

1. JUDUL : DIAGNOSA KESULITAN BELAJAR MAHASISWA PADA MATA KULIAH TERMODINAMIKA DITINJAU DARI KEMAMPUAN MENAFSIRKAN GRAFIK, PENGUASAAN DIFERENSIAL PARSIAL, PEMAHAMAN KONSEP DAN PENERAPANNYA
(Penelitian Tindakan Berbasis Kelas yang berorientasi pada inovasi-inovasi pembelajaran yang melibatkan utilisasi peralatan baru JICA dan PGSM dengan pendekatan teknik)

2. PENDAHULUAN

2.1 Latar belakang masalah

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 4 tahun, kami sering mengamati bahwa umumnya mahasiswa yang mengikuti perkuliahan Termodinamika sering mengalami kesulitan *dalam menafsirkan grafik, penguasaan diferensial parsial dan interpretasi fisisnya, memahami konsep-konsep termodinamika dan tidak mengetahui aplikasi 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 ceramah dan 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 pendidikan fisika maupun program 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.	1998/1999	2	96	2	14	37	43
2.	1997/1998	2	87	4	9	40	34
3.	1997/1998	1	41	3	7	14	17
4.	1996/1997	2	68	5	7	21	35
5.	1996/1997	1	36	2	5	16	13
6.	1995/1996	2	52	3	4	13	32

Data diatas memberikan isyarat bahwa perlunya pengungkapan yang mendalam tentang berbagai faktor yang mempengaruhi ketidakkelulusan 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 *penafsiran grafik, penguasaan konsep diferensial parsial serta interpretasi fisisnya, penguasaan konsep-konsep termodinamika dan penerapannya dengan pendekatan teknik 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 maupun kuantitas kelulusan 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.

2.2 Identifikasi Masalah

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.* Sehingga penulis akan merancang *program matematika khusus untuk termodinamika, yang mengacu pada Buku yang berjudul Matematika Untuk Teknik yang ditulis oleh K.A Stroud.* Yang akan ditiru dari buku ini adalah teknik penyajian materinya yang menggunakan pendekatan teknik. Maksudnya adalah bahwa setiap konsep matematika yang diperkenalkan disertai terapannya dalam termodinamika.

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. Hal ini sulit untuk difahami bila pembelajarannya hanya bersifat informatif saja. Sehingga perlu dirancang *pembelajaran yang menekankan pada pemahaman grafik yang menggunakan data nyata dari eksperimen.*
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. Misalkan 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. Dalam hal ini penulis diilhami oleh sebuah buku termodinamika terbaru yang berjudul : *Thermodynamics An Engineering Approach, Second Edition, Yunus A. Cengel, Michael A. Boles (1999).* Dalam buku ini semua konsep-konsep termodinamika disertai dengan terapannya dalam kehidupan sehari-hari dan

dalam teknologi. Dalam penelitian ini akan dicobakan proses pembelajaran yang mengacu pada buku termodinamika tersebut.

Sebagai ilustrasi, sedikit penulis ungkapkan tentang bagaimana mudahnya memahami siklus Otto pada buku termodinamika dengan pendekatan teknik yang dikarang oleh *Yunus A.Cengel dan Michael A. Boles*. Pada motor bakar, bensin di dalam ruang bakar dibakar sehingga gas yang terjadi akibat pembakaran tadi mengandung tenaga panas (kalor) dimana *temperatur* dan *tekanannya* tinggi. Gas yang panas ini mengembang atau memuai dan menekan atau mendorong piston. Gerak dari piston yang lurus itu diteruskan melalui batang penggerak ke crank-shaft (poros engkol) yang berubah menjadi gerak putar. Motor bakar semacam itu disebut *motor bakar model piston* atau *motor bolak-balik*.

Campuran antara bensin dan udara dihisap kedalam silinder, ditekan kemudian dibakar. Pembakaran gas tersebut menimbulkan panas yang memungkinkan gas itu mengembang dan menekan gas sisa pembakaran keluar. Selanjutnya gas campuran itu dihisap, ditekan, dibakar, mengembang lalu dibuang. Hal ini berlangsung berulang-ulang. Proses inilah yang merupakan prinsip pokok kerja dari suatu motor bakar tiap satu kali proses yakni : hisap, tekan, bakar, pengembangan dan pembuangan disebut satu siklus (cycle). Satu siklus = dua putaran crankshaft (*untuk mesin 4 tak*)

Piston bergerak didalam silinder diantara bagian atas silinder dan bagian bawah silinder. Bagian atas silinder disebut *titik mati atas (TMA)* dan bagian bawah silinder disebut *titik mati bawah (TMB)*. Panjang atau jarak gerak piston dari titik mati atas sampai titik mati bawah disebut *jarak langkah gerak piston* atau dengan istilah asing disebut *stroke*.

Mesin disebut 4 tak apabila gerakan piston dalam satu siklus meliputi :

- Piston bergerak dari TMA ke TMB (langkah penghisapan)
 - Piston bergerak dari TMB ke TMA (langkah kompresi)
 - Piston bergerak dari TMA ke TMB (langkah pengembangan/ langkah kerja)
 - Piston bergerak dari TMB ke TMA (langkah pembuangan)
- Jadi piston itu mengadakan 4 langkah gerak dalam satu siklus dan dua putaran crankshaft (poros engkol).

Selanjutnya kita bahas lebih detail tentang mesin 4 tak, yaitu sebagai berikut :

a. Langkah penghisapan

Pada waktu piston mulai bergerak dari TMA maka klep masuk membuka. Kemudian campuran antara bahan bakar dan udara yang telah dicampur didalam karburator masuk dan dihisap kedalam silinder. Ketika piston berada pada posisi TMB maka klep masuk akan menutup kembali.

b. Langkah kompresi (Penekanan)

Selanjutnya pada waktu piston bergerak dari TMB menuju TMA, klep masuk dan klep buang tertutup sehingga gas yang telah dihisap kedalam silinder tidak dapat keluar pada waktu ditekan oleh piston yang mengakibatkan tekanan gas ini akan mencapai tekanan optimum. Beberapa saat piston sebelum mencapai TMA gas yang telah mencapai tekanan optimum itu dinyalakan atau dibakar oleh bunga api listrik dari busi.

c. Langkah Pengembangan/kerja

Gas-gas hasil pembakaran tadi yang mempunyai suhu dan tekanan tinggi akan mengembang menekan piston kebawah, sehingga dengan tenaga yang kuat sekali piston ditekan dan dipaksa menuju TMB. Pada saat inilah pertama kali tenaga panas (kalor) diubah menjadi tenaga mekanis (tenaga mesin). Tenaga ini kemudian disalurkan melalui batang-batang penggerak dan oleh crankshaft diubah menjadi tenaga putar. Pada langkah ini klep masuk dan klep buang dalam keadaan tertutup.

d. Langkah Pembuangan

Pada saat piston mulai bergerak dari TMB ke TMA klep buang membuka dan sisa-sisa pembakaran tertekan oleh piston keluar melalui klep buang menuju udara bebas. Dengan terbuangnya gas sisa pembakaran itu maka kerja keempat langkah mesin 4 tak selesai untuk satu siklus.

Demikian pula terapan-terapan untuk konsep-konsep termodinamika yang lainnya, dalam buku tersebut diberikan contoh-contoh nyatanya dalam kehidupan sehari-hari dan dalam teknologi. Disamping itu pula penulis juga mempunyai pengalaman dalam bidang otomotif, sehingga lebih mudah menjelaskannya.

2.3 Perumusan Masalah

Berdasarkan masalah yang telah diidentifikasi diatas, maka masalah dalam penelitian tindakan berbasis kelas ini dapat dirumuskan sebagai berikut : *Bagaimana mendiagnosa kesulitan belajar mahasiswa pada matakuliah Termodinamika ditinjau dari kemampuan menafsirkan grafik, penguasaan diferensial parsial, pemahaman konsep dan penerapannya melalui penelitian tindakan berbasis kelas yang berorientasi pada inovasi-inovasi pembelajaran yang melibatkan utilisasi peralatan baru JICA dan PGSM dengan pendekatan teknik*

2.4 Tujuan dan Kegunaan Penelitian

Hasil yang diharapkan dari penelitian tindakan ini dibagi menjadi empat kelompok, yaitu :

1. Peningkatan keahlian dosen dalam memperbaiki kemampuan mahasiswa tentang penafsiran grafik-grafik, penguasaan konsep diferensial parsial serta interpretasi fisisnya, penguasaan konsep-konsep termodinamika dan penerapannya.
2. Perbaikan bahan ajar termodinamika dan proses belajar mengajarnya. Di akhir penelitian tindakan ini akan dirancang *modul matematika khusus untuk termodinamika*
3. Meningkatkan hasil belajar mahasiswa pada mata kuliah termodinamika, baik secara kuantitatif maupun kualitatif.
4. Perbaikan isi Mata Kuliah Proses Belajar Mengajar dan Mata kuliah Bidang Studi bagi mahasiswa Universitas Pendidikan Indonesia (UPI).

3. Kerangka Teoritis dan Hipotesa Penelitian Tindakan

3.1 Pengertian Grafik

Grafik secara sederhana adalah gambar yang terdiri dari titik-titik dan garis yang menghubungkan titik-titik tersebut. Pengertian sederhana tentang grafik tersebut diungkapkan oleh Wai & Kaicher (1976 : 1) menyatakan : “ *The graphs that we are about to discuss of point (nodes) and lines (edges) which connect some of these*

points. Sedangkan Wilson (1998:8) mengungkapkan bahwa grafik adalah garis horizontal dan vertikal yang menghubungkan antara dua titik.

Pengertian grafik yang lain diungkapkan oleh Selby (1979:13) dengan menyatakan bahwa grafik adalah alat bantu untuk mengungkapkan dua macam data atau lebih. Sementara itu Herbert (1986:132) memberikan pengertian bahwa :” *The graphs is a series of points, each corresponding to abscissa and ordinate defined by the arguments and function values expressed in a table*. Pengertian-pengertian grafik tersebut dilengkapi oleh Harper (1988:42) dengan menyatakan bahwa grafik adalah alat untuk menampilkan data berupa garis atau kurva yang menghubungkan asatu variabel dengan variabel yang lain.

3.2 Fungsi Grafik

Grafik mempunyai fungsi yang begitu luas, pada berbagai cabang ilmu dengan berbagai tujuan. Hal tersebut diakui oleh beberapa ahli seperti yang dikemukakan berikut ini.

Sudarso (1988:102) mengungkapkan bahwa grafik sebagai salah satu alat visual untuk menampilkan data mempunyai fungsi untuk membantu mempermudah dan memperjelas ide pokok dari data yang disampaikan.Selain itu grfaik dapat menyajikan data yang banyak dalam bentuk yang sederhana.

Sedangkan Selby (1979:1) menekankan fungsi grafik pada berbagai cabang ilmu, seperti yang dikatakannya “*with the growing use of graphs and tables to summarise data from every branch of science, industry, business,and government*”. Dengan demikian pada dasarnya semua orang memerlukan dan menggunakan grafik untuk membantu mereka dalam menampilkan data.

Dalam sains fungsi grafik lebih terasa lagi. Hal ini diakui oleh Subianto (1988:116) dengan mengatakan bahwa “*grafik merupakan alat komunikasi yang sering digunakan dalam ilmu alam* “ .Khusus dalam ilmu fisika, sebagai salah satu cabang ilmu alam, Selby (1979 :10 menegaskan “... *in fact, all the physical sciences routinely plot data on various types at graph grid to simplify information display* “.

Pentingnya grafik dalam fisika juga dikemukakan oleh Wai & Kaicher (1976:1) sebagai berikut :” *Graphs have been found extremely useful in modeling system arising in physical sciences*”.

Terdapat beberapa alasan digunakannya grafik pada berbagai cabang ilmu termasuk fisika, diantaranya dikemukakan oleh Selby(1979:40) sebagai berikut :

1. Grafik cepat memberikan informasi karena dapat menunjukkan bagian penting dalam waktu yang singkat.
2. Grafik dapat menampilkan lebih banyak titik berat dibandingkan alat presentasi data lainnya seperti teks atau tabel.
3. Grafik lebih menarik daripada teks atau tabel karena lebih mudah diamati dan dimengerti.
4. Grafik padat karena dapat memuat banyak informasi dalam tempat atau bidang yang relatif kecil.
5. Grafik dapat digunakan untuk meramalkan data yang tidak diperoleh dari eksperimen atau fakta dengan cara ekstrapolasi.

Dari berbagai pendapat para ahli tersebut dapat disimpulkan bahwa fungsi grafik yang utama adalah untuk membantu memperjelas presentasi data pada berbagai cabang ilmu termasuk ilmu fisika.

3.3 Jenis-jenis grafik

Terdapat bermacam-macam jenis grafik dan berbagai cara mengklasifikasikannya. Namun demikian, disesuaikan dengan tujuan penelitian, maka yang dikemukakan disini adalah jenis-jenis grafik yang dinyatakan dari uraian Selby (1979:21-27) ,yaitu :

1. Line graphs (grafik garis), yang terdiri dari : Straight line (garis lurus), curvilinear(Kurva linier), Zigzag, dan step (tangga).
2. Surface graphs (Grafik bidang), yang terdiri dari : Simple zigzag (zigzag sederhana), simple step (tangga sederhana), dan subdivided zigzag (zigzag bertingkat atau berlapis).
3. Special graphs (grafik khusus), yang terdiri dari : Grafik kombinasi (grafik bidang dan tangga, grafik batang dan tangga) dan grafik lain (piktograf, histogram, grafik lingkaran).
4. Bar graphs (grafik batang), yang terdiri dari : Grafik batang vertikal dan grafik batang horizontal.

Sedangkan Levens (1962:238-248) dan Cameron (1970: 5-11) mengungkapkan jenis grafik yang sering digunakan dalam sains adalah *grafik polar, grafik trilinear, bagan alir, grafik koordinat kartesius, dan homogram.*

3.4 Grafik dalam fisika khususnya termodinamika

Fisika tak dapat digambarkan tanpa bahasa ilmiah, salah satu bahasa ilmiah yang tepat digunakan untuk fisika adalah matematika (Druxes,1986:33). Brochaus (dalam Druxes,1986:35) mengemukakan bahwa fisika adalah pelajaran tentang kejadian alam yang memungkinkan untuk diteliti dengan percobaan, diadakan pengukuran apa yang diperoleh dan disajikan secara matematika. Produk matematika dalam fisika tidak hanya dalam bentuk persamaan (rumus-rumus), tetapi produk matematika yang lazim dipergunakan adalah grafik.

Salah satu bagian ilmu fisika yang banyak menggunakan grafik adalah *termodinamika*. Banyak data atau konsep-konsep termodinamika dapat disajikan dengan grafik. Ini tidak lepas dari arti dan fungsi grafik itu sendiri seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

3.4 Termodinamika dengan pendekatan teknik

Didasarkan atas studi literatur terhadap buku-buku termodinamika diperoleh perbandingan bahwa buku-buku termodinamika yang disajikan dengan pendekatan teknik lebih mudah difahami daripada buku-buku termodinamika yang murni teoritis. Konsep-konsep atau prinsip-prinsip termodinamika yang disajikan dengan pendekatan teknik dirasakan bersifat aplikatif dan “membumi”.

Yang dimaksud pendekatan teknik adalah bahwa konsep-konsep atau prinsip-prinsip termodinamika disajikan dengan disertai contoh-contoh nyata dalam kehidupan sehari-hari dan penerapannya dalam teknologi, yang mengacu pada buku *Thermodynamics An Engineering Approach, Second Edition, Yunus A.Cengel, Michael A. Boles (1999).*

Konsep-konsep termodinamika merupakan representasi terhadap aspek tertentu dari realita dalam alam, dan prinsip-prinsip termodinamika menyatakan keteraturan perilaku alam dalam bentuk hubungan antar konsep . Dengan kata lain termodinamika merupakan *peta* untuk memahami berbagai perilaku alam dibawah kontrol suhu, seperti layaknya suatu peta kota adalah *representasi wilayah kota* dibawah kontrol tertentu. Melalui konsep dan prinsip termodinamika kita dapat berfikir untuk menjelaskan berbagai peristiwa dalam alam atau dalam menyelesaikan berbagai masalah yang kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari.

Dalam bentuk yang terlalu abstrak ekspresi berbagai konsep dan prinsip termodinamika dikenal sebagai persamaan keadaan, yang jauh dari realitas sehari-hari yang dialami oleh mahasiswa. Akibatnya termodinamika terasa kurang relevan terhadap kehidupan sehari-hari para mahasiswa, dan terasa membosankan, sehingga mahasiswa tidak termotivasi untuk menguasainya. Termodinamika hendaknya disuguhkan kepada para mahasiswa sebagai suatu cerita yang menarik, serta mengajak para mahasiswa untuk berfikir sendiri dengan menggunakan berbagai konsep dan prinsip Termodinamika. Penguasaan konsep dan prinsip termodinamika umumnya fisika hendaknya dianggap sebagai suatu sasaran antara, dengan tujuan akhir adalah kemampuan untuk menjelaskan peristiwa dalam kehidupan nyata (Sutrisno;2000)

Proses pembelajaran yang efektif adalah proses yang membuat para mahasiswa aktif, yaitu tidak sekedar mendengar, namun *berbuat, berbicara, dan didengar* (Sutrisno;2000). Ada ungkapan bahwa agar dapat belajar sains, para mahasiswa harus diajak *berbicara* tentang sains. Jadi dalam hal ini mahasiswa hendaknya menjadi *subjek* dalam proses pembelajaran, bukan sekedar hanya *objek*.

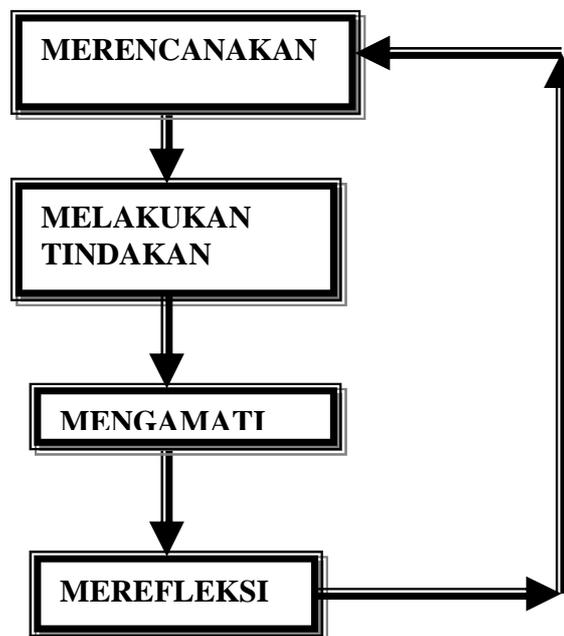
3.5 Hasil penelitian yang relevan

Lilian C.Mc Dermott dan rekan-rekannya di Departemen Fisika Universitas Washington pada Februari 1986 mengemukakan hasil penelitiannya tentang kesulitan-kesulitan para mahasiswa di Universitas Washington dalam menghubungkan grafik dengan fisika. Dalam penelitiannya mereka mengambil objek penelitian mengenai konsep kinematika. Mereka membagi dua bagian pokok masalah dalam penelitian ini, yaitu :

1. **Kesulitan dalam menghubungkan grafik untuk konsep fisika** diantaranya : membedakan antara kecondongan (slope) dan ketinggian dari suatu grafik, menginterpretasikan perubahan-perubahan ketinggian dan perubahan-perubahan kecondongan, menghubungkan suatu macam grafik terhadap lainnya, mencocokkan informasi ceritera dengan ciri-ciri yang relevan dari suatu grafik, dan menginterpretasikan luas daerah dibawah kurva suatu grafik.
2. **Kesulitan-kesulitan dalam menghubungkan grafik untuk dunia nyata.** Kesulitan-kesulitan ini terutama difokuskan dalam kesalahan-kesalahan yang dibuat mahasiswa terhadap berbagai tipe yang berbeda dari grafik gerak. Kesalahan-kesalahan ini dikelompokkan dalam lima kesulitan, yaitu : Menggambarkan gerak yang kontinu dengan suatu garis yang kontinu, memisahkan bentuk suatu grafik dari garis kontinu gerak, menggambarkan suatu kecepatan negatif dalam suatu grafik $v-t$, menggambarkan suatu percepatan tetap dari suatu grafik $a-t$, dan membedakan antara tipe-tipe yang berbeda dari grafik gerak.

3. 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 **2 siklus saja**.

Penelitian ini dilakukan di Jurusan Pendidikan Fisika FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia kepada mahasiswa semester V yang mengambil perkuliahan termodinamika yang berjumlah 34 orang.

Untuk membantu menyelesaikan masalah-masalah seperti yang disebutkan sebelumnya, akan dilakukan penelitian tindakan mengenai kesulitan-kesulitan mahasiswa dalam mengikuti perkuliahan termodinamika dalam hal :

1. Menafsirkan grafik.
2. Penguasaan diferensial parsial dan interpretasi fisisnya.
3. Pemahaman konsep-konsep termodinamika

4. Menerapkan konsep-konsep termodinamika dalam kehidupan nyata dan dalam teknologi.

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

Langkah-langkah penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengadakan studi eksplorasi untuk memahami kondisi kelas dan mahasiswa. Hal ini dimaksudkan untuk menggali informasi tentang keadaan mahasiswa secara akademik.
2. Dua minggu sebelum kegiatan perkuliahan dimulai, yang pertama kali dipersiapkan adalah merancang naskah bahan ajar matematika untuk termodinamika yang didalamnya berisi pendalaman diferensial parsial yang langsung diterapkan pada persoalan-persoalan termodinamika sekaligus pendalaman mengenai teori grafik yang mengacu pada buku *Termodinamika Untuk Teknik karangan K.A Stroud*. Naskah bahan ajar matematika untuk termodinamika yang didalamnya berisi pendalaman diferensial parsial yang langsung diterapkan pada persoalan-persoalan termodinamika sekaligus pendalaman mengenai teori grafik. 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. Diktat kecil ini harus sudah dipelajari oleh mahasiswa sebelum acara perkuliahan dimulai. Jadi fungsi perkuliahan matematika untuk termodinamika sebagai sarana pengulangan hasil belajar dan sekaligus pendalaman materi sehingga mahasiswa akan mampu mengerjakan sejumlah soal-soal standar yang disediakan di akhir diktat ini. Soal-soal yang disediakan di akhir diktat ini dijadikan sebagai tugas wajib yang harus dikumpulkan dan diberi nilai 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 pendalaman materi melalui diskusi, melatih konsep-konsep kedalam soal-soal latihan.

3. Merancang jenis tes untuk mengukur kemampuan interpretasi grafik, mengukur penguasaan diferensial parsial yang langsung diterapkan pada persoalan-persoalan termodinamika, untuk mengukur penguasaan konsep-konsep termodinamika, dan untuk mengukur kemampuan menerapkan konsep-konsep termodinamika kedalam kehidupan nyata dan dalam teknologi yang mengacu pada buku *Thermodynamics An Engineering Approach, Second Edition, Yunus A. Cengel, Michael A. Boles (1999)*.
4. Mengadakan refleksi berdasarkan pada hasil studi eksplorasi dan diikuti dengan perencanaan tindakan siklus kedua.
5. Melakukan tindakan atau perlakuan pada mahasiswa dalam kelas dan pada saat yang sama melakukan observasi kelas dan refleksi.
6. Menyusun rencana untuk penulisan draft buku termodinamika untuk perguruan tinggi sesuai hasil penelitian ini, dan rencananya akan diterbitkan.

4. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dirancang dalam dua siklus, yaitu :

➤ **SIKLUS I (Pemahaman Diferensial Parsial)**

Tindakan I (Pemahaman Diferensial Parsial)

Perkuliahan termodinamika ini dimulai pada tanggal 2 September 1999. Dua minggu sebelum kegiatan perkuliahan dimulai, yang pertama kali dipersiapkan adalah membuat paket program matematika khusus untuk menunjang perkuliahan termodinamika yang ditulis merujuk pada paket program matematika teknik berbingkai yang dikarang oleh K.A Stroud yang berjudul **Matematika Untuk Teknik**.

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. Diktat kecil ini harus sudah dipelajari oleh mahasiswa sebelum acara perkuliahan dimulai. Jadi fungsi perkuliahan matematika untuk termodinamika sebagai sarana pengulangan hasil belajar dan sekaligus pendalaman materi sehingga mahasiswa akan mampu mengerjakan sejumlah soal-soal standar yang disediakan di akhir diktat ini. Soal-soal yang disediakan di akhir diktat ini dijadikan sebagai tugas wajib yang harus dikumpulkan dan diberi nilai 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. (Diktat Matematika Untuk Termodinamika terlampir :Lampiran VII).

Kegiatan perkuliahan matematika untuk Termodinamika ini dilaksanakan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Pertama-tama dosen menjelaskan tentang konsep-konsep matematika penting yang harus dikuasai untuk memudahkan mempelajari termodinamika.
- b. Melaksanakan perkuliahan dengan metode *diskusi,ceramah, dan tanya jawab* mengikuti buku panduan Matematika untuk termodinamika yang telah dipersiapkan sebelumnya.
- c. 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.

- d. Bila semua materi dalam diktat tersebut telah selesai dibicarakan, mereka akan mendapat ujian untuk keseluruhan topik yang ada dalam diktat kecil tersebut.

➤ **SIKLUS II (Pemahaman Diferensial Parsial)**

Tindakan II (Pemahaman Diferensial Parsial)

- a. Melaksanakan perkuliahan 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 pada tabel di atas), 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*.
- b. 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. Begitu seterusnya sampai materi dalam diktat kecil itu habis.

- c. Bila semua materi dalam diktat tersebut telah selesai didiskusikan, mereka akan mendapat ujian untuk keseluruhan topik yang ada dalam diktat kecil tersebut.

➤ **SIKLUS I (Termodinamika)**

Tindakan I (Pemahaman Grafik, Pemahaman Konsep dan Penerapan Konsep)

Sebelum menjelaskan tindakan kelas yang dilakukan pada pembelajaran Termodinamika, ada baiknya peneliti akan memaparkan gambaran umum tentang sistem pelaksanaan perkuliahan Termodinamika di Jurusan Pendidikan Fisika FPMIPA UPI.

Perkuliahan termodinamika ini terdiri dari 3 SKS . Pengertian 3 SKS adalah 150 menit tatap muka, 150 menit belajar mandiri, dan 150 menit mengerjakan tugas berstruktur. Untuk mengefisienkan pelaksanaannya, maka point **belajar secara mandiri** dijadwalkan secara resmi. Sehingga pelaksanaan perkuliahan menjadi 5 kali 50 menit dalam seminggu .

Pada siklus I, perkuliahan diisi dengan kegiatan pendalaman materi melalui *ceramah, diskusi, tanya jawab, demonstrasi, melatih penerapan konsep-konsep kedalam soal-soal latihan, membahas struktur termodinamika untuk setiap pokok bahasan secara utuh, membahas tugas-tugas berstruktur, dan membahas persoalan-persoalan yang muncul dari hasil kajian mandiri mahasiswa terhadap buku panduan yang telah ditetapkan. Semua materi dibahas dengan pendekatan teknik, artinya setiap konsep yang dibahas selalu dikaitkan dengan terapannya dalam kehidupan sehari-hari dan dalam teknologi.*

Pada awal perkuliahan, isi perkuliahan termodinamika dijelaskan secara singkat tetapi menyeluruh agar mahasiswa mendapatkan gambaran secara utuh tentang struktur materi perkuliahan, yang meliputi :

- 1) **Bab I, Matematika untuk termodinamika** : Apakah termodinamika itu, diferensial fungsi variabel tunggal, diferensial fungsi dua variabel,

diferensial eksak dan tak eksak, hubungan penting antara diferensial parsial, tugas mengerjakan soal-soal yang berkaitan dengan bab I.

- 2) **Bab II, Konsep-konsep dasar termodinamika** : Penjelasan tentang penerapan termodinamika (untuk memberikan motivasi kepada mahasiswa tentang betapa pentingnya termodinamika), dimensi dan satuan, Sistem satuan internasional dan sistem inggris, sistem tertutup dan sistem terbuka, bentuk-bentuk energi, sifat-sifat besaran dari suatu sistem, pengertian keadaan kesetimbangan dan persamaan keadaan, pengertian proses dan siklus, postulat suatu keadaan, konsep suhu dan hukum ke nol termodinamika, manometer, barometer, pengukuran suhu, dan tugas mengerjakan soal-soal yang berkaitan dengan Bab II.
- 3) **Bab III, Sistem dan persamaan keadaannya** : Unsur murni, fase-fase unsur murni, proses perubahan fase unsur murni, diagram T-V, diagram P-V, diagram P-V unsur murni, keadaan keseimbangan dan persamaannya, perubahan infinit pada keadaan keseimbangan, mencari persamaan keadaan, dan soal-soal yang berkaitan dengan Bab III.
- 4) **Bab IV, Usaha** : Proses kuasistatik, usaha kuasistatik, konvensi tanda usaha, diagram P-V dan W sebagai luas, usaha pada sistem hidrostatis, usaha pada sistem paramagnetik, usaha pada sistem dielektrik, usaha pada sistem majemuk, dan soal-soal yang berkaitan dengan Bab IV.
- 5) **Bab V, Hukum pertama termodinamika sistem tertutup** : Pengertian kalor, perpindahan kalor, macam-macam perpindahan kalor, perpindahan kalor secara kuasistatik, berbagai bentuk perumusan hukum pertama termodinamika, pendekatan sistematis untuk menyelesaikan masalah, kapasitas kalor, dan soal-soal yang berkaitan dengan Bab V.
- 6) **Bab VI, Hukum pertama termodinamika sistem terbuka** : Analisis termodinamika sistem terbuka, prinsip kekekalan massa, laju aliran massa dan volume, prinsip kekekalan energi, aliran usaha atau energi, energi total aliran fluida, proses-proses aliran tunak, aplikasi aliran tunak pada peralatan teknik, proses-proses aliran tak tunak, dan soal-soal yang berkaitan dengan dengan Bab VI.

- 7) **Bab VII, Gas ideal dan Gas Nyata:** Persamaan keadaan gas ideal, persamaan keadaan Van der Waals, persamaan keadaan Beattie-Bridgmen, persamaan keadaan Benedict-Webb-Rubin, persamaan keadaan gas nyata, energi dalam gas ideal, energi dalam gas nyata, kapasitas kalor gas ideal, kapasitas kalor gas nyata, dua proses penting gas ideal, dan soal-soal yang berkaitan dengan Bab VII.
- 8) **Bab VIII, Hukum kedua termodinamika :** Perubahan usaha menjadi kalor, perubahan kalor menjadi usaha, efisiensi mesin kalor dan mesin pendingin, berbagai perumusan hukum kedua termodinamika, beberapa proses bersiklus, dan soal-soal yang berkaitan dengan Bab VIII.
- 9) **Bab IX, Siklus Carnot dan reversibilitas :** proses reversibel, siklus carnot adalah siklus yang mendekati reversibel, siklus carnot memiliki efisiensi tertinggi, siklus otto dan siklus diesel adalah siklus yang tak reversibel, siklus carnot, hukum kedua, dan suhu nol, dan soal-soal yang berkaitan dengan Bab IX.
- 10) **Bab X, Entropi :** Bukti adanya fungsi keadaan entropi ;teorema Clausius, entropi gas ideal, perubahan entropi pada proses reversibel, perubahan entropi pada proses tak reversibel, asas entropi dan pemakaiannya, entropi dan ketidaktertiban, dan soal-soal yang berkaitan dengan Bab X.
- 11) **Bab XI, Potensial termodinamika :** Gambaran grafis keadaan sistem, diagram P-V-T gas ideal, diagram P-V-T gas Van der Waals, keadaan agregasi, empat potensial termodinamika dan sifat-sifatnya (U,H,F,G), soal-soal yang berkaitan dengan Bab XI.
- 12) **Bab XII, Perumusan lengkap termodinamika :** Besaran yang mudah diukur atau ditentukan dari eksperimen, dua hubungan matematika tambahan, 4 macam hubungan Maxwell, 3 macam persamaan $T dS$, rumus-rumus dengan C_p dan C_v , rumus-rumus tentang energi dalam, soal-soal yang berkaitan dengan Bab XII.

➤ **SIKLUS II (Termodinamika)**

Tindakan II (Pemahaman Grafik, Pemahaman Konsep dan Penerapan Konsep)

Berdasarkan hasil observasi dan refleksi pada tindakan siklus I melalui Instrumen Tes Termodinamika I (Lampiran III), maka untuk menyembuhkan kelemahan-kelemahan mahasiswa pada siklus I, dirancang lagi tindakan berikutnya untuk siklus II.

Pada siklus II, pendalaman semua materi yang diberikan pada siklus I dilaksanakan melalui kegiatan *seminar*. Dalam pelaksanaannya, mahasiswa dibagi menjadi 8 kelompok. Dan setiap kelompok diberi materi bahasan untuk didiskusikan pada kelompoknya yang diambil dari buku **Thermodynamics An Engineering Approach, Second Edition, Yunus A. Cengel and Michael A. Boles, International Edition, McGraw-Hill, 1994**. Hasil diskusi kelompok yang bersangkutan, ditulis dalam bentuk makalah (rangkuman) dan diseminarkan di depan 7 kelompok yang lainnya. Demikian hal ini terus bergilir, sampai semua materi selesai diseminarkan. Adapun kelompok mahasiswa dan materinya adalah sebagai berikut :

- **Kelompok I** : Bahan seminarnya adalah Bab I dan Bab II (Bab I : Basics concepts of thermodynamics dan Bab II : Properties of pure substances).
- **Kelompok II** : Bahan seminarnya adalah bab III (The first law of thermodynamics Closed System).
- **Kelompok III** : Bahan seminarnya adalah Bab IV (The first law of thermodynamics control volumes).
- **Kelompok IV** : Bahan seminarnya adalah Bab V (The second law of thermodynamics).
- **Kelompok V** : Bahan seminarnya adalah bab VI (Entropy).
- **Kelompok VI** : Bahan seminarnya adalah bab VII (Second law analysis of engineering systems).
- **Kelompok VII** : Bahan seminarnya adalah Bab VIII (Gas power cycles).

- **Kelompok VIII** : Bahan seminarnya adalah Bab IX (Vapor and combined power cycles).

Peserta seminar yang tidak dapat menangkap pengertian yang disampaikan oleh pembicara dapat bertanya secara langsung, sehingga kegiatan diskusi dapat berjalan dalam kelas. Dosen dalam hal ini hanya berfungsi sebagai pengarah materi dan waktu yang tersedia agar seluruh program dapat diselesaikan tepat waktu dan kena sasaran untuk menyembuhkan kelemahan-kelemahan yang masih dialami mahasiswa dari kegiatan siklus I

Diskusi pada kegiatan seminar ini lebih banyak membicarakan pemahaman konsep dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari dan dalam teknologi. Sebagai contoh, pada saat membicarakan konsep usaha dan kalor, proses dan siklus ,reservoir kalor, dan lain-lain, dengan mengambil contoh-contoh aplikasi pada proses penghasilan usaha mekanik pada motor bakar seperti mesin-mesin dengan bahan bakar bensin,solar dan lain-lain). Pada saat membicarakan hukum kenol Termodinamika tentang konsep suhu, pembicaraan diarahkan pada prinsip kerja alat-alat ukur suhu yang didasarkan pada thermometric property). Semua materi ini dibahas dengan pendekatan teknik yang disertai dengan contoh-contoh nyata dalam kehidupan nyata dan dalam teknologi seperti yang disajikan dalam buku referensinya.

Pada akhir kegiatan seminar, dosen memberikan *penegasan kembali* tentang konsep-konsep yang dibahas. Misalnya bila membahas konsep suhu dan hukum kenol termodinamika, dosen memberikan penegasan kembali mulai dari pengertian suhu secara formal, pengertian sistem dan lingkungan, interaksi termal melalui dinding diatermik dan adiabatik, penegasan perumusan hukum kenol termodinamika, pengertian thermometric property dalam alat ukur suhu, macam-macam alat ukur suhu dan thermometric property-nya, termometer gas volume konstan, pengertian suhu tripel air, mengkalibrasi termometer, pengertian termometer gas ideal dan suhu gas ideal, dan mengkonversi skala termometer. Dengan demikian *mahasiswa mendapatkan kesimpulan-kesimpulan penting dari*

penekanan materi pada perkuliahan ini, sehingga bisa memilih materi-materi essensial dari pokok bahasan pada bab ini. Begitu pula untuk Bab yang lainnya.

Untuk mendalami *grafik*, baik interpretasi grafik mengenai proses isitermik, adiabatik, isentropik, isobarik, dan isikhorik, maupun transformasi grafik dari diagram P-V terhadap diagram P-T misalnya, mahasiswa langsung diarahkan pada data-data nyata dari hasil eksperimen yang sudah digrafikkan. Oleh karena mereka harus memahami pembatasan mengenai sistem yang berupa unsur murni, fase-fase unsur murni, proses perubahan fase unsur murni, cairan kompresibel dan cairan jenuh, uap jenuh dan pemanasan uap, temperatur jenuh dan tekanan jenuh, diagram proses perubahan fase (diagram T-V, diagram P-V, dan diagram P-T untuk beberapa unsur murni), perluasan diagram sampai fase padat, diagram permukaan P-V-T, keadaan cairan jenuh dan uap jenuh, campuran cairan uap jenuh, persamaan keadaan gas ideal, faktor kompresibilitas, persamaan keadaan yang lain (Van der Waals, Beattie- Bridgeman, Benedict-Webb-Rubin, Virial).

Pembahasan materi-materi di atas menggunakan contoh-contoh nyata dan data-data hasil penelitian, baik dalam bentuk tabel maupun dalam bentuk grafik. Pada pokok bahasan ini mahasiswa yang berseminar dituntut untuk dapat menjelaskan grafik-grafik dari hasil eksperimen pada unsur-unsur tertentu. Demikian juga diskusinya lebih banyak diarahkan pada pemahaman garafik baik grafik dua dimensi maupun grafik tiga dimensi.

Pemahaman konsep dan penerapannya pada tindakan II ini sangat ditekankan. Misalnya tentang konsep keadaan keseimbangan termodinamika yang meliputi keadaan setimbang mekanis, kimiawi, termal, dan fase. Selanjutnya dibahas tentang sistem hidrostatik (gas, cairan, atau campurannya) tanpa memperhatikan sifat listrik dan magnetiknya, sistem hidrostatik unsur murni dan tak murni, sistem paramagnetik dan sistem dielektrik beserta koordinat termodinamikanya (sampai pada teori Langevin dan teori Brillouin), perubahan infinit pada keadaan keseimbangan, koefisien muai kubik isobarik, koefisien kompresibilitas isotermik, pengertian sistem tertutup, interaksi kalor dan usaha,

transfer kalor, cara-cara transfer kalor (konduksi, hukum Fourier, konveksi, hukum pendinginan Newton, radiasi, konsep benda hitam, dan hukum Kirchoff), usaha mekanik, daya mekanik, proses politropik, usaha gravitasi, usaha percepatan, usaha batang (shaft work), usaha pegas, usaha yang dikerjakan pada batang padat elastik, hukum pertama termodinamika, panas jenis gas nyata, panas jenis gas ideal, aspek-aspek termodinamika pada sistem teknik, dan lain-lain.

Masih pada penekanan pemahaman konsep. Masalah interaksi dalam termodinamika adalah masalah yang sangat penting. Sehingga pada siklus II ihal ini mendapat perhatian khusus. Tiga cara interaksi dalam termodinamika antara sistem dan lingkungannya melalui interaksi usaha luar, interaksi kalor atau interaksi melalui keduanya ; Selanjutnya ditegaskan bahwa semua interaksi dalam termodinamika harus berlangsung secara kuasistatik, untuk memperjelasnya mahasiswa diberi beberapa contoh dan selanjutnya disuruh mencari contoh-contoh lain yang nyata tentang proses kuasistatik; Selanjutnya membahas pengertian usaha luar (dalam termodinamika) dan usaha dalam (dalam fisika statistik) agar kelihatan perbedaannya secara tegas, yang dilanjutkan dengan membahas usaha kuasistatik dan non-kuasistatik Tentang perjanjian tanda usaha diberi tekanan tersendiri, karena masalah ini sangat penting.

Sebagai pengayaan, pada siklus II juga diberikan materi **Hukum Pertama Termodinamika** (control volume atau sistem terbuka). Hal ini penting, karena dalam penerapan kehidupan sehari-hari dan dalam teknik kebanyakan sistem yang ditemui justru sistem terbuka. Hal-hal yang dibicarakan adalah sebagai berikut : Proses aliran tunak dan tak tunak, analisa sistem terbuka dan perbedaannya dengan sistem tertutup yang telah dibahas sebelumnya, prinsip kekekalan massa, laju aliran massa dan laju aliran volume, prinsip kekekalan energi untuk sistem terbuka, konsep aliran energi, energi total aliran fluida, sifat-sifat aliran tunak, beberapa aplikasi konsep aliran tunak dalam peralatan teknik yang meliputi : pipa semprot dan alat penyebar (nozzle dan difuse), turbin dan lompressor, katup

hambatan, ruang pencampur (semacam karburator pada mobil), pipa dan aliran duct, dan analisa sistem terbuka secara keseluruhan.

Karena pengetahuan mahasiswa sampai tahap ini sudah cukup banyak, maka kegiatan diskusi lebih hidup daripada kegiatan diskusi sebelumnya, terutama pada pembahasan aplikasi dari konsep-konsep termodinamika untuk sistem terbuka seperti yang disebutkan diatas. Pertanyaan-pertanyaan yang dilontarkan oleh mahasiswa sudah sangat terarah, walaupun jawaban yang dikemukakan oleh pembawa makalah masih harus selalu diarahkan. Dari sini tanda-tanda kearah peningkatan penguasaan pemahaman materi yang diharapkan sudah nampak.

Berdasarkan hasil pengamatan selama berlangsungnya seminar, mahasiswa cukup aktif dalam berdiskusi untuk memahami konsep-konsep termodinamika, karena penyajian materinya disamping menggunakan alat bantu OHP ,juga disertai dengan gambar-gambar yang diambil dari contoh-contoh kehidupan nyata. Namun perlu dikatakan disini bahwa belum semua mahasiswa aktif terlibat dalam diskusi ini, karena ini baru permulaan dan mereka belum terbiasa.

5.Hasil Penelitian

Observasi dan Refleksi I (Pemahaman Diferensial Parsial)

Tindakan I untuk pembelajaran diferensial parsial, kemudian di evaluasi dengan menggunakan instrumen *Tes Kemampuan Diferensial Parsial* (Lampiran I), dan hasilnya sebagai berikut :

Tabel 3 : Hasil observasi dan refleksi tindakan I untuk pemahaman diferensial parsial pada termodinamika

No.	Masalah-Masalah Yang Masih Dialami Pembelajar	Persentase Pembelajar
1.	Tidak dapat menyebutkan diferensial parsial yang mungkin ada dari suatu fungsi yang ada dan baik	30%
2.	Tidak dapat menyebutkan diferensial total yang mungkin ada dari suatu fungsi yang diketahui	42%
3.	Tidak mampu menjabarkan turunan parsial dari sebuah fungsi sederhana yang sudah eksplisit	27%
4.	Tidak dapat menjelaskan pengertian fisis dari diferensial total ,diferensial parsial kesatu dan kedua	33%
5.	Tidak dapat menggunakan Syarat Euler untuk menentukan apakah suatu diferensial total itu eksak atau tidak eksak	23%
6.	Tidak dapat menjelaskan pengertian fisis dari diferensial eksak dan tak eksak	46%
7.	Tidak dapat mengembalikan diferensial total yang eksak ke dalam bentuk fungsi aslinya	10%
8.	Tidak dapat menyelesaikan persoalan integral garis, yang garisnya dikendalikan oleh suatu fungsi	20%
9.	Tidak dapat membaca definisi koefisien-koefisien penting dalam termodinamika yang ditulis dalam bentuk diferensial parsial (seperti :koefisien muai kubik isobarik, kompressibilitas isotermik, dll)	26%
10.	Tidak dapat menentukan diferensial parsial pertama untuk suatu variabel tertentu yang terdapat dalam suatu fungsi yang tidak dapat dieksplisitkan.	55%
11.	Tidak dapat menggunakan teorema-teorema yang menyatakan hubungan penting antara diferensial parsial untuk mencari diferensial parsial dari fungsi yang rumit	55%
12.	Tidak dapat membedakan pengertian diferensial eksak dan tak eksak melalui syarat-syarat matematis	45%
13.	Tidak dapat menentukan diferensial parsial kedua dari suatu fungsi yang tidak dapat dieksplisitkan	56%
14.	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%

Observasi dan Refleksi II (Pemahaman Diferensial Parsial)

Tindakan pada siklus II kemudian dievaluasi dengan menggunakan instrumen *Tes Kemampuan Diferensial Parsial* (Lampiran I), dan hasilnya sebagai berikut :

Tabel 4 : Hasil observasi dan refleksi tindakan II untuk pemahaman diferensial parsial pada termodinamika

No.	Masalah-Masalah Yang Masih Dialami Pembelajar	Persentase Pembelajar
1.	Tidak dapat menyebutkan diferensial parsial yang mungkin ada dari suatu fungsi yang ada dan baik	10%
2.	Tidak dapat menyebutkan diferensial total yang mungkin ada dari suatu fungsi yang diketahui	23%
3.	Tidak mampu menjabarkan turunan parsial dari sebuah fungsi sederhana yang sudah eksplisit	12%
4.	Tidak dapat menjelaskan pengertian fisis dari diferensial total ,diferensial parsial kesatu dan kedua	17%
5.	Tidak dapat menggunakan Syarat Euler untuk menentukan apakah suatu diferensial total itu eksak atau tidak eksak	11%
6.	Tidak dapat menjelaskan pengertian fisis dari diferensial eksak dan tak eksak	22%
7.	Tidak dapat mengembalikan diferensial total yang eksak ke dalam bentuk fungsi aslinya	5%
8.	Tidak dapat menyelesaikan persoalan integral garis, yang garisnya dikendalikan oleh suatu fungsi	9%
9.	Tidak dapat membaca definisi koefisien-koefisien penting dalam termodinamika yang ditulis dalam bentuk diferensial parsial (seperti :koefisien muai kubik isobarik, kompressibilitas isotermik, dll)	14%
10.	Tidak dapat menentukan diferensial parsial pertama untuk suatu variabel tertentu yang terdapat dalam suatu fungsi yang tidak dapat dieksplicitkan.	21%
11.	Tidak dapat menggunakan teorema-teorema yang menyatakan hubungan penting antara diferensial parsial untuk mencari diferensial parsial dari fungsi yang rumit	23%
12.	Tidak dapat membedakan pengertian diferensial eksak dan tak eksak melalui syarat-syarat matematis	27%
13.	Tidak dapat menentukan diferensial parsial kedua dari suatu fungsi yang tidak dapat dieksplicitkan	16%
14.	Tidak dapat menuliskan perubahan infinit total suatu variabel yang merupakan fungsi dari dua variabel lainnya, bila kedua variabel itu mengalami perubahan parsial secara infinitesimal	18%

Observasi dan Refleksi I (Pemahaman Grafik, Pemahaman Konsep dan Penerapan Konsep)

Berdasarkan tindakan yang diberikan pada siklus I untuk *pemahaman konsep grafik*, maka diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 5 : Hasil observasi dan refleksi tindakan I untuk pemahaman grafik

NO	MASALAH-MASALAH YANG MASIH DIALAMI MAHASISWA PADA PEMAHAMAN GRAFIK DALAM TERMODINAMIKA	PERSENTASI MAHASISWA
1.	Tidak dapat menggambarkan sketsa kurva dari suatu persamaan.	17%
2.	Tidak dapat membedakan bentuk kurva dari berbagai jenis persamaan.	21%
3.	Tidak bisa membuat persamaan matematik, baik yang linear maupun yang kuadratis bila diberikan titik koordinatnya.	19%
4.	Tidak dapat menyatakan persamaan garis singgung pada suatu titik dari suatu persamaan.	23%
5.	Tidak dapat membedakan bentuk kurva dari persamaan $f(x,y)=0$ dengan persamaan $f(x,y,z)=0$.	18%
6.	Tidak dapat menafsirkan pengertian kemiringan suatu garis dan gradien garis dari suatu fungsi.	25%
7.	Tidak dapat menentukan besarnya usaha yang dikerjakan sistem terhadap lingkungan dan sebaliknya yang dijalani proses pada diagram P-V.	27%
8.	Tidak dapat menentukan besarnya usaha dan kalor yang terlibat pada suatu siklus pada diagram P-V	28%
9.	Tidak dapat menyatakan proses isobarik, isokhorik, isotermik, adiabatik, dan isentropik untuk gas ideal pada diagram P-V, V-T, P-T dan T-S.	34%
10.	Tidak dapat menyebutkan jenis proses yang dinyatakan dengan kurva pada diagram P-V, V-T, P-T dan T-S.	36%
11.	Tidak dapat menyebutkan rangkaian proses pada suatu siklus yang dinyatakan dalam diagram P-V, V-T, P-T dan T-S.	33%
12.	Tidak dapat menentukan besaran Usaha, Kalor yang terlibat dan Perubahan Energi Dalam pada masing-masing proses pada suatu siklus yang dinyatakan dalam diagram P-V, V-T, P-T dan T-S.	41%
13.	Tidak dapat mentransformasikan suatu proses pada diagram tertentu ke diagram yang lainnya.	45%

14.	Tidak dapat mentransformasikan suatu siklus yang dinyatakan pada diagram tertentu ke diagram yang lainnya.	76%
15.	Tidak dapat menentukan fase suatu zat murni atau keadaan agregasi pada diagram P-V , P-T, maupun diagram P-V-T	68%
16.	Tidak dapat membedakan proses adiabatik reversibel kompresi dan proses adiabatik reversibel ekspansi pada diagram T-S	56%
17.	Tidak dapat membedakan proses isothermal reversibel ekspansi dan kompresi pada diagram T-S	60%
18.	Tidak dapat menyatakan proses isokhorik reversibel untuk volume yang berbeda pada diagram T-S	67%
19.	Tidak dapat menyatakan proses isobarik reversibel untuk tekanan yang berbeda pada diagram T-S	59%
20.	Tidak dapat membuat sketsa kurva proses isothermal reversibel, isokhorik reversibel, dan isobarik reversibel untuk gas ideal pada diagram T-S	68%

Selanjutnya berdasarkan tindakan yang diberikan pada siklus I untuk *pemahaman konsep dan penerapan termodinamika*, maka diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 6 : Hasil observasi dan refleksi terhadap tindakan I pada pemahaman konsep termodinamika dan penerapannya

NO	MASALAH-MASALAH YANG MASIH DIALAMI MAHASISWA DALAM PEMAHAMAN KONSEP-KONSEP TERMODINAMIKA DAN PENERAPANNYA	PERSENTASE MAHASISWA
1.	Tidak dapat menjelaskan konsep-konsep dasar yang dipergunakan dalam termodinamika dan alasan pentingnya konsep tersebut (misalnya : sitem, lingkungan, proses, siklus, suhu, kalor, reservoir kalor, thermometric property, usaha, energi dalam, interaksi usaha, interaksi kalor, entropi, uap, gas, uap jenuh, tekanan jenuh, perubahan fase zat, dll)	23%
2.	Tidak dapat menerapkan konsep-konsep dasar yang dipergunakan dalam termodinamika (misalnya konsep suhu dan thermometric property dalam membuat alat ukur suhu, pentingnya siklus dalam prinsip kerja mesin mobil 4 tak, dll)	34%

2.	Tidak dapat membedakan analisis termodinamika untuk berbagai sistem termodinamika seperti sistem hidrostatik, sistem paramagnetik, sistem dielektrik, sistem terbuka dan sistem tertutup	29%
3.	Tidak dapat membedakan sistem ideal dan sistem nyata serta menerapkan prinsip-prinsip ideal kedalam keadaan nyata dan sebaliknya.	36%
4.	Tidak dapat memahami essensi dari prinsip-prinsip dan hukum-hukum termodinamika dan menerapkan prinsip-prinsip dan hukum-hukum tersebut kedalam sistem ideal dan sistem nyata, baik pada sistem hidrostatik, sistem paramagnetik, maupun sistem dielektrik.	37%
5.	Tidak dapat memetakan hubungan antar konsep, hubungan antar prinsip, dan hubungan antar hukum-hukum termodinamika.	41%
6.	Tidak memahami pentingnya pembatasan-pembatasan dalam termodinamika seperti konsep kesetimbangan termal, kesetimbangan mekanik, kesetimbangan kimia, proses kuasistatik, proses reversibel, proses irreversibel, dll. ,serta menerapkan pembatasan-pembatasan tersebut untuk menganalisis sistem termodinamika ideal dan nyata.	43%
7.	Tidak dapat merepresentasikan pernyataan matematika kedalam bahasa verbal dan sebaliknya .	38%
8.	Tidak dapat menganalisis kecenderungan-kecenderungan data hasil eksperimental baik dalam bentuk tabel maupun dalam bentuk grafik, sehingga dari kecenderungan-kecenderungan itu diperoleh suatu aturan atau prinsip yang penting.	40%
9.	Tidak dapat mentranslasi dan mengekstrapolasi keberlakuan suatu aturan, prinsip, maupun hukum yang berlaku pada suatu sistem ke sistem yang lain.	45%
10.	Tidak dapat mentranslasi interpretasi yang berlaku pada suatu sistem dengan gangguan tertentu, jika terhadapnya diberikan gangguan yang lain.	56%

Observasi dan Refleksi II (Pemahaman Grafik, Pemahaman Konsep dan Penerapan Konsep)

Berdasarkan tindakan yang diberikan pada siklus II untuk *pemahaman grafik*, diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 7 : Hasil observasi dan refleksi tindakan II untuk pemahaman grafik

NO	MASALAH-MASALAH YANG MASIH DIALAMI MAHASISWA PADA PEMAHAMAN GRAFIK DALAM TERMODINAMIKA	PERSENTASI MAHASISWA
1.	Tidak dapat menggambarkan sketsa kurva dari suatu persamaan.	9%
2.	Tidak dapat membedakan bentuk kurva dari berbagai jenis persamaan.	12%
3.	Tidak bisa membuat persamaan matematik, baik yang linear maupun yang kuadratis bila diberikan titik koordinatnya.	7%
4.	Tidak dapat menyatakan persamaan garis singgung pada suatu titik dari suatu persamaan.	15%
5.	Tidak dapat membedakan bentuk kurva dari persamaan $f(x,y)=0$ dengan persamaan $f(x,y,z)=0$.	9%
6.	Tidak dapat menafsirkan pengertian kemiringan suatu garis dan gradien garis dari suatu fungsi.	12%
7.	Tidak dapat menentukan besarnya usaha yang dikerjakan sistem terhadap lingkungan dan sebaliknya yang dialami proses pada diagram P-V.	13%
8.	Tidak dapat menentukan besarnya usaha dan kalor yang terlibat pada suatu siklus pada diagram P-V	12%
9.	Tidak dapat menyatakan proses isobarik, isokhorik, isotermik, adiabatik, dan isentropik untuk gas ideal pada diagram P-V, V-T, P-T dan T-S.	18%
10.	Tidak dapat menyebutkan jenis proses yang dinyatakan dengan kurva pada diagram P-V, V-T, P-T dan T-S.	21%
11.	Tidak dapat menyebutkan rangkaian proses pada suatu siklus yang dinyatakan dalam diagram P-V, V-T, P-T dan T-S.	14%
12.	Tidak dapat menentukan besaran Usaha, Kalor yang terlibat dan Perubahan Energi Dalam pada masing-masing proses pada suatu siklus yang dinyatakan dalam diagram P-V, V-T, P-T dan T-S.	15%
13.	Tidak dapat mentransformasikan suatu proses pada diagram tertentu ke diagram yang lainnya.	16%
14.	Tidak dapat mentransformasikan suatu siklus yang dinyatakan pada diagram tertentu ke diagram yang lainnya.	23%

15.	Tidak dapat menentukan fase suatu zat murni atau keadaan agregasi pada diagram P-V , P-T, maupun diagram P-V-T	27%
16.	Tidak dapat membedakan proses adiabatik reversibel kompresi dan proses adiabatik reversibel ekspansi pada diagram T-S	22%
17.	Tidak dapat membedakan proses isothermal reversibel ekspansi dan kompresi pada diagram T-S	19%
18.	Tidak dapat menyatakan proses isokhorik reversibel untuk volume yang berbeda pada diagram T-S	31%
19.	Tidak dapat menyatakan proses isobarik reversibel untuk tekanan yang berbeda pada diagram T-S	26%
20.	Tidak dapat membuat sketsa kurva proses isothermal reversibel, isokhorik reversibel, dan isobarik reversibel untuk gas ideal pada diagram T-S	29%

Berdasarkan tindakan pada siklus II untuk *pemahaman konsep dan penerapannya* maka diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 8 : Hasil observasi dan refleksi terhadap tindakan II pada pemahaman konsep termodinamika dan penerapannya

NO	MASALAH-MASALAH YANG MASIH DIALAMI MAHASISWA DALAM PEMAHAMAN KONSEP-KONSEP TERMODINAMIKA DAN PENERAPANNYA	PERSENTASE MAHASISWA
1.	Tidak dapat menjelaskan konsep-konsep dasar yang dipergunakan dalam termodinamika dan alasan pentingnya konsep tersebut (misalnya : sitem, lingkungan, proses, siklus, suhu, kalor, reservoir kalor, thermometric property, usaha, energi dalam, interaksi usaha, interaksi kalor, entropi, uap, gas, uap jenuh, tekanan jenuh, perubahan fase zat, dll)	9%
2.	Tidak dapat menerapkan konsep-konsep dasar yang dipergunakan dalam termodinamika (misalnya konsep suhu dan thermometric property dalam membuat alat ukur suhu, pentingnya siklus dalam prinsip kerja mesin mobil 4 tak, dll)	14%
2.	Tidak dapat membedakan analisis termodinamika untuk berbagai sistem termodinamika seperti sistem hidrostatik, sistem paramagnetik, sistem dielektrik, sistem terbuka dan sistem tertutup	12%
3.	Tidak dapat membedakan sistem ideal dan sistem nyata serta menerapkan prinsip-prinsip ideal kedalam keadaan nyata dan sebaliknya.	17%
4.	Tidak dapat memahami essensi dari prinsip-prinsip dan hukum-hukum termodinamika dan menerapkan prinsip-prinsip dan hukum-hukum tersebut kedalam sistem ideal dan	13%

	sistem nyata, baik pada sistem hidrostatis, sistem paramagnetik, maupun sistem dielektrik.	
5.	Tidak dapat memetakan hubungan antar konsep, hubungan antar prinsip, dan hubungan antar hukum-hukum termodinamika.	22%
6.	Tidak memahami pentingnya pembatasan-pembatasan dalam termodinamika seperti konsep kesetimbangan termal, kesetimbangan mekanik, kesetimbangan kimia, proses kuasistatik, proses reversibel, proses irreversibel, dll. ,serta menerapkan pembatasan-pembatasan tersebut untuk menganalisis sistem termodinamika ideal dan nyata.	18%
7.	Tidak dapat merepresentasikan pernyataan matematika kedalam bahasa verbal dan sebaliknya .	19%
8.	Tidak dapat menganalisis kecenderungan-kecenderungan data hasil eksperimen baik dalam bentuk tabel maupun dalam bentuk grafik, sehingga dari kecenderungan-kecenderungan itu diperoleh suatu aturan atau prinsip yang penting.	19%
9.	Tidak dapat mentranslasi dan mengekstrapolasi keberlakuan suatu aturan,prinsip, maupun hukum yang berlaku pada suatu sistem ke sistem yang lain.	17%
10.	Tidak dapat mentranslasi interpretasi yang berlaku pada suatu sistem dengan gangguan tertentu, jika terhadapnya diberikan gangguan yang lain.	22%

6.Kesimpulan dan Saran

- **Kesimpulan**

Paket program Matematika untuk Termodinamika yang digunakan dalam pembelajaran Termodinamika yang dilaksanakan dengan metode diskusi,ceramah, dan tanya jawab mengikuti langkah-langkah yang diberikan dalam buku panduan Matematika untuk termodinamika tersebut, memberikan daya serap rata-rata untuk penguasaan diferensial parsial yang akan digunakan dalam Termodinamika sebesar 63,5%. Selanjutnya, perkuliahan dengan metode diskusi,ceramah, dan tanya jawab mengikuti buku panduan Matematika untuk termodinamika dengan menggunakan *Pendekatan Teknik*, artinya materi-materi yang masih dirasakan sulit untuk dipahami,

diupayakan contoh-contoh kongkritnya dalam termodinamika, mampu meningkatkan daya serap rata-rata menjadi sebesar 83,7%.

Perkuliahan untuk pendalaman materi grafik dalam termodinamika, pemahaman konsep-konsep termodinamika dan terapannya, dilakukan dengan *ceramah, diskusi, tanya jawab, demonstrasi, melatih penerapan konsep-konsep kedalam soal-soal latihan, membahas struktur termodinamika untuk setiap pokok bahasan secara utuh, membahas tugas-tugas berstruktur, dan membahas persoalan-persoalan yang muncul dari hasil kajian mandiri mahasiswa terhadap buku panduan yang telah ditetapkan. Semua materi dibahas dengan pendekatan teknik, artinya setiap konsep yang dibahas selalu dikaitkan dengan terapannya dalam kehidupan sehari-hari dan dalam teknologi.* Tindakan ini memberikan daya serap rata-rata untuk pemahaman grafik sebesar 58,9%, sedangkan untuk pemahaman konsep-konsep termodinamika dan terapannya memberikan daya serap sebesar 57,8%.

Cara yang sama seperti dilakukan pada tindakan di atas dilakukan kembali untuk pembahasan grafik dalam termodinamika, pemahaman konsep-konsep termodinamika dan terapannya. Namun pendalaman semua materi yang diberikan dilaksanakan melalui kegiatan *seminar*. Dalam pelaksanaannya, mahasiswa dibagi menjadi 8 kelompok. Dan setiap kelompok diberi materi bahasan untuk didiskusikan pada kelompoknya yang diambil dari buku **Thermodynamics An Engineering Approach, Second Edition, Yunus A. Cengel and Michael A. Boles, International Edition, McGraw-Hill, 1994.** Hasil diskusi kelompok yang bersangkutan, ditulis dalam bentuk makalah (rangkuman) dan diseminarkan di depan 7 kelompok yang lainnya. Demikian hal ini terus bergilir, sampai semua materi selesai diseminarkan. Ternyata tindakan ini mampu meningkatkan daya serap untuk pemahaman grafik dalam termodinamika menjadi 66,0%, sedangkan daya serap rata-rata untuk pemahaman konsep dan penerapannya menjadi 81,2%.

- **Saran**

Penelitian tindakan kelas ini baru dilakukan untuk dua siklus. Hasil observasi dan refleksi pada siklus kedua, baik untuk pemahaman diferensial parsial, pemahaman grafik-grafik pada termodinamika, pemahaman konsep-konsep termodinamika maupun terapannya sudah ada. Selanjutnya tinggal merencanakan tindakan untuk siklus ketiga

dan seterusnya. Bila ada yang berminat untuk melakukannya, hal ini sangat mungkin untuk dilakukan.

7. Daftar Pustaka

1. D. Hopkins, *A Teacher Guide to Classroom Research*, 2nd ed, Open University Press, Philadelphia, 1992.
2. M. Johnston, *Action Research in a School or University Partnership*, AERA, Chicago, IL in 1997.
3. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan (1990), *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah*, Bandung, P2TK IKIP Bandung.
4. *Kerangka Acuan Penelitian Tindakan Kelas*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Proyek Pengembangan Guru Sekolah Menengah, 1998.
5. Ratna Wilis Dahar, *Teori-Teori Belajar*, 1989, Erlangga.
6. Syambasri Munaf, dkk., *Pengembangan Alat Evaluasi Pendidikan di Jurusan Pendidikan Fisika*, Jurusan Fisika FPMIPA IKIP Bandung.
7. Tim Pelatih Proyek PGSM, *Penelitian Tindakan Kelas* (Classroom Action Research), Depdikbud, Dirjen Dikti, Proyek Pengembangan PGSM, 1999.
8. Hasanudin, *Profil Kemampuan Mahasiswa dalam Membuat Grafik*, Jurusan Pendidikan Fisika, Skripsi, tidak diterbitkan, 1993.
9. Kinkin Asikin, *Penguasaan Siswa Mengenai Konsep-konsep Mekanika Melalui grafik Ditinjau dari Jenis Pengetahuan Prosedural dan Analisis Tugas Belajar*, FPS IKIP Bandung, Tesis, tidak diterbitkan, 1994.
10. Mc Dermott L.C, Rosenquist M.L, dan Emily H. Van Zee, *Student Difficulties in Connecting Graphs and Physics : Example from Kinematic*, Am.J.Phy.55,503-513, 1987.
11. Peter H.Selby, *Using Graph and Tables*, New York, John Wiley and Son Inc, 1979.
12. Yunus A.Cengel and Michael A. Boles, *Thermodynamics An Engineering Approach*, Second Edition, Yunus A.Cengel and Michael A. Boles, International Edition, McGraw-Hill, 1994.
13. Darmawan Djonoputro, *Diktat Termodinamika ITB*, 1990.
14. Zemansky M.W and Dittman R.H, Mc Graw Hill, *Heat And Thermodynamics*, International Book Company, Tokyo, 1981.
15. Sears F.W and Salinger G.L, *Thermodynamics, Kinetic Theory and Statistical Mechanics*, Addison-Wesley Publishing Co, Inc, Reading Mass, 1975.

8. Personalia

- Penanggung Jawab : Rektor Universitas Pendidikan Indonesia
Koordinator : Pembantu Rektor I Universitas Pendidikan Indonesia
- a. Ketua
Nama : **Drs.Saeful Karim,M.Si**
NIP : 131 946 758
Pangkat/Gol : Penata Tk.I/IIIC
Unit Kerja : Pendidikan Fisika FPMIPA_UPI
- b. Anggota
Nama : **Dra. Setya Utari ,M.Si**
NIP : 131 993 870
Pangkat/Gol : Penata Muda Tk.I/IIIb
Unit Kerja : Pendidikan Fisika FPMIPA UPI

8. Curriculum Vitae

Ketua Penelitian :

- a. Nama : **Drs.SaefulKarim,M.Si**
b. NIP : 131 946 758
c. Tempat dan Tgl. Lahir : Garut, 7 Maret 1967
d. Unit Kerja : Jurusan Pendidikan Fisika FPMIPA UPI
e. Alamat Kantor : Jl.Dr. Setiabudi No.229 Bandung
f. Alamat Rumah : Jl.Sentral –Sirnarasa No.191 Cibabat- Cimahi

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	Guru Fisika	1990-1998
2.	SMU Taruna Bakti	Wakil Kepala Sekolah	1996-1998
3.	IKIP Bandung	Dosen Fisika	1991-Sekarang

c. Daftar Penelitian yang sudah dilakukan

No.	Judul Penelitian	Tahun
1.	Pemahaman konsep-konsep fisika dikaitkan dengan penguasaan persamaan matematika	1996
2.	Deskripsi statistik aliran reaktif turbulen	1997
3.	Optimalisasi suseptibilitas sensosimetrik molekul non-linear	1998
4.	Komputasi dinamika fluida	1998
5.	Model learning cycle dalam pembelajaran hukum Archemedes di Sekolah Dasar	1998
6.	Model learning cycle dalam pembelajaran kinematika dan dinamika pada perkuliahan Fisika Dasar	1998
7.	Model ubinan acak untuk struktur kuasikristal	1996
8.	Mikrokuasikristal, superlatis, dan aproksiman kristal	1996
9.	Komputasi dinamika fluida	1998
10.	Konduktivitas gas terionisasi sebagian	1999
11.	Konduktivitas gas terionisasi seluruh	1999
12.	Pengukuran viskositas dan polaritas cairan dibawah pengaruh medan listrik	2000
13.	Faktor-faktor yang mempengaruhi rendahnya tingkat kelulusan matakuliah Fisika Dasar pada mahasiswa program Tahun Persiapan Bersama FPMIPA UPI	2000
14.	Pemahaman konsep fisika moderen guru Sekolah Menengah Umum berdasarkan kurikulum SMU tahun 1994 pada domain kognitif Bloom	2000