%
20	Tidak dapat menentukan diferensial parsial kedua dari suatu fungsi yang tidak dapat dieksplisitkan	56%
21	Tidak dapat menuliskan perubahan infinit total suatu variabel yang merupakan fungsi dari dua variabel lainnya, bila kedua variabel itu mengalami perubahan parsial secara infinitesimal	43%
	Prosentase rata-rata konsep yang belum dipahami	43%

Observasi dan Refleksi II (Matematika untuk Termodinamika Lanjutan)

Tindakan II untuk pembelajaran Matematika untuk Termodinamika, kemudian dievaluasi dengan menggunakan instrumen *Tes Kemampuan Matematika untuk Termodinamika (Lampiran V)*, dan hasilnya sebagai berikut :

Tabel 4
Hasil observasi dan refleksi tindakan II : Pemahaman Matematika untuk Termodinamika Lanjutan

No.	Masalah-Masalah Yang Masih Dialami Pembelajar	Persentase Pembelajar
1	Masih kesulitan dalam menerapkan integrasi terhadap suatu diferensial parsial, untuk menentukan fungsi keadaannya.	42%
2	Masih kesulitan dalam menerapkan syarat Euler untuk menguji apakah suatu diferensial total itu berasal dari suatu fungsi yang ada dan baik (well behavior function) atau tidak.	47%
3	Masih kesulitan dalam menerapkan konsep-konsep diferensial parsial dalam persoalan langsung termodinamika	36%
4	Masih kesulitan dalam menerapkan hubungan antara berbagai diferensial parsial, untuk mendiferensiasi persamaan keadaan yang kompleks.	33%
5	Masih kesulitan dalam mendiferensiasi suatu fungsi secara implisit, terutama untuk fungsi-fungsi yang sulit dieksplisitkan	46%
6	Masih kesulitan dalam membedakan besaran fisika yang merupakan <i>fungsi keadaan</i> dan <i>bukan fungsi keadaan</i> .	38%
7	Masih kesulitan dalam mencari persamaan keadaan dari suatu sistem.	52%
8	Masih kesulitan membuat <i>tafsiran-tafsiran fisis</i> tentang <i>diferensial eksak dan tak eksak</i>	39%
10	Tidak dapat menyebutkan diferensial parsial yang mungkin ada dari suatu fungsi yang ada dan baik	23%
11	Tidak dapat menyebutkan diferensial total yang mungkin ada dari suatu fungsi yang diketahui	22%

12	Tidak mampu menjabarkan turunan parsial dari sebuah fungsi sederhana yang sudah eksplisit	20%
13	Tidak dapat menjelaskan pengertian fisis dari diferensial total ,diferensial parsial kesatu dan kedua	27%
14	Tidak dapat mengembalikan diferensial total yang eksak ke dalam bentuk fungsi aslinya	8%
15	Tidak dapat menyelesaikan persoalan integral garis, yang garisnya dikendalikan oleh suatu fungsi	17%
16	Tidak dapat membaca definisi koefisien-koefisien penting dalam termodinamika yang ditulis dalam bentuk diferensial parsial (seperti :koefisien muai kubik isobarik, kompressibilitas isotermik, dll)	16%
17	Tidak dapat menentukan diferensial parsial pertama untuk suatu variabel tertentu yang terdapat dalam suatu fungsi yang tidak dapat dieksplicitkan.	29%
18	Tidak dapat menggunakan teorema-teorema yang menyatakan hubungan penting antara diferensial parsial untuk mencari diferensial parsial dari fungsi yang rumit	33%
19	Tidak dapat membedakan pengertian diferensial eksak dan tak eksak melalui syarat-syarat matematis	35%
20	Tidak dapat menentukan diferensial parsial kedua dari suatu fungsi yang tidak dapat dieksplicitkan	27%
21	Tidak dapat menuliskan perubahan infinit total suatu variabel yang merupakan fungsi dari dua variabel lainnya, bila kedua variabel itu mengalami perubahan parsial secara infinitesimal	38%
	Prosentase rata-rata konsep yang belum dipahami	29%

Observasi dan Refleksi III (Matematika untuk Termodinamika Lanjutan)

Tindakan III untuk pembelajaran Matematika untuk Termodinamika , kemudian dievaluasi dengan menggunakan instrumen *Tes Kemampuan Matematika untuk Termodinamika (Lampiran V)*, dan hasilnya sebagai berikut :

Tabel 5
Hasil observasi dan refleksi tindakan III : Pemahaman Matematika untuk Termodinamika Lanjutan

No.	Masalah-Masalah Yang Masih Dialami Pembelajar	Persentase Pembelajar
1	Masih kesulitan dalam menerapkan integrasi terhadap suatu diferensial parsial, untuk menentukan fungsi keadaannya.	22%
2	Masih kesulitan dalam menerapkan syarat Euler untuk menguji apakah suatu difernsial total itu berasal dari suatu fungsi yang ada dan baik (well behavior function) atau tidak.	25%
3	Masih kesulitan dalam menerapkan konsep-konsep diferensial parsial dalam persoalan langsung termodinamika	16%
4	Masih kesulitan dalam menerapkan hubungan antara berbagai diferensial parsial, untuk mendiferensiasi persamaan keadaan yang kompleks.	23%
5	Masih kesulitan dalam mendiferensiasi suatu fungsi secara implisit,	26%

	terutama untuk fungsi-fungsi yang sulit dieksplicitkan	
6	Masih kesulitan dalam membedakan besaran fisika yang merupakan <i>fungsi keadaan</i> dan <i>bukan fungsi keadaan</i> .	19%
7	Masih kesulitan dalam mencari persamaan keadaan dari suatu sistem.	23%
8	Masih kesulitan membuat <i>tafsiran-tafsiran fisis</i> tentang <i>diferensial eksak dan tak eksak</i>	22%
10	Tidak dapat menyebutkan diferensial parsial yang mungkin ada dari suatu fungsi yang ada dan baik	9%
11	Tidak dapat menyebutkan diferensial total yang mungkin ada dari suatu fungsi yang diketahui	13%
12	Tidak mampu menjabarkan turunan parsial dari sebuah fungsi sederhana yang sudah eksplisit	14%
13	Tidak dapat menjelaskan pengertian fisis dari diferensial total ,diferensial parsial kesatu dan kedua	14%
14	Tidak dapat mengembalikan diferensial total yang eksak ke dalam bentuk fungsi aslinya	6%
15	Tidak dapat menyelesaikan persoalan integral garis, yang garisnya dikendalikan oleh suatu fungsi	8%
16	Tidak dapat membaca definisi koefisien-koefisien penting dalam termodinamika yang ditulis dalam bentuk diferensial parsial (seperti :koefisien muai kubik isobarik, kompressibilitas isotermik, dll)	9%
17	Tidak dapat menentukan diferensial parsial pertama untuk suatu variabel tertentu yang terdapat dalam suatu fungsi yang tidak dapat dieksplicitkan.	11%
18	Tidak dapat menggunakan teorema-teorema yang menyatakan hubungan penting antara diferensial parsial untuk mencari diferensial parsial dari fungsi yang rumit	18%
19	Tidak dapat membedakan pengertian diferensial eksak dan tak eksak melalui syarat-syarat matematis	14%
20	Tidak dapat menentukan diferensial parsial kedua dari suatu fungsi yang tidak dapat dieksplicitkan	10%
21	Tidak dapat menuliskan perubahan infinit total suatu variabel yang merupakan fungsi dari dua variabel lainnya, bila kedua variabel itu mengalami perubahan parsial secara infinitesimal	13%
	Prosentase rata-rata konsep yang belum dipahami	15%

Selanjutnya kita akan melihat *profil keterampilan intelektual mahasiswa*, sebagai hasil belajar pokok bahasan matematika untuk termodinamika. Profil yang dimaksud dalam penelitian ini adalah gambaran tingkat kemampuan yang dicapai individu atau kelompok individu. Kemampuan yang dimaksud adalah kemampuan memecahkan masalah yang digambarkan dengan skor rata-rata dan sebaran subjek penelitian. Keterampilan intelektual adalah salah satu kemampuan yang dapat ditampilkan mahasiswa sebagai hasil belajar yang mengarah pada pemecahan masalah. Keterampilan intelektual yang dimaksud adalah kemampuan : *Membedakan*

(*M*), Konsep Konkrit (*KK*), Konsep Terdefinisi (*KT*), Aturan (*A*), dan Aturan Tingkat Tinggi (*ATT*).

Dibawah ini ditampilkan tabel kemampuan keterampilan intelektual yang terukur dari soal tes kemampuan matematika untuk termodinamika nomor 1-13, sebagai berikut :

Tabel 6
Skor Rata-Rata Setiap Tahap Keterampilan Intelektual

Nomor Soal	Tahap Ket. Intelektual	Skor Rata-Rata Setiap keterampilan intelektual	Kategori
1	M	85,60	Baik
	KK	78,96	Baik
	KT	77,89	Baik
	A	74,56	Sedang
	ATT	46,75	Kurang
2	M	76,60	Baik
	KK	81,65	Baik
	KT	68,98	Sedang
	A	77,44	Baik
	ATT	42,56	Kurang
3	M	87,65	Baik
	KK	79,47	Baik
	KT	78,67	Baik
	A	66,32	Sedang
	ATT	37,65	Kurang
4	M	76,39	Baik
	KK	82,41	Baik
	KT	79,54	Baik
	A	77,65	Baik
	ATT	52,43	Kurang
5	M	86,31	Baik
	KK	79,25	Baik
	KT	89,47	Baik
	A	76,16	Baik
	ATT	53,45	Kurang
6	M	88,56	Baik
	KK	82,41	Baik
	KT	76,45	Baik
	A	66,58	Sedang
	ATT	45,67	Kurang
7	M	80,67	Baik
	KK	78,34	Baik
	KT	79,10	Baik
	A	67,19	Sedang
	ATT	54,98	Kurang
8	M	79,20	Baik
	KK	87,53	Baik
	KT	89,23	Baik
	A	68,30	Sedang
	ATT	53,90	Kurang

9	M	91,23	Baik
	KK	86,35	Baik
	KT	76,45	Baik
	A	68,90	Sedang
	ATT	39,72	Kurang
10	M	90,45	Baik
	KK	78,32	Baik
	KT	79,20	Baik
	A	66,66	Sedang
	ATT	45,79	Kurang
11	M	75,98	Baik
	KK	78,95	Baik
	KT	87,56	Baik
	A	78,90	Baik
	ATT	39,40	Kurang
12	M	88,90	Baik
	KK	81,32	Baik
	KT	76,50	Baik
	A	69,90	Sedang
	ATT	55,64	Kurang
13	M	91,45	Baik
	KK	87,66	Baik
	KT	78,56	Baik
	A	66,77	Sedang
	ATT	50,98	Kurang

Selanjutnya kita lihat sebaran subjek penelitian berdasarkan tiap tahap keterampilan intelektualnya, sebagai berikut :

Tabel 7

Sebaran Subjek Penelitian Pada Tiap Tahap Keterampilan Intelektual

Tahap Keterampilan Intelektual	Sebaran subjek penelitian (%)
<i>Membedakan (M)</i>	96,89
<i>Konsep Konkrit (KK)</i>	93,12
<i>Konsep Terdefinisi (KT)</i>	87,65
<i>Aturan (A)</i>	78,90
<i>Aturan Tingkat Tinggi (ATT)</i>	43,67

Selanjutnya marilah kita lihat *profil keterampilan intelektual mahasiswa* dilihat dari setiap kemampuan keterampilan intelektual, sebagai berikut :

Tabel 8
Profil Keterampilan Intelektual Mahasiswa Berdasarkan Tahap Kemampuan Intelektual

Tahap Keterampilan Intelektual	Skor Rata-Rata setiap Tahap Keterampilan Intelektual	Kategori
<i>Membedakan (M)</i>	88,96	Baik
<i>Konsep Konkrit (KK)</i>	76,98	Baik
<i>Konsep Terdefinisi (KT)</i>	77,96	Baik
<i>Aturan (A)</i>	75,19	Baik
<i>Aturan Tingkat Tinggi (ATT)</i>	43,64	Kurang

Selanjutnya kita lihat *aktivitas belajar mahasiswa* dalam kelompoknya dan aktivitas mahasiswa dalam kelas yang teramati dari semua siklus adalah sebagai berikut :

Tabel 9
Aktivitas Belajar Mahasiswa dari Siklus ke Siklus

No	Satuan Aktivitas yang Diamati	Prosentase aktivitas selama pembelajaran (%)		
		Siklus I	Siklus II	Siklus III
1	Partisipasi mahasiswa dalam diskusi kelompok	45%	56%	72%
2	Partisipasi mahasiswa dalam diskusi kelas	42%	56%	68%
3	Banyaknya mahasiswa yang bertanya dalam diskusi kelas	38%	62%	78%
4	Banyaknya mahasiswa yang menanggapi pertanyaan dalam diskusi kelas	23%	43%	65%
5	Ketepatan waktu menyelesaikan tugas	45%	66%	85%
6	Partisipasi kelompok dalam diskusi kelas	36%	57%	73%
7	Kemampuan menyelesaikan tugas dengan baik dan benar	45%	67%	88%
8	Kemampuan berkomunikasi (presentasi)	34%	65%	79%

K. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini telah dikembangkan model Analisis Struktur Pengetahuan Materi (ASPM) Termodinamika yang ada pada Struktur Kurikulum Fisika Pendidikan Tinggi, dengan berpijak pada pendekatan MINDS.ON PHYSICS (MOP) berdasarkan asumsi-asumsi *constructivist*. Berdasarkan ASPM termodinamika tersebut, kemudian dikembangkan sebuah silabus matakuliah termodinamika.

Berdasarkan ASPM termodinamika dan silabus matakuliah termodinamika, kemudian dirancang *model modul pembelajaran termodinamika*, sebagai model untuk mengembangkan modul seluruh pokok bahasan termodinamika yang ada dalam silabusnya. Dalam hal ini, yang sudah dirancang adalah modul dengan judul: "**Matematika untuk Termodinamika**". Kemudian modul tersebut diujicobakan dalam pembelajaran termodinamika dengan pendekatan Problem Solving Berbasis Konsep (PSBK), dengan terus-menerus memperbaiki kelemahan-kelemahan yang terjadi dalam Penelitian Tindakan Kelas (PTK) yang terdiri dari 3 siklus. Pada siklus I, prosentase rata-rata konsep yang belum dipahami oleh pembelajar adalah 43%, pada siklus II 29%, dan pada siklus III menurun menjadi 15%.

Jika dilihat dari kemampuan mahasiswa dalam menjawab tiap tahap keterampilan intelektual, berdasarkan sebaran subjek penelitiannya, peringkat tertinggi dicapai pada tahap kemampuan membedakan (96,89%), sedangkan peringkat terendah ada pada tahap aturan tingkat tinggi (43,67%). Sedangkan profil keterampilan intelektual mahasiswa berdasarkan tahap kemampuan intelektualnya, sebagian besar berkategori **Baik**.

Aktivitas belajar mahasiswa dari siklus ke siklus pun mengalami kemajuan yang cukup signifikan. Hal ini ditandai dengan rata-rata prosentase aktivitas selama pembelajaran yang meningkat, yaitu pada siklus I sebesar 33,5%, pada siklus II sebesar 59%, dan pada siklus III sebesar 76%. Artinya setelah selesai siklus III dapat disimpulkan bahwa hampir semua siswa berperan aktif dalam bertanya, menganggapi pertanyaan, dan lain-lain, sehingga keterampilan intelektual mereka pun menjadi meningkat

J. PERSONALIA PENELITIAN

1. Ketua Penelitian

- a. Nama : **Drs. Saeful Karim, M.Si**
- b. Gol/Pangkat/NIP : III D/Penata I/131946758
- c. Jabatan Fungsional : Lektor
- d. Jabatan Struktural : Ketua Program Studi Fisika FPMIPA UPI
- e. Fakultas/Prog. Studi : Pendidikan MIPA/Pendidikan Fisika
- f. Perguruan Tinggi : Universitas Pendidikan Indonesia
- g. Bidang Keahlian : Pendidikan Fisika dan Fisika
- h. Waktu Penelitian : 8 jam/minggu

2. Anggota Penelitian

- a. Nama : Dra.Hera Novia
- b. Gol/Pangkat/NIP : III A/Penata Muda /132296236
- c. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
- d. Jabatan Struktural : -
- e. Fakultas/Prog. Studi : Pendidikan MIPA/Pendidikan Fisika
- f. Perguruan Tinggi : Universitas Pendidikan Indonesia
- g. Bidang Keahlian : Pendidikan Fisika dan Fisika
- h. Waktu Penelitian : 4 jam/minggu

3. Tenaga Laboran/Teknisi :

- a. Eri Supriadi (Laboran)
- b. Endang Supriatna (Laboran)

4. Tenaga Administrasi : Atit Sumiati (Peg.tata usaha)

K. REFERENSI

- Jose P.Mestre, 1999, *Cognitive Aspects of Learning and Teaching Science*, Department of Physics and Astronomy, University of Massachusetts, Amherst, MA 01003-4525 USA.
- Jan Van Aalst, 1999, *The Learning to Knowledge Building Model : A Framework for Teaching in Collaborative Environments*, Center for Applied Cognitive Science,OISE/University of Toronto,252 Bloor Street W.,Toronto,ON,Canada,M5S IV6.
- Michael L.Bentley, 1998, *Constructivism as a referent for Reforming Science Education*, New York : Cambridge University Press,pp.233-249.
- Nelson Siregar, 2000, *Peranan Struktur Ilmu Dalam Pengembangan Kurikulum*, Fakultas Pendidikan MIPA,UPI, Bandung.
- Nelson Siregar, 2000, *Laporan Kegiatan Loka-Karya Penelitian Untuk Dosen IPA*, Fakultas Pendidikan MIPA,UPI, Bandung.
- Ratna Wilis Dahar, 1989, *Teori-Teori Belajar*,Penerbit Erlangga,Jakarta.
- Robert M.Gagne, 1988, *Principles of Instructional Design*, California.
- Robert M.Gagne, 1974, *Essentials of Learning for Instruction*, California.
- Theresia Tirta Seputro, 1998, *The Influence of Teacher's Subject Matter Knowledge and Beliefs on Teaching Practices : A Case Study of an Indonesian teacher teaching Graph Theory in Indonesia*, National Key Center of School and Mathematics, Curtin University of technology, Proceeding Contens, WAIFER Home Page.
- William Gerace, Robert Dufreshne, William Leonard and Jose Mestre, 1999, *MINDS.ON PHYSICS : Materials for Developing Concept-Based Problem-Solving Skills in Physics*, Department of Physics and Astronomy, University of Massachusetts, Amherst,MA 01003-4525 USA.UMPERG,Technical Report .

L. CURICULUM VITAE PENELITI

A. Ketua Penelitian

- a. Nama : **Drs.Saeful Karim, M.Si**
 b. NIP/GOL/Pangkat : 131 946 758/III d/ Lektor
- c. Tempat/tgl.lhr. : Garut, 7 Maret 1967
 d. Unit Kerja : Jurusan Pendidikan Fisika FPMIPA UPI
 e. Alamat Kantor : Jl.Dr. Setiabudi No.229 Bandung 40154
 Tlp.(022)2004548, Fax (022)2004548
 Email : ksaeful@Yahoo.com
- f. Alamat Rumah : Jl.Sentral –Sirnarasa No.191 Cibabat- Cimahi
 Tlp.(022)6654803/08122172077

a.Riwayat Pendidikan

Nama Sekolah	Tahun lulus	Jurusan	Tempat
SDN Neglasari	1977		Garut
SMPN Cisompet	1983		Garut
SMAN Garut	1986		Garut
S1 Pendidikan (IKIP Bandung)	1990	Fisika	Bandung
Pra-S2 ITB	1993	Fisika	Bandung
S2 ITB	1996	Fisika	Bandung

b.Riwayat Bekerja

No.	Institusi	Jabatan	Periode Bekerja
1.	SMU Taruna Bakti Bandung	Guru Fisika	1990-1998
2.	SMU Taruna Bakti Bandung	Wakil Kepala Sekolah	1996-1998
3.	IKIP Bandung	Dosen Fisika/Pendidikan Fisika	1991-Sekarang
4.	IKIP Bandung	Ketua Program Studi Fisika	Januari 2002-Sekarang

c.Daftar Penelitian yang sudah dilakukan dalam 5 tahun terakhir

No.	Judul Penelitian	Tahun
1.	Pemahaman Konsep-konsep Fisika Dikaitkan dengan Penguasaan Persamaan Matematik	1996
2.	Deskripsi Statistik Aliran Reaktif Turbulen	1997
3.	Optimalisasi Suseptibilitas Sentrosimetrik Molekul Non-Linear	1998
4.	Komputasi Dinamika Fluida	1998
5.	Model Learning Cycle Dalam Pembelajaran Kinematika dan Dinamika Pada Perkuliahan Fisika dasar	1998
6.	Model Learning Cycle dalam Pembelajaran Hukum Archemedes di Sekolah Dasar	1998

7.	Model Ubinan Acak Untuk Struktur Kuasikristal	1996
8.	Mikrokuasikristal, Superlattice, dan Aproksiman Kristal	1996
9.	Computational Fluid Dynamics	1998
10.	Konduktivitas Gas Terionisasi Sebagian	1999
11.	Konduktivitas Gas Terionisasi Seluruh	1999
12.	Pengukuran Viscositas dan Polaritas Cairan Dibawah Pengaruh Medan Listrik	2000
13.	Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Rendahnya Tingkat kelulusan Matakuliah Fisika dasar Pada Mahasiswa Program Tahun persian Bersama FPMIPA UPI	2000
14.	Inovasi Pembelajaran Matakuliah Termodinamika Melalui Pendekatan Teknik dan Paket Program Matematika Khusus Di Jurusan Pendidikan Fisika FPMIPA UPI	2000
15.	Pemahaman Konsep Fisika moderen Guru Sekolah Menengah Umum Berdasarkan Kurikulum SMU 1994 Pada Domain Kognitif Bloom	2000
16.	Peningkatan Pemahaman Fisika Dasar Pokok Bahasan Kinematika dan Dinamika Partikel dengan Bantuan Alat Peraga Kinematika dan Dinamika Pada Mahasiswa TPB Fisika Angkatan 2000/2001 (Hibah bersaing Dana Rutin UPI tahun 2000)	2000
17.	Diagnosa Kesulitan Belajar Mahasiswa Pada Mata Kuliah Termodinamika Ditinjau Dari Kemampuan Menafsirkan Grafik, Penguasaan Diferensial Parsial, Pemahaman Konsep dan Penerapannya (RII Batch IV Proyek PGSM tahun 2000)	2000
18.	Inovasi Pembelajaran Fisika Dasar untuk Mahasiswa TPB Jurusan Biologi FPMIPA UPI	2000
20.	Learning Model of Linear Movements Dynamics for The Students of Senior High Schools Class 1 By Using Critical and Creative Thinking Students With Constructive Insights Approach (<i>Hibah bersaing Dana Rutin UPI tahun 2001/2002</i>)	2001
21	Determining Thermal Electromotantion for some termocouples from graphic electromotive force with difference of temperature	2002

