



**PENERAPAN MODEL *PROJECT BASED LEARNING*
UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR
KREATIF SISWA SMA KELAS XI**

SKRIPSI

disusun sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan
Program Studi Pendidikan Fisika

oleh
Erien Setiana
UNNES
UNIVERSITAS 4201412087 SEMARANG

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2016



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi ini bebas plagiat, dan apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.

Semarang, Oktober 2016



Erien Setiana
4201412087

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Penerapan Model *Project Based Learning* untuk Meningkatkan
Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa SMA Kelas XI

disusun oleh

Erien Setiana

4201412087

telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA UNNES pada
Oktober 2016.



Prof. Dr. Zaenuri, S. E., M.Si., Akt.
NIP. 196412231988031001

Sekretaris

Dr. Suharto Limawih, M.Si.
NIP. 196807141996031005

Penguji Utama

Prof. Dr. Sarwi, M.Si.
NIP. 196208091987031001

Anggota Penguji/ Pembimbing I

Dra. Langlang Handayani, M.App.Sc
NIP. 196807221992032001

Anggota Penguji/ Pembimbing II

Dra. Siti Kharafiyah, M.Si.
NIP. 195203211976032001

MOTTO

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan (QS. Al Insyirah: 6)

Boleh jadi kamu tidak menyenangi sesuatu, padahal ia baik bagimu, dan boleh jadi kamu menyukai sesuatu, padahal itu tidak baik bagimu. Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui (QS. Al Baqarah: 216)

Sebaik-baik manusia adalah yang bermanfaat bagi orang lain

PERSEMBAHAN

Untuk Allah, bapak Tugimo, ibu Suwati,
kakak Endah Setyani, dan adik Etric
Setianto.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karuniaNya, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penerapan Model *Project Based Learning* untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa SMA Kelas XI”.

Saya merasa bahwa dalam penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, saya ingin menyampaikan ungkapan rasa terimakasih kepada:

- 1) Prof. Dr. Fathur Rokhman, M. Hum., rektor Universitas Negeri Semarang.
- 2) Prof. Dr. Zaenuri, S.E., M.Si., Akt., dekan FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- 3) Dr. Suharto Linuwih, M.Si., ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- 4) Dr. Achmad Sopyan, M.Pd., dosen wali yang telah memberikan bimbingan dan motivasi kepada penulis.
- 5) Dra. Langlang Handyani, M.App.Sc., dosen pembimbing I yang dengan sabar memberikan koreksi, bimbingan dan motivasi kepada penulis.
- 6) Dra. Siti Khanafiyah, M.Si., dosen pembimbing II yang dengan sabar memberikan koreksi, bimbingan dan motivasi kepada penulis.

- 7) Prof. Dr. Sarwi, M.Si., dosen penguji skripsi yang telah memberikan koreksi, bimbingan dan motivasi kepada penulis.
- 8) Dra. Siti Mubarikatut Darojati, kepala SMA Islam Sultan Agung 1 Semarang yang telah memberikan ijin penelitian.
- 9) Fitri Choiriyah, S.Pd., guru pamong yang telah membantu penelitian.
- 10) Siswa kelas XI IPA 5 SMA Islam Sultan Agung 1 Semarang yang telah membantu penelitian.
- 11) Ibu Suwati dan Bapak Tugimo yang telah memberikan doa dan dukungan.
- 12) Teman-teman FKIF FMIPA Unnes, FMI FMIPA Unnes, UKMP Unnes, dan UKKI Unnes yang telah memberikan doa dan dukungan.
- 13) Fita, Mudah, Dita, Danis, Annisa Rahma, Dwi, Isti, Linda, Lusi, Ratih, Fira, Bitta, Inggrit, Novita, Sabana, Aminah, Erni, Ida, Ina, Fitri, Lia, Riska, Kiki, dan Artika atas doa dan dukungannya.

Saya menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, sehingga kritik dan saran saya harapkan demi perbaikan selanjutnya. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan memberi sumbangan pemikiran pada pendidikan selanjutnya.

Semarang, Oktober 2016

Penulis

ABSTRAK

Setiana,E. 2016. *Penerapan Model Project Based Learning untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa SMA Kelas XI*. Skripsi, Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Dra. Langlang Handayani, M.App.Sc. dan Pembimbing Pendamping Dra. Siti Khanafiyah, M.Si.

Kata kunci: *Project Based Learning*, kemampuan berpikir kreatif.

Melihat kenyataan rendahnya kemampuan berpikir kreatif siswa, peneliti ingin meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa dengan menerapkan model PjBL. Tujuan dari penelitian ini adalah menerapkan model PjBL sehingga dapat meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa serta mengetahui besarnya peningkatan kemampuan berpikir kreatif setelah dilaksanakan pembelajaran dengan model PjBL.

Kemampuan berpikir kreatif dapat dimunculkan dengan memberikan rangsangan dari luar kepada siswa. Rangsangan ini dapat dimunculkan dari model pembelajaran yang diterapkan kepada siswa sehingga mampu mengembangkan kemampuan berpikir kreatifnya. Salah satu model pembelajaran yang dapat diterapkan untuk merangsang kemampuan berpikir kreatif siswa adalah model PjBL. Model PjBL merupakan pembelajaran yang berpusat pada siswa, berjangka panjang, dan menggunakan proyek atau kegiatan sebagai inti pembelajaran.

Desain penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Quasi Experimental Design* dengan bentuk *Pre-test Post-test Group*. Instrumen yang digunakan untuk pengambilan data berupa angket untuk mengetahui kemampuan berpikir kreatif dan tes kognitif untuk mengetahui pemahaman konsep termodinamika. Pengambilan data dilakukan sebanyak dua kali, yaitu sebelum dan sesudah eksperimen. Peningkatan kemampuan berpikir kreatif dihitung dengan menggunakan uji gain.

Hasil dari penelitian ini menyatakan bahwa ada peningkatan kemampuan berpikir kreatif setelah penerapan model PjBL. Besarnya peningkatan kemampuan berpikir kreatif pada penelitian ini adalah 0,24 yang masuk dalam kategori rendah dan peningkatan pemahaman konsep sebesar 0,4 yang masuk dalam kategori sedang. Rendahnya peningkatan berpikir kreatif disebabkan oleh beberapa faktor. Salah satunya adalah belum adanya ikatan emosional antara guru dan siswa sehingga siswa menjadi canggung untuk bertanya ketika siswa mengalami kesulitan. Faktor lainnya adalah banyaknya jumlah anggota kelompok yang menyebabkan beberapa siswa menjadi tidak aktif.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN KOSONG.....	ii
PERNYATAAN.....	iii
PENGESAHAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
PRAKATA.....	vi
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB	
1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3

1.3	Tujuan Penelitian.....	4
1.4	Manfaat Penelitian.....	4
1.5	Penegasan Istilah.....	4
1.6	Sistematika Penulisan	5
2	TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1	Landasan Teori.....	8
2.1.1	Model <i>Project Based Learning</i>	8
2.1.2	Kemampuan Berpikir Kreatif	13
2.2	Tinjauan Materi Termodinamika	18
2.3	Kerangka Berpikir	35
3	METODE PENELITIAN.....	39
3.1	Lokasi Penelitian dan Subjek Penelitian	39
3.2	Desain Penelitian	39
3.3	Prosedur Penelitian.....	40
3.3.1	Tahap Persiapan.....	40
3.3.2	Tahap Pelaksanaan	40
3.3.3	Tahap Penyelesaian	41

3.4	Metode Pengumpulan Data.....	41
3.4.1	Metode Tes.....	41
3.4.2	Angket.....	45
3.5	Metode Analisis Data	48
3.5.1	Analisis Tahap Awal Data Penelitian.....	48
3.5.2	Analisis Tahap Akhir Penelitian.....	50
4	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	52
4.1	Hasil Penelitian dan Pembahasan	52
4.1.1	Penerapan Model PjBL untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif	52
4.1.2	Peningkatan Kemampuan Berpikir Kreatif	55
4.1.3	Pemahaman Konsep	59
4.2	Kelemahan Penelitian.....	61
5	PENUTUP	62
5.1	Simpulan	62
5.2	Saran	62
	DAFTAR PUSTAKA.....	64



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Langkah-langkah Pelaksanaan Model PjBL.....	11

3.1	Kriteria Tingkat Kesukaran Soal.....	44
3.2	Kriteria Daya Pembeda Soal.....	45
3.3	Contoh Perhitungan Nilai Skala.....	47
3.4	Kriteria Peningkatan.....	50
4.1	Peningkatan Kemampuan Berpikir Kreatif.....	56
4.2	Peningkatan Pemahaman Konsep.....	59



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Langkah-langkah Pelaksanaan PjBL secara Umum.....	10
2.2 (a) Suatu gas dalam bejana tertutup dengan piston yang bergerak dengan tinggi mula-mula $=h_1$, (b) gas dalam bejana dipanasi sampai suhu tertentu sehingga tinggi piston menjadi h_2	18
2.3 Grafik P-V pada Proses Isobarik.....	20
2.4 Grafik P-V pada Proses Isokhorik.....	21
2.5 Grafik P-V pada Proses Isotermal.....	22
2.6 (a) Grafik P-V pada Proses Adiabatik, (b) Grafik P-V pada Proses Adiabatik dan Isotermal	23
2.7 Diagram Mesin Kalor	26
2.8 Diagram Refrigerator	27
2.9 (a) Proses yang tidak mungkin terjadi, (b) Proses yang mungkin terjadi.....	28
2.10 Siklus Carnot.....	29
2.11 (a) Siklus Mesin Bensin 4 Langkah, (b) Diagram P-V pada Siklus Mesin Bensin.....	31

2.12 (a) Instalasi Pendingin Dasar, (b) Diagram P-V pada Mesin Pendingin	34
--	----

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Dokumentasi Kegiatan.....	67
2. Surat Keterangan Penelitian	68
3. Surat Ijin Penelitian dari Universitas Negeri Semarang.....	69
4. Surat Ijin Penelitian dari Dinas Pendidikan Kota Semarang.....	70
5. Kisi-kisi Tes Tertulis Uji Coba.....	71
6. Kisi-kisi Angket Uji Coba.....	83
7. Kisi-kisi soal <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i>	88
8. Kisi-kisi Angket.....	94
9. Perhitungan Validitas Soal	98

10. Perhitungan Reliabilitas Soal	99
11. Perhitungan Tingkat Kesukaran.....	101
12. Perhitungan Daya Pembeda Soal	103
13. Perhitungan Validitas Angket (Uji t)	105
14. Perhitungan Nilai Skala.....	106
15. Perhitungan Uji Normalitas	109
16. Perhitungan Uji Hipotesis.....	110
17. Perhitungan Uji Gain Kemampuan Berpikir Kreatif.....	111
18. Perhitungan Uji Gain Pemahaman Konsep.....	113
19. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran.....	115



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permendiknas Nomor 69 Tahun 2013 menyebutkan bahwa salah satu tujuan adanya kurikulum 2013 adalah menciptakan peserta didik yang memiliki kemampuan berpikir kreatif. Menurut Kementerian Pendidikan Nasional (2010: 27), guru diharapkan mampu menciptakan situasi kelas yang mampu meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa.

Sampai saat ini sudah banyak diperkenalkan model pembelajaran yang merangsang peserta didik untuk berpikir kritis dan kreatif. Namun, hasil temuan di lapangan menunjukkan bahwa masih banyak guru yang menerapkan sistem pembelajaran yang berpusat pada guru, sehingga memicu lemahnya kemampuan berpikir kreatif siswa. Pendekatan pembelajaran yang berpusat pada guru merupakan pendekatan yang kurang mendukung usaha pengembangan kemampuan berpikir kreatif siswa (Sudarma, 2013: 48).

Kemampuan berpikir kreatif adalah kemampuan untuk menghasilkan ide atau cara baru dalam menghasilkan suatu produk. Kemampuan berpikir kreatif memiliki ciri-ciri mampu mencetuskan banyak gagasan, jawaban, pertanyaan, atau penyelesaian masalah; memberikan banyak cara atau saran untuk melakukan berbagai hal; mampu mengubah cara pendekatan atau cara pemikiran; mampu

melahirkan ungkapan yang baru dan unik; menambahkan atau memperinci detail-detail dari objek, gagasan, atau situasi sehingga menjadi lebih menarik; dan mampu mengambil keputusan terhadap situasi yang terbuka (Williams dalam Munandar, 1992: 98).

Menurut Wallas, sebagaimana disebutkan Satiadarma & Waruwu (2003: 112), proses berpikir kreatif mengalir melalui empat tahap, yakni: persiapan, yaitu mendefinisikan masalah, tujuan atau tantangan; inkubasi, yaitu mencerna fakta-fakta dan mengelolanya dalam pikiran; iluminasi, yaitu mendesak gagasan-gagasan muncul ke permukaan, dan verifikasi yaitu memastikan solusi dapat memecahkan masalah.

Rangsangan dari luar adalah bagian paling penting yang bisa mendorong kemampuan berpikir kreatif manusia. Rangsangan ini dapat dimunculkan dari model pembelajaran yang diterapkan kepada siswa, sehingga mampu mengembangkan kemampuan berpikir kreatifnya (Sudarma, 2013: 13). Salah satu model pembelajaran yang dapat diterapkan untuk merangsang kemampuan berpikir kreatif siswa adalah model *Project Based Learning*. Pembelajaran Berbasis Proyek atau *Project Based Learning* (PjBL) merupakan model belajar mengajar yang melibatkan siswa untuk mengerjakan sebuah proyek yang bermanfaat untuk menyelesaikan permasalahan masyarakat atau lingkungan (Sani, 2014: 172). Dalam pembelajaran ini, siswa dilatih untuk melakukan analisis terhadap permasalahan, eksplorasi, mengumpulkan informasi, interpretasi, dan penilaian terhadap proyek yang dikerjakan. Dalam modul Implementasi

Kurikulum 2013 (2014: 33), dijelaskan bahwa PjBL adalah model pembelajaran yang menggunakan proyek atau kegiatan sebagai inti pembelajaran. Model pembelajaran ini menuntut siswa untuk membuat proyek yang berhubungan dengan mata pelajaran terkait. Proyek dalam PjBL dibangun berdasarkan ide-ide siswa sebagai bentuk alternatif pemecahan masalah riil tertentu, sehingga siswa mengalami proses belajar pemecahan masalah itu secara langsung.

Kelebihan dari model pembelajaran ini menurut Sani (2014: 177) antara lain adalah mampu meningkatkan kemampuan siswa dalam menyelesaikan masalah. Kemampuan siswa dalam menyelesaikan masalah merupakan salah satu dari ciri berpikir kreatif. Dengan demikian, dapat dilihat bahwa salah satu kelebihan dari model PjBL dapat memicu munculnya kemampuan berpikir kreatif siswa.

Dari latar belakang tersebut, maka peneliti melakukan penelitian yang berjudul “**Penerapan Model *Project Based Learning* untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa SMA Kelas XI**”.

1.2 Rumusan Masalah

Untuk mencapai tujuan yang diinginkan, maka perlu disusun perumusan masalah sebagai berikut:

- (1) Bagaimana penerapan model *Project Based Learning* sehingga dapat meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa?
- (2) Bagaimana peningkatan kemampuan berpikir kreatif siswa SMA kelas XI setelah diterapkan model *Project Based Learning*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah

- (1) Menerapkan model *Project Based Learning* sehingga dapat meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa.
- (2) Menentukan peningkatan kemampuan berikir kreatif siswa SMA kelas XI setelah diterapkan model *Project Based Learning*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah

- (1) Bagi guru, menjadi bahan acuan model pembelajaran dalam proses belajar mengajar serta menjadi bahan masukan tentang model belajar yang dapat meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa.
- (2) Bagi peneliti selanjutnya, sebagai bahan referensi untuk mendukung penelitian yang akan dilakukan.

1.5 Penegasan Istilah

Project Based Learning

Dalam modul Implementasi Kurikulum 2013 (2014: 33) dijelaskan bahwa Pembelajaran Berbasis Proyek (*Project Based Learning*) adalah model pembelajaran yang menggunakan proyek sebagai inti pembelajaran. Model pembelajaran ini menuntut siswa untuk membuat proyek yang berhubungan dengan mata pelajaran terkait. Pada penelitian ini, proyek yang dibuat siswa

berupa *power point presentation* yang berisi hasil identifikasi dan deskripsi terhadap alat-alat di lingkungan sekitar siswa yang bekerja sesuai dengan prinsip termodinamika.

Kemampuan Berpikir Kreatif

Kemampuan berpikir kreatif merupakan kemampuan anak untuk menciptakan hal-hal baru serta memikirkan berbagai macam jawaban dari suatu masalah. Indikator berpikir kreatif yang akan diukur adalah berpikir lancar, yaitu mampu mencetuskan banyak gagasan, jawaban, pertanyaan atau penyelesaian masalah dan memberikan banyak cara atau saran untuk melakukan berbagai hal; berpikir original, yaitu mampu melahirkan ungkapan yang baru dan unik; dan kemampuan mengevaluasi, yaitu menganalisis masalah secara kritis.

Meningkat

Maksud dari meningkat dalam penelitian ini adalah adanya perbedaan skor kemampuan berpikir kreatif siswa dari skor yang rendah ke skor yang lebih tinggi. Kriteria peningkatan dapat diketahui menggunakan uji gain yang dikemukakan oleh Hake.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini dibagi menjadi:

Prawacana

Prawacana merupakan bagian awal skripsi, yang terdiri dari: judul; pernyataan keaslian tulisan; pengesahan; persembahan; motto; prakata; abstrak; daftar isi; daftar tabel; daftar gambar; dan daftar lampiran.

Bagian Isi

Bagian isi terdiri dari lima bab yakni sebagai berikut:

Bab 1 : Pendahuluan

Bagian Bab 1 ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, penegasan istilah, dan sistematika penulisan skripsi.

Bab 2 : Tinjauan Pustaka

Bagian Bab 2 ini berisi tentang berpikir kreatif, *project based learning*, tinjauan materi termodinamika, dan kerangka berpikir.

Bab 3 : Metode Penelitian

Bagian pada Bab 3 berisi subyek dan lokasi penelitian,, desain penelitian, prosedur penelitian, metode pengumpulan data, dan metode analisis data.

Bab 4 : Hasil Penelitian dan Pembahasan

Bagian Bab 4 ini memaparkan hasil penelitian yang meliputi proses pembelajaran menggunakan *project based learning* sehingga dapat meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa dan peningkatan kemampuan berpikir kreatif siswa sebelum dan sesudah melalui pembelajaran dengan *project based learning* menggunakan uji gain. Selanjutnya dilakukan pembahasan berupa penafsiran hasil penelitian, mengintegrasikan hasil penelitian dengan teori yang ada, serta memaparkan kelemahan pada penelitian.

Bab 5 : Penutup

Bagian Bab 5 ini berisi simpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran bagi peneliti selanjutnya.

Bagian Akhir

Bagian akhir terdiri dari daftar pustaka dan lampiran-lampiran.



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Model *Project Based Learning*

Pembelajaran fisika seharusnya melibatkan keterampilan proses dan produk. Dalam hal ini, pembelajaran fisika harus melibatkan siswa secara langsung dalam prosesnya. Inti dari proses pembelajaran fisika adalah melibatkan proses sains (keterampilan proses sains) yang meliputi: (1) *stating the problem*, (2) *formulating hypotheses*, (3) *designing an experiment*, (4) *making observation*, (5) *collecting data from the experiment*, dan (6) *drawing the conclusions* (Sund & Leslie, 1973: 12).

Pembelajaran Berbasis Proyek atau *Project Based Learning* (PjBL) merupakan pembelajaran yang berpusat pada siswa, dapat bersifat antar disiplin ilmu (integrasi mata pelajaran), dan berjangka panjang. Biasanya PjBL terkait dengan pembahasan permasalahan nyata. Dalam modul Implementasi Kurikulum 2013 (2014: 33) dijelaskan bahwa PjBL adalah model pembelajaran yang menggunakan proyek atau kegiatan sebagai inti pembelajaran. Siswa melakukan eksplorasi, interpretasi, sintesis, dan mengumpulkan informasi untuk

menghasilkan berbagai bentuk hasil belajar. PjBL merupakan model belajar yang menggunakan masalah sebagai langkah awal dalam mengumpulkan dan mengintegrasikan pengetahuan baru berdasarkan pengalamannya dalam beraktifitas secara nyata. Melalui PjBL proses *inquiry* dimulai dengan memunculkan pertanyaan penuntun (*a guiding question*) dan membimbing siswa dalam sebuah proyek kolaboratif yang mengintegrasikan berbagai subjek atau materi dalam kurikulum.

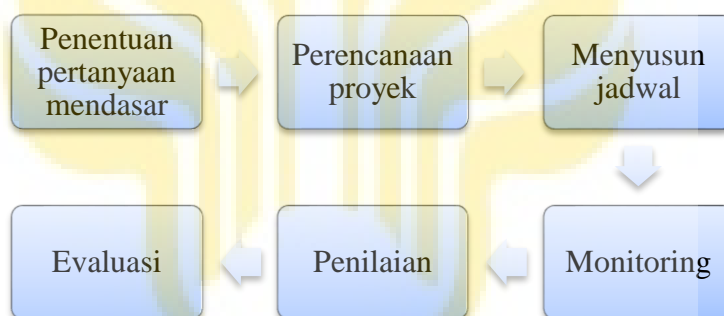
Proses belajar dalam model PjBL merupakan aktivitas jangka panjang yang melibatkan siswa dalam merancang, membuat, dan menampilkan produk untuk mengatasi permasalahan dalam dunia nyata. Pada umumnya, PjBL hampir mirip dengan PBL (*Problem Based Learning*). Kedua model pembelajaran ini berpusat pada siswa dan berbasis masalah. Siswa dituntut untuk menentukan solusi dari permasalahan yang diajukan. Perbedaan dari keduanya adalah pada PjBL siswa dituntut untuk menghasilkan sebuah produk. Peran guru dalam pembelajaran berbasis proyek hanya sebagai fasilitator, pelatih, penasihat, dan perantara untuk mendapatkan hasil yang optimal sesuai dengan daya imajinasi, inovasi, dan kreasi siswa.

Majid & Chaerul (2013: 163) menjelaskan karakteristik pembelajaran berbasis proyek sebagai berikut:

- siswa membuat keputusan tentang sebuah kerangka kerja
- adanya permasalahan atau tantangan yang diajukan kepada siswa
- siswa mendesain proses untuk menentukan solusi atas permasalahan atau tantangan yang diajukan

- siswa secara kolaboratif bertanggung jawab untuk mengakses dan mengelola informasi untuk memecahkan masalah
- proses evaluasi dijalankan secara kontinu
- siswa secara berkala melakukan refleksi atas aktivitas yang sudah dijalankan
- produk akhir aktivitas belajar akan dievaluasi secara kualitatif
- situasi pembelajaran sangat toleran terhadap kesalahan dan perubahan.

Menurut Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (2014: 33), langkah-langkah PjBL dapat dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 2.1 Langkah-langkah Pelaksanaan PjBL secara umum

Menurut Sani (2014: 177), ada beberapa keuntungan dari pembelajaran berbasis proyek, antara lain:

- meningkatkan motivasi siswa untuk menyelesaikan masalah
- meningkatkan kemampuan siswa dalam menyelesaikan masalah
- membuat siswa lebih aktif dalam menyelesaikan permasalahan yang kompleks
- meningkatkan kemampuan siswa dalam bekerja sama
- mendorong siswa mempraktikkan keterampilan komunikasi

- meningkatkan kemampuan siswa dalam bekerja sama
- memberikan pengalaman kepada siswa dalam mengorganisasi proyek, mengalokasikan waktu, dan mengelola sumber daya seperti peralatan dan bahan untuk menyelesaikan tugas
- memberikan kesempatan belajar bagi siswa untuk berkembang sesuai kondisi dunia nyata
- melibatkan siswa untuk belajar mengumpulkan informasi dan menerapkan pengetahuan tersebut untuk menyelesaikan permasalahan dunia nyata
- membuat suasana belajar lebih menyenangkan.

Penjelasan langkah-langkah pelaksanaan model PjBL sebagai berikut:

Tabel 2.1 Langkah-langkah Pelaksanaan Model PjBL

Langkah	Deskripsi
<p>Langkah 1</p> <p>Mengajukan pertanyaan mendasar</p> <p><i>(Start with the essential question)</i></p>	<p>Masalah yang diajukan dalam bentuk pertanyaan. Pertanyaan yang diajukan adalah pertanyaan yang penting dan mendasar yang kemudian dapat memotivasi siswa untuk dapat terlibat langsung dalam pembelajaran. Dari langkah ini, siswa dapat menentukan masalah yang akan dicari solusinya dalam sebuah produk. Guru harus memastikan masalah yang diangkat relevan dengan pokok bahasan yang sedang dipelajari.</p>
<p>Langkah 2</p> <p>Mendesain perencanaan proyek</p> <p><i>(Design a plan for the project)</i></p>	<p>Perencanaan ini dilakukan secara kolaboratif antara guru dan siswa. Siswa terlibat secara aktif dalam proses ini. Perencanaan dibuat sesuai dengan standar kompetensi yang harus dicapai siswa dan mencakup konsep penting yang ada dalam pokok bahasan yang sedang dan akan dipelajari.</p>

Langkah	Deskripsi
<p>Langkah 3</p> <p>Menyusun jadwal</p> <p><i>(Create a schedule)</i></p>	<p>Guru dan siswa menyusun jadwal pengerjaan proyek. Jadwal ini berisi langkah-langkah pembuatan proyek yang meliputi: (1) membuat <i>time line</i>, (2) menentukan <i>deadline</i>, (3) melaksanakan monitoring, (4) penilaian, dan (5) evaluasi.</p>
<p>Langkah 4</p> <p>Memonitor siswa dan kemajuan proyek</p> <p><i>(Monitor the students and the progress of the project)</i></p>	<p>Monitoring wajib dilakukan oleh guru dalam PjBL. Monitoring dilakukan dengan memfasilitasi siswa dalam mengerjakan proyek di setiap proses. Dengan kata lain, guru berperan sebagai mentor. Untuk mempermudah proses mentoring, sebaiknya guru menyiapkan rubrik untuk merekam aktivitas siswa selama penyusunan proyek.</p>
<p>Langkah 5</p> <p>Menguji hasil</p> <p><i>(Assess the outcome)</i></p>	<p>Pengujian hasil dilakukan untuk membantu guru dalam mengukur ketercapaian standar kompetensi. Penilaian dilakukan secara autentik dan guru perlu memvariasikan jenis penilaian yang digunakan</p>
<p>Langkah 6</p> <p>Mengevaluasi pengalaman</p> <p><i>(Evaluate the experience)</i></p>	<p>Evaluasi dilakukan guna memberikan kesempatan kepada siswa untuk melakukan refleksi terhadap kegiatan yang telah dilakukan, baik secara individu maupun kelompok. Pada langkah ini siswa diharapkan dapat menceritakan pengalamannya selama menyelesaikan proyek, mendiskusikan apa yang sukses, mendiskusikan yang gagal, dan berbagai ide untuk mengarah pada inkuiri baru.</p>

Sedangkan kekurangan dari pembelajaran berbasis proyek yang disampaikan oleh Sani (2014: 177) adalah:

- membutuhkan banyak waktu untuk menyelesaikan proyek
- membutuhkan biaya yang cukup
- membutuhkan guru yang terampil dan mau belajar
- membutuhkan fasilitas, peralatan, dan bahan yang memadai
- tidak sesuai untuk siswa yang mudah menyerah
- kesulitan melibatkan semua siswa dalam kerja kelompok.

Majid & Chaerul (2013: 165) menyatakan bahwa pembelajaran berbasis proyek ini juga menuntut siswa untuk mengembangkan keterampilan seperti kolaborasi dan refleksi. Menurut studi penelitian, pembelajaran berbasis proyek membantu siswa untuk meningkatkan antusiasme belajarnya.

2.1.2 Kemampuan Berpikir Kreatif

Kemampuan berpikir kreatif adalah kemampuan yang melibatkan kecerdasan yang berkembang dalam diri individu, dalam bentuk sikap, kebiasaan, dan tindakan dalam melahirkan sesuatu yang baru dan original untuk memecahkan masalah (Sudarma, 2013: 21). Kemampuan berpikir kreatif dapat dimunculkan jika siswa diberi kesempatan untuk memikirkan ide-ide baru (Skamp & Preston, 2005: 56). Sedangkan menurut Kementerian Pendidikan Nasional (2010: 10), berpikir kreatif merupakan berpikir untuk melakukan sesuatu dengan menghasilkan suatu cara atau hasil dari sesuatu yang telah dimiliki. Indikator kelas dari berpikir kreatif adalah menciptakan situasi belajar yang menumbuhkan

daya pikir dan bertindak kreatif serta adanya pemberian tugas yang menantang munculnya karya-karya baru yang autentik maupun modifikasi.

Menurut Munandar (1999: 37), berpikir kreatif disebut juga berpikir divergen atau kebalikan dari berpikir konvergen. Berpikir divergen yaitu berpikir untuk memberikan macam-macam kemungkinan jawaban benar ataupun cara terhadap suatu masalah berdasarkan informasi yang diberikan dengan penekanan pada jumlah dan kesesuaian. Sedangkan, berpikir konvergen yaitu berpikir untuk memberikan satu jawaban terhadap suatu masalah berdasarkan informasi yang diberikan.

Menurut Williams dalam Munandar (1992: 98), kemampuan berpikir kreatif memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

1) Berpikir Lancar

- Mampu mencetuskan banyak gagasan, jawaban, pertanyaan atau penyelesaian masalah
- Memberikan banyak cara atau saran untuk melakukan berbagai hal

2) Berpikir Luwes (Fleksibel)

- Menghasilkan banyak gagasan, jawaban, pertanyaan, atau penyelesaian masalah yang bervariasi
- Dapat melihat suatu masalah dari sudut pandang yang berbeda-beda
- Mencari banyak alternatif atau arah yang berbeda-beda
- Mampu mengubah cara pendekatan atau cara pemikiran

3) Berpikir Original

- Mampu melahirkan ungkapan yang baru dan unik

- Memberikan cara yang tidak lazim untuk mengungkapkan diri
- Mampu membuat kombinasi yang tidak lazim dari bagian-bagian atau unsur-unsur

4) Elaborasi

- Mampu memperkaya dan mengembangkan suatu gagasan atau produk
- Menambahkan atau memperinci detil-detil dari objek, gagasan, atau situasi sehingga menjadi lebih menarik

5) Evaluasi

- Menentukan patokan nilai sendiri
- Mampu mengambil keputusan terhadap situasi yang terbuka
- Tidak hanya mencetuskan gagasan, tapi juga melaksanakannya

Menurut Munandar (1992: 99), perilaku siswa yang memiliki kemampuan berpikir kreatif dapat dilihat dengan aktifitas sebagai berikut:

1) Berpikir Lancar

- Mengajukan banyak pertanyaan
- Menjawab dengan sejumlah jawaban saat diajukan pertanyaan
- Mempunyai banyak gagasan terhadap suatu masalah
- Lancar mengungkapkan gagasan-gagasannya
- Bekerja lebih cepat
- Dapat melihat kesalahan dengan cepat

2) Berpikir Fleksibel

- Memberikan aneka ragam penggunaan yang tidak lazim
- Menerapkan suatu konsep dengan cara yang berbeda

- Memberikan pertimbangan dari situasi yang berbeda dari yang diberikan
 - Memberikan cara penyelesaian masalah yang berbeda dari lain
 - Mampu mengubah cara berpikir secara spontan
- 3) Berpikir Original
- Memikirkan masalah-masalah baru (tidak terpikirkan orang lain)
 - Memikirkan cara-cara baru
 - Memiliki cara berpikir yang lain
 - Setelah membaca atau mendengar gagasan-gagasan, bekerja untuk menemukan penyelesaian yang baru
- 4) Kemampuan Mengelaborasi
- Mencari arti yang lebih mendalam terhadap jawaban
 - Mempunyai rasa keindahan yang kuat sehingga tidak puas dengan penampilan kosong
 - Mengembangkan atau memperkaya gagasan orang lain
- 5) Kemampuan Mengevaluasi
- Memberikan pertimbangan atas dasar sudut pandangnya sendiri
 - Menganalisis masalah secara kritis (selalu menanyakan “mengapa”?)
 - Mempunyai alasan rasional yang dapat dipertanggungjawabkan untuk mencapai suatu keputusan
 - Merancang suatu rencana kerja dari gagasan-gagasan yang tercetus
 - Menentukan pendapat dan bertahan pada pendapatnya

Menurut Wallas, sebagaimana dijelaskan oleh Satiadarma & Waruwu (2003: 112), berpikir kreatif sebagai suatu proses berpikir yang memiliki langkah–

langkah: (1) persiapan, (2) inkubasi, (3) iluminasi, dan (4) verifikasi. Pada langkah persiapan seseorang berusaha untuk mengumpulkan berbagai macam informasi yang relevan dengan permasalahan yang sedang dihadapi. Pada langkah inkubasi, seseorang dengan sengaja untuk sementara waktu tidak memikirkan masalah yang tengah dicari pemecahan itu. Pada langkah iluminasi, suatu gagasan atau rencana pemecahan telah ditemukan. Namun, gagasan ini biasanya masih berupa gagasan pokok atau garis besar. Langkah terakhir adalah verifikasi, yakni mengevaluasi atau memastikan kembali jawaban atas permasalahan tersebut sudah benar – benar tepat, dan kemudian melaksanakan gagasan yang ditemukan itu. Jika berhasil maka proses berpikir kreatif selesai.

Hurlock sebagaimana diungkapkan Satiadarma & Waruwu (2003: 117) mengemukakan beberapa kondisi yang mampu meningkatkan kemampuan berpikir kreatif anak antara lain: waktu yang diberikan kepada anak untuk berpikir; kesempatan menyendiri untuk berpikir; sarana yang mendukung siswa berpikir kreatif; lingkungan yang merangsang; hubungan orang tua dan anak yang tidak terlalu posesif; cara mendidik anak yang demokratis; kesempatan memperoleh pengetahuan; pengaturan kelas yang kondusif; suasana pengajaran yang menyenangkan; persiapan guru yang matang; sikap guru yang memberikan kebebasan kepada siswa untuk berkreasi; dan metode pengajaran yang berpusat pada siswa. Metode dan model belajar kreatif berorientasi pada pengembangan potensi berpikir siswa, yakni mengaktifkan fungsi berpikir divergen melalui teknik-teknik seperti sumbang saran, daftar penulisan gagasan, dan teknik

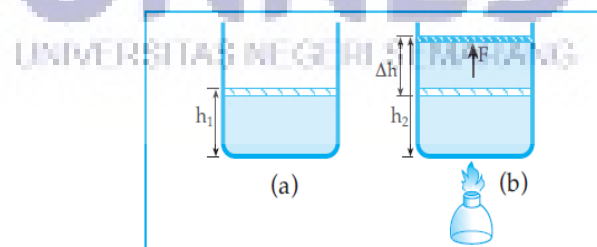
pemecahan masalah yang merangsang siswa untuk berpikir tentang berbagai kemungkinan yang dapat terjadi (divergen).

2.2 Tinjauan Materi Termodinamika

Pengertian Termodinamika

Menurut Hamid (2007: 4), termodinamika merupakan bagian dari cabang Fisika yang bernama Termofisika (*Thermal Physics*). Termodinamika adalah ilmu yang mempelajari hubungan antara energi dan kerja dari suatu sistem. Termodinamika hanya mempelajari besaran-besaran yang berskala besar (makroskopis) dari sistem yang dapat diamati dan diukur dalam eksperimen. Kanginan (2007: 305) menyebutkan bahwa termodinamika merupakan cabang Fisika yang mempelajari tentang perubahan energi dari suatu bentuk ke bentuk lain, terutama perubahan dari energi panas ke dalam energi lain. Dalam termodinamika, kumpulan benda-benda yang diamati disebut sistem, sedangkan semua yang ada di sekitar benda disebut lingkungan.

Usaha Gas, Kalor, dan Energi Dalam



Gambar 2.2 (a) suatu gas dalam bejana tertutup dengan piston yang bebas bergerak dengan tinggi piston mula-mula = h_1 . (b) gas dalam bejana dipanasi sampai suhu tertentu sehingga tinggi piston menjadi h_2 .

Usaha yang dilakukan oleh sistem adalah ukuran energi yang dipindahkan dari sistem ke lingkungannya atau sebaliknya. Usaha dikerjakan pada (atau oleh) sebuah sistem. Kalor mirip dengan usaha, namun kalor hanya akan muncul jika terdapat perbedaan suhu.

Jika luas permukaan A , maka gaya yang diberikan piston saat proses pemuaian adalah

$$F = P \cdot A \quad (2.1)$$

Usaha yang dilakukan oleh piston saat memuai adalah

$$W = F (h_2 - h_1)$$

$$W = P \cdot A (h_2 - h_1)$$

$$W = P \Delta V \quad (2.2)$$

W = usaha yang dilakukan gas

P = tekanan yang dilakukan gas

ΔV = perubahan volum gas.

Ketika suatu benda sedang bergerak, maka benda itu akan memiliki energi kinetik. Dan dari energi kinetik inilah benda melakukan usaha. Pada ketinggian tertentu, suatu benda dapat memiliki energi potensial. Energi potensial dan energi kinetik ini disebut dengan energi luar.

Setiap benda memiliki energi yang tidak tampak dari luar. Energi ini disebut dengan energi dalam (U). Energi dalam berhubungan dengan aspek mikroskopik zat. Setiap zat terdiri dari atom-atom yang selalu bergerak. Dari gerakan ini, zat memiliki energi kinetik. Antara molekul-molekul zat terdapat gaya intermolekuler. Karena gaya intermolekuler ini, zat juga memiliki gaya potensial.

Jumlah antara energi kinetik dan energi potensial yang berhubungan dengan atom-atom atau molekul-molekul disebut sebagai energi dalam. Karena energi dalam bersifat mikroskopik, besarnya energi dalam tidak dapat diukur secara langsung. Besarnya perubahan energi dalam (ΔU), yaitu ketika sistem berubah dari keadaan awal (U_1) ke keadaan akhir (U_2)

$$\Delta U = U_2 - U_1$$

Besarnya energi dalam gas dapat dihitung dengan persamaan:

untuk gas monoatomik $U = \frac{3}{2}NkT = \frac{3}{2}nRT$ (2.4)

untuk gas diatomik $U = \frac{5}{2}NkT = \frac{5}{2}nRT$ (2.5)

dengan

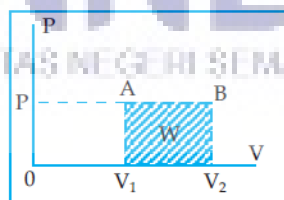
N : jumlah seluruh molekul gas

n : jumlah mol gas

Proses Termodinamika Gas

1. Proses Isobarik (Tekanan Tetap)

Proses isobarik adalah proses perubahan keadaan gas pada tekanan tetap.



Gambar 2.3 Grafik P-V pada Proses Isobarik

Usaha yang dilakukan gas yaitu:

$$W = P \cdot \Delta V$$

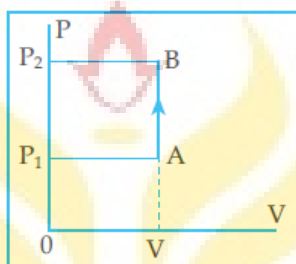
Persamaan keadaan gas ideal untuk proses isobarik (P tetap) adalah

$$\frac{PV}{T} = C \text{ atau } \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_1}{T_1} \quad (2.6)$$

(*Hukum Gay-Lussac*)

2. Proses Isokhorik (Volume Tetap)

Proses isokhorik adalah proses perubahan keadaan gas pada volum tetap.



Gambar 2.4 Grafik P-V pada Proses Isokhorik

Persamaan gas ideal untuk proses isokhorik adalah

$$\frac{PV}{T} = C \text{ atau } \frac{P_2}{T_2} = \frac{P_1}{T_1} \text{ (Hukum Charles)} \quad (2.7)$$

Besarnya energi pada proses isokhorik adalah

$$W = P \cdot \Delta V$$

$$V_2 = V_1$$

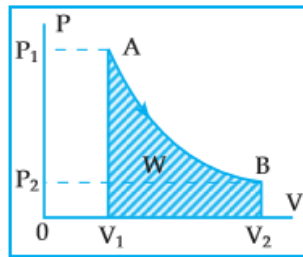
$$W = P \cdot 0$$

$$W = 0$$

(2.8)

3. Proses Isotermal

Proses isotermal adalah proses perubahan keadaan gas pada suhu tetap. Dari persamaan gas ideal $PV = nRT$, diperoleh $P = \frac{nRT}{V}$. Karena nRT adalah bilangan tetap, maka grafik P-V berbentuk hiperbola.



Gambar 2.5 Grafik P-V pada Proses Isotermal

Usaha yang dilakukan gas pada proses isotermal adalah $W = \text{Luas daerah yang diarsir}$. Besarnya usaha pada proses isotermal dapat dinyatakan sebagai berikut:

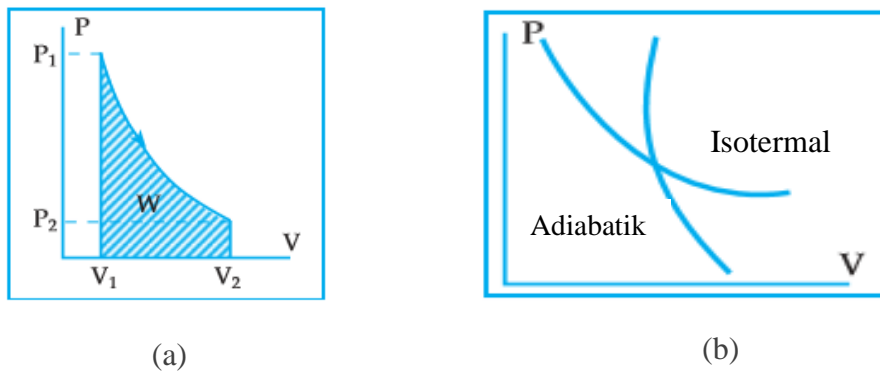
$$\begin{aligned}
 W &= \int_{V_1}^{V_2} P \, dV \\
 W &= \int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT}{V} \, dV \\
 W &= nRT \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = nRT [\ln V]_{V_1}^{V_2} \\
 W &= nRT \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right) \tag{2.9}
 \end{aligned}$$

Persamaan gas ideal untuk proses isotermal (T tetap) adalah

$$\frac{PV}{T} = C \text{ atau } P_1V_1 = P_2V_2 \text{ (Hukum Boyle)} \tag{2.10}$$

4. Proses Adiabatik

Proses adiabatik merupakan suatu proses dimana tidak ada panas yang keluar atau masuk ke dalam sistem. Proses ini terjadi pada suatu tempat yang benar-benar terisolasi secara termal. Proses adiabatik sangat penting dalam bidang rekayasa. Beberapa contoh proses adiabatik meliputi pemuain gas panas dalam mesin diesel, pemuain gas dalam mesin pendingin, dan langkah kompresi dalam mesin diesel.



Gambar 2.6 (a) Grafik P-V pada Proses Adiabatik. (b) Grafik P-V Proses Adiabatik dan Isotermal.

Pada proses adiabatik, hubungan antara tekanan dan volum serta hubungan antara suhu dan volum dari gas dinyatakan dengan persamaan:

$$P \cdot V^\gamma = C \quad (2.11)$$

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma \quad (2.12)$$

$$\left(\frac{nRT_1}{V_1}\right) V_1^\gamma = \left(\frac{nRT_2}{V_2}\right) V_2^\gamma \quad (2.13)$$

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1} \quad (2.14)$$

Hukum Termodinamika

Hukum I Termodinamika

Menurut hukum I Termodinamika "jumlah panas yang diterima oleh suatu gas (sistem) dan usaha yang dilakukan terhadap suatu gas (sistem) dapat digunakan untuk menambah energi dalam gas (sistem) tersebut".

$$\Delta U = Q - W \quad (2.15)$$

Q = panas yang diterima oleh gas

ΔU = perubahan energi dalam gas

W = usaha yang dilakukan oleh gas

Q positif jika sistem memperoleh kalor dan Q negatif jika sistem kehilangan kalor.

Hukum I Termodinamika dapat ditinjau dengan berbagai proses:

a) Proses Isotermal

Pada proses ini, tidak terjadi perubahan suhu ($T_1=T_2$) maka

$$\Delta U = \frac{3}{2}nR(T_2 - T_1)$$

$$\Delta U = 0$$

$$\Delta U = Q - W$$

$$Q = W$$

Dari persamaan (2.9), maka

$$Q = W = nRT \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right) \quad (2.16)$$

b) Proses Isobarik

Pada proses isobarik, tekanan P adalah tetap.

$$\Delta U = Q - W \quad (2.17)$$

$$\Delta U = Q - P(V_2 - V_1)$$

c) Proses Isokhorik

Proses isokhorik adalah proses perubahan keadaan gas yang terjadi pada volum tetap ($\Delta V=0$). Berdasarkan persamaan (2.8), usaha yang terjadi pada proses isokhorik adalah nol.

$$\Delta U = Q - W \quad (2.18)$$

$$\Delta U = Q - 0 \text{ atau } \Delta U = Q$$

Persamaan (2.18) menyatakan bahwa jika kalor diberikan ke suatu sistem pada volum tetap, seluruh kalor digunakan untuk menaikkan energi dalam sistem. Ketika suatu campuran uap bensin dan udara meledak dalam silinder suatu mesin, tekanan dan suhu naik secara tiba-tiba karena volum di silinder hampir tidak pernah berubah selama selang waktu yang singkat.

d) Proses Adiabatik

Proses adiabatik adalah proses perubahan keadaan gas yang terjadi ketika tidak ada kalor yang masuk atau keluar dari sistem ($Q = 0$).

$$\begin{aligned}\Delta U &= Q - W \\ \Delta U &= 0 - W \\ \Delta U &= -W\end{aligned}\tag{2.19}$$

Untuk gas monoatomik, besarnya $\Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T$, sehingga besarnya usaha pada proses adiabatik adalah

$$W = -\Delta U = -\frac{3}{2}nR\Delta T\tag{2.20}$$

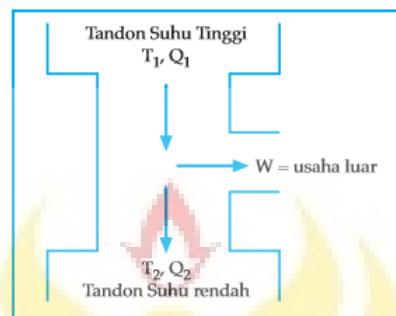
Sedangkan untuk gas diatomik, besarnya $\Delta U = \frac{5}{2}nR\Delta T$, sehingga besarnya usaha pada proses adiabatik adalah

$$W = -\Delta U = -\frac{5}{2}nR\Delta T\tag{2.21}$$

Mesin Kalor dan Hukum II Termodinamika

Mesin kalor adalah suatu alat yang mengubah energi panas menjadi energi mekanik. Misal dalam mesin mobil, energi panas hasil pembakaran bahan bakar diubah menjadi energi gerak mobil. Tetapi, di dalam mesin kalor perubahan

energi panas ke energi mekanik selalu disertai pengeluaran gas buang yang membawa energi panas. Dengan demikian, hanya sebagian energi panas yang diubah menjadi energi mekanik.



Gambar 2.7 Diagram Mesin Kalor

Dari Gambar 2.7 suatu mesin kalor membawa fluida kerja melalui suatu proses yaitu: (1) kalor (Q_1) diserap dari tandon suhu tinggi, meningkatkan energi alam mesin; (2) mengubah sebagian energi dalam ke usaha mekanik (W); dan (3) membuang energi sisa sebagai kalor ke tandon bersuhu rendah (Q_2).

$$W = Q_1 - Q_2 \quad (2.22)$$

Efisiensi mesin kalor dapat dinyatakan sebagai:

$$\eta = \frac{W}{Q_1} \times 100\% \quad (2.23)$$

$$\eta = \left(\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \right) \times 100\%$$

$$\eta = \left(1 - \frac{Q_2}{Q_1} \right) \times 100\% \quad (2.24)$$

Besarnya Q_1 sebanding dengan T_1 , begitu pula Q_2 sebanding dengan T_2 , sehingga

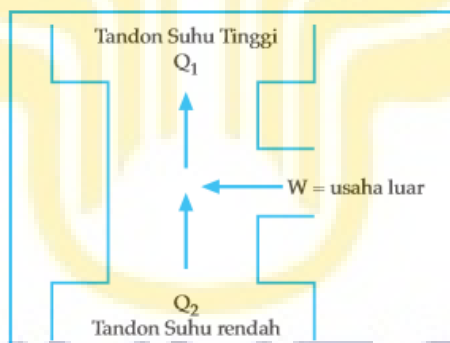
besarnya $\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}$, maka

$$\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right) \times 100\% \quad (2.25)$$

Hukum II Termodinamika

Hukum II Termodinamika menyatakan bahwa kalor mengalir secara spontan dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah dan tidak pernah mengalir secara spontan dalam arah sebaliknya. Menurut Clausius: “tidak mungkin memindahkan kalor dari tandon yang bersuhu rendah ke tandon yang bersuhu tinggi tanpa dilakukan usaha”.

Hukum II Termodinamika menjelaskan bahwa tidak mungkin kalor mengalir dari suhu rendah ke suhu tinggi. Jika kalor dipaksa untuk mengalir dari suhu rendah ke suhu tinggi, maka harus ada usaha luar yang bekerja pada sistem. Peristiwa seperti ini dapat kita amati pada mesin pendingin (refrigerator).

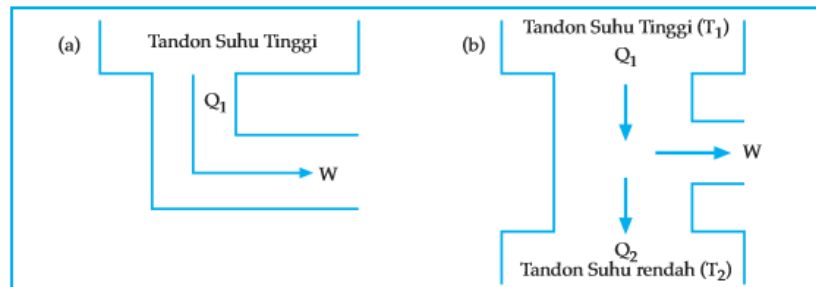


Gambar 2.8 Diagram Refrigerator

Efisiensi Refrigerator

$$\eta = \frac{Q_2}{W} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2} \quad (2.26)$$

Perumusan Kelvin Planck tentang hukum II Termodinamika sebagai berikut: *tidak ada suatu mesin yang bekerja dalam suatu siklus dapat mengubah kalor menjadi usaha seluruhnya.*



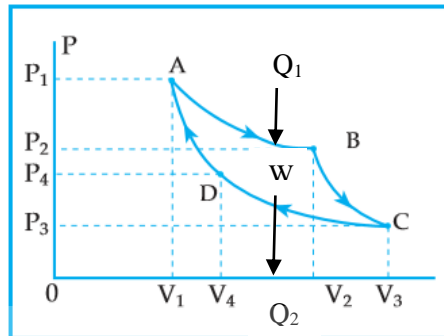
Gambar 2.9 (a) Proses yang tidak mungkin terjadi. (b) Proses yang mungkin terjadi.

Gambar 2.9 (a) menggambarkan suatu proses pada suatu mesin yang menyerap kalor Q_1 dari tandon bersuhu tinggi kemudian kalor Q_1 diubah seluruhnya menjadi usaha mekanik W . Peristiwa seperti ini tidak mungkin terjadi. Sedangkan Gambar 2.9 (b) menggambarkan suatu proses pada suatu mesin yang menyerap kalor Q_1 , sebagian diubah menjadi energi mekanik W dan sebagian dibuang menjadi Q_2 pada tandon bersuhu rendah.

Peralatan ideal yang bekerja sesuai dengan Hukum II Termodinamika disebut sebagai mesin Carnot.

- Efisiensi mesin kalor maksimum sama dengan efisiensi mesin Carnot.
- Mesin yang bekerja di antara tandon suhu tinggi T_1 dan tandon suhu rendah T_2 mempunyai efisiensi maksimum:

$$\eta_{maks} = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\% \quad (2.27)$$



Gambar 2.10 Siklus Carnot

Proses AB merupakan proses ekspansi (pemuai) isothermal. Saat kalor Q_1 diserap, gas memuai dari V_1 ke V_2 sehingga melakukan usaha W . Pemuai ini ditunjukkan dengan perubahan dari keadaan A ke B sepanjang grafik isothermal. Selama proses isothermal ini, energi dalam pada sistem tidak berubah ($\Delta U = 0$), sehingga sesuai dengan hukum pertama termodinamika, usaha yang dilakukan oleh sistem sama dengan Q_1 ($W = Q_1$). Pada proses ini berlaku persamaan $Q = W = nRT \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$

Proses BC merupakan proses ekspansi (pemuai) adiabatik. Saat gas kontinyu melakukan usaha W dengan melakukan pemuai gas dari V_2 ke V_3 , energi dalamnya harus berkurang karena suhu pada proses ini menurun sepanjang grafik BC ($T_1 > T_2$). Pada proses ini berlaku persamaan

$$\Delta U = Q - W$$

$$\Delta U = 0 - W$$

$$\Delta U = -W$$

Gas monatomik $W = -\Delta U = -\frac{3}{2}nR\Delta T$

Gas diatomik $W = -\Delta U = -\frac{5}{2}nR\Delta T$

ΔT bernilai negatif ($T_1 > T_2$)

Proses CD merupakan proses dipresi (pemampatan) isothermal. Gas mengalami pemampatan volum dari V_3 ke V_4 sehingga sejumlah kalor Q_2 dibuang ke reservoir dingin pada T_2 . Pada proses ini, kalor Q_2 dikeluarkan dan usaha bernilai negatif ($-W$). Pada proses ini berlaku persamaan

$$Q = W = nRT \ln \left(\frac{V_4}{V_3} \right)$$

Besarnya $V_4 < V_3$, sehingga W bernilai negatif.

Proses DA merupakan proses dipresi (pemampatan) adiabatik. Proses dipresi adiabatik mengakibatkan energi dalam bertambah karena adanya kenaikan suhu dari T_2 ke T_1 sepanjang grafik DA. Pada langkah akhir siklus Carnot, gas mengalami pemampatan adiabatik dari V_4 ke V_1 . Perpindahan kalor adalah nol ($Q = 0$), dan volum berkurang ($V_4 < V_1$). Pada proses ini berlaku persamaan

$$\Delta U = Q - W$$

$$\Delta U = 0 - W$$

$$\Delta U = -W$$

Gas monoatomik $W = -\Delta U = -\frac{3}{2}nR\Delta T$

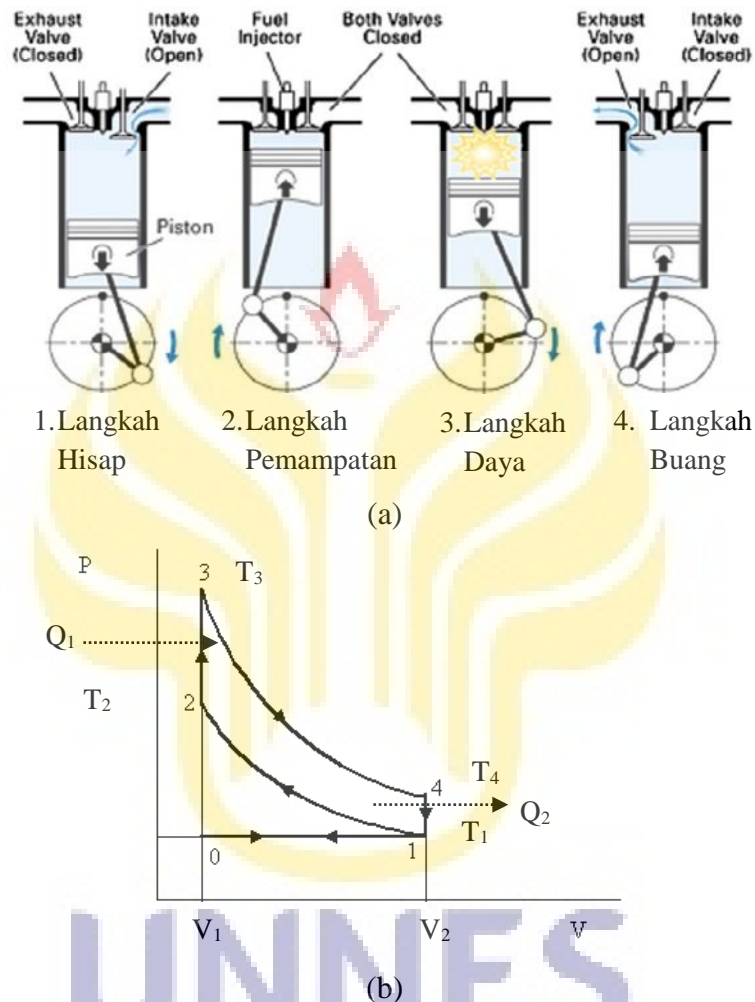
Gas diatomik $W = -\Delta U = -\frac{5}{2}nR\Delta T$

Alat-alat yang bekerja sesuai prinsip termodinamika

a. Mesin Kalor

Salah satu contoh mesin kalor adalah mesin bensin. Mesin ini bekerja dengan mengubah energi panas menjadi energi mekanik. Energi itu sendiri diperoleh dari

proses pembakaran. Mesin bensin mengubah gerakan translasi bolak balik piston menjadi gerak rotasi untuk memutar poros mesin.



Gambar 2.11 (a) Siklus Mesin Bensin 4 Langkah (b) Diagram P-V pada Siklus Mesin Bensin

Siklus kerja pada mesin bensin yang banyak digunakan pada sepeda motor dan mobil memiliki empat langkah, yaitu:

Langkah hisap (Siklus 0-1)

Pada langkah ini katup masuk membuka dan katup buang tertutup. Campuran uap bensin dan udara dihisap ke dalam silinder dengan penghisapan piston. Siklus ini menunjukkan proses isobarik karena tekanan P konstan.

Langkah Pemampatan (Siklus 1-2)

Pada langkah ini berlaku proses dipresi adiabatik. Campuran uap bensin dan udara dimampatkan sehingga temperaturnya naik secara cepat. Pada proses ini berlaku persamaan $T_1V_2^{\gamma-1} = T_2V_1^{\gamma-1}$.

Pembakaran (Siklus 2-3)

Pembakaran campuran panas berlangsung sangat cepat. Hasil pembakaran mencapai tekanan dan temperatur yang sangat tinggi, tetapi volumenya tetap. Pada langkah ini berlaku proses isokhorik, sehingga berlaku persamaan $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$.

Langkah Daya (Siklus 3-4)

Langkah pembakaran mengakibatkan energi kalor masuk ke dalam sistem. Uap bensin hasil pembakaran memuai dan mendorong piston ke luar, sehingga mengalami penurunan temperatur dari T_3 ke T_4 . Pada langkah ini berlaku proses ekspansi adiabatik. Sehingga persamaan yang berlaku adalah $T_3V_2^{\gamma-1} = T_4V_1^{\gamma-1}$. Pada langkah ini, volum uap bensin memuai, sehingga volumenya bertambah.

Langkah Buang (Siklus 4-1)

Pada akhir langkah daya, gas hasil pembakaran masih bertekanan dan bertemperatur tinggi dibandingkan dengan keadaan di luar silinder. Katup pembuangan membiarkan gas keluar sampai tekanannya turun menjadi sama dengan tekanan atmosfer. Energi panas sisa hasil pembakaran dibuang pada langkah ini. Kemudian, piston mendorong hampir semua sisa gas hasil pembakaran ke luar silinder. Langkah ini menunjukkan penurunan tekanan dan temperatur pada volum tetap (isokhorik). Pada langkah ini, terjadi proses pembuangan kalor sisa Q_2 .

b. Mesin Pendingin

Hukum kedua termodinamika berpegang kepada kecenderungan alamiah kalor untuk mengalir dari benda panas ke benda dingin. Jika kalor dipaksa untuk mengalir dari benda dingin ke benda panas, akan diperlukan usaha yang bekerja pada sistem. Alat yang bekerja dengan memaksakan kalor mengalir dari tandon bersuhu tinggi ke tandon bersuhu rendah, disebut pendingin. Proses yang dialami disebut proses pendinginan.

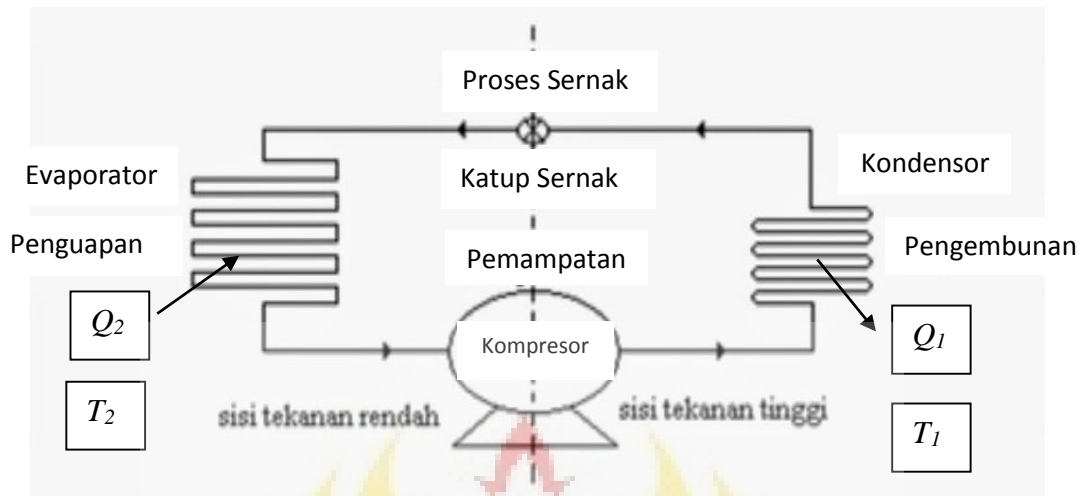
Perbandingan Gambar 2.7 dan Gambar 2.8 menunjukkan bahwa arah-arah anak panah yang melambangkan kalor dan usaha dalam proses pendinginan berlawanan dengan yang dimiliki oleh proses mesin kalor. Meskipun demikian, energi selama proses pendinginan adalah kekal, seperti halnya pada proses mesin kalor, sehingga $Q_1 = Q_2 + W$.

Bila fluida ini mengalir melalui bukaan sempit (katup jarum) dari daerah tekanan tinggi ke daerah tekanan rendah secara adiabatik, zat dikatakan mengalami *proses sernak* atau *pemuai Joule Thomson* atau *pemuai Joule-Kelvin*.

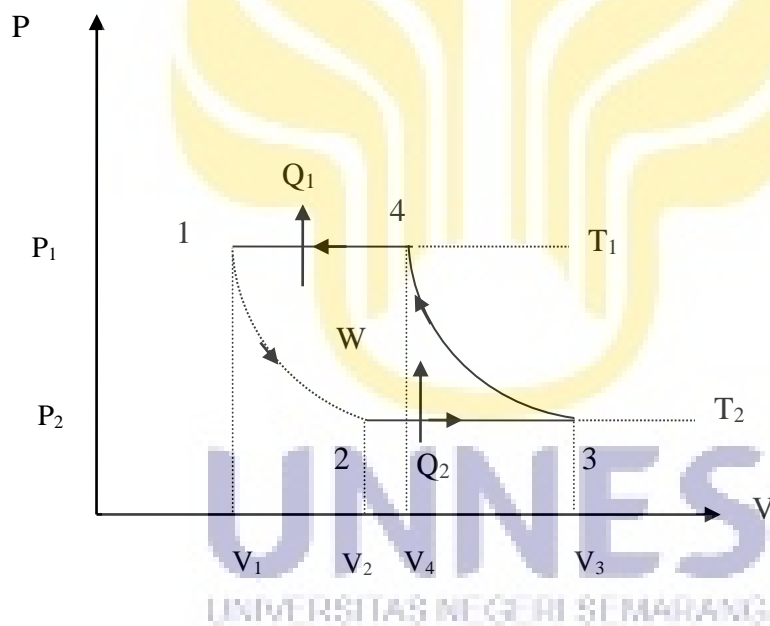
Siklus Mesin Pendingin

Proses Sernak (Siklus 1-2)

Proses sernak yang menyebabkan penurunan tekanan dan temperatur. Keadaan antara keadaan awal dan akhir suatu fluida selama proses sernak tidak dapat digambarkan dengan koordinat termodinamika yang mengacu pada sistem secara keseluruhan, sehingga tidak dapat ditunjukkan dengan diagram *PV* dan hanya bisa digambarkan dengan sederetan titik-titik antara 1 dan 2.



(a)



(b)

Gambar 2.12 (a) Instalasi Pendingin Dasar (b) Diagram P-V pada Mesin Pendingin

Penguapan (Siklus 2-3)

Penguapan terjadi karena adanya proses ekspansi isobarik (P konstan). Dalam proses ini kalor Q_2 diserap oleh zat pendingin pada temperatur rendah T_2 , sehingga mendinginkan bahan dari tandon dingin.

Pemampatan (Siklus 3-4)

Pemampatan uap secara adiabatik dari tandon bersuhu rendah T_2 ke tandon bersuhu tinggi T_1 . Pada proses ini berlaku persamaan $T_1V_4^{\gamma-1} = T_2V_3^{\gamma-1}$.

Pengembunan (Siklus 4-1)

Pada proses ini terjadi pendinginan secara isobarik dan pengembunan pada T_2 .

Peralatan sehari-hari yang biasa digunakan adalah lemari es dan pendingin ruangan. Dalam suatu lemari es, bagian dalam peralatan berfungsi sebagai reservoir dingin, sedangkan bagian luar bertindak sebagai reservoir panas. Lemari es mengambil kalor Q_2 dari makanan yang tersimpan di dalam lemari es dan mengalirkan kalor ini ke udara di sekitar lemari es. Untuk melakukan ini, diperlukan energi listrik untuk melakukan usaha W pada sistem sehingga kalor mengalir dari reservoir dingin ke reservoir panas. Karena itu permukaan-permukaan luar kulkas terasa lebih hangat.

Pendingin ruangan memiliki kemiripan dengan lemari es. Ruangan dalam bertindak sebagai reservoir panas, dan di luar ruangan bertindak sebagai reservoir dingin. Pendingin ruangan mendinginkan ruangan dengan cara memindahkan kalor ke luar ruangan dengan melakukan usaha W (yang dikerjakan oleh energi listrik) sehingga kalor mengalir dari reservoir dingin ke reservoir panas.

2.3 Kerangka Berpikir

Menurut Kementerian Pendidikan Nasional guru diharapkan mampu membimbing siswa supaya memiliki kemampuan berpikir kreatif melalui proses belajar mengajar yang diterapkan. Sampai saat ini, sudah banyak diperkenalkan model belajar yang mampu meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa,

namun hasil temuan di lapangan menunjukkan bahwa banyak guru yang masih menerapkan pendekatan pembelajaran yang berpusat pada guru. Pendekatan ini memicu lemahnya kemampuan berpikir kreatif siswa. Pendekatan pembelajaran yang berpusat pada guru merupakan pendekatan yang kurang mendukung usaha pengembangan kemampuan berpikir kreatif siswa.

Kemampuan berpikir kreatif dapat dimunculkan dengan memberikan rangsangan dari luar kepada siswa. Rangsangan ini dapat dimunculkan dari model pembelajaran yang diterapkan kepada siswa sehingga mampu mengembangkan kemampuan berpikir kreatifnya. Salah satu model pembelajaran yang dapat diterapkan untuk merangsang kemampuan berpikir kreatif siswa adalah model *Project Based Learning*. Pembelajaran Berbasis Proyek atau *Project Based Learning* (PjBL) merupakan pembelajaran yang berpusat pada siswa, dapat bersifat antar disiplin ilmu (integrasi mata pelajaran), dan berjangka panjang. Dalam modul Implementasi Kurikulum dijelaskan bahwa PjBL adalah model pembelajaran yang menggunakan proyek atau kegiatan sebagai inti pembelajaran. Siswa melakukan eksplorasi, interpretasi, sintesis, dan informasi untuk menghasilkan berbagai bentuk hasil belajar. Tahapan dalam PjBL adalah mengajukan pertanyaan mendasar, mendesain perencanaan proyek, menyusun jadwal, memonitor siswa dan kemajuan proyek, menguji hasil, dan mengevaluasi pengalaman. Penerapan model PjBL merangsang siswa untuk belajar mandiri sehingga ia akan memperoleh pengetahuan yang lebih banyak. Dalam pembelajaran ini, siswa juga dituntut untuk aktif berdiskusi dengan rekan satu

kelompoknya dan mempresentasikan hasil pengamatannya di depan kelas, sehingga tercipta metode pembelajaran yang berpusat pada siswa.

Sesuai dengan kompetensi dasar fisika pada Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan, salah satu materi yang diberikan kepada siswa kelas XI IPA SMA adalah termodinamika. Termodinamika merupakan salah satu materi yang banyak diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Ciri khas dalam model PjBL adalah adanya produk atau proyek yang dibuat siswa. Proyek yang dibuat berupa *power point presentation* yang berisi hasil identifikasi siswa terhadap cara kerja peralatan di sekitarnya yang bekerja sesuai prinsip termodinamika. Peralatan tersebut antara lain mesin pendingin (misal: lemari es dan pendingin ruangan) dan mesin kalor, seperti mesin mobil. Dengan demikian, model PjBL cocok diterapkan untuk menyampaikan materi termodinamika kepada siswa. Dalam pembuatan proyek, siswa dilatih untuk melakukan analisis terhadap permasalahan, eksplorasi, mengumpulkan informasi, interpretasi, dan penilaian terhadap proyek yang dikerjakan. Proyek dalam PjBL dibangun berdasarkan ide-ide siswa sebagai bentuk alternatif pemecahan masalah riil, sehingga siswa mengalami proses belajar pemecahan masalah itu secara langsung. Oleh karena itu, penerapan model PjBL diharapkan mampu meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa SMA kelas XI pada materi termodinamika.

Sebagai panduan dalam pelaksanaan penelitian, peneliti membutuhkan instrumen penelitian seperti RPP yang sesuai dengan model PjBL, angket dan lembar observasi untuk mengetahui kemampuan berpikir kreatif siswa, serta soal tes objektif untuk mengetahui tingkat pemahaman siswa. Peningkatan

kemampuan berpikir kreatif dapat diketahui dengan membandingkan hasil angket dan observasi sebelum dan setelah penerapan model PjBL yang mengungkap kemampuan berpikir kreatif. Peningkatan hasil belajar kognitif diperoleh dengan membandingkan hasil *pretest* dan *posttest* tertulis.



BAB 5

PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan proses pembelajaran, hasil penelitian dan pembahasan dapat disusun simpulan sebagai berikut:

- a. Pembelajaran dengan model *Project Based Learning* terdiri dari tahap penentuan pertanyaan mendasar, perencanaan dan penyusunan jadwal, pembuatan proyek dan monitoring, serta penilaian dan evaluasi. Tahap tersebut mampu menumbuhkan kemampuan berpikir kreatif siswa melalui aktivitas bertanya, memberi jawaban dan gagasan, dan melakukan evaluasi.
- b. Pembelajaran dengan model *Project Based Learning* dapat meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa sebesar 0,24. Besarnya peningkatan ini masuk dalam kategori rendah.

5.2 Saran

Berdasarkan kendala dan keterbatasan yang dihadapi selama penelitian, saran yang dapat disampaikan kepada peneliti selanjutnya adalah:

- a. Sebelum melakukan pembelajaran, sebaiknya guru sudah mampu menciptakan keterbukaan dengan siswa.

- b. Guru yang akan membentuk sikap berpikir kreatif siswa hendaknya tidak hanya menilai aspek berpikir lancar, berpikir original, dan kemampuan mengevaluasi. Tetapi juga menilai aspek berpikir fleksibel dan kemampuan mengelaborasi.



DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, S. 2010. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- . 2012 . *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan (Edisi Revisi 2)*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Azwar, S. 2013. *Sikap Manusia Teori dan Pengukurannya*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Bas,G. 2011. Investigating the Effects of Project-Based Learning on Students's Academic Achievement and Attitudes Towards English Lesson. *TOJNED : The Online Journal Of New Horizons In Education*, 1 (04): 1-15. Tersedia di www.tojned.net [Diakses 15-02-2016].
- Deta, UA., Suparmi, & S. Widha. 2013. Pengaruh Metode Inkuiri Terbimbing Dan Proyek, Kreativitas, Serta Keterampilan Proses Sains Terhadap Prestasi Belajar Siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 9 (2013) : 28-34. Tersedia di journal.unnes.ac.id [Diakses 18-01-2016].
- F.C. Wibowo, A. Suhandi, & B. Harjoto. 2013. Penerapan Model Project Creative Learning (Pcl) Untuk Mengembangkan Keterampilan Berpikir Kreatif Konsep Listrik Magnet. *JPMI (Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia)*, 9 (2013), 144-150. Tersedia di journal.unnes.ac.id [Diakses 13-10-2016].
- Hamid, AA. 2007. *Kalor dan Termodinamika*. Yogyakarta: UNY.
- Kanginan, M. 2007. *Fisika Untuk SMA Kelas XI Semester 2*. Jakarta: Erlangga.
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. 2014. *Modul Implementasi Kurikulum 2013*. Jakarta: Kemendikbud.
- Kementerian Pendidikan Nasional. 2006. *Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2006*. Jakarta: Kemendiknas.
- . 2010. *Pengembangan Pendidikan Budaya dan Karakter Bangsa*. Jakarta: Kemendiknas.
- Kesuma,D., C. Triatna, & J. Permana. 2011. *Pendidikan Karakter: Kajian Teori dan Praktik di Sekolah*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.

- Lindawati, SD. Fatmariyanti, & A. Maftukhin. 2013. Penerapan Model Pembelajaran Project Based Learning Kreativitas Siswa Man I Kebumen . *Jurnal Radiasi*, 3 (01), 42-45.
- Majid, A & R. Chaerul. 2014. *Pendekatan Ilmiah Dalam Implementasi Kurikulum 2013*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Munandar, U. 1992. *Mengembangkan Bakat dan Kreativitas Anak Sekolah*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- , 1999. *Pengembangan Kreativitas Anak Berbakat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Isti, Dwi. 2013. Peningkatan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa Melalui Model Pembelajaran Inkuiri Pada Mata Pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam. *JPGSD (Jurnal PGSD)*, 1 (02): 1-14. Tersedia di ejournal.unesa.ac.id [Diakses 05-02-2016].
- Sani, RA. 2014. *Pembelajaran Saintifik: Untuk Implementasi Kurikulum 2013*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Sari, IM., E. Sumiati, & P. Siahaan. 2013. Analisis Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa SMP dalam Pembelajaran Teknologi Dasar (PTD). *Jurnal Pengajaran MIPA*, 18 (01): 60-68.
- Satiadarma, MP. & FE. Waruwu. 2003. *Mendidik Kecerdasan*. Jakarta: Pustaka Populer Obor.
- Skamp, K & C. Preston. 2005. *Teaching Primary Science Constructively 5th Edition*. Australia: Cengage Learning
- Sudarma, M. 2013. *Mengembangkan Keterampilan Berpikir Kreatif*. Jakarta: PT RajaGrafindo Persada.
- Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Suharnan. 2005. *Psikologi Kognitif*. Surabaya: Srikandi.
- Sulistiyanto & A. Rusilowati. 2009. Pengembangan Kreativitas Siswa Dalam Membuat Karya IPA Melalui Model Pembelajaran Problem Based-Instruction. *JPMI (Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia)*, 5 (02): 144-153.

- Sund, R.B & Leslie. 1973. *Teaching Science by Inquiry in the Secondary School*. Columbus: Charles E. Merrill Publishing Company.
- Wena, M. 2008. *Strategi Pembelajaran Inovatif Kontemporer: Suatu Tinjauan Konseptual Operasional*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Widodo, T. 2009. *Fisika SMA dan MA Kelas XI*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- Zemansky, MW. & RH. Dittman. 1986. *Kalor dan Termodinamika*. Bandung: Penerbit ITB.

