



**PENGEMBANGAN LKS BERBASIS INKUIRI TERBIMBING
UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR
KRITIS PADA MATERI TERMODINAMIKA
DI MAN 3 JEMBER**

SKRIPSI

Oleh:

**Awalia Firda Utami
NIM 140210102011**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**PENGEMBANGAN LKS BERBASIS INKUIRI TERBIMBING
UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR
KRITIS PADA MATERI TERMODINAMIKA
DI MAN 3 JEMBER**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Pendidikan Fisika (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Pendidikan

Oleh:

**Awalia Firda Utami
NIM 140210102011**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Siti Aminah dan ayahanda Mulyono tercinta serta seluruh keluarga atas do'a dan motivasi yang diberikan selama ini;
2. Guru-guruku sejak Taman Kanak-kanak sampai dengan Perguruan Tinggi. Terimakasih atas do'a, ilmu dan bimbingan yang telah diberikan;
3. Almamater Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember yang kubanggakan.

MOTO

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain), dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap”

(Terjemahan surat Al-Insyirah ayat 6-8)¹⁾

¹⁾Departemen Agama Republik Indonesia. 2010. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Bandung: Hilal.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Awalia Firda Utami

NM : 140210102011

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pengembangan LKS Berbasis Inkuiri Terbimbing untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis pada Materi Termodinamika di MAN 3 Jember” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun dan bukan karya jipaklan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 1 Nopember 2018

Yang menyatakan,

Awalia Firda Utami

NIM 140210102011

SKRIPSI

PENGEMBANGAN LKS BERBASIS INKUIRI TERBIMBING UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS PADA MATERI TERMODINAMIKA DI MAN 3 JEMBER

Oleh

Awalia Firda Utami
NIM 140210102011

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Sri Astutik, M.Si

Dosen Pembimbing Anggota : Drs. Maryani, M.Pd

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengembangan LKS Berbasis Inkuiri Terbimbing untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis pada Materi Termodinamika di MAN 3 Jember” karya Awalia Firda Utami telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : 1 Nopember 2018

tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Tim Penguji

Ketua,

Anggota I

Dr. Sri Astutik, M.Si
NIP 196706101992032002

Drs. Maryani, M.Pd
NIP 196407071989021002

Anggota II,

Anggota III,

Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si
NIP 196204011987021001

Dr. Yushardi, S.Si., M.Si
NIP 196504201995121001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Universitas Jember

Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D.
NIP 196808021993031004

RINGKASAN

Pengembangan LKS Berbasis Inkuiri Terbimbing untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis pada Materi Termodinamika di MAN 3 Jember; Awalia Firda Utami, 140210102011; 2018: 82 halaman; Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Salah satu tujuan pembelajaran fisika disekolah adalah mengembangkan kemampuan berpikir. Kemampuan berpikir kritis merupakan bagian dari kemampuan berpikir tingkat tinggi. Hasil survei internasional yang dilakukan oleh PISA pada tahun 2015, menunjukkan bahwa Indonesia menempati peringkat 64 dari 72 negara peserta PISA. Literasi sains di Indonesia masih jauh dibawah rata-rata internasional. Hal ini menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis siswa di Indonesia masih rendah dan perlu ditingkatkan. Menurut NEA (*National Education Association*) dalam Wahyuni (2015) kemampuan berpikir kritis penting dilatih untuk membantu siswa dalam mengembangkan bakatnya, melatih konsentrasi, dan memfokuskan permasalahan serta berpikir analitik. Salah satu penyebab kurang maksimalnya kemampuan berpikir kritis siswa adalah penggunaan bahan ajar yang belum mengoptimalkan keikutsertaan siswa (Astuti, 2015). Oleh karena itu, diperlukan suatu inovasi baru berupa pengembangan bahan ajar berupa LKS berbasis inkuiri terbimbing untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. LKS ini merupakan LKS yang disajikan dengan pengintegrasian model inkuiri terbimbing dan dalam setiap langkah model inkuiri terbimbing tersebut akan dimunculkan indikator kemampuan berpikir kritis.

Tujuan yang dicapai dalam penelitian ini yaitu mengkaji validitas LKS, efektivitas hasil belajar dan peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa setelah menggunakan LKS berbasis inkuiri terbimbing pada materi termodinamika. Penelitian pengembangan ini menggunakan model pengembangan tahapan model pengembangan *Four-D* (4-D) yang disarankan oleh Thiagarajan (1974) meliputi empat tahap yaitu *define* (pendefinisian), *design* (perancangan), *develop* (pengembangan), dan *disseminate* (penyebaran).

Tahap *define* (pendefinisian) adalah tahap untuk menetapkan dan menentukan persyaratan pembelajaran. Tahap *design* (perancangan) bertujuan untuk merancang perangkat pembelajaran. Tahap *develop* (pengembangan) bertujuan untuk menghasilkan suatu produk yang telah direvisi berdasarkan masukan para ahli dan data yang diperoleh dari uji pengembangan. Tahap *disseminate* (penyebaran) dilakukan untuk mempromosikan produk agar dapat diterima oleh pengguna.

Hasil dari penelitian ini termasuk dalam tahap *develop* (pengembangan). Ada dua langkah pada tahap ini yaitu *expert appraisal* (penilaian para ahli) dan *developmental testing* (uji pengembangan). *Expert appraisal* (penilaian para ahli) didapatkan perhitungan rata-rata kedua validator menunjukkan skor 4,02 dan termasuk dalam kategori valid. *Developmental testing* (uji pengembangan) dilakukan di kelas XI IPA 2 MAN 3 Jember selama 5 kali pertemuan dengan jumlah siswa sebanyak 37 orang. Data yang diperoleh pada tahap ini adalah efektivitas dan hasil tes kemampuan berpikir kritis. Besar peningkatan efektivitas hasil belajar siswa yaitu sebesar 0,48. Besarnya nilai tersebut menunjukkan bahwa terjadi peningkatan efektivitas hasil belajar siswa setelah menggunakan LKS berbasis inkuiri terbimbing dan termasuk dalam kategori sedang. Artinya, peningkatan efektivitas hasil belajar siswa sudah cukup baik dan mencapai kriteria yang diharapkan peneliti. Berdasarkan hasil tersebut diperoleh bahwa LKS berbasis inkuiri terbimbing efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa. Peningkatan tes kemampuan berpikir kritis siswa setelah menggunakan LKS berbasis inkuiri terbimbing sebesar 0,37 dan termasuk dalam kategori sedang. Artinya, peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa sudah cukup baik dan mencapai kriteria yang diharapkan peneliti. Hal ini menunjukkan bahwa LKS berbasis inkuiri terbimbing dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

Kesimpulan pada penelitian ini adalah menghasilkan produk yang valid berdasarkan penilaian para ahli, efektif dalam meningkatkan hasil belajar dan dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa setelah menggunakan LKS berbasis inkuiri terbimbing.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengembangan LKS Berbasis Inkuiri Terbimbing untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis pada Materi Termodinamika di MAN 3 Jember”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Pendidikan Fisika, Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember yang telah memberikan fasilitas dan kemudahan dalam penyusunan skripsi ini;
2. Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember yang telah meluangkan waktu demi kelancaran penyusunan skripsi ini;
3. Drs. Bambang Supriadi, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
4. Dr. Sri Astutik, M.Si., selaku pembimbing utama dan Drs. Maryani, M.Pd selaku dosen pembimbing anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
5. Semua dosen Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Program Studi Pendidikan Fisika, atas semua ilmu yang telah diberikan selama menjadi mahasiswa Pendidikan Fisika;
6. Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si. dan Dr. Yushardi, S.Si., M.Si. selaku validator dan penguji yang telah meluangkan waktu dan pikirannya dalam penyelesaian tugas skripsi ini;
7. Yassalam, S.Pd yang telah bersedia meluangkan waktu untuk membantu dalam kegiatan penelitian di MAN 3 Jember;

8. Siswa kelas XI IPA 2 MAN 3 Jember terimakasih atas segala bantuan dan dukungan selama penelitian;
9. Dwi Martiana Utari dan keluarga besarku yang selalu memberikan do'a, semangat, motivasi dan dukungan yang besar dalam penulisan skripsi ini;
10. Barorotud, Iinamy, Ayu Dini, Ilmi, Ratih, Lutfiatun, Siti Ina, Mega, Keluarga Rumah Keong, Tomoers dan Iwak Cithol yang berkenan meluangkan waktunya untuk membantu penelitian serta memberi semangat untuk mengerjakan skripsi;
11. Keluarga besar Program Studi Pendidikan Fisika 2014 Universitas Jember yang telah memberikan do'a, semangat, motivasi dan kenangan terindah;
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Nopember 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Pembelajaran Fisika.....	7
2.2 Lembar Kerja Siswa (LKS)	8
2.3 Model Inkuiri Terbimbing	10
2.3.1 Model Inkuiri	10
2.3.2 Model Inkuiri Terbimbing	12
2.3.3 Langkah-langkah Model Inkuiri Terbimbing	12
2.3.4 Kelebihan dan Kekurangan Pembelajaran Model Inkuiri Terbimbing.....	14
2.4 Berpikir Kritis	16
2.5 Validitas	20

2.6 Efektivitas	21
2.7 Termodinamika	22
2.7.1 Hukum ke-0 Termodinamika	23
2.7.2 Hukum ke-1 Termodinamika	24
2.7.3 Hukum ke-2 Termodinamika	28
2.7.4 Mesin Kalor.....	29
2.7.5 Mesin Carnot.....	30
2.7.6 Mesin Pendingin	32
2.8 Model Pengembangan <i>Four-D</i>	34
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....	36
3.1 Jenis dan Desain Penelitian.....	36
3.1.1 Jenis Penelitian.....	36
3.1.2 Jenis Penelitian.....	36
3.2 Tempat dan Waktu Uji Pengembangan	36
3.3 Definisi Operasional Variabel	37
3.4 Prosedur Pengembangan.....	38
3.4.1 <i>Define</i> (Tahap Pendefinisian).....	40
3.4.2 <i>Design</i> (Tahap Perancangan)	45
3.4.3 <i>Develop</i> (Tahap Pengembangan)	46
3.4.4 <i>Disseminate</i> (Tahap Penyebaran).....	50
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	51
4.1 Hasil Penelitian	51
4.1.1 <i>Define</i> (Tahap Pendefinisian).....	51
4.1.2 <i>Design</i> (Tahap Perancangan)	52
4.1.3 <i>Develop</i> (Tahap Pengembangan)	56
4.1.4 <i>Disseminate</i> (Tahap Penyebaran).....	69
4.2 Pembahasan	69
4.2.1 Validitas LKS Berbasis Inkuiri Terbimbing.....	69
4.2.2 Efektivitas Hasil Belajar Siswa Setelah Menggunakan LKS Berbasis Inkuiri Terbimbing.....	71
4.2.3 Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Setelah	

Menggunakan LKS Berbasis Inkuiri Terbimbing.....	72
BAB 5. PENUTUP.....	76
5.1 Kesimpulan	76
5.2 Saran	77
DAFTAR PUSTAKA	78
LAMPIRAN.....	83

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Indikator, sub indikator dan penjelasan berpikir kritis.....	19
2.2 Langkah Inkuiri Terbimbing, indikator, dan sub indikator berpikir kritis	20
3.1 Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar	41
3.2 Spesifikasi tujuan pembelajaran.....	43
3.3 Kevalidan LKS.....	48
3.4 Kriteria <i>N-gain score</i>	49
3.5 Kriteria berpikir kritis	50
4.1 Data hasil validasi LKS.....	57
4.2 Rincian efektivitas hasil belajar	63
4.3 Hasil perhitungan <i>N-gain <g></i>	65
4.4 Ketercapaian tiap indikator kemampuan berpikir kritis.....	66

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Hukum ke-0 Termodinamika	24
2.2 Grafik (P-V) proses isothermal	26
2.3 Grafik (P-V) proses adiabatik	27
2.4 Grafik (P-V) proses isobarik	27
2.5 Grafik (P-V) proses isokhorik.....	28
2.6 Diagram mesin kalor	29
2.7 Siklus Carnot.....	32
2.8 Diagram skematik lemari es.....	33
3.1 Desain pengembangan model <i>Four-D</i>	39
3.2 Analisis konsep materi termodinamika.....	42
4.1 Halaman judul (cover).....	54
4.2 LKS berbasis inkuiri terbimbing.....	55
4.3 LKS berbasis inkuiri terbimbing.....	58
4.4 Rata-rata nilai hasil belajar siswa.....	62
4.5 Komposisi jumlah siswa dalam perolehan <i>N-gain</i> efektivitas hasil belajar.....	64
4.6 Rata-rata nilai tes kemampuan berpikir kritis	65
4.7 Komposisi jumlah siswa dalam perolehan <i>N-gain</i> tes berpikir kritis	66

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A. Matrik Penelitian	83
Lampiran B. Data Hasil Validasi	85
Lampiran C. Data Efektivitas Hasil Belajar.....	90
Lampiran D. Data Hasil Tes Berpikir Kritis	94
Lampiran E. Data Angket Respon Guru	100
Lampiran F. Silabus Pembelajaran	107
Lampiran G. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran	111
Lampiran H. Kisi-kisi Soal <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i>	128
Lampiran I. Contoh LKS Berbasis Inkuiri Terbimbing yang Dikerjakan Siswa	161
Lampiran J. Surat Penelitian	165
Lampiran K. Dokumentasi Penelitian	167

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Fisika merupakan cabang IPA yang berkaitan dengan peristiwa alam sekitar dan dapat mengembangkan kemampuan berpikir analisis dalam menyelesaikan suatu permasalahan. Pada dasarnya pembelajaran fisika adalah suatu proses mewujudkan produk ilmiah yang terdiri atas tiga komponen penting berupa konsep, prinsip, dan teori yang diperoleh melalui serangkaian proses ilmiah (Trianto, 2010:137-138). Salah satu tujuan pembelajaran fisika disekolah adalah mengembangkan kemampuan berpikir.

Kemampuan berpikir merupakan dasar dalam suatu proses pembelajaran (Heong, *et al.*, 2011). Kemampuan berpikir yang memadai, siswa tidak hanya dapat menguasai isi dari setiap mata pelajaran yang dipelajarinya, tetapi juga dapat mengaplikasikannya dalam kehidupan sehari-hari. Berpikir kritis memungkinkan siswa untuk menganalisis pikirannya dalam menentukan pilihan dan menarik kesimpulan dengan cerdas. Kemampuan berpikir kritis merupakan bagian dari kemampuan berpikir tingkat tinggi (Krulik dan Rudnik, 1996). Kemampuan berpikir kritis merupakan cara berpikir reflektif dan beralasan yang difokuskan pada pengambilan keputusan untuk memecahkan masalah (Ennis, 1996). Hal ini berpikir kritis mempunyai peranan penting dan salah satu tujuan utama dalam pembelajaran.

PISA (*Programme for International Student Assessment*) merupakan program survei komprehensif diajang Internasional yang menilai tentang kemampuan bernalar siswa termasuk kemampuan berpikir kritis (Rahayu dalam Rahmawati, 2016). Hasil survei internasional yang dilakukan oleh PISA pada tahun 2015, menunjukkan bahwa Indonesia menempati peringkat 64 dari 72 negara peserta PISA. Literasi sains di Indonesia masih jauh dibawah rata-rata internasional. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis siswa di Indonesia masih rendah dan perlu ditingkatkan.

Proses pembelajaran di sekolah, kemampuan berpikir kritis siswa penting untuk dilatih dan dikembangkan. Menurut NEA (*National Education Association*) dalam Wahyuni (2015) kemampuan berpikir kritis penting dilatih untuk membantu siswa dalam mengembangkan bakatnya, melatih konsentrasi, dan memfokuskan permasalahan serta berpikir analitik. Berpikir kritis juga dapat membantu siswa meningkatkan kemampuannya dalam memahami materi yang dipelajari, memilih dan memilah informasi dengan baik, mengemukakan pendapat atau alasan, serta dapat memecahkan masalah. Selain itu, berpikir kritis juga dapat melatih siswa untuk berpikir logis dan tidak menerima sesuatu dengan mudah.

Salah satu penyebab kurang maksimalnya kemampuan berpikir kritis siswa adalah penggunaan bahan ajar yang belum mengoptimalkan keikutsertaan siswa (Astuti, 2015). Hal ini akan berdampak pada proses pembelajaran yang kurang efektif dan efisien akibat siswa merasa bosan dalam proses pembelajaran (Prastowo, 2014:14). Bahan ajar yang dapat digunakan dalam proses pembelajaran salah satunya adalah Lembar Kerja Siswa (LKS). LKS merupakan bahan ajar cetak berupa lembar-lembar kertas yang harus dikerjakan siswa. LKS merupakan bahan ajar yang dapat mempermudah siswa untuk memahami materi yang disampaikan dan memudahkan pelaksanaan pengajaran kepada siswa.

Beberapa LKS yang sering digunakan di sekolah saat ini adalah LKS yang biasa dijual bebas oleh penerbit-penerbit perusahaan cetak. Pada umumnya, LKS berisi materi, ringkasan, dan petunjuk pelaksanaan tugas pembelajaran, baik bersifat teoritis dan praktis (Prastowo, 2016:439). Pada bagian petunjuk pelaksanaan tugas pembelajaran yang bersifat praktis, dalam hal ini berupa percobaan atau praktikum berisi sekilas petunjuk yang masih belum dijelaskan sedetail mungkin langkah-langkah kerja yang harus dilakukan. Hal ini dapat mengakibatkan siswa kesulitan dalam melaksanakan kegiatan percobaan. Selain itu, latihan soal yang terdapat dalam LKS belum memuat permasalahan yang dapat menumbuhkan kemampuan berpikir siswa terutama kemampuan berpikir kritis. Oleh karena itu, diperlukan suatu inovasi baru berupa pengembangan LKS yang dapat mengaktifkan siswa dalam proses pembelajaran, dapat membantu siswa dalam

menemukan suatu konsep, dapat mengarahkan siswa dalam kegiatan percobaan, dan dapat menumbuhkan kemampuan berpikir kritis siswa.

Salah satu alternatif solusi yang dapat digunakan adalah mengembangkan LKS. LKS yang dikembangkan yaitu LKS berbasis inkuiri terbimbing untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa pada materi termodinamika. LKS ini merupakan LKS yang disajikan dengan pengintegrasian model inkuiri terbimbing dan berisikan permasalahan-permasalahan yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari. Dalam pemecahan permasalahan tersebut akan memunculkan indikator kemampuan berpikir kritis. Model inkuiri terbimbing yaitu model inkuiri dimana guru membimbing siswa melakukan kegiatan dengan memberi pertanyaan awal dan mengarahkan pada suatu diskusi (Jauhar, 2011:69). Langkah-langkah model inkuiri terbimbing yaitu merumuskan masalah, merumuskan hipotesis, mengumpulkan data, menguji hipotesis, dan merumuskan kesimpulan. Selanjutnya indikator berpikir kritis yang digunakan adalah indikator yang dikemukakan oleh Ennis (1996) meliputi *elementary clarification* (memberikan penjelasan sederhana), *basic support* (membangun keterampilan dasar), *inference* (inferensi), *advance clarification* (membuat penjelasan lebih lanjut), dan *strategy and tactics* (strategi dan taktik). Dalam penyusunan LKS digunakan langkah-langkah model inkuiri terbimbing dan pada setiap langkah tersebut juga akan dimunculkan indikator kemampuan berpikir kritis.

Termodinamika merupakan materi yang dianggap abstrak bagi siswa dan cenderung dibelajarkan menggunakan metode ceramah (Winarto, 2016). Metode tersebut dilakukan karena bahan ajar yang sering digunakan masih sedikit mengaitkan dengan contoh kehidupan nyata. Keadaan ini dapat membuat pelajaran kurang efektif bagi siswa dan kemampuan berpikir kritis siswa kurang berkembang. Pembelajaran fisika seharusnya menjadi wahana bagi siswa untuk belajar dan menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari serta melatih kemampuan berpikir. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian dan pengembangan bahan ajar untuk mendukung proses pembelajaran dan mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa. LKS yang diintegrasikan

dengan model inkuiri terbimbing ini diharapkan dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

Beberapa penelitian yang relevan menjadi faktor pendukung dikembangkannya LKS berbasis inkuiri terbimbing untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Falahudin, *et al.*, (2016) menyatakan bahwa model pembelajaran inkuiri terbimbing berpengaruh signifikan terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. Selain itu, berdasarkan penelitian lain yang dilakukan oleh Priono, *et al.*, (2015) menyatakan bahwa terjadi peningkatan yang signifikan kemampuan berpikir kritis siswa dengan penerapan model pembelajaran inkuiri terbimbing. Selanjutnya, berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Damayanti, *et al.*, (2013) menyatakan bahwa LKS dengan model inkuiri terbimbing mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa dengan kategori baik pada materi listrik dinamis. Namun, berdasarkan beberapa penelitian yang relevan dalam mengembangkan LKS berbasis inkuiri terbimbing belum ada yang menggunakan materi termodinamika. Selain itu, model pembelajaran yang diintegrasikan dalam LKS berbeda-beda, hal ini sesuai dengan tujuan penelitian. Pada penelitian ini, LKS yang dikembangkan akan diintegrasikan dengan model inkuiri terbimbing. Selanjutnya, indikator berpikir kritis yang digunakan dalam penelitian juga berbeda. Pada penelitian ini, indikator berpikir kritis yang digunakan adalah indikator berpikir kritis yang dikemukakan oleh Ennis (1996) meliputi *elementary clarification* (memberikan penjelasan sederhana), *basic support* (membangun keterampilan dasar), *inference* (inferensi), *advance clarification* (membuat penjelasan lebih lanjut), dan *strategy and tactics* (strategi dan taktik). Dalam penyusunan LKS digunakan langkah-langkah model inkuiri terbimbing dan pada setiap langkah tersebut juga akan dimunculkan indikator kemampuan berpikir kritis. Variabel-variabel yang akan diukur juga berbeda, salah satunya adalah mengukur efektivitas LKS yang dikembangkan dalam penelitian ini.

Berdasarkan uraian di atas, dengan mempertimbangkan alternatif solusi peneliti tertarik untuk melakukan penelitian pengembangan dengan judul **“Pengembangan LKS Berbasis Inkuiri Terbimbing untuk Meningkatkan**

Kemampuan Berpikir Kritis pada Materi Termodinamika di MAN 3 Jember”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang penelitian yang disebutkan sebelumnya, maka rumusan masalah yang diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana validitas LKS berbasis inkuiri terbimbing untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada materi termodinamika di MAN 3 Jember?
- b. Bagaimana besar peningkatan efektivitas hasil belajar siswa setelah menggunakan LKS berbasis inkuiri terbimbing untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada materi termodinamika di MAN 3 Jember?
- c. Bagaimana besar peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa setelah menggunakan LKS berbasis inkuiri terbimbing pada materi termodinamika di MAN 3 Jember?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian latar belakang dan rumusan masalah tersebut, adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengkaji validitas LKS berbasis inkuiri terbimbing untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada materi termodinamika di MAN 3 Jember.
- b. Mengkaji besar peningkatan efektivitas hasil belajar siswa setelah menggunakan LKS berbasis inkuiri terbimbing untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada materi termodinamika di MAN 3 Jember.
- c. Mengkaji besar peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa setelah menggunakan LKS berbasis inkuiri terbimbing pada materi termodinamika di MAN 3 Jember.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagi siswa, dapat digunakan sebagai sumber belajar untuk mempermudah dalam mempelajari materi Termodinamika dan mengaplikasikannya dalam kehidupan sehari-hari.
- b. Bagi guru, dapat digunakan sebagai masukan dan alternatif dalam memilih bahan ajar baru dalam proses pembelajaran.
- c. Bagi sekolah, dapat digunakan sebagai bahan informasi dan kajian untuk meningkatkan kualitas proses belajar mengajar disekolah.
- d. Bagi peneliti lain, dapat digunakan sebagai kajian dan bahan referensi untuk penelitian lebih lanjut.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembelajaran Fisika

Pembelajaran merupakan proses interaksi antara siswa dan guru untuk mencapai tujuan belajar mengajar (Sudjana, 2010). Pembelajaran sering juga diartikan sebagai interaksi tatap muka aktual antara guru dan siswa (Arends dalam Astutik, *et al.*, 2015). Tujuan belajar mengajar tersebut dapat berupa pengetahuan, keterampilan dan perubahan sikap menuju target yang telah ditetapkan. Pada hakikatnya suatu pembelajaran bertujuan untuk meningkatkan kemampuan kognitif, afektif, psikomotorik yang dikembangkan melalui pengalaman belajar (Dimiyati dan Mudjiono, 2002:159). Selain itu, pembelajaran yang mendidik dalam konteks standar proses pendidikan di Indonesia ditunjukkan oleh beberapa prinsip yaitu: (1) pembelajaran sebagai pengembangan kemampuan berpikir, (2) pembelajaran untuk pengembangan fungsi otak, dan (3) proses belajar berlangsung sepanjang hayat (Jufri, 2013:44).

Fisika merupakan cabang IPA (sains) yang mendasari perkembangan teknologi maju dan konsep hidup harmonis dengan alam. Pembelajaran fisika adalah suatu proses mewujudkan produk ilmiah yang terdiri atas tiga komponen penting berupa konsep, prinsip, dan teori yang diperoleh melalui serangkaian proses ilmiah (Trianto, 2010:136-138). Proses untuk memperoleh pengetahuan fisika diperoleh melalui kegiatan pembelajaran disekolah. Tujuan utama pembelajaran sains adalah membantu siswa dalam memahami sifat pengetahuan ilmiah tentang alam (Astutik, *et ai.*, 2017). Lebih lanjut, tujuan pembelajaran fisika disekolah menengah secara umum adalah memberikan bekal pengetahuan tentang fisika, kemampuan dalam keterampilan proses, serta meningkatkan kreativitas dan sikap ilmiah (Bektiarso dalam Himah, 2016:7). Selain itu, tujuan pembelajaran fisika juga mengembangkan kemampuan berpikir.

Berdasarkan uraian diatas, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran fisika merupakan suatu proses pembelajaran yang melibatkan siswa untuk mempelajari tentang hukum, teori dan prinsip fisika melalui bimbingan guru agar dapat

mengembangkan kemampuan berpikir dan meningkatkan kemampuan kognitif, afektif dan psikomotor siswa melalui pengalaman belajar.

2.2 Lembar Kerja Siswa (LKS)

Lembar Kerja Siswa (LKS) merupakan salah satu sumber belajar yang dapat dikembangkan oleh guru sebagai fasilitator dalam kegiatan pembelajaran. LKS yang dikembangkan dapat dirancang sesuai dengan kondisi dan situasi kegiatan pembelajaran yang akan dihadapi. LKS juga dapat digunakan secara bersamaan dengan sumber belajar atau media pembelajaran yang lain. LKS dapat dikatakan sebagai media pembelajaran. LKS menjadi sumber belajar dan media pembelajaran tergantung pada kegiatan pembelajaran yang dirancang (Widjajanti, 2008).

LKS merupakan bahan ajar cetak berupa lembar-lembar kertas yang harus dikerjakan siswa. LKS berisi materi, ringkasan, dan petunjuk pelaksanaan tugas pembelajaran, baik bersifat teoritis dan praktis. Selain itu, LKS juga mengacu pada kompetensi dasar yang harus dicapai siswa, dan penggunaannya tergantung dengan bahan ajar lain. LKS mempunyai empat fungsi yaitu: LKS sebagai bahan ajar yang dapat mengaktifkan siswa dan meminimalkan peran pendidik, LKS sebagai bahan ajar yang mempermudah siswa untuk memahami materi disampaikan, LKS sebagai bahan ajar yang ringkas dan banyak tugas untuk berlatih dan LKS sebagai bahan ajar yang memudahkan pelaksanaan pengajaran kepada siswa. Selain itu, LKS juga memiliki banyak manfaat dalam pembelajaran, diantaranya melalui LKS siswa dapat lebih aktif terlibat dengan materi yang dibahas (Prastowo, 2016:439-440).

Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi dalam penyusunan LKS yaitu sebagai berikut:

a. Syarat-syarat didaktik

Syarat-syarat didaktik menjelaskan tentang penggunaan LKS yang bersifat universal agar dapat digunakan dengan baik oleh siswa yang memiliki tingkat kecerdasan berbeda-beda. LKS disusun dengan variasi stimulus melalui berbagai media dan kegiatan siswa. LKS juga menekankan pada proses untuk menemukan

konsep. Selain itu, dalam penyusunan LKS diharapkan mengutamakan pengembangan kemampuan komunikasi sosial, emosional, moral, dan estetika.

b. Syarat konstruksi

Syarat konstruksi berhubungan dengan penggunaan bahasa, susunan kalimat, kosa kata, tingkat kesukaran, dan kejelasan dalam LKS.

c. Syarat teknis

Syarat teknis menekankan penyajian LKS, yaitu berupa tulisan, gambar dan penampilannya dalam LKS (Darmodjo dan Kaligis dalam Widjajanti, 2008).

Dilihat dari strukturnya, LKS memiliki susunan yang lebih kompleks dibandingkan buku. LKS terdiri dari enam unsur utama yang meliputi: judul, petunjuk belajar, kompetensi dasar atau materi pokok, informasi pendukung, tugas atau langkah kerja, dan penilaian (Prastowo, 2016:444). Ada empat langkah yang perlu ditempuh untuk mengembangkan LKS yang baik, yaitu: penentuan tujuan pembelajaran, pengumpulan materi, penyusunan elemen atau unsur-unsur serta pemeriksaan dan penyempurnaan (Belawati, 2003).

Prastowo (2016:446-447) menyatakan bahwa langkah-langkah yang perlu dilaksanakan untuk menulis LKS sebagai berikut: (1) merumuskan indikator, (2) menentukan alat penilaian, (3) menyusun materi, dan (4) memperhatikan struktur LKS. Dalam penyusunan materi LKS, ada beberapa poin yang harus diperhatikan, yaitu:

- 1) Materi LKS tergantung pada kompetensi dasar yang akan dicapai.
- 2) Materi dapat diambil dari berbagai sumber, seperti: buku, majalah, internet, dan jurnal hasil penelitian.
- 3) LKS disertai dengan referensi yang digunakan agar siswa dapat membacanya lebih jauh tentang materi tersebut.
- 4) Tugas-tugas harus ditulis secara jelas untuk menghindari pertanyaan-pertanyaan dari siswa.

Berdasarkan uraian diatas, dapat disimpulkan bahwa LKS merupakan bahan ajar cetak yang berisi materi dan petunjuk pelaksanaan tugas pembelajaran, baik bersifat teoritis maupun praktis dan dapat dikembangkan oleh guru. Pada penelitian ini, LKS yang dikembangkan adalah LKS berbasis inkuiri untuk

meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. LKS ini disajikan dengan pengintegrasian model inkuiri dan dalam setiap langkah model inkuiri tersebut akan dimunculkan indikator kemampuan berpikir kritis.

2.3 Model Inkuiri Terbimbing

2.3.1 Model Inkuiri

Inkuiri berasal dari kata *to inquire* yang berarti ikut serta atau terlibat dalam mengajukan pertanyaan-pertanyaan, mencari informasi, dan melakukan penyelidikan. Inkuiri juga dapat diartikan sebagai proses bertanya dan mencari jawaban terhadap pertanyaan yang diajukan (Jauhar, 2011:65). Pertanyaan-pertanyaan ini diharapkan dapat mengarahkan siswa pada kegiatan penyelidikan terhadap obyek pertanyaan dengan menggunakan berbagai informasi dan ide-ide untuk meningkatkan pemahaman mereka tentang masalah, topik, atau isu tertentu. Dengan kata lain, inkuiri merupakan suatu proses untuk mencari jawaban terhadap pertanyaan melalui kegiatan penyelidikan atau eksperimen dengan menggunakan kemampuan berpikir yang kritis dan logis.

Model pembelajaran inkuiri merupakan salah satu model yang dapat mendorong siswa untuk aktif dalam proses pembelajaran (Shoimin, 2014:85). Pada pembelajaran inkuiri guru bertugas sebagai fasilitator. Selain itu, pada pembelajaran inkuiri guru juga bertugas mendorong siswa untuk memperoleh pengalaman dan melakukan percobaan yang memungkinkan siswa menemukan pengetahuan maupun prinsip-prinsip. Lebih lanjut, Sanjaya (2006:196) mengatakan bahwa pembelajaran inkuiri adalah rangkaian kegiatan pembelajaran yang menekankan pada proses berpikir secara kritis dan analitis untuk mencari dan menemukan sendiri jawaban dari suatu masalah yang dipertanyakan.

Pembelajaran inkuiri memiliki beberapa ciri utama. Pertama, inkuiri menekankan pada aktivitas siswa secara maksimal untuk mencari dan menemukan, artinya inkuiri menempatkan siswa sebagai subjek belajar. Siswa berperan untuk menemukan sendiri inti dari materi pelajaran itu sendiri. Kedua, seluruh aktivitas yang dilakukan siswa diarahkan untuk mencari dan menemukan sendiri dari sesuatu yang dipertanyakan, sehingga diharapkan dapat

menumbuhkan sikap percaya diri (*self-belief*). Artinya, dalam hal ini penempatan guru bukan sebagai sumber belajar, akan tetapi sebagai fasilitator dan motivator belajar siswa. Ketiga, tujuan dari penggunaan pembelajaran inkuiri adalah mengembangkan kemampuan intelektual sebagai bagian dari proses mental, akibatnya dalam pembelajaran inkuiri siswa tidak hanya dituntut agar menguasai pelajaran, akan tetapi bagaimana mereka dapat menggunakan potensi yang dimilikinya (Jauhar, 2011:66).

Sasaran pembelajaran yang dapat dicapai dengan penerapan model inkuiri adalah: (1) memahami bidang khusus dari materi pelajaran, (2) mengembangkan kemampuan bertanya, memecakan masalah dan melakukan percobaan, (3) menerapkan pengetahuan dalam situasi baru yang berbeda, (4) memperkua ketmampuan berpikir kritis (Jauhar, 2011:80). Model inkuiri dibagi menjadi tiga jenis berdasarkan intervensi guru terhadap siswa atau besarnya bimbingan yang diberikan oleh guru kepada siswa. Ketiga jenis tersebut adalah sebagai berikut:

a. Inkuiri terbimbing (*guided inquiry*)

Model inkuiri terbimbing yaitu model inkuiri dimana guru membimbing siswa melakukan kegiatan dengan memberi pertanyaan awal dan mengarahkan pada suatu diskusi. Guru mempunyai peran aktif dalam menentukan permasalahan dan tahap-tahap pemecahannya. Pada model ini siswa akan dihadapkan pada tugas-tugas yang relevan untuk diselesaikan baik melalui diskusi kelompok maupun secara individual agar mampu menyelesaikan masalah dan menarik suatu kesimpulan secara mandiri.

b. Inkuiri bebas (*free inquiry*)

Model inkuiri ini, siswa diberi kebebasan menentukan permasalahan untuk diselidiki, menemukan dan menyelesaikan masalah secara mandiri, merancang prosedur atau langkah-langkah yang diperlukan. Selama proses ini, bimbingan dari guru sangat sedikit diberikan atau bahkan tidak diberikan sama sekali.

c. Inkuiri bebas yang dimodifikasi

Model inkuiri ini merupakan modifikasi dari dua inkuiri sebelumnya, yaitu: inkuiri terbimbing dan inkuiri bebas. Inkuiri jenis ini guru membatasi memberi bimbingan, agar siswa berupaya terlebih dahulu secara mandiri, dengan harapan

agar siswa dapat menemukan sendiri penyelesaian. Namun, apabila ada siswa yang tidak dapat menyelesaikan permasalahannya, maka bimbingan dapat diberikan secara tidak langsung dengan memberikan contoh-contoh yang relevan dengan permasalahan yang dihadapi (Jauhar, 2011:69-71).

2.3.2 Model Inkuiri Terbimbing

Pembelajaran inkuiri terbimbing, yaitu suatu model pembelajaran inkuiri yang dalam pelaksanaannya guru menyediakan bimbingan atau petunjuk kepada peserta didik. Dalam pembelajaran inkuiri terbimbing, guru tidak melepas begitu saja kegiatan-kegiatan yang dilakukan oleh peserta didik. Guru harus memberikan pengarahan dan bimbingan kepada peserta didik dalam melakukan kegiatan-kegiatan (Fathurrohman, 2015:106).

Ketika proses pembelajaran berlangsung siswa akan memperoleh bimbingan dan pedoman sesuai dengan yang diperlukan. Bimbingan yang diberikan dapat berupa pertanyaan-pertanyaan dan diskusi multi arah yang dapat mengiring siswa agar dapat memahami konsep-konsep pelajaran. Disamping itu bimbingan dapat pula diberikan melalui lembar kerja siswa yang terstruktur. Selama berlangsungnya proses pembelajaran guru harus memantau kelompok siswa, sehingga guru dapat mengetahui dan memberikan petunjuk-petunjuk yang diperlukan oleh siswa (Jauhar, 2011:69).

2.3.3 Langkah-langkah Model Inkuiri Terbimbing

Menurut Jauhar (2011:67-68) bahwa langkah-langkah yang perlu diikuti dalam pembelajaran inkuiri adalah sebagai berikut:

a. Orientasi

Pada tahap ini guru membina suasana atau iklim pembelajaran yang kondusif. Hal yang dilakukan dalam tahap orientasi ini adalah:

- 1) Menjelaskan topik, tujuan, dan hasil belajar yang diharapkan dapat dicapai oleh siswa.
- 2) Menjelaskan pokok-pokok kegiatan yang harus dilakukan oleh siswa untuk mencapai tujuan pembelajaran. Pada tahap ini dijelaskan langkah-langkah

inkuiri serta tujuan setiap langkah, mulai dari langkah merumuskan masalah sampai dengan merumuskan kesimpulan.

3) Menjelaskan pentingnya topik dan kegiatan belajar. Hal ini dilakukan dalam rangka memberikan motivasi belajar siswa.

b. Merumuskan masalah

Merumuskan masalah merupakan langkah membawa siswa pada suatu persoalan yang mengandung teka-teki. Persoalan yang disajikan adalah persoalan yang menantang siswa untuk memecahkan teka-teki itu. Teka-teki dalam rumusan masalah tentu ada jawabannya, dan siswa didorong untuk mencari jawaban yang tepat. Selama proses mencari jawaban siswa akan memperoleh pengalaman yang sangat berharga sesuai dengan upaya mengembangkan mental melalui proses berpikir.

c. Merumuskan hipotesis

Mengajukan berbagai pertanyaan yang dapat mendorong siswa untuk dapat merumuskan jawaban sementara atau dapat merumuskan berbagai perkiraan kemungkinan jawaban dari suatu permasalahan yang dikaji adalah salah satu cara yang dapat dilakukan guru untuk mengembangkan kemampuan menebak (berhipotesis) pada setiap anak.

d. Mengumpulkan data

Mengumpulkan data adalah aktivitas memperoleh informasi yang dibutuhkan untuk menguji hipotesis yang diajukan. Selama proses pengumpulan data tidak hanya membutuhkan motivasi yang kuat dalam belajar, melainkan memerlukan ketekunan dan kemampuan menggunakan potensi berpikirnya.

e. Menguji hipotesis

Menguji hipotesis adalah menentukan jawaban yang dianggap diterima sesuai dengan data atau informasi yang diperoleh berdasarkan pengumpulan data. Menguji hipotesis juga berarti mengembangkan kemampuan berpikir rasional. Artinya, kebenaran jawaban yang diberikan bukan hanya berdasarkan argumentasi, akan tetapi harus didukung oleh data yang ditemukan dan dapat dipertanggung jawabkan.

f. Merumuskan kesimpulan

Merumuskan kesimpulan adalah proses mendeskripsikan temuan yang diperoleh berdasarkan hasil pengujian hipotesis. Sebaiknya guru mampu menunjukkan pada siswa data mana yang sesuai dan relevan untuk mencapai kesimpulan yang akurat.

Wenning (2011) menyatakan bahwa ada beberapa prosedur umum yang dapat digunakan dalam pembelajaran inkuiri yaitu:

- 1) Guru mengidentifikasi fenomena yang akan diteliti, termasuk tujuan penyelidikan. Guru dengan jelas mengucapkan pertanyaan panduan investigasi untuk diikuti siswa.
- 2) Guru mendorong siswa untuk mengidentifikasi sistem yang dipelajari, termasuk semua variabel yang terkait. Siswa diminta untuk membedakan antara yang bersangkutan dan variabel asing.
- 3) Guru mendorong siswa untuk mengidentifikasi variabel independen yang mungkin berpengaruh pada variabel tidak bebas.
- 4) Guru meminta siswa untuk memikirkan dan menjelaskan sebuah percobaan terkontrol, untuk menentukan secara kualitatif apaun efek dari variabel independen pada variabel dependen.
- 5) Siswa dibawah pengawasan guru, melakukan serangkaian percobaan terkontrol untuk menentukan secara kualitatif jika ada variabel independen yang berpengaruh terhadap variabel dibawah kondisi terkedali.
- 6) Siswa dengan bantuan guru, menyatakan prinsip sederhana yang menggambarkan semua hubungan yang teramati antara variabel input dan output.

2.3.4 Kelebihan dan Kekurangan Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing

Suryosubroto (2009:185) menyatakan bahwa kelebihan model pembelajaran inkuiri terbimbing yaitu: (1) membantu siswa mengembangkan atau memperbanyak penguasaan proses kognitif dan ketrampilan siswa, (2) memberi kesempatan pada siswa untuk bergerak maju sesuai dengan kemampuannya, (3) membantu memperkuat pribadi siswa dengan bertambahnya kepercayaan pada

diri sendiri melalui proses-proses penemuan, (4) siswa terlibat langsung dalam pembelajaran sehingga termotivasi untuk belajar, dan (5) model pembelajaran ini berpusat pada siswa, sehingga memberi kesempatan pada siswa untuk lebih aktif dalam pembelajaran dan guru berpartisipasi sebagai sesama dalam mengecek ide. Guru menjadi teman belajar, terutama dalam situasi penemuan yang jawabannya belum diketahui.

Selain memiliki kelebihan, model ini juga memiliki beberapa kekurangan. Trianto (2007:24) menyatakan bahwa kekurangan model pembelajaran inkuiri terbimbing yaitu: (1) membutuhkan perubahan kebiasaan cara belajar siswa yang menerima informasi dari guru, menjadi belajar mandiri dan berkelompok dengan mencari dan mengolah informasi sendiri, (2) guru dituntut menjadi fasilitator dan motivator bukan penyaji informasi, (3) model ini tidak efisien, khususnya untuk mengajar siswa dalam jumlah besar, sedangkan jumlah guru terbatas.

Hal-hal yang dapat dilakukan untuk mengatasi kekurangan-kekurangan model pembelajaran inkuiri terbimbing antara lain sebagai berikut:

- a. Membiasakan siswa untuk membentuk cara belajar mandiri, dan memberikan pemahaman bahwa sumber belajar tidak hanya berasal dari guru saja, bisa dari buku maupun internet.
- b. Guru perlu berlatih untuk memposisikan diri menjadi fasilitator bagi siswa selama pembelajaran.
- c. Siswa dibagi dalam beberapa kelompok untuk mengatasi kelas yang besar.

Berdasarkan uraian diatas, dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran inkuiri terbimbing adalah model pembelajaran yang dapat mendorong siswa aktif dalam pembelajaran untuk mencari dan menemukan jawaban dari suatu masalah yang dipertanyakan dengan cara guru membimbing siswa melakukan kegiatan melalui pertanyaan awal dan mengarahkan pada suatu diskusi. Langkah-langkah pembelajarannya meliputi merumuskan masalah, merumuskan hipotesis, mengumpulkan data, menguji hipotesis, dan merumuskan kesimpulan.

2.4 Berpikir Kritis

Berpikir kritis adalah suatu pertimbangan yang aktif, terus menerus dan teliti mengenai sebuah keyakinan atau bentuk pengetahuan yang diterima begitu saja dengan menyertakan alasan-alasan yang mendukung dan kesimpulan-kesimpulan yang rasional (Dewey dalam Sihotang, 2012:3). Lebih lanjut, Paul (dalam Fisher, 2009:4) mengatakan bahwa berpikir kritis adalah cara berpikir mengenai sesuatu hal, substansi atau masalah apa saja dimana si pemikir dapat meningkatkan kualitas pemikirannya dengan menangani secara terampil struktur-struktur yang melekat dalam pemikiran dan menerapkan standar-standar intelektual padanya. Berpikir kritis merupakan proses mental yang teroganisir dengan baik dan berperan dalam proses mengambil keputusan untuk memecahkan masalah dengan menganalisis dan menginterpretasi data dalam kegiatan inkuiri (Jufri, 2013:44). Berpikir kritis sangat berguna untuk meningkatkan kemampuan memahami, mengkonstruksi dan mengambil keputusan serta membebaskan seorang dari dogma dan prasangka. Pendapat ini menegaskan pentingnya keterampilan berpikir kritis pada diri seseorang dengan kehidupan dimasa yang akan datang (Suprijono, 2016:38).

Berpikir kritis merupakan salah satu proses berpikir tingkat tinggi yang dapat digunakan untuk pembentukan sistem konseptual siswa. Pemberian pengalaman bermakna dapat dilakukan untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa. Pengalaman bermakna yang dimaksud dapat berupa kesempatan berpendapat secara lisan maupun tulisan seperti seorang ilmuwan. Pengalaman bermakna tersebut dapat berupa diskusi yang muncul dari pertanyaan-pertanyaan divergen atau masalah tidak terstruktur, serta kegiatan praktikum yang menuntut pengamatan terhadap gejala atau fenomena yang akan menantang kemampuan berpikir siswa (Suprijono, 2016:40).

Menurut Potter dalam Suprijono (2016 : 38-39) ada tiga alasan keterampilan berpikir kritis diperlukan. Pertama, ledakan informasi yang berasal dari ribuan web mesin pencari di internet. Perlu dilakukan evaluasi terhadap data dan sumber informasi agar dapat menggunakan informasi dengan baik. Kemampuan untuk mengevaluasi dan memutuskan untuk menggunakan informasi yang benar

memerlukan kemampuan berpikir kritis. Kedua, tantangan global meliputi kemiskinan dan kelaparan. Penelitian dan pengembangan kemampuan berpikir kritis diperlukan untuk mengatasi kondisi tersebut. Ketiga, perbedaan pengetahuan warga Negara. Sejauh ini mayoritas orang dibawah 25 tahun sudah bisa meng-onlinekan berita mereka. Beberapa informasi yang tidak dapat diandalkan dan bahkan mungkin sengaja menyesatkan, termuat di internet. Antisipasi perlu dilakukan agar siswa tidak tersesat dalam mengambil informasi yang tersedia. Siswa perlu dilatih mengevaluasi sumber web yang terpercaya sehingga tidak akan menjadi korban informasi yang salah atau bias.

Kemampuan berpikir kritis merupakan bagian dari kemampuan berpikir tingkat tinggi (Krulik dan Rudnik, 1996). Kemampuan berpikir kritis merupakan cara berpikir reflektif dan beralasan yang difokuskan pada pengambilan keputusan untuk memecahkan masalah (Ennis, 1996). Kemampuan berpikir kritis perlu dilatih dan dikembangkan agar dapat membantu siswa meningkatkan kemampuannya dalam memahami materi yang dipelajari. Berpikir kritis dilakukan dengan mengevaluasi secara kritis argumen atau pernyataan-pernyataan pada berbagai sumber baik buku teks pelajaran, jurnal, web, teman diskusi, maupun argumentasi guru dalam kegiatan pembelajaran. Jadi berpikir kritis merupakan salah satu kompetensi yang akan dicapai dan alat yang diperlukan untuk mengkonstruksi pengetahuan dalam dunia pendidikan (Suprijono, 2016:39)

Menurut Sihotang (2012:7-8), langkah-langkah yang dapat dilakukan untuk mengembangkan berpikir kritis yaitu :

- a. Mengenali masalah. Pengenalan terhadap masalah merupakan langkah pertama untuk menunjukkan berpikir kritis. Mengenali masalah utamanya itu penting, sebelum menanggapinya.
- b. Menemukan cara-cara yang dapat dipakai untuk menangani masalah. Setelah berhasil mengidentifikasi masalah, langkah selanjutnya adalah mencari cara memecahkan masalah tersebut. Pengetahuan yang lebih luas dan usaha kreatif untuk mencarinya adalah sesuatu yang penting untuk mendukung berpikir kritis.

- c. Mengumpulkan dan menyusun informasi yang diperlukan untuk penyelesaian masalah. Informasi yang cukup mampu menilai sesuatu secara tepat dan akurat.
- d. Mengenal asumsi-asumsi dan nilai-nilai yang tidak dinyatakan. Artinya, seorang berpikir kritis perlu mengetahui maksud atau gagasan-gagasan dibalik sesuatu yang tidak dinyatakan oleh orang lain. Disini dituntut kemampuan analisis yang tajam.
- e. Menggunakan bahasa yang tepat, jelas, dan khas dalam membicarakan suatu persoalan atau suatu hal yang diterimanya. Istilah-istilah yang digunakan dalam menanggapi persoalan haruslah berkaitan dengan topik yang dibahas.
- f. Mengevaluasi data dan menilai fakta serta pernyataan-pernyataan.
- g. Mencermati adanya hubungan logis antara masalah-masalah dengan jawaban-jawaban yang diberikan.
- h. Menarik kesimpulan-kesimpulan atau pendapat tentang isu atau persoalan yang sedang dibicarakan.

Kemampuan berpikir kritis tidak melekat pada diri manusia sejak lahir. Kemampuan berpikir kritis harus dilatihkan dalam proses pembelajaran. Ennis (1996) mengemukakan bahwa berpikir kritis meliputi lima aspek yaitu *elementary clarification* (memberikan penjelasan sederhana), *basic support* (membangun keterampilan dasar), *inference* (inferensi), *advance clarification* (membuat penjelasan lebih lanjut), dan *strategy and tactics* (strategi dan taktik). Kelima aspek tersebut dijabarkan lagi menjadi dua belas indikator berpikir kritis yaitu (1) *elementary clarification* meliputi: memfokuskan pertanyaan, menganalisis argumen, bertanya dan menjawab pertanyaan menantang, (2) *basic support* meliputi: mempertimbangkan kredibilitas (kriteria) sumber, mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi, (3) *inference* meliputi: membuat deduksi dan mempertimbangkan hasil deduksi, membuat induksi dan mempertimbangkan hasil induksi, membuat dan menentukan hasil pertimbangan, (4) *advance clarification* meliputi: mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan suatu definisi, mengidentifikasi asumsi-asumsi, (5) *strategy and tactics* meliputi: memutuskan suatu tindakan, berinteraksi dengan orang lain.

Pada penelitian ini, berpikir kritis merupakan suatu proses kognisi siswa secara mendalam yang diterapkan pada kegiatan pembelajaran dengan memenuhi indikator-indikator berpikir kritis. Indikator kemampuan berpikir kritis yang digunakan adalah indikator berpikir kritis menurut Ennis. Lima indikator ini akan diuraikan seperti pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Indikator, sub indikator dan penjelasan berpikir kritis

Indikator Berpikir Kritis	Sub Indikator Berpikir Kritis	Penjelasan
1. <i>Elementary clarification</i> (memberikan penjelasan sederhana)	Menganalisis argumen	1) Mengidentifikasi alasan yang dinyatakan (eksplisit) 2) Mengidentifikasi alasan yang tidak dinyatakan (implisit)
2. <i>Basic support</i> (membangun keterampilan dasar)	Mengobservasi dan mempertimbangkan hasil	1) Melibatkan sedikit dugaan 2) Mencatat hal-hal yang diinginkan
3. <i>Inference</i> (inferensi)	Membuat induksi dan mempertimbangkan hasil induksi	1) Merancang eksperimen 2) Mencari penjelasan lain yang mungkin 3) Bukti-bukti yang menguatkan
4. <i>Advance clarification</i> (memberikan penjelasan lebih lanjut)	Mengidentifikasi asumsi-asumsi	1) Penalaran secara implisit 2) Asumsi yang dibutuhkan, mengkonstruksi argumen
5. <i>Strategy and tactics</i> (mengatur strategi dan taktik)	Memutuskan suatu tindakan	1) Memilih kriteria untuk mempertimbangkan solusi yang mungkin 2) Merumuskan alternatif solusi 3) Memutuskan hal-hal yang akan dilakukan

(Ennis, 1996)

Indikator berpikir kritis tersebut digunakan pada penelitian ini karena disesuaikan dengan langkah-langkah model inkuiri terbimbing dalam LKS yang dikembangkan. Satu sub indikator dari setiap indikator berpikir kritis dianggap

telah mewakili dari masing-masing indikator berpikir kritis. Indikator berpikir kritis yang disesuaikan dengan langkah-langkah inkuiri terbimbing dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Langkah Inkuiri Terbimbing, indikator, dan sub indikator berpikir kritis

Langkah Inkuiri Terbimbing	Indikator Berpikir Kritis	Sub Indikator Berpikir Kritis
1. Merumuskan masalah	<i>Elementary clarification</i>	Menganalisis argumen
2. Menyusun hipotesis	(memberikan penjelasan sederhana)	
3. Mengumpulkan data	<i>Basic support</i> (membangun keterampilan dasar) <i>Inference</i> (inferensi)	Mengobservasi dan mempertimbangkan hasil induksi dan mempertimbangkan hasil induksi
	<i>Advance clarification</i> (memberikan penjelasan lebih lanjut)	Mengidentifikasi asumsi-asumsi
4. Menguji hipotesis	<i>Strategy and tactics</i>	Memutuskan suatu tindakan
5. Merumuskan kesimpulan	(mengatur strategi dan taktik)	

2.5 Validitas

Validitas merupakan syarat yang terpenting dalam suatu alat evaluasi. Validitas berasal dari kata *validity* yang mempunyai arti sejauh mana ketepatan dan kecermatan suatu instrumen pengukuran dalam melaksanakan fungsi ukurnya (Azwar, 1986). Suherman (dalam Akbar, 2013:37) menyatakan bahwa suatu alat dikatakan valid (absah atau sah) apabila alat tersebut mampu mengukur apa yang hendak diukur. Validitas berkenaan dengan ketepatan alat penilaian terhadap konsep yang dinilai sehingga betul-betul menilai apa yang seharusnya dinilai (Sudjana, 1992:12).

Validitas dalam penelitian pengembangan meliputi validasi isi (*content validity*) dan validasi konstruk (*construct validity*). Validasi isi (*content validity*) mengandung makna bahwa bahan ajar yang dikembangkan didasarkan pada

kurikulum atau teori yang diacu serta teori tersebut diuraikan secara mendalam. Validitas konstruk (*construct validity*) menunjukkan konsistensi internal antar komponen-komponen dalam bahan ajar yang dikembangkan dan mengacu pada tercapainya tujuan pengembangan bahan ajar (Nieveen, 1999).

Teknik yang dilakukan untuk mengumpulkan data tentang kevalidan LKS adalah dengan memberikan LKS yang sedang dikembangkan beserta lembar validasinya kepada validator. Validator diminta untuk memberikan penilaian terhadap LKS yang dikembangkan dengan cara menuliskan penilaian atas aspek yang ada dengan memberikan tanda cek (√) pada kolom yang sesuai (Hobri, 2010).

Berdasarkan uraian diatas, dapat disimpulkan bahwa validitas adalah ukuran kevalidan bahan ajar dalam mengukur apa yang harus diukur dan menilai apa yang seharusnya dinilai. Pada penelitian ini, validasi dilakukan dengan memberikan LKS yang dikembangkan beserta lembar validasinya kepada validator.

2.6 Efektivitas

Efektivitas berkaitan dengan sejauh mana peserta didik mencapai tujuan pembelajaran yang ditetapkan, baik melalui sekolah, perguruan tinggi atau pusat pelatihan mempersiapkan peserta didik dengan pengetahuan, keterampilan dan sikap yang diinginkan oleh para stakeholder (Januszewski dan Molenda, 2008). Lebih lanjut, Reigeluth (2009) menyatakan bahwa efektivitas mengacu pada indikator belajar yang tepat (misalnya tingkat prestasi dan kefasihan tertentu) untuk mengukur hasil pembelajaran.

Efektivitas menekankan pada perbandingan antara rencana dengan tujuan yang akan dicapai. Oleh karena itu, efektivitas pembelajaran diukur dengan tercapainya tujuan pembelajaran atau dapat pula diartikan sebagai ketepatan dalam mengelola suatu situasi pembelajaran (Warsita, 2008:278). Selain itu, efektivitas dapat dikatakan sebagai tingkat keberhasilan yang dicapai dari suatu cara tertentu sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Sehingga semakin banyak tujuan yang dicapai maka semakin efektif pula kegiatan tersebut.

Keefektifan bahan ajar dinyatakan dengan kemampuan bahan ajar ketika diimplementasikan dalam pembelajaran dikelas berdasarkan tujuan pembelajaran. Keefektifan bahan ajar dalam mencapai tujuan pembelajaran dapat dilakukan melalui uji kompetensi bagi *audience* (siswa). Uji kompetensi *audience* (siswa) tersebut menggambarkan keefektifan (tingkat ketuntasan) penguasaan isi bahan ajar pada mereka. Hasil uji kompetensi dianalisis untuk mengetahui efektif tidaknya bahan ajar. Uji kompetensi dapat berupa tes maupun non-tes (Akbar, 2013:52).

Berdasarkan uraian diatas, maka dapat disimpulkan bahwa efektivitas merupakan suatu ukuran yang menyatakan seberapa jauh tujuan pembelajaran dicapai peserta didik dalam suatu pembelajaran yang telah direncanakan terlebih dahulu melalui uji kompetensi yang diberikan kepada *audience* (peserta didik).

2.7 Termodinamika

Termodinamika adalah ilmu tentang energi, yang secara khusus membahas tentang hubungan antara energi panas dengan kerja (Waenana, 2007). Hubungan ini didasarkan pada dua hukum-hukum dasar termodinamika, yaitu Hukum pertama termodinamika dan Hukum kedua termodinamika. Hukum-hukum termodinamika selalu berkaitan dengan sistem dan lingkungan. Sistem adalah segala sesuatu yang menjadi objek pengamatan (penelitian). Sementara itu, lingkungan adalah segala sesuatu diluar sistem.

Berdasarkan batas antara sistem dengan lingkungan, sistem termodinamika dapat dibedakan menjadi sistem tertutup, sistem terbuka, dan sistem terisolasi. Sistem tertutup adalah sistem yang memungkinkan terjadinya pertukaran kalor antara sistem tersebut dengan lingkungannya, tetapi tidak memungkinkan terjadinya perpindahan materi. Contoh sistem tertutup adalah suatu balon udara yang dipanaskan, dimana massa udara didalam balon tetap, tetapi volumenya berubah dan energi panas masuk kedalam masa udara didalam balon. Sistem terbuka adalah sistem yang memungkinkan terjadinya pertukaran kalor dan perpindahan materi antara sistem tersebut dengan lingkungannya. Sebagian besar mesin-mesin konversi energi adalah sistem terbuka, misalnya sistem mesin motor

bakar adalah ruang didalam silinder mesin, dimana campuran bahan bakar dan udara masuk kedalam silinder dan gas buang keluar sistem melalui knalpot. Selain itu, turbin gas, turbin uap, pesawat jet dan lain-lain juga merupakan sistem termodinamika terbuka. Sistem terisolasi adalah sistem yang tidak memungkinkan terjadinya pertukaran kalor dan perpindahan materi antara sistem tersebut dengan lingkungannya. Contohnya air yang disimpan dalam termos. Tabung bagian dalam termos yang digunakan sebagai wadah air, terisolasi dari lingkungan luar karena adanya ruang hampa udara di antara tabung bagian dalam dan luar. Maka dari itu, pada termos tidak terjadi perpindahan kalor maupun perpindahan materi dari sistem menuju lingkungan maupun sebaliknya (Sunardi, *et al.*, 2016).

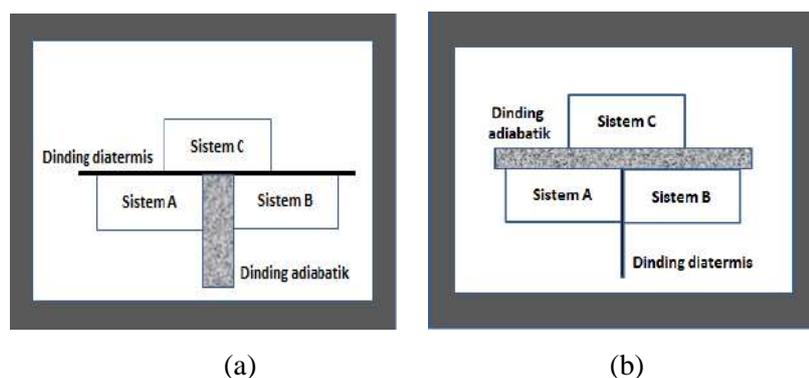
2.7.1 Hukum ke-0 Termodinamika

Hukum ke-0 ditemukan pada tahun 1930-an, jauh setelah Hukum pertama dan kedua termodinamika ditemukan dan dinomori. Karena konsep temperatur adalah dasar kedua hukum, maka hukum yang menetapkan suhu sebagai konsep yang valid harus memiliki nomor terendah sehingga diberi nomor 0 (Halliday *et al.*, 2010:515). Bunyi dari Hukum ke-0 termodinamika adalah “Apabila dua benda berada dalam kesetimbangan termal dengan benda ketiga, maka keduanya berada dalam kesetimbangan termal” (Moran & Shapiro, 2004:19).

Kesetimbangan termal merupakan keadaan yang dicapai oleh dua sistem atau lebih, yang dicirikan dengan batasan nilai dari koordinat sebuah sistem setelah terjadi hubungan antara satu dengan yang lain melalui dinding diatermis (Waenana, 2007). Dinding diatermis merupakan suatu pembatas dimana suatu panas dapat berhubungan antara satu sistem dengan sistem yang lain, dengan tidak adanya perpindahan materi. Tidak seperti dinding diatermis, dinding adiabatik mencegah adanya hubungan antara satu sistem dengan sistem yang lain dan juga mencegah adanya kesetimbangan temperatur antara keduanya. Dinding adiabatik yang ideal tidak menghantarkan panas.

Misalkan dua sistem A dan B, dipisahkan oleh dinding adiabatik akan tetapi masih ada hubungan bersama dengan sistem ketiga, yaitu C melewati dinding diatermis, keseluruhan sistem dikelilingi oleh dinding adiabatik sebagaimana

terlihat pada Gambar 2.1a. Dalam percobaan menunjukkan bahwa dua sistem akan terjadi kesetimbangan termal dengan sistem ketiga. Tidak akan terjadi perubahan selanjutnya jika dinding adiabatik yang memisahkan sistem A dan B diganti dengan dinding diatermik, sebagaimana terlihat pada Gambar 2.1b. Jika kedua sistem A dan B telah terjadi kesetimbangan termal dengan sistem C pada waktu bersamaan, pertama kali yang ditetapkan adalah kesetimbangan antara A dan C lalu menetapkan kesetimbangan antara B dan C (keadaan sistem C sama pada kedua kasus). Kemudian ketika A dan B terjadi hubungan melalui dinding diatermik, maka akan terjadi kesetimbangan termal diantara keduanya. Selanjutnya, tetap menggunakan pernyataan bahwa “dua sistem berada pada kesetimbangan termal” yang berarti juga dua sistem tersebut dalam keadaan dimana jika dua sistem dihubungkan oleh dinding diatermis maka gabungan sistem tersebut akan berada pada kesetimbangan termal. Fakta eksperimen secara singkat dapat diungkapkan melalui hubungan berikut. Jika dua sistem (A dan B) yang memiliki kesetimbangan termal dengan sistem ketiga (C), maka A dan B berada dalam kesetimbangan termal terhadap satu sama lain. Sebagaimana yang telah diungkapkan oleh Ralph Flower, postulat kesetimbangan termal ini dinyatakan sebagai hukum ke-0 termodinamika.



Gambar 2.1 Hukum ke-0 termodinamika

2.7.2 Hukum ke-1 Termodinamika

Energi dalam adalah suatu sifat mikroskopik zat, sehingga energi dalam tidak dapat diukur secara langsung. Yang dapat diukur secara tidak langsung

adalah perubahan energi dalam ketika suatu sistem berubah dari keadaan awal 1 ke keadaan akhir 2.

$$\Delta U = U_2 - U_1 \quad (2.1)$$

Perubahan energi dalam ΔU diukur secara tidak langsung dengan menggunakan hukum I termodinamika, yang merupakan hukum kekekalan energi: energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, tetapi dapat dikonversi dari satu bentuk ke bentuk lainnya. Secara umum, hukum ini menyatakan bahwa jumlah kalor Q yang diserap oleh gas sama dengan usaha W yang dilakukan oleh gas dan penambahan energi dalam ΔU . Secara matematis dinyatakan sebagai berikut.

$$Q = W + \Delta U \quad (2.2)$$

Dengan ketentuan, jika:

$Q (+)$: sistem menerima (menyerap) kalor dari lingkungan

$Q (-)$: sistem memberi (melepas) kalor ke lingkungan

$W (+)$: sistem melakukan usaha

$W (-)$: sistem dikenai usaha

Beberapa proses termodinamika pada Hukum I termodinamika adalah sebagai berikut:

a. Proses Isotermal

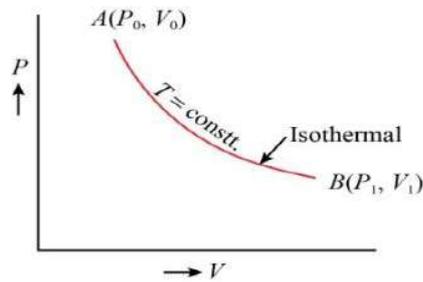
Proses isotermal adalah proses yang dialami gas pada suhu tetap. Usaha yang dilakukan gas pada proses ini tidak dapat dihitung dengan persamaan $W = p\Delta V$. Hal ini dikarenakan tekanannya tidak konstan. Namun dapat diselesaikan dengan melakukan pengintegralan sebagai berikut.

$$W = \int_{V_1}^{V_2} P dV \quad (2.3)$$

Karena $P = \frac{nRT}{V}$, maka:

$$W = \int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT}{V} dV = nRT \int_{V_1}^{V_2} \frac{1}{V} dV = nRT \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right) \quad (2.4)$$

Grafik hubungan antara tekanan (P) dengan volume (V) pada proses isotermal seperti ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Grafik (P-V) proses isothermal (Sumber: <http://www.askiitians.com/iit-jee-thermal-physics/work-done-during-isothermal-expansion.html>)

b. Proses Adiabatik

Proses adiabatik adalah salah satu proses yang terjadi sangat cepat atau terjadi dalam suatu sistem yang terisolasi dengan baik sehingga tidak ada transfer energi panas yang terjadi antara sistem dan lingkungannya. Proses adiabatik ini memenuhi rumus Poisson. Dalam hal ini, hubungan antara tekanan (P) dan volume (V) sebagai berikut.

$$PV^\gamma = \text{konstan} \text{ atau } P_1V_1^\gamma = P_2V_2^\gamma \quad (2.5)$$

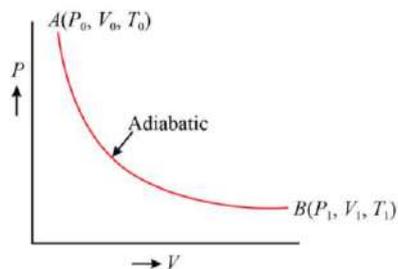
Tetapan Laplace $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$, untuk gas ideal $P = \frac{nRT}{V}$, sehingga pada proses adiabatik untuk gas ideal berlaku persamaan:

$$\begin{aligned} P_1V_1^\gamma &= P_2V_2^\gamma \\ \left(\frac{nRT_1}{V_1}\right)V_1^\gamma &= \left(\frac{nRT_2}{V_2}\right)V_2^\gamma \\ T_1V_1^{\gamma-1} &= T_2V_2^{\gamma-2} \end{aligned} \quad (2.6)$$

Untuk $C_p > C_v$, maka $\gamma > 1$. Usaha pada proses adiabatik dinyatakan sebagai berikut.

$$W = \frac{1}{\gamma-1} (P_1V_1 - P_2V_2) \quad (2.7)$$

Grafik hubungan antara tekanan (P) dengan volume (V) pada proses adiabatik juga melengkung seperti pada proses isothermal, tetapi lengkungannya lebih curam jika dibandingkan dengan grafik P - V proses isothermik, seperti ditunjukkan pada gambar 2.3.



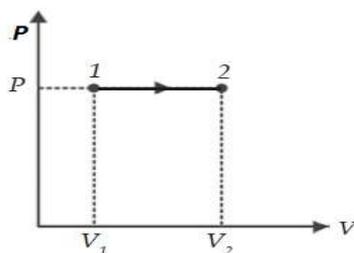
Gambar 2.3 Grafik (P-V) proses adiabatik (Sumber: <http://www.askiitians.com/iit-jee-thermal-physics/work-done-during-isothermal-expansion.html>)

c. Proses Isobarik

Proses yang berlangsung pada tekanan tetap dinamakan proses isobarik. Jika volume gas bertambah, berarti gas melakukan usaha atau usaha gas positif (proses ekspansi). Jika volume gas berkurang, berarti pada gas dilakukan usaha atau usaha negatif (proses kompresi). Usaha yang dilakukan oleh gas pada proses isobarik besarnya sebagai berikut

$$W = p\Delta V = P (V_2 - V_1) \quad (2.8)$$

Usaha yang dilakukan gas terhadap lingkungannya atau kebalikannya sama dengan luas daerah bawah grafik tekanan terhadap volume (grafik P-V) yang ditunjukkan pada gambar 2.4.



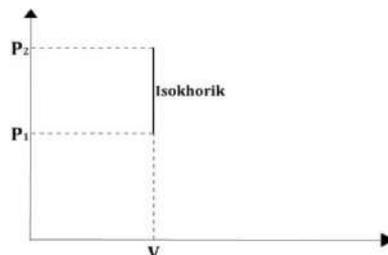
Gambar 2.4 Grafik (P-V) proses isobarik (Sumber: <http://www.askiitians.com/iit-jee-thermal-physics/work-done-during-isothermal-expansion.html>)

d. Proses Isokhorik

Jika volume sistem (seperti gas) dipertahankan konstan, sistem tidak dapat melakukan usaha dan jika nilai $W = 0$ dalam Hukum pertama termodinamika maka akan menghasilkan

$$\Delta U = Q \quad (2.9)$$

Jadi jika panas diserap oleh sistem (yaitu, jika Q adalah positif), maka energi internal sistem akan meningkat. Sebaliknya, jika usaha panas hilang selama proses (yaitu, jika Q adalah negatif), maka energi internal sistem akan menurun.



Gambar 2.5 Grafik (P-V) proses isokhorik

2.7.3 Hukum ke-2 Termodinamika

Hukum pertama Termodinamika menguraikan bahwa energi itu dikonservasikan. Meskipun demikian, dapat dibayangkan banyak proses yang mengkorvesikan energi, tetapi tidak teramati terjadi secara alami. Misalnya, ketika sebuah benda panas diletakkan dan bersentuhan dengan benda dingin, kalor mengalir dari benda yang lebih panas ke benda yang lebih dingin, tidak pernah terjadi secara spontan dari benda yang dingin ke benda yang lebih panas. Jika kalor akan meninggalkan benda dingin dan mengalir ke benda panas, energi tetap dapat dikonservasikan. Tetapi itu juga tidak terjadi secara spontan (tanpa masukan usaha). Ada banyak contoh proses lain yang terjadi di alam tetapi tidak ada proses yang terjadi sebaliknya. Misalnya, menaruh selapis garam dan menutup dengan selapis merica bubuk dalam sebuah toples, selanjutnya dikocok dan dihasilkan campuran yang seragam, tidak peduli berapa lama mengocoknya, campuran itu tidak mungkin terpisah lagi menjadi dua lapisan.

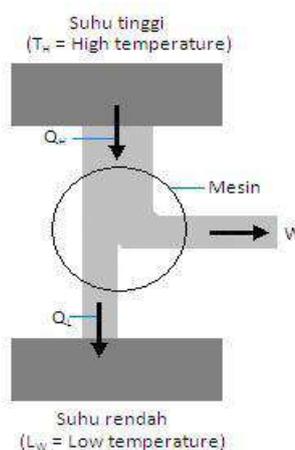
Hukum pertama termodinamika (konservasi energi) tidak akan dilanggar jika ada proses yang terjadi sebaliknya. Untuk menjelaskan ketidakmungkinan pembalikan proses ini, ilmuwan di paruh terakhir abad kesembilan belas merumuskan sebuah prinsip baru yang dikenal sebagai Hukum termodinamika kedua. Hukum termodinamika kedua adalah suatu pernyataan tentang proses mana yang terjadi secara alami dan mana yang tidak. Salah satu pernyataan, oleh Clausius (1822-1888), adalah bahwa “Kalor dapat mengalir secara spontan dari

benda panas ke benda dingin, kalor tidak akan mengalir secara spontan dari benda dingin ke benda panas” (Giancoli, 2014:519).

Pernyataan Clausius bisa diartikan bahwa tidak mungkin untuk membuat suatu siklus pendinginan yang beroperasi tanpa adanya masukan berupa kerja. Sebagai contoh, pendinginan didalam rumah ditangani oleh mesin pendingin yang digerakkan oleh motor listrik yang membutuhkan kerja dari sekelilingnya untuk dapat beroperasi (Moran & Shapiro, 2004:229). Perkembangan pernyataan umum hukum termodinamika kedua sebagian didasarkan pada studi tentang mesin kalor.

2.7.4 Mesin Kalor

Mesin kalor adalah semua peralatan yang mengubah energi termal menjadi kerja mekanik, seperti mesin uap dan mesin mobil. Ide dasar melatar belakangi setiap mesin kalor adalah energi mekanik yang dapat diperoleh dari energi termal hanya jika kalor mengalir dari suhu tinggi ke suhu rendah. Pada proses ini, sejumlah kalor dapat diubah lagi menjadi energi mekanik, seperti diagram Gambar 2.6. Mesin kalor yang berguna berjalan dalam sebuah siklus yang berulang: yaitu sistem kembali berulang ke titik awalnya sehingga mesin dapat berjalan secara kontinu. Dalam setiap siklus, perubahan dalam energi internal sistem adalah $\Delta U = 0$ karena sistem kembali ke keadaan awal. Kalor masukan Q_H pada temperatur tinggi T_H yang sebagian diubah ke dalam kerja W dan sebagian dilepaskan sebagai kalor Q_L pada temperatur yang lebih rendah T_L . Berdasarkan konservasi energi $Q_H = W + Q_L$. Temperatur tinggi dan rendah disebut temperatur operasi mesin.



Gambar 2.6 Diagram mesin kalor (Sumber: <https://www.google.co.id/>)

Efisiensi, e dari setiap mesin kalor dapat di definisikan sebagai perbandingan kerja yang dilakukan W , terhadap kalor masukan pada temperatur tinggi Q_H

$$e = \frac{W}{Q_H} \quad (2.10)$$

W merupakan keluaran (yang didapatkan dari mesin), sedangkan Q_H adalah apa yang dimasukkan. Karena energi terkonservasikan, kalor masukan Q_H harus sama dengan kerja yang dilakukan ditambah kalor yang mengalir keluar pada temperatur rendah

$$Q_H = W + Q_L \quad (2.11)$$

Jadi $W = Q_H - Q_L$, dan efisiensi mesin adalah

$$e = \frac{W}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_L}{Q_H} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H} \quad (2.12)$$

Dari persamaan 2.8 bahwa efisiensi akan lebih besar jika Q_L dapat dibuat kecil. Selajutnya, untuk memberikan efisiensi sebagai %, persamaan harus dikalikan 100.

2.7.5 Mesin Carnot

Untuk mencari cara meningkatkan efisiensi, ilmuan Perancis Sadi Carnot (1796-1832) mempelajari karakteristik mesin ideal (mesin Carnot). Tidak ada mesin Carnot yang benar-benar ada, tetapi sebagai ide teoritis, mesin ini memainkan peran penting dalam perkembangan termodinamika. Mesin Carnot ideal terdiri dari empat proses yang dilakukan dalam satu siklus, dua diantaranya yaitu adiabatik ($Q = 0$) dan dua isothermal ($\Delta T = 0$). Siklus ideal ini diperlihatkan pada Gambar 2.7. Setiap proses dianggap dilakukan secara berlawanan arah, maka setiap proses (misalnya sepanjang pemuaian gas mendorong piston) dilakukan begitu lambat sehingga proses dapat dianggap sebagai sederet keadaan kesetimbangan, dan seluruh proses dapat dilakukan berlawanan arah tanpa mengubah magnitudo usaha yang dilakukan atau kalor yang dipertukarkan. Di lain pihak, proses sesungguhnya akan terjadi jauh lebih cepat, akan ada turbulensi dalam gas, akan ada gesekan, dan seterusnya. Karena faktor-faktor ini, proses sesungguhnya tidak dapat dilakukan berlawanan arah

secara presisi-turbulensi akan berbeda dan kalor yang hilang akibat gesekan tidak akan berbalik sendiri, maka proses sesungguhnya tidak reversibel.

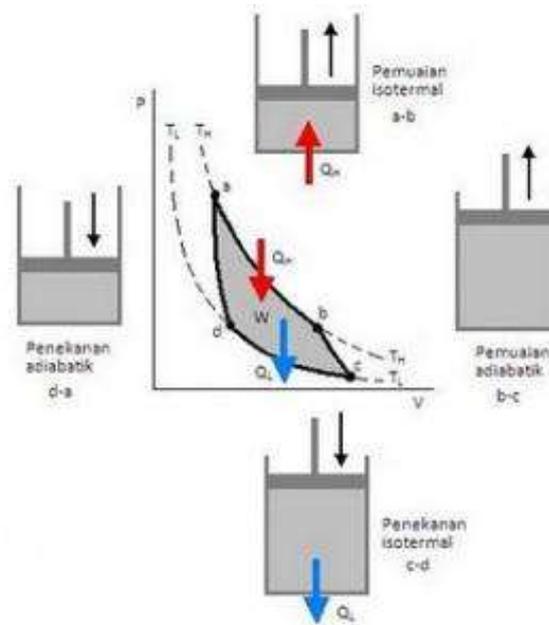
Proses-proses isothermal dari mesin Carnot, dimana kalor Q_H dan Q_L dipindahkan, diasumsikan dilakukan pada temperatur konstan T_H dan T_L . Jadi sistem diasumsikan bersentuhan langsung dengan penampungan-penampungan kalor ideal yang sedemikian besar sehingga temperatur mereka tidak berubah secara signifikan ketika Q_H dan Q_L dipindahkan. Carnot memperlihatkan bahwa untuk mesin reversibel yang ideal, kalor Q_H dan Q_L sebanding dengan temperatur operasi T_H dan T_L (dalam kelvin), jadi efisiensi dapat ditulis sebagai berikut:

$$e_{ideal} = \frac{T_H - T_L}{T_H} = 1 - \frac{T_L}{T_H} \quad \left[\begin{array}{l} \text{efisiensi} \\ \text{Carnot (ideal)} \end{array} \right] \quad (2.13)$$

(Giancoli, 2014:522)

Mesin real tidak pernah dapat mempunyai efisiensi setinggi ini karena kehilangan disebabkan gesekan dan sebagainya. Mesin real yang baik didesain untuk mencapai 60% hingga 80% efisiensi Carnot. Mesin kalor bekerja dalam satu siklus, dan siklus untuk mesin Carnot mulai dari titik a pada diagram PV

- a. Gas mula-mula dikembangkan secara isothermal, dengan penambahan kalor Q_H , sepanjang lintasan ab pada suhu T_H .
- b. Berikut pengembangan secara adiabatik dari b ke c tidak ada kalor bertukar, tetapi suhu turun ke T_L
- c. Gas kemudian dimampatkan pada suhu konstan T_L , lintasan c ke d, dan kalor Q_L dikeluarkan.
- d. Akhirnya gas dimampatkan secara adiabatik, lintasan da, kembali ke keadaan semula.

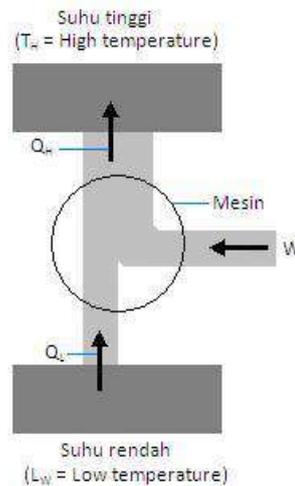


Gambar 2.7 Siklus Carnot (Sumber: <https://www.google.co.id/>)

Pada temperatur normal, mesin yang memiliki efisiensi 100% tidak mungkin ada. Hal ini sesuai dengan pernyataan Kelvin-Planck tentang Hukum kedua termodinamika yang menyatakan bahwa “Tidak ada alat yang dapat mengubah sejumlah kalor yang diberikan secara sempurna kedalam kerja“. Contohnya, jika mesin kapal tidak membutuhkan penampungan air bersuhu rendah untuk menghabiskan kalor yang masuk, kapal dapat berlayar menyebrangi lautan menggunakan sumber energi internal air laut yang sangat banyak. (Giancoli, 2001:531).

2.7.6 Mesin pendingin

Prinsip operasi mesin pendingin kebalikan dari mesin kalor. Mesin pendingin dioperasikan untuk mentransfer kalor dari lingkungan dingin ke lingkungan panas. Seperti diagram pada gambar 2.8 dengan melakukan kerja W , kalor diambil dari daerah suhu rendah T_L (bagian dalam lemari es) dan sejumlah besar kalor dilepaskan pada suhu tinggi T_H (ruangan).



Gambar 2.8 Diagram skematik lemari es (Sumber: <https://www.google.co.id/>)

Lemari es yang sempurna, tidak ada kerja yang dibutuhkan untuk mengambil kalor dari daerah suhu rendah ke daerah suhu tinggi tidak mungkin. Kalor tidak dapat mengalir secara spontan dari obyek yang dingin ke obyek yang kalor. Untuk meletakkan setiap kerja secara baik, kerja harus dilakukan. Jadi tidak mungkin ada lemari es yang sempurna.

Koefisien kinerja (CP) lemari es didefinisikan sebagai kalor yang digerakkan dari daerah suhu rendah, Q_L dibagi dengan W , dilakukan untuk menggerakkan kalor

$$CP = \frac{Q_L}{W} \quad (2.14)$$

Ini dapat dimengerti karena kalor Q_L yang lebih banyak, dapat dipindahkan dari bagian dalam lemari es untuk sejumlah kerja yang diberikan, lemari es itu lebih baik (lebih efisien). Energi dikekalkan maka dari Hukum termodinamika pertama kita dapat menuliskan $Q_L + W = Q_H$, atau $W = Q_H - Q_L$, maka persamaannya menjadi,

$$CP = \frac{Q_L}{W} = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L} \quad (2.15)$$

Untuk lemari es yang ideal, lemari es yang terbaik dapat bekerja akan menjadi

$$CP_{ideal} = \frac{T_L}{T_H - T_L} \quad (2.16)$$

Seperti mesin ideal (Carnot) (Giancoli, 2001:531-532).

2.8 Model Pengembangan Four-D

Model pengembangan Four-D merupakan model pengembangan perangkat pembelajaran yang disarankan oleh Sivasailam Thiagarajan, Dorothy S. Semmel, dan Melvin I. Semmel (1974). Model pengembangan ini terdiri dari empat tahap yaitu *define* (pendefinisian), *design* (perancangan), *develop* (pengembangan), dan *disseminate* (penyebaran). Tahap *define* (pendefinisian) adalah tahap untuk menetapkan dan menentukan persyaratan pembelajaran (instruksional). Pada tahap ini juga menentukan tujuan dan batasan untuk bahan ajar yang dikembangkan. Tahap *design* (perancangan) merupakan tahapan yang bertujuan untuk merancang prototip bahan ajar yang dikembangkan. Aspek utama dalam tahap ini adalah pemilihan media dan format untuk materi dan pembuatan versi awal (prototip). Tahap *develop* (pengembangan) bertujuan untuk memodifikasi prototipe bahan ajar yang telah direvisi berdasarkan masukan para ahli dan data yang diperoleh dari uji coba. Tahap *disseminate* (penyebaran) merupakan suatu tahap akhir dalam model pengembangan ini. Tahap ini bertujuan untuk mempromosikan produk pengembangan agar dapat diterima oleh pengguna (Thiagarajan, *et al.*, 1974:4-9).

Tahap *define* (pendefinisian) terdiri dari lima langkah pokok, yaitu *front-end analysis* (analisis awal akhir), *learner analysis* (analisis siswa), *tasks analysis* (analisis tugas), *concept analysis* (analisis konsep) dan *specifying instructional objectives* (perumusan tujuan pembelajaran). *Front-end analysis* (analisis awal akhir) bertujuan untuk menentukan masalah mendasar yang dihadapi dalam pembelajaran. Kegiatan yang dilakukan adalah wawancara dengan guru Fisika di MAN 3 Jember untuk menentukan masalah mendasar yang dihadapi dalam pembelajaran. *Learner analysis* (analisis siswa) bertujuan untuk mendapatkan gambaran karakteristik siswa melalui wawancara dengan guru Fisika di MAN 3 Jember. *Tasks analysis* (analisis tugas) bertujuan untuk merinci isi materi ajar dalam bentuk garis besar berdasarkan Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD). *Concept analysis* (analisis konsep) bertujuan untuk mengidentifikasi konsep yang akan dibahas yaitu materi termodinamika. *Specifying instructional objectives* (perumusan tujuan pembelajaran) disesuaikan dengan Kompetensi

Dasar (KD) pada materi termodinamika berdasarkan silabus kurikulum 2013 revisi.

Tahap *design* (perancangan) terdiri dari empat tahap, yaitu *criterion-test construction* (penyusunan standar tes), *media selection* (pemilihan media), *format selection* (pemilihan format), dan *initial design* (rancangan awal). *Criterion-test construction* (penyusunan standar tes) disesuaikan dengan tujuan pembelajaran. Tes yang digunakan adalah tes berpikir kritis dalam bentuk uraian (*pretest* dan *posttest*). *Media selection* (pemilihan media) disesuaikan dengan analisis tugas, analisis konsep, dan analisis siswa. Media pembelajaran yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahan ajar berupa LKS berbasis inkuiri terbimbing. *Format selection* (pemilihan format) disesuaikan dengan langkah-langkah penulisan LKS berdasarkan rujukan dan memuat langkah-langkah model inkuiri terbimbing. *Initial design* (rancangan awal) meliputi LKS berbasis inkuiri terbimbing dan perangkat pembelajaran yang digunakan.

Tahap *develop* (pengembangan) terdiri dari dua kegiatan pada tahap ini yaitu *expert appraisal* (penilaian para ahli) dan *developmental testing* (uji pengembangan). *Expert appraisal* (penilaian para ahli) melalui validasi LKS berbasis inkuiri dengan menggunakan lembar validasi. Hasil penilaian para ahli ini digunakan sebagai dasar melakukan revisi atau penyempurnaan LKS yang dikembangkan. *Developmental testing* (uji pengembangan) merupakan pengujian produk bahan ajar pada sasaran subjek yang sesungguhnya. Uji pengembangan dilakukan di MAN 3 Jember.

Tahap *disseminate* (penyebaran) dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan masukan, tanggapan, saran dan penilaian untuk menyempurnakan produk akhir pengembangan agar siap diadopsi oleh para pengguna produk. Tahap penyebaran ini dilakukan dengan cara menyebarkan atau memberikan produk LKS berbasis inkuiri terbimbing untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis kepada guru mata pelajaran fisika yang terdapat di sekolah lain.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis dan Desain Penelitian

3.1.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian pengembangan (*Research and Development*). Penelitian dan pengembangan bertujuan untuk menghasilkan suatu produk baru melalui proses pengembangan (Astutik, *et al.*, 2016). Produk yang dimaksud berupa LKS berbasis inkuiri terbimbing untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada materi termodinamika di MAN 3 Jember.

3.1.2 Desain Penelitian

Desain penelitian pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah model pengembangan *Four-D* (4-D). Model pengembangan 4-D merupakan model pengembangan perangkat pembelajaran yang disarankan oleh Thiagarajan (1974). Model pengembangan ini terdiri dari empat tahap yaitu *define* (pendefinisian), *design* (perancangan), *develop* (pengembangan), dan *disseminate* (penyebaran).

3.2 Tempat dan Waktu Uji Pengembangan

Penentuan tempat penelitian dilakukan dengan menggunakan teknik *purposive sampling area*, artinya daerah atau tempat tersebut sengaja dipilih dengan tujuan tertentu. Adapun yang menjadi tempat penelitian ini adalah MAN 3 Jember dengan subjek penelitian siswa kelas XI IPA 2. Adapun pertimbangan pemilihan siswa kelas XI IPA 2 di MAN 3 Jember adalah sebagai berikut:

- a. Permasalahan yang dialami siswa sesuai dengan latar belakang penelitian.
- b. Ketersediaan sekolah sebagai tempat dilakukannya penelitian.
- c. Belum ada penelitian sebelumnya di sekolah tersebut tentang pengembangan LKS berbasis inkuiri terbimbing untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis.

3.3 Definisi Operasional Variabel

Definisi operasional variabel dijelaskan untuk menghindari pengertian yang meluas atau perbedaan persepsi. Adapun istilah yang perlu didefinisikan dalam penelitian ini adalah:

a. Variabel bebas

LKS berbasis inkuiri terbimbing

LKS yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah berupa produk LKS berbasis inkuiri terbimbing untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. LKS ini disajikan dengan pengintegrasian model inkuiri terbimbing dan dalam setiap langkah model inkuiri terbimbing tersebut akan dimunculkan indikator kemampuan berpikir kritis. Langkah model inkuiri terbimbing yang digunakan adalah merumuskan masalah, merumuskan hipotesis, mengumpulkan data, menguji hipotesis, dan merumuskan kesimpulan sedangkan indikator berpikir kritis yang digunakan yaitu *elementary clarification* (memberikan penjelasan sederhana), *basic support* (membangun keterampilan dasar), *inference* (inferensi), *advance clarification* (membuat penjelasan lebih lanjut), dan *strategy and tactics* (strategi dan taktik) pada materi termodinamika. LKS ini kemudian divalidasi oleh beberapa ahli untuk mengetahui validitasnya.

b. Variabel terikat

1) Efektivitas hasil belajar LKS berbasis inkuiri terbimbing

Suatu bahan ajar dapat dikatakan efektif jika mampu mencapai tujuan pembelajaran. Efektivitas LKS merupakan kemampuan LKS untuk mencapai tujuan pembelajaran yang telah direncanakan melalui uji kompetensi yang diberikan kepada *audience* (peserta didik). LKS berbasis inkuiri terbimbing untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dikategorikan efektif apabila *N-gain score* $\langle g \rangle$ adalah $0,7 > \langle g \rangle \geq 0,3$.

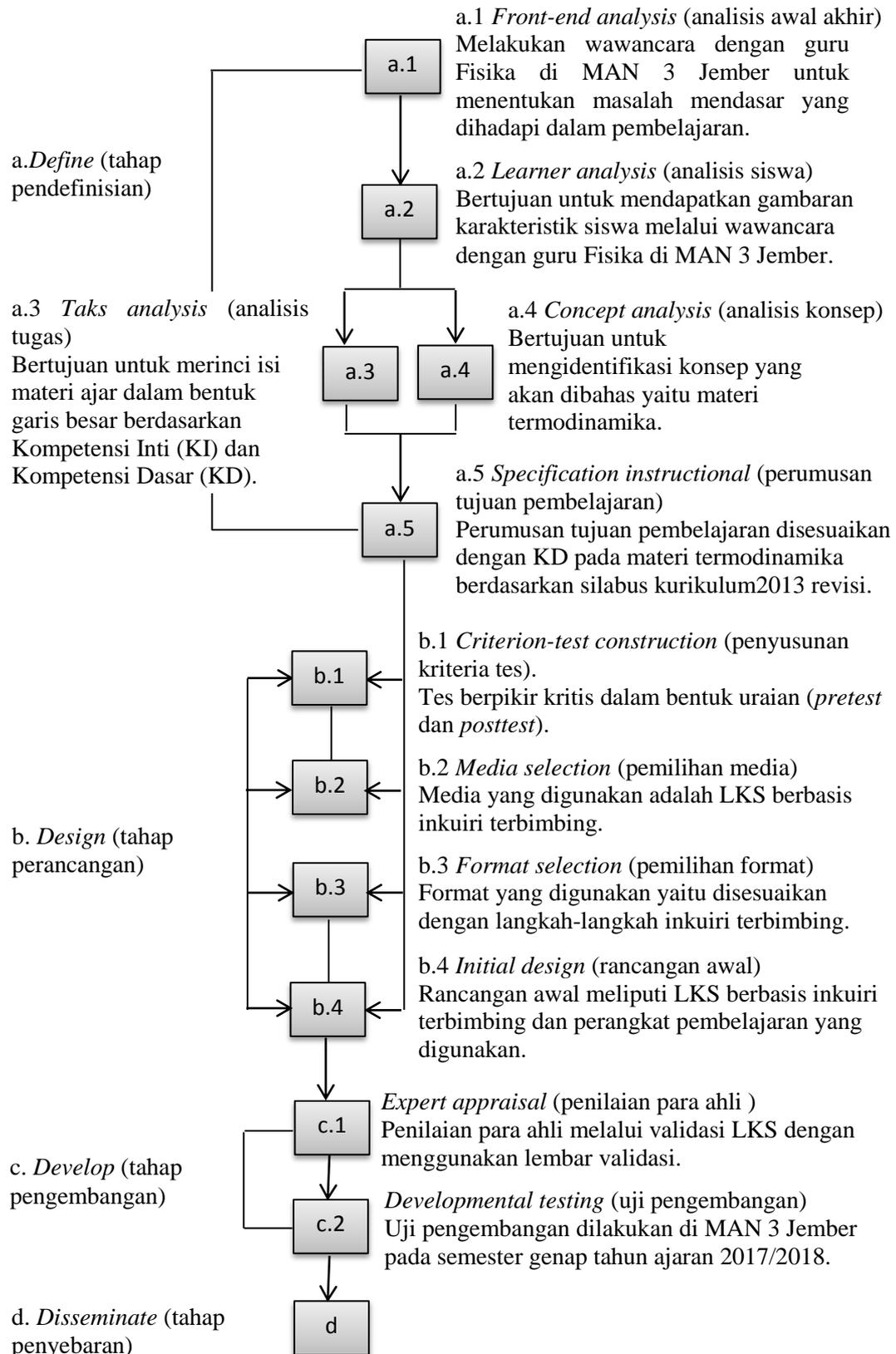
2) Berpikir kritis

Berpikir kritis adalah suatu proses kognisi siswa secara mendalam yang diterapkan pada kegiatan pembelajaran dengan memenuhi indikator-indikator berpikir kritis. Indikator kemampuan berpikir kritis yang digunakan dalam penelitian ini adalah *elementary clarification* (memberikan penjelasan sederhana),

basic support (membangun keterampilan dasar), *inference* (inferensi), *advance clarification* (membuat penjelasan lebih lanjut), dan *strategy and tactics* (strategi dan taktik).

3.4 Prosedur Pengembangan

Prosedur pengembangan yang digunakan dalam pengembangan LKS ini adalah model pengembangan Four-D (4-D), yang terdiri dari empat tahap yaitu *define* (pendefinisian), *design* (perancangan), *develop* (pengembangan), dan *disseminate* (penyebaran). Peneliti memilih menggunakan model pengembangan 4-D dikarenakan model ini mempunyai uraian tahapan-tahapan pelaksanaan yang detail dan sistematis, mudah dipahami, dan dalam tahapannya melibatkan penilaian para ahli (validasi). Selain itu, model pengembangan 4-D merupakan model pengembangan yang cocok digunakan pada pengembangan perangkat pembelajaran. Bentuk alur tahapan pengembangan model 4-D dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 Desain pengembangan model Four-D (Sumber: Thiagarajan, *et al.*, 1974)

3.4.1 *Define* (Tahap Pendefinisian)

Tahap *define* (pendefinisian) adalah tahap untuk menetapkan dan menentukan persyaratan pembelajaran (instruksional). Tahap *define* ini terdiri dari lima langkah pokok, yaitu *front-end analysis* (analisis awal akhir), *learner analysis* (analisis siswa), *taks analysis* (analisis tugas), *concept analysis* (analisis konsep) dan *specifying instructional objectives* (perumusan tujuan pembelajaran). Batasan materi yang ditetapkan adalah termodinamika. Kelima langkah pada tahap ini akan diuraikan sebagai berikut.

a. *Front-end analysis* (analisis awal akhir)

Analisis awal akhir bertujuan untuk menentukan masalah mendasar yang dihadapi dalam pembelajaran, sehingga diperlukan suatu pengembangan LKS. Berdasarkan wawancara dengan guru Fisika yang dilakukan di MAN 3 Jember, diperoleh informasi bahwa bahan ajar yang digunakan berupa buku paket dan LKS yang berasal dari beberapa penerbit. Dalam proses pembelajaran dikelas, guru belum menggunakan model inkuiri terbimbing. Selanjutnya, evaluasi yang digunakan setelah pembelajaran menggunakan soal-soal yang berkaitan dengan materi yang diajarkan. Namun, belum sepenuhnya soal-soal tersebut dapat mengukur kemampuan berpikir kritis siswa. Oleh karena itu, diperlukan bahan ajar yang diharapkan dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa yaitu berupa LKS berbasis inkuiri terbimbing.

b. *Learner analysis* (analisis pembelajar atau analisis siswa)

Analisis siswa merupakan telaah tentang karakteristik siswa yang sesuai dengan desain pengembangan perangkat pembelajaran. Analisis siswa dilakukan untuk mendapatkan gambaran karakteristik siswa, antara lain: (1) tingkat kemampuan atau perkembangan intelektualnya, (2) keterampilan-keterampilan individu atau sosial yang sudah dimiliki dan dapat dikembangkan untuk mencapai tujuan pembelajaran yang ditetapkan (Thiagarajan, *et al.*, 1974:6). Berdasarkan hasil wawancara dengan guru Fisika di MAN 3 Jember, diperoleh informasi bahwa tingkat kemampuan siswa adalah sedang.

c. *Taks analysis* (analisis tugas)

Analisis tugas merupakan kumpulan prosedural untuk menentukan isi dalam satuan pembelajaran (Thiagarajan, *et al.*, 1974:6). Analisis tugas digunakan untuk merinci isi materi ajar dalam bentuk garis besar. Analisis ini memastikan ulasan yang menyeluruh tentang tugas dalam materi pelajaran. Pada analisis tugas ini, materi ajar akan diuraikan secara garis besar berdasarkan Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD) materi pokok bahasan termodinamika dalam kurikulum 2013 revisi, dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut.

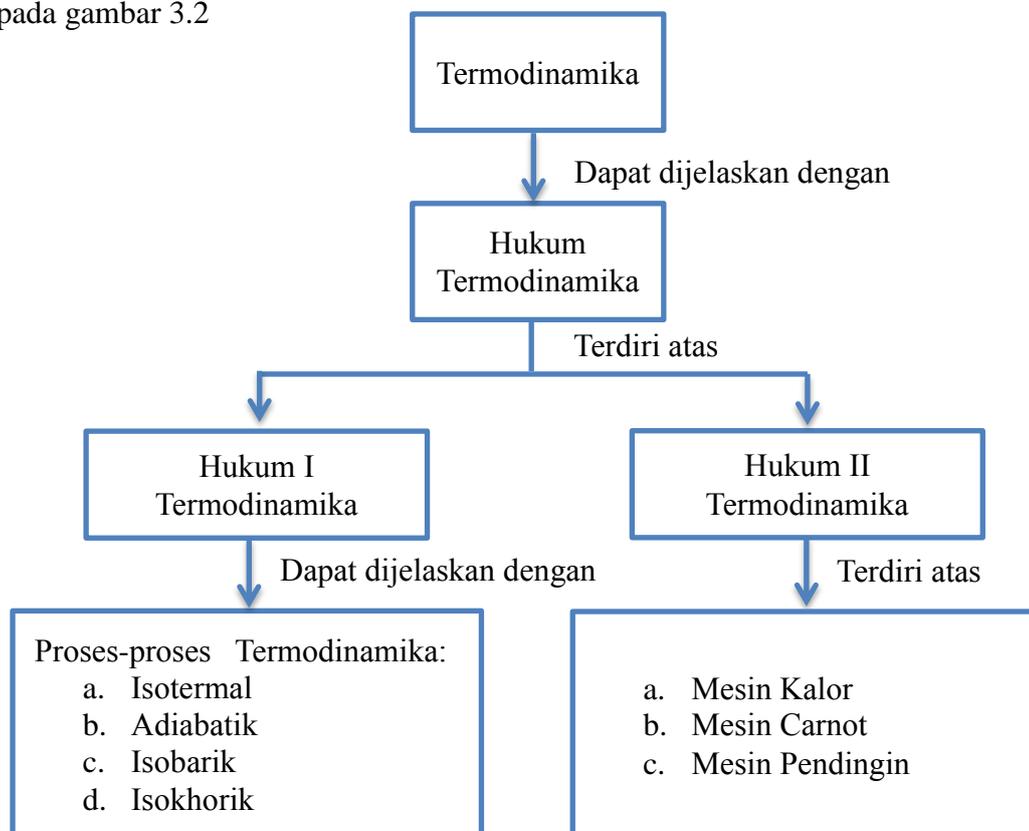
Tabel 3.1 Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar

No.	Kompetensi Inti	Kompetensi Dasar
1.	KI-1 : Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.	1.1 Mengagumi keteraturan dan kompleksitas ciptaan Tuhan tentang aspek fisik dan kimiawi, kehidupan dalam ekosistem, dan peranan manusia dalam lingkungan serta mewujudkan dalam pengalaman ajaran agama yang dianutnya.
2.	KI-2 : Menunjukkan perilaku jujur, disiplin, tanggungjawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan pro-aktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.	2.1 Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu; objektif; jujur; teliti; cermat; tekun; hati-hati; bertanggung jawab; terbuka; kritis; kreatif; inovatif; dan peduli lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari.
3.	KI-3 : Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang	3.7 Menganalisis perubahan keadaan gas ideal dengan menerapkan Hukum Termodinamika.

	kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minat-nya untuk memecahkan masalah.	
4.	Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkrit dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, serta mampu menggunakan metode sesuai kaidah keilmuan.	4.7 Merencanakan dan melaksanakan percobaan Hukum I, Hukum II Termodinamika.

d. *Concept analysis* (analisis konsep)

Analisis konsep dilakukan untuk mengidentifikasi konsep pokok yang akan diajarkan. Analisis konsep ditujukan untuk menyusun secara matematis konsep-konsep yang relevan berdasarkan analisis awal akhir (Thiagarajan, *et al.*, 1974). Analisis konsep materi termodinamika digunakan untuk memudahkan pengguna memahami materi yang terdapat dalam LKS yang dikembangkan dapat dilihat pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Analisis konsep materi termodinamika

e. *Specifying instructional objectives* (perumusan tujuan pembelajaran)

Perumusan tujuan pembelajaran digunakan untuk merubah analisis konsep dan analisis tugas dalam objek penelitian. Kumpulan objek tersebut menjadi dasar untuk menyusun tes dan merancang perangkat pembelajaran yang kemudian diintegrasikan ke dalam materi perangkat pembelajaran yang akan digunakan oleh peneliti (Thiagarajan, *et al.*, 1974:6).

Peneliti menyusun tujuan pembelajaran sesuai dengan Kompetensi Dasar (KD) pada materi termodinamika berdasarkan silabus kurikulum 2013. Berdasarkan Kompetensi Dasar (KD) tersebut, maka dapat ditentukan indikator dan tujuan pembelajaran yang akan digunakan dalam pengembangan LKS, dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Spesifikasi tujuan pembelajaran

Indikator	Tujuan Pembelajaran
3.7.1 Menjelaskan pengertian sistem dan lingkungan.	3.7.1.1 Melalui LKS berbasis inkuiri terbimbing siswa dapat menjelaskan pengertian sistem.
	3.7.1.2 Melalui LKS berbasis inkuiri terbimbing siswa dapat menjelaskan pengertian lingkungan.
3.7.2 Menjelaskan bunyi Hukum I termodinamika.	3.7.2.1 Melalui LKS berbasis inkuiri terbimbing siswa dapat menyebutkan bunyi Hukum I termodinamika.
	3.7.2.2 Melalui LKS berbasis inkuiri terbimbing siswa dapat menjelaskan Hukum I termodinamika.
3.7.3 Memberikan contoh penerapan Hukum I termodinamika dalam kehidupan sehari-hari.	3.7.3.1 Melalui LKS berbasis inkuiri terbimbing siswa dapat menyelesaikan permasalahan yang berkaitan dengan Hukum I termodinamika.
3.7.4 Menjelaskan proses termodinamika (isotermal, adiabatik, isobarik, isokhorik).	3.7.4.1 Melalui LKS berbasis inkuiri terbimbing siswa dapat menjelaskan proses isotermal.
	3.7.4.2 Melalui LKS berbasis inkuiri terbimbing siswa dapat menjelaskan proses adiabatik.
	3.7.4.3 Melalui LKS berbasis inkuiri terbimbing siswa dapat menjelaskan proses isobarik.
	3.7.4.4 Melalui LKS berbasis inkuiri terbimbing siswa dapat menjelaskan proses isokhorik.
3.7.5 Menggambar grafik hubungan antara P dan V pada proses	3.7.5.1 Melalui LKS berbasis inkuiri terbimbing siswa dapat menggambar grafik hubungan antara P dan V pada proses

isothermal, adiabatik, isobarik, isokhorik.	isothermal.
	3.7.5.2 Melalui LKS berbasis inkuiri terbimbing siswa dapat menggambarkan grafik hubungan antara P dan V pada proses adiabatik.
	3.7.5.3 Melalui LKS berbasis inkuiri terbimbing siswa dapat menggambarkan grafik hubungan antara P dan V pada proses isobarik.
	3.7.5.4 Melalui LKS berbasis inkuiri terbimbing siswa dapat menggambarkan grafik hubungan antara P dan V pada proses isokhorik.
3.7.6 Menganalisis grafik hubungan antara P dan V pada proses isothermal, adiabatik, isobarik, isokhorik.	3.7.6.1 Melalui LKS berbasis inkuiri terbimbing siswa dapat menganalisis hubungan antara P dan V pada proses isothermal.
	3.7.6.2 Melalui LKS berbasis inkuiri terbimbing siswa dapat menganalisis hubungan antara P dan V pada proses adiabatik.
	3.7.6.3 Melalui LKS berbasis inkuiri terbimbing siswa dapat menganalisis hubungan antara P dan V pada proses isobarik.
	3.7.6.4 Melalui LKS berbasis inkuiri terbimbing siswa dapat menganalisis hubungan antara P dan V pada proses isokhorik.
	3.7.6.5 Melalui LKS berbasis inkuiri terbimbing siswa dapat menyelesaikan permasalahan yang berkaitan dengan Proses-proses termodinamika.
3.7.7 Menjelaskan bunyi Hukum II termodinamika.	3.7.7.1 Melalui LKS berbasis inkuiri terbimbing siswa dapat menyebutkan bunyi Hukum II termodinamika.
	3.7.7.2 Melalui LKS berbasis inkuiri terbimbing siswa dapat menjelaskan Hukum II termodinamika.
3.7.8 Menghitung efisiensi mesin Carnot.	3.7.8.1 Melalui LKS berbasis inkuiri terbimbing siswa dapat menjelaskan pengertian mesin Carnot.
	3.7.8.2 Melalui LKS berbasis inkuiri terbimbing siswa dapat menghitung efisiensi pada mesin Carnot.
3.7.9 Menggambar grafik hubungan P dan V yang terjadi pada proses mesin Carnot.	3.7.9.1 Melalui LKS berbasis inkuiri terbimbing siswa dapat menggambarkan grafik hubungan P dan V yang terjadi pada proses mesin Carnot.

3.7.10 Menganalisis proses termodinamika yang terjadi pada mesin Carnot.	3.7.10.1 Melalui LKS berbasis inkuiri terbimbing siswa dapat menganalisis proses termodinamika yang terjadi pada mesin Carnot.
4.7.1 Melaksanakan percobaan Hukum I termodinamika.	4.7.1.1 Melalui LKS berbasis inkuiri terbimbing siswa dapat melakukan percobaan Hukum I termodinamika.
4.7.2 Melaksanakan percobaan proses-proses termodinamika.	4.7.2.1 Melalui LKS berbasis inkuiri terbimbing siswa dapat melakukan percobaan proses-proses termodinamika.
4.7.3 Melaksanakan percobaan Hukum II termodinamika.	4.7.3.1 Melalui LKS berbasis inkuiri siswa dapat melakukan percobaan Hukum II termodinamika.

3.4.2 *Design* (Tahap Perancangan)

Tahap perancangan bertujuan untuk merancang perangkat pembelajaran. Tahap ini terdiri dari empat tahap, yaitu *criterion-test construction* (penyusunan standar tes), *media selection* (pemilihan media), *format selection* (pemilihan format), dan *initial design* (rancangan awal).

a. *Criterion-test construction* (penyusunan kriteria tes)

Penyusunan kriteria tes merupakan langkah selanjutnya setelah tahap pendefinisian. Penyusunan kriteria tes ini disesuaikan dengan tujuan pembelajaran yang menjadi garis besar materi (Thiagarajan, *et al.*, 1974). Tes yang digunakan adalah soal uraian. Ada dua macam tes yang digunakan, yaitu tes untuk mengukur efektivitas LKS dan tes untuk mengukur kemampuan berpikir kritis pada materi termodinamika.

b. *Media selection* (pemilihan media)

Pemilihan media merupakan pemilihan suatu media yang tepat untuk penyajian konten pembelajaran. Proses ini menyesuaikan analisis tugas, analisis konsep dan analisis siswa (Thiagarajan, *et al.*, 1974). Media pembelajaran yang digunakan dalam penelitian ini adalah LKS berbasis inkuiri terbimbing untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. LKS ini merupakan LKS yang

diintegrasikan dengan model inkuiri terbimbing dan diharapkan dapat mengasah kemampuan berpikir kritis siswa.

c. *Format selection* (pemilihan format)

Pemilihan format dalam penelitian ini disesuaikan dengan tujuan pengembangan bahan ajar. Format penyusunan LKS disesuaikan dengan langkah-langkah penulisan LKS berdasarkan rujukan dalam bab 2. LKS yang dikembangkan ini memuat langkah-langkah model inkuiri terbimbing yaitu merumuskan masalah, merumuskan hipotesis, mengumpulkan data, menguji hipotesis, dan merumuskan kesimpulan.

d. *Initial design* (rancangan awal)

Rancangan awal adalah penyampaian instruksi penting melalui media yang tepat dan dalam urutan yang sesuai (Thiagarajan, *et al.*, 1974). Rancangan awal merupakan kegiatan yang dilakukan sebelum proses pengembangan LKS, meliputi pembuatan desain, pembuatan halaman muka (cover), penyusunan isi bahan ajar dan penyusunan perangkat pembelajaran lain yang terdiri dari silabus, RPP, soal *pretest* dan *posttest*, dan lembar validasi.

3.4.3 *Develop* (Tahap Pengembangan)

Tahap pengembangan bertujuan untuk menghasilkan suatu produk yang telah direvisi berdasarkan masukan para ahli dan data yang diperoleh dari uji pengembangan. Ada dua kegiatan pada tahap ini yaitu *expert appraisal* (penilaian para ahli) dan *developmental testing* (uji pengembangan).

a. *Expert appraisal* (penilaian para ahli)

Penilaian para ahli merupakan suatu teknik untuk memperoleh saran perbaikan. Sejumlah ahli diminta untuk mengevaluasi dari sudut pandang instruksional dan teknis (Thiagarajan, *et al.*, 1974:8). Penilaian para ahli melalui validasi LKS berbasis inkuiri terbimbing dengan menggunakan lembar validasi. Hasil penilaian para ahli ini digunakan sebagai dasar melakukan revisi atau penyempurnaan LKS yang dikembangkan. Penilaian para ahli pada penelitian pengembangan ini dilakukan oleh dua validator yaitu dua dosen Pendidikan Fisika Universitas Jember.

1) Instrumen dan Metode Perolehan Data

Instrumen validasi yang digunakan adalah lembar validasi berupa *check list* (√). Lembar validasi digunakan untuk memberikan masukan berupa kritik, saran, dan tanggapan terhadap kualitas LKS yang dikembangkan. Lembar validasi ini diberikan kepada validator. Selanjutnya validator memberikan penilaian terhadap LKS yang dikembangkan dengan memberikan tanda *check list* (√) pada bari dan kolom yang sesuai dengan kriteria: (1) tidak valid, (2) kurang valid, (3) cukup valid, (4) valid, (5) sangat valid. Selain itu, validator juga dapat menuliskan hal-hal yang perlu diperbaiki jika terdapat kekurangan untuk menuliskan secara langsung pada bagian saran dan kritik yang telah disediakan. Saran dan kritik dari validator ini digunakan untuk memperbaiki LKS yang dikembangkan agar dapat digunakan pada tahap uji pengembangan.

2) Teknik Analisis Data

Teknik analisis data validasi ahli dan validasi pengguna yaitu dengan menentukan nilai rata-rata total aspek penilaian kevalidan LKS. Langkah-langkah menentukan nilai rata-rata total aspek penilaian kevalidan LKS adalah sebagai berikut:

- a) Melakukan rekapitulasi data penilaian kevalidan LKS ke dalam tabel yang meliputi: aspek (A_i), indikator (I_i), dan nilai V_{ji} untuk masing-masing validator.
- b) Menentukan rata-rata nilai hasil validasi dari semua validator untuk setiap indikator dengan persamaan:

$$I_i = \frac{\sum_{j=1}^n V_{ji}}{n}$$

Keterangan:

V_{ji} = data nilai validator ke-j terhadap indikator ke-i

n = banyaknya validator

- c) Menentukan rerata nilai untuk setiap aspek dengan persamaan:

$$A_i = \frac{\sum_{j=1}^n I_{ji}}{m}$$

Keterangan:

A_{ji} = rerata nilai untuk aspek ke-i

I_{ji} = rerata untuk aspek ke-i indikator ke-j

m = banyaknya indikator dalam aspek ke-i

d) Menentukan nilai rerata total untuk semua aspek dengan persamaan:

$$V_a = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{n}$$

Keterangan:

V_a = nilai rerata total untuk semua aspek

A_i = rerata nilai untuk aspek ke-i

n = banyaknya aspek

Selanjutnya nilai V_a atau rata-rata total ini dirujuk pada interval penentuan tingkat kevalidan LKS sebagai berikut ini:

Tabel 3.3 Kevalidan LKS

Interval	Keterangan
$1 \leq V_a < 2$	Tidak valid
$2 \leq V_a < 3$	Kurang valid
$3 \leq V_a < 4$	Cukup valid
$4 \leq V_a < 5$	Valid
$V_a = 5$	Sangat valid

V_a = nilai penentuan tingkat kevalidan LKS

(Hobri, 2010:52-53)

b. *Developmental Testing* (Uji Pengembangan)

Uji pengembangana merupakan pengujian produk bahan ajar pada sasaran subjek yang sesungguhnya. Uji pengembangan ini dilakukan pada siswa kelas XI IPA 2 MAN 3 Jember.

1) Instrumen dan Metode Perolehan Data

a) Efektivitas

Instrumen yang digunakan untuk mengetahui efektivitas LKS yang dikembangkan yaitu tes. Tes ini berupa *pretest* dan *posttest*. Soal *pretest* digunakan untuk mendapatkan data pengetahuan awal siswa sebelum kegiatan pembelajaran, sedangkan soal *posttest* digunakan untuk mendapatkan data hasil belajar pengetahuan siswa setelah menggunakan LKS yang dikembangkan. Dari

hasil *pretest* dan *posttest* akan didapat hasil pencapaian nilai. Selanjutnya peneliti mengolah data hasil *pre-test* dan *post-test* tersebut untuk mengetahui keefektifan LKS yang dikembangkan dengan melihat kriteria perhitungan *N-gain*.

b) Kemampuan berpikir kritis

Instrumen yang digunakan untuk mengetahui kemampuan berpikir kritis siswa setelah menggunakan LKS yang dikembangkan adalah dengan menggunakan tes kemampuan berpikir kritis. Tes kemampuan berpikir kritis ini berupa *pretest* dan *posttest*. *Pretest* dilakukan sebelum proses pembelajaran dan *posttest* dilakukan setelah menggunakan LKS yang dikembangkan. Dari hasil *pre-test* dan *post-test* akan didapat hasil pencapaian nilai. Selanjutnya peneliti mengolah data hasil *pre-test* dan *post-test* tersebut untuk mengetahui peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa.

2) Teknik Analisis Data

a) Efektivitas

Untuk mengetahui efektivitas hasil belajar siswa setelah menggunakan LKS yaitu dengan cara menghitung skor *pretest* dan *posttest*. Selanjutnya hasil tersebut dianalisis menggunakan *N-gain score*. Persamaan *N-gain score* dapat dituliskan sebagai berikut:

$$N - gain\ score = \frac{Rerata\ skor\ post\ test - rerata\ skor\ pre\ test}{skor\ total - rerata\ skor\ pre\ test}$$

Selanjutnya hasil dari perhitungan *N-gain score* yang diperoleh dianalisis menggunakan kriteria *N-gain score* dengan kriteria sebagai berikut:

Tabel 3.4 Kriteria *N-gain score*

Nilai <g>	Kriteria
<g> ≥ 0,7	Tinggi
0,7 > <g> ≥ 0,3	Sedang
<g> < 0,3	Rendah

(Sundayana, 2014:173-174)

b) Kemampuan berpikir kritis

Untuk mengetahui besar peningkatan kemampuan berpikir kritis, dilakukan pengolahan menggunakan gain ternormalisasi <g> yang dikembangkan oleh Hake (dalam Purnamasari, *et al.*, 2015).

Berikut ini persamaan $\langle g \rangle$ yaitu:

$$\langle g \rangle = \left(\frac{\% \langle S_f \rangle - \% \langle S_i \rangle}{100\% - \% \langle S_i \rangle} \right)$$

Keterangan:

$\langle g \rangle$ = gain ternormalisasi

$\langle S_i \rangle$ = rata-rata nilai *pre-test*

$\langle S_f \rangle$ = rata-rata nilai *post-test*

Selanjutnya hasil dari perhitungan yang diperoleh dianalisis untuk mengetahui tingkat kemampuan berpikir kritis dengan kriteria sebagai berikut:

Tabel 3.5 Kriteria berpikir kritis

Faktor gain $\langle g \rangle$	Kriteria
$\langle g \rangle \geq 0,7$	Tinggi
$0,7 > \langle g \rangle \geq 0,3$	Sedang
$\langle g \rangle < 0,3$	Rendah

(Astuti, 2015)

3.4.4 *Disseminate* (Tahap Penyebaran)

Tahap penyebaran merupakan suatu tahap akhir dalam penelitian pengembangan ini. Tahap penyebaran dilakukan untuk mempromosikan produk pengembangan agar dapat diterima oleh pengguna. Penyebaran dapat dilakukan melalui sebuah proses penularan kepada para praktisi pembelajaran terkait dalam forum tertentu (Thiagarajan, *et al.*, 1974). Tahap penyebaran ini dilakukan oleh peneliti dengan cara menyebarkan atau memberikan produk LKS berbasis inkuiri terbimbing untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis kepada guru mata pelajaran fisika yang terdapat di sekolah lain supaya dapat dipahami dan digunakan dalam proses pembelajaran. Selain itu, pada tahap ini bertujuan untuk mengetahui tanggapan guru terhadap LKS yang dikembangkan.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil dan pembahasan pengembangan LKS berbasis inkuiri terbimbing untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada materi termodinamika yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

a. Validasi

LKS berbasis inkuiri terbimbing untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada materi termodinamika berdasarkan hasil validasi menunjukkan kategori valid, sehingga LKS ini telah layak digunakan sebagai bahan ajar pada kegiatan pembelajaran. Besar nilai akhir hasil validasi adalah 0,42.

b. Efektivitas Hasil Belajar

LKS berbasis inkuiri terbimbing efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa. Hal ini ditunjukkan dengan adanya peningkatan hasil belajar siswa sebelum dan sesudah menggunakan LKS berbasis inkuiri terbimbing dalam kategori sedang. Artinya, peningkatan efektivitas hasil belajar siswa sudah cukup baik dan mencapai kriteria yang diharapkan peneliti. Besar peningkatan (*N-gain*) tersebut adalah 0,48. Berdasarkan hasil tersebut diperoleh bahwa LKS berbasis inkuiri terbimbing efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa.

c. Kemampuan Berpikir Kritis

LKS berbasis inkuiri terbimbing dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis. Kemampuan berpikir kritis siswa setelah menggunakan LKS berbasis inkuiri terbimbing mengalami peningkatan (*N-gain* $<g>$) sebesar 0,37 dengan kategori sedang. Artinya, peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa sudah cukup baik dan mencapai kriteria yang diharapkan peneliti. Berdasarkan hasil tersebut diperoleh bahwa LKS berbasis inkuiri terbimbing dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengembangan LKS berbasis inkuiri terbimbing untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada materi termodinamika, maka saran yang diberikan sebagai berikut:

a. Bagi Pihak Sekolah

Pihak sekolah dapat mendukung dan memberikan motivasi guru untuk mengembangkan dan menggunakan LKS berbasis inkuiri terbimbing untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada materi lain dengan inovasi dan kreativitas sesuai dengan karakteristik siswa.

b. Bagi Guru

Penulis berharap guru dapat mengembangkan LKS berbasis inkuiri terbimbing pada materi atau bab lainnya untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

c. Bagi Peneliti Lainnya

Penggunaan LKS berbasis inkuiri terbimbing disekolah perlu adanya bimbingan pada awal sebelum dilakukan pembelajaran. Selain itu, juga harus diperhatikan waktu dalam proses pembelajaran agar lebih efektif dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, S. 2013. *Instrumen Perangkat Pembelajaran*. Bandung: PT. Remaja Rosda Karya.
- Astuti, H. Y. 2015. Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Discovery Learning Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA. *Skripsi*. Semarang: Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Negeri Semarang.
- Astutik, S., E. Susantini, Madlazim, dan M. Nur. 2017. Effectiveness Of Collaborative Students Worksheet To Improve Student's Affective Scientific Collaborative And Science Process Skills (SPS). *International Journal of Education and Research*. 5(1): 151
- Astutik, S., E. Susantini, Madlazim, dan M. Nur. 2016. Validity Of Collaborative Creativity (CC). ResearchGate. Publisher. <https://www.researchgate.net/publication/313071169>
- Astutik, S., M. Nur, dan E. Susantini. 2015. Pengembangan Model Hipotetik untuk Mengajarkan Keterampilan Kreativitas Ilmiah Siswa pada Pembelajaran IPA. *Prosiding Seminar Nasional*. 30-31 Mei 2015 : 959-968.
- Azwar, S. 1986. *Reliabilitas dan Validitas: Interpretasi dan Komputasi*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Bansal, N. 2017. Work Done During Isothermal Expansion. <http://www.askiitians.com/iit-jee-thermal-physics/work-done-during-isothermal-expansion.html> [Diakses pada 5 November 2017].
- Belawati, T. 2003. *Pengembangan Bahan Ajar*. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Damayanti, D. S., N. Ngaizah, E. Setyadi. 2013. Pengembangan Lembar Kerja Siswa (LKS) dengan Pendekatan Inkuiri Terbimbing Untuk Mengoptimalkan Kemampuan Berpikir Kritis pada Materi Listrik Dinamis SMA Negeri 3 Purwoejo Kelas Tahun Pelajaran 2012/2013. *Radiasi*. 3(1): 61.

- Dimiyati dan Mudjiono. 2002. *Belajar dan Pembelajaran*. Jakarta: Rineka Cipta
- Ennis, R. H. 1996. *Critical Thinking*. New Jersey: Simon and Schus and Curriculum Development.
- Falahudin, I., I. Wigati, dan A. Pujiastuti. 2016. Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa pada Pembelajaran Materi Pengelolaan Lingkungan di SMP Negeri 2 Tanjung Lago. *Jurnal Bioilmi*. 2(2): 9.
- Fathurrohman, M. 2015. *Model-model Pembelajaran Inovatif : Alternatif Desain Pembelajaran yang Menyenangkan*. Jogjakarta : Ar-Ruzz Media.
- Fisher, A. 2009. *Berpikir Kritis: Sebuah Pengantar*. Jakarta: Erlangga
- Giancoli, D. C. 2014. *Fisika: Prinsip dan Aplikasi*. Jakarta: Erlangga.
- Giancoli, D.C. 2001. *Fisika Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Halliday, D., R. Resnick, dan J. Walker,. 2010. *Fisika Dasar Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Heong, Y. M., Yunos, J. M., Hassan, R. B., Othman, W. B., Kiong, T. T. 2011. The Perception of The Level of Higher Order Thinking Skills among Technical Education Students. *International Conference on Social Science and Humanity Journal*. 5(2): 281.
- Himah, F. 2016. Pengembangan Instrumen Tes Computer Based Test-Higher Order Thinking (CBT-HOT) Pada Mata Pelajaran Fisika di SMA. *Skripsi*. Jember : Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jember.
- Hobri. 2010. *Metodologi Penelitian Pengembangan (Aplikasi Pada Penelitian Pendidikan Matematika)*. Jember: Pena Salsabila.
- Januszewski, A., dan M. Molenda. 2008. *Educational technology a definition with commentary*. New York: Lawrence erlbaum associates taylor dan francis group 270 Avenue .
- Jauhar, M. 2011. *Implementasi PAIKEM dari Behavioristik sampai Konstruktivistik*. Jakarta: Prestasi Pustakaraya.

- Jufri, A. W. 2013. *Belajar dan Pembelajaran Sains*. Bandung: Pustaka Reka Cipta.
- Krulik, S., dan Rudnik, J. A. 1996. *The New Source Book Teaching Reasoning and Problem Solving in Junior and Senior High School*. Massachusetts: Allyn & Bacon.
- Moran, M. J., dan H. N. Shapiro. 2004. *Termodinamika Teknik Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Nieveen, N.1999. Prototyping to Reach Product Quality Dalam Jan van den Akker, Robert Maribe Branch, Kent Gustafson, Nienke Nieveen, Tjeerd Plomp (Eds). *Design Approaches and Tool in Education and Training*.
- Prastowo, A. 2014. *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. Jogjakarta: Diva Press.
- Prastowo, A. 2016. *Pengembangan Bahan Ajar Tematik*. Jakarta: Kencana
- Priono, A., A. B. Mulyanto, dan Nurhayati. 2015. Penerapan Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas XI SMA Negeri 3 Lubuklinggau Tahun Pelajaran 2014/2015.<http://mahasiswa.mipastkipllg.com/repository/jurnal%20agus.pdf>. [Diakses pada 19 Oktober 2017].
- Purnamasari, N. E., I. Kaniawati, E. Suhendi, dan P. Siahaan. 2015. Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Pembelajaran Perpindahan Kalor Melalui Multimedia Komputer. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (SiNaFi)*. 21 November 2015.
- Rahmawati, I., A. Hidayat, dan S. Rahayu. 2016. Analisis Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMP Pada Materi Gaya dan Penerapannya. *Prosiding Semnas Pendidikan Pasccasarjana*. 1: 1112.
- Reigeluth, C. M. dan A. C. Chellman. 2009. *Instructional-Design theories and models volume III, Building a Common Knowledge Base*. New York: Taylor & Francis.
- Sanjaya, W. 2006. *Strategi Pembelajaran Berorientasi Standar Proses Pendidikan*. Jakarta : Kencana Prenada Media Group.

- Shoimin, A. 2014. *68 Model Pembelajaran Inovatif dalam Kurikulum 2013*. Yogyakarta : Ar-Ruzz
- Sihotang, K., F. Rima, B. Molan, A. A. Ujan, dan R. Ristyantoro. 2012. *Critical Thinking Membangun Pemikiran Logis*. Jakarta: Pustaka Sinar Harapan
- Sudjana, N. 2010. *Dasar-dasar Proses Mengajar*. Bandung: Sinar Baru Algesindo
- Sunardi, P. Retno, dan A. B. Darmawan. 2016. *Fisika*. Bandung: Yrama Widya
- Sundayana, R. 2014. *Statistika Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.
- Suprijono, A. 2016. *Model-model Pembelajaran Emansipatoris*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar
- Suryosubroto. 2009. *Proses Belajar Mengajar di Sekolah*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Thiagarajan, S., S. D. Semmel, dan M. I. Semmel. 1974. *Instructional Development for Training Teacher of Exceptional Children*. Minnesota: University of Minnesota.
- Trianto. 2007. *Model-model Pembelajaran Inovatif Berorientasi Konstruktivistik*. Jakarta: Prestasi Pustaka.
- Trianto. 2010. *Mendesain Model Pembelajaran Inovatif-Progresif*. Jakarta: Kencana.
- Waenana. 2007. *Termodinamika*. Jakarta:Universitas Terbuka
- Wahyuni, S. 2015. Pengembangan Bahan Ajar IPA untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMP. *Jurnal Materi dan Pembelajaran Fisika (JMPF)*. 5(2):48.
- Warsita, B. 2008. *Teknologi Pembelajaran Landasan dan Aplikasinya*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Wenning, C. J . 2011. The Levels of Inquiry Model of Science Teaching. *Journal of Physics Teacher Education Online*. 6 (2):12 – 13

- Wijdajanti, E. 2008. Kualitas Lembar Kerja Siswa. *Makalah Kuliah Umum*. Yogyakarta: Pelatihan Penyusunan LKS Mata Pelajaran Kimia Berdasarkan Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan Bagi Guru SMK/MAK. 2 Agustus.
- Winarto, G. H. 2016. Pengembangan Bahan Ajar Fisika Kontekstual Berbasis Socratic Question Pada Materi Termodinamika untuk Mengembangkan Kemampuan Berpikir Kritis Fisika Siswa SMA Kelas XI. *Tesis*. Malang : Universitas Malang.
- Zubaidah, S. 2015. Asesmen Berpikir Kritis Terintegrasi Tes Essay. *Proceedings Symposium on Biology Education*. 4 April 2015 : 200

Lampiran A. Matrik Penelitian

MATRIK PENELITIAN

JUDUL	TUJUAN PENELITIAN	JENIS PENELITIAN	SUMBER DATA	TEKNIK PENGAMBILAN DATA	ANALISIS DATA	ALUR PENELITIAN
Pengembangan LKS berbasis inkuiri terbimbing untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada materi Termodinamika di MAN	<ol style="list-style-type: none"> Mengkaji validitas LKS berbasis inkuiri terbimbing untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada materi Termodinamika di MAN. Mengkaji efektivitas hasil belajar LKS berbasis inkuiri terbimbing untuk meningkatkan kemampuan 	Jenis penelitian adalah Penelitian Pengembangan	<ol style="list-style-type: none"> Validitas : Dosen Pendidikan Fisika. Eektivitas hasil belajar: <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i>. Kemampuan berpikir kritis : <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> Uji Pengembangan: Siswa MAN 3 Jember kelas XI IPA 2 	<ol style="list-style-type: none"> Lembar validasi Tes (<i>pretest</i> dan <i>posttest</i>) 	<ol style="list-style-type: none"> Validitas LKS $V_a = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{n}$ Keterangan: V_a = nilai rerata total untuk semua aspek A_i = rerata nilai untuk aspek ke-i n = banyaknya aspek Efektivitas hasil belajar LKS $N - gain\ score = (Rerata\ skor\ posttest - rerata\ skor\ pretest) / (skor\ total - rerata\ skor\ pretest)$ Kemampuan berpikir kritis 	<ol style="list-style-type: none"> <i>Define</i> (tahap pendefinisian) adalah tahap untuk menetapkan dan menentukan persyaratan pembelajaran (instruksional) <i>Design</i> (tahap perancangan) bertujuan untuk merancang perangkat pembelajaran <i>Develop</i> (tahap pengembangan), terdiri dari dua kegiatan yaitu penilaian para

	berpikir kritis pada materi Termodinamika di MAN. 3. Mengkaji peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa setelah menggunakan LKS berbasis inkuiri terbimbing pada materi Termodinamika di MAN.		5. Kepustakaan		$\langle g \rangle = \left(\frac{\% \langle S_f \rangle - \% \langle S_i \rangle}{100\% - \% \langle S_i \rangle} \right)$ Keterangan: $\langle g \rangle$ = gain ternormalisasi $\langle S_i \rangle$ = rata-rata nilai <i>pretest</i> $\langle S_i \rangle$ = rata-rata nilai <i>posttest</i>	ahli dan uji pengembangan. 4. <i>Disseminate</i> (tahap penyebaran) dilakukan dengan menyebarkan produk yang telah dikembangkan.
--	--	--	----------------	--	---	---

Menyetujui,
Dosen Pembimbing Utama

Menyetujui,
Dosen Pembimbing Anggota

Dr. Sri Astutik, M.Si
NIP. 19670610 199203 2 002

Drs. Maryani, M.Pd
NIP.19640707 198902 1 002

Lampiran B. Data Hasil Validasi

B.1 Data Analisis Hasil Validasi

No.	Kriteria Penilaian	Validator		I _i	A _i
		V1	V2		
A. Kelayakan Isi					
1.	Kelengkapan Materi	4	4	4	4
2.	Keluasan Materi	4	4	4	
3.	Kedalaman Materi	4	4	4	
4.	Keakuratan Konsep dan Definisi	5	4	4,5	
5.	Keakuratan Data dan Fakta	4	4	4	
6.	Keakuratan Notasi, Simbol, dan Ikon	4	5	4,5	
7.	Materi disajikan sesuai dengan format inkuiri terbimbing	4	4	4	
8.	Menggunakan contoh kasus (pendahuluan) yang dapat melatih kemampuan berpikir kritis siswa	3	3	3	
B. Kelayakan Penyajian					
1.	Konsistensi Sistematika Sajian dalam Kegiatan Belajar	4	4	4	4,2
2.	Keruntutan Konsep	4	5	4,5	
3.	Kelengkapan Komponen LKS	4	4	4	
4.	Keterlibatan Peserta Didik	5	4	4,5	
5.	Ketertautan antar kegiatan belajar/sub kegiatan belajar	4	4	4	
C. Kelayakan Kegrafikan					
1.	Kesesuaian Ukuran LKS dengan Standar	4	4	4	3,875
2.	Penampilan Unsur Tata Letak pada LKS	4	3	3,5	
3.	Penempatan Unsur Tata Letak Konsistensi Berdasarkan Pola	4	4	4	
4.	Judul Kegiatan Belajar, Subjudul Kegiatan Belajar, dan Angka Halaman	4	4	4	
D. Kelayakan Bahasa					
1.	Keefektifan Kalimat	5	4	4,5	4
2.	Pemahaman terhadap Pesan atau Informasi	4	4	4	
3.	Kemampuan Memotivasi Peserta Didik	4	4	4	
4.	Kesesuaian dengan Perkembangan Intelektual Peserta didik	4	4	4	
5.	Ketetapan Tata Bahasa	3	4	3,5	

6.	Konsistensi Penggunaan Istilah	4	4	4	
ΣI_i				92,5	
ΣA_i				16,075	
V_a				4,0188	

a) Menentukan nilai rerata total untuk semua aspek dengan persamaan:

$$V_a = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{n}$$

Keterangan:

V_a = nilai rerata total untuk semua aspek

A_i = rerata nilai untuk aspek ke-i

n = banyaknya aspek

b) Keterangan validator:

V_1 : Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si

V_2 : Dr. Yushardi, S.Si., M.Si

B. 2 Hasil Validasi

**LEMBAR HASIL VALIDASI AHLI LEMBAR KERJA SISWA (LKS)
BERBASIS INKUIRI TERBIMBING UNTUK MENINGKATKAN
KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS PADA MATERI
TERMODINAMIKA DI MAN**
Mata Pelajaran : FISIKA
Materi : Termodinamika

Petunjuk Pengisian

- Berilah tanda *ceklist* (✓) pada kolom nilai sesuai penilaian Bapak/Ibu terhadap LKS yang dikembangkan
- Keterangan nilai, seperti berikut :
1 : Tidak valid
2 : Kurang valid
3 : Cukup valid
4 : Valid
5 : Sangat valid
- Berilah masukan atau saran Bapak/Ibu pada kolom saran guna perbaikan LKS.

No.	Kriteria Penilaian	Nilai				
		1	2	3	4	5
A. Kelayakan Isi						
1.	Kelengkapan Materi				✓	
2.	Keluasan Materi				✓	
3.	Kedalaman Materi				✓	
4.	Keakuratan Konsep dan Definisi					✓
5.	Keakuratan Data dan Fakta				✓	
6.	Keakuratan Notasi, Simbol, dan Ikon				✓	
7.	Materi disajikan sesuai dengan format inkuiri terbimbing				✓	
8.	Menggunakan contoh kasus (pendahuluan) yang dapat melatih kemampuan berpikir			✓		

kritis siswa					
B. Kelayakan Penyajian					
1.	Konsistensi Sistematika Sajian dalam Kegiatan Belajar				✓
2.	Keruntutan Konsep				✓
3.	Kelengkapan Komponen LKS				✓
4.	Keterlibatan Peserta Didik				✓
5.	Ketertautan antar kegiatan belajar/sub kegiatan belajar				✓
C. Kelayakan Kegrafikan					
1.	Kesesuaian Ukuran LKS dengan Standar				✓
2.	Penampilan Unsur Tata Letak pada LKS				✓
3.	Penempatan Unsur Tata Letak Konsistensi Berdasarkan Pola				✓
4.	Judul Kegiatan Belajar, Subjudul Kegiatan Belajar, dan Angka Halaman				✓
D. Kelayakan Bahasa					
1.	Keefektifan Kalimat				✓
2.	Pemahaman terhadap Pesan atau Informasi				✓
3.	Kemampuan Memotivasi Peserta Didik				✓
4.	Kesesuaian dengan Perkembangan Intelektual Peserta didik				✓
5.	Ketetapan Tata Bahasa				✓
6.	Konsistensi Penggunaan Istilah				✓

Kesimpulan Penilaian Secara Umum : (lingkari salah satu yang sesuai)

Tes uraian kemampuan berpikir kritis ini :

1. Belum dapat digunakan dan masih memerlukan konsultasi.
2. Dapat digunakan dengan revisi
3. Dapat digunakan tanpa revisi

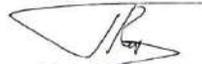
Mohon menuliskan butir-butir revisi pada kolom saran berikut dan atau menuliskan pada naskah.

Saran:

*Dapat digunakan dengan revisi
grafik satuan belum ada dan modul*

Jember, 2018

Validator,


W. J. P.
NIP.

**LEMBAR HASIL VALIDASI AHLI LEMBAR KERJA SISWA (LKS)
BERBASIS INKUIRI TERBIMBING UNTUK MENINGKATKAN
KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS PADA MATERI**

TERMODINAMIKA DI MAN

Mata Pelajaran : FISIKA

Materi : Termodinamika

Petunjuk Pengisian

1. Berilah tanda *ceklist* (✓) pada kolom nilai sesuai penilaian Bapak/Ibu terhadap LKS yang dikembangkan
2. Keterangan nilai, seperti berikut :
1 : Tidak valid
2 : Kurang valid
3 : Cukup valid
4 : Valid
5 : Sangat valid
3. Berilah masukan atau saran Bapak/Ibu pada kolom saran guna perbaikan LKS.

No.	Kriteria Penilaian	Nilai				
		1	2	3	4	5
A. Kelayakan Isi						
1.	Kelengkapan Materi				✓	
2.	Keluasan Materi				✓	
3.	Kedalaman Materi				✓	
4.	Keakuratan Konsep dan Definisi				✓	
5.	Keakuratan Data dan Fakta				✓	
6.	Keakuratan Notasi, Simbol, dan Ikon					✓
7.	Materi disajikan sesuai dengan format inkuiri terbimbing				✓	
8.	Menggunakan contoh kasus (pendahuluan) yang dapat melatih kemampuan berpikir		✓			

	kritis siswa					
B. Kelayakan Penyajian						
1.	Konsistensi Sistematika Sajian dalam Kegiatan Belajar				✓	
2.	Keruntutan Konsep					✓
3.	Kelengkapan Komponen LKS				✓	
4.	Keterlibatan Peserta Didik				✓	
5.	Keterkaitan antar kegiatan belajar/sub kegiatan belajar				✓	
C. Kelayakan Kegrafikan						
1.	Kesesuaian Ukuran LKS dengan Standar				✓	✓
2.	Penampilan Unsur Tata Letak pada LKS			✓		
3.	Penempatan Unsur Tata Letak Konsistensi Berdasarkan Pola					✓
4.	Judul Kegiatan Belajar, Subjudul Kegiatan Belajar, dan Angka Halaman					✓
D. Kelayakan Bahasa						
1.	Keefektifan Kalimat					✓
2.	Pemahaman terhadap Pesan atau Informasi					✓
3.	Kemampuan Memotivasi Peserta Didik					✓
4.	Kesesuaian dengan Perkembangan Intelektual Peserta didik					✓
5.	Ketetapan Tata Bahasa					✓
6.	Konsistensi Penggunaan Istilah					✓

Kesimpulan Penilaian Secara Umum : (lingkari salah satu yang sesuai)

Tes uraian kemampuan berpikir kritis ini :

- 1) Belum dapat digunakan dan masih memerlukan konsultasi.
- 2) Dapat digunakan dengan revisi
- 3) Dapat digunakan tanpa revisi

Mohon menuliskan butir-butir revisi pada kolom saran berikut dan atau menuliskan pada naskah.

Saran: *Wacana*

- 1) Cara salain pilih balasan yang membuat teman yang ada bisa ber pikir kritis
- 2) Sebelum membuat atau pertanyaan pertanyaan yang menantang
- 3) Jangan pada minda PPT di perjelas atau diperbesar

Jember, 24-07-2018

Validator,

[Signature]

Dr. Yushanah

NIP.196504201995121001

Lampiran C. Data Efektivitas Hasil Belajar Siswa

C.1 Data Efektivitas Hasil Belajar Setiap Siswa

No	Nama Siswa	Nilai Pretest	Nilai Posttest	Nilai Posttest – Nilai Pretest	Nilai Maksimum	Nilai Maks – Nilai Pretest	<i>N-gain</i>	Kriteria
1	ARF	60	73,33	13,33	100	40	0,33	Sedang
2	AWS	26,67	60	33,33	100	73,33	0,45	Sedang
3	ANA	33,33	80	46,67	100	66,67	0,71	Tinggi
4	AL	60	73,33	13,33	100	40	0,33	Sedang
5	BH	26,67	55,33	28,66	100	73,33	0,39	Sedang
6	DW	66,67	80	13,33	100	33,33	0,4	Sedang
7	DMU	33,33	66,67	33,34	100	66,67	0,51	Sedang
8	FUM	26,67	66,67	40	100	73,33	0,54	Sedang
9	F	60	80	20	100	40	0,5	Sedang
10	FIP	66,67	86,67	20	100	33,33	0,6	Sedang
11	HDW	33,33	66,67	33,34	100	66,67	0,51	Sedang
12	MKI	60	80	20	100	40	0,5	Sedang
13	MRD	40	80	40	100	60	0,67	Sedang
14	MDF	20	66,67	46,67	100	80	0,58	Sedang
15	MRF	60	80	20	100	40	0,5	Sedang
16	MIM	26,67	40	13,33	100	73,33	0,18	Rendah
17	NA	46,67	53,33	6,66	100	53,33	0,12	Rendah
18	PS	46,67	80	33,33	100	53,33	0,62	Sedang
19	RK	40	73,33	33,33	100	60	0,55	Sedang

20	RP	66,67	80	13,33	100	33,33	0,4	Sedang
21	RA	26,67	60	33,33	100	73,33	0,45	Sedang
22	RAM	60	80	20	100	40	0,5	Sedang
23	RAM	60	73,33	13,33	100	40	0,33	Sedang
24	SQA	20	80	60	100	80	0,75	Tinggi
25	SDA	60	86,67	26,67	100	40	0,6	Sedang
26	SZA	53,33	80	26,67	100	46,67	0,57	Sedang
27	SM	60	80	20	100	40	0,5	Sedang
28	SAA	66,67	86,67	20	100	33,33	0,6	Sedang
29	SKK	60	80	20	100	40	0,5	Sedang
30	SR	40	73,33	33,33	100	60	0,55	Sedang
31	SF	46,67	60	13,33	100	53,33	0,24	Rendah
32	TFD	33,33	40	6,67	100	66,67	0,11	Rendah
33	UNL	20	80	60	100	80	0,75	Tinggi
34	UH	73,33	86,67	13,34	100	26,67	0,51	Sedang
35	YM	40	73,33	33,33	100	60	0,55	Sedang
36	RUN	60	80	20	100	40	0,5	Sedang
37	MAM	66,67	80	13,33	100	33,33	0,4	Sedang
	Nilai Terendah	20	40	-	-	-	-	-
	Nilai Tertinggi	73,33	86,67	-	-	-	-	-
	Rata-rata	47,20	73,02	-	-	-	-	-
<i>N-gain</i>							0,48	Sedang

C.2 Contoh Efektivitas Hasil Belajar Siswa

Pretest Terendah

Nama: Cahayana Qurrotu A'yun
Kelas: XI IPA 2/24

20

- 7). a). - Proses isothermal adalah proses yang dialami gas pada suhu tetap
 z - Proses isokhorik adalah proses termodinamika yang dialami gas pada volume tetap

B). $T_1 = 150^\circ\text{C}$
 1. $T_2 = 27^\circ\text{C}$

$$\frac{3}{15} \times 100 = 20$$

Pretest Tertinggi

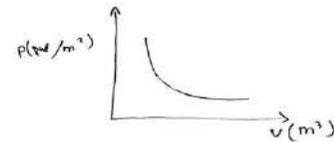
Nama: Jswatun Hasanah
Kelas: XI IPA 2/34

6. a. Q = positif (+)
 b. w = negatif (-)
 c. Diket = $Q = 2000 \text{ joule}$
 $w = 2500 \text{ joule}$
 3. Dit = $\Delta U = \dots ?$
 Jawab =
 $Q = w + \Delta U$

73.33

7. a). - Proses isothermal adalah proses termodinamika yang dialami suatu gas pada suhu yang tetap
 b - Proses isokhorik adalah proses termodinamika yang dialami gas pada volume tetap
 3. b. Grafik P-V

$$\frac{11}{15} \times 100 = 73.33$$



- B. Diket = $T_1 = 150^\circ\text{C} = 423 \text{ K}$
 $T_2 = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$
 5. Ditanya = $\eta = \dots ?$
 Jawab = $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \times 100 \%$

$$= \left(1 - \frac{300}{423}\right) \times 100 \%$$

$$= \frac{123}{423} \times 100 \%$$

$$= 29 \%$$

Posttest Terendah

Mah. Liris Maghfiraon XI IPA 2/16 40

6. Diket $Q = 1000 \text{ Joule}$
 $W = 1500 \text{ Joule}$
 Ditanya $\Delta U = ?$

2. a) Proses isotermlal = proses pada suhu tetap
 b)

3. Hubungan antara P dan V adalah berbanding terbalik, semakin besar Volume, maka tekanan juga semakin besar

2. Diket $T_1 = 400^\circ\text{C} = 673 \text{ K}$
 $T_2 = 70^\circ\text{C} = 343 \text{ K}$

Ditanya $\eta = \dots ?$

$\frac{13}{15} \times 100 = 86,67$

Posttest Tertinggi

Nama : Siti Ayu Agustini 86,67
 Kelas : XI IPA 2 / 28

1 a). - proses isokhorik adalah proses termodinamika pada volume tetap.
 - proses isotermlal adalah proses termodinamika pada suhu tetap.

b).

4. Hubungan antara P dan V adalah berbanding terbalik, sehingga semakin besar volume maka tekanan yang dihasilkan akan semakin kecil.

3. Diketahai : $T_1 = 400^\circ\text{C} = 673 \text{ K}$
 $T_2 = 70^\circ\text{C} = 343 \text{ K}$
 Ditanya : $\eta = \dots ?$

Jawab :

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

$$= \left(1 - \frac{343}{673}\right) \times 100\%$$

$$= \frac{330}{673} \times 100\%$$

$$= 49\%$$

5

6 a). $Q = \text{positif}$
 b). $w = \text{negatif}$
 c). Diketahai : $Q = 1000 \text{ joule}$
 $W = 1500 \text{ joule}$

4. Ditanya : $\Delta U = \dots ?$
 Jawab :

$$Q = W + \Delta U$$

$$1000 = -1500 + \Delta U$$

$$1000 + 1500 = \Delta U$$

$$\Delta U = 2500 \text{ joule}$$

Lampiran D. Data Hasil Tes Berpikir Kritis Siswa

D.1 Data Hasil Tes Berpikir Kritis Setiap Siswa

No	Nama Siswa	Nilai Pretest (S _i)	Nilai Posttest (S _f)	S _f - S _i	Nilai Maksimum	Nilai Maks - S _i	<g>	Kriteria
1	ARF	36	52	16	100	64	0,25	Rendah
2	AWS	56	64	8	100	44	0,18	Rendah
3	ANA	48	80	32	100	52	0,61	Sedang
4	AL	60	76	16	100	40	0,40	Sedang
5	BH	48	56	8	100	52	0,15	Rendah
6	DW	52	60	8	100	48	0,17	Rendah
7	DMU	56	72	16	100	44	0,36	Sedang
8	FUM	20	44	24	100	80	0,30	Sedang
9	F	56	72	16	100	44	0,36	Sedang
10	FIP	44	72	28	100	56	0,50	Sedang
11	HDW	44	56	12	100	56	0,21	Rendah
12	MKI	28	64	36	100	72	0,50	Sedang
13	MRD	52	64	12	100	48	0,25	Rendah
14	MDF	16	52	36	100	84	0,43	Sedang
15	MRF	52	56	4	100	48	0,08	Rendah
16	MIM	32	48	16	100	68	0,23	Rendah
17	NA	48	56	8	100	52	0,15	Rendah
18	PS	48	68	20	100	52	0,38	Sedang
19	RK	52	60	8	100	48	0,17	Rendah

20	RP	40	64	24	100	60	0,40	Sedang
21	RA	44	64	20	100	56	0,36	Sedang
22	RAM	64	92	28	100	36	0,78	Tinggi
23	RAM	48	56	8	100	52	0,15	Rendah
24	SQA	20	80	60	100	80	0,75	Tinggi
25	SDA	32	60	28	100	68	0,41	Sedang
26	SZA	40	60	20	100	60	0,33	Sedang
27	SM	68	76	8	100	32	0,25	Rendah
28	SAA	56	72	16	100	44	0,36	Sedang
29	SKK	44	60	16	100	56	0,28	Rendah
30	SR	56	88	32	100	44	0,73	Tinggi
31	SF	40	52	12	100	60	0,20	Rendah
32	TFD	52	56	4	100	48	0,08	Rendah
33	UNL	16	60	44	100	84	0,52	Sedang
34	UH	44	84	40	100	56	0,71	Tinggi
35	YM	40	60	20	100	60	0,33	Sedang
36	RUN	52	68	16	100	48	0,33	Sedang
37	MAM	44	64	20	100	56	0,36	Sedang
	Nilai Terendah	16	44	-	-	-	-	-
	Nilai Tertinggi	68	92	-	-	-	-	-
	Rata-rata	44,54	64,55	-	-	-	-	-
							0,37	Sedang

D.2 Contoh Hasil Tes Berpikir Kritis Siswa

Pretest Terendah

Nama : M. Dzul Fahmi 119
Kelas : XI IPA 2

16%

① Sistem terisolasi karena sistem tidak terjadi pertukaran kawat dan
2 Materi antara sistem dengan lingkungan.

② Sistem : air
1 lingkungan : lilin

$$\frac{9}{25} \times 100 = 16$$

③ Diketahui $\eta_1 = \frac{1}{6}$
1 $\eta_2 = \frac{1}{3}$

Ditanya : - suhu reservoir tinggi =?
- suhu reservoir rendah =?

Jawab :

Pretest Tertinggi

Sholihatul Masruroh
XI IPA 2 (27)

PRE TEST

(68)

- 1 Pada termos tidak terjadi perpindahan kalor sehingga termasuk contoh sistem terisolasi. Sistem terisolasi adalah sistem yang tidak memungkinkan terjadinya pertukaran kalor dan materi antara sistem dengan lingkungan.
- 2 a) sistem adalah sesuatu yang menjadi pusat pengamatan (air, H₂, O₂, N₂).
b) lingkungan adalah sesuatu yang mempengaruhi sistem (lilin, bola).
c).

3 Diket: $p = 2,0 \text{ atm} = 2,02 \times 10^5 \text{ N/m}^2$
 $V_1 = 10 \text{ L} = 10 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
 $V_2 = 2 \text{ L} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

Ditanya: a) usaha proses BDA
b) Kalor proses BDA

$\frac{17 \times 100}{25} = 68$

Jawab:

a) $w = p \Delta V = p(V_2 - V_1)$
 $= 2,02 \times 10^5 (2 \times 10^{-3} - 10 \times 10^{-3})$
 $= 2,02 \times 10^5 (-8 \times 10^{-3})$
 $= -1,616 \times 10^3 \text{ Joule}$

4 Diket: $\eta_1 = \frac{1}{6}$
 $\eta_2 = \frac{1}{3}$

Ditanya: $T_1 = \dots?$
 $T_2 = \dots?$

Jawab:

$\eta_1 = 1 - \frac{T_2}{T_1}$
 $\frac{1}{6} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$
 $\frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{1}{6} = \frac{5}{6}$

$\eta_2 = 1 - \frac{T_2 - 65}{T_1}$
 $\frac{1}{3} = 1 - \frac{T_2 - 65}{T_1}$
 $\frac{T_2 - 65}{T_1} = 1 - \frac{1}{3} = \frac{2}{3}$
dari $\frac{T_2}{T_1} = \frac{5}{6} \Rightarrow \frac{T_2 - 65}{T_1} = \frac{2}{3}$
 $\frac{5}{6} - \frac{65}{T_1} = \frac{2}{3}$
 $\frac{5}{6} - \frac{2}{3} = \frac{65}{T_1}$
 $\frac{5-4}{6} = \frac{65}{T_1}$
 $\frac{1}{6} = \frac{65}{T_1}$
 $T_1 = 390 \text{ K}$
 $T_2 = 325 \text{ K}$

5) Diket: $T_2 = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$ $Q_1 = 1200 \text{ joule}$
 $T_1 = 227^\circ\text{C} = 500 \text{ K}$

Ditanya: a) $\eta = \dots?$

b) $w = \dots?$

c) $Q_2 = \dots?$

d) Proses ab, bc, cd dan da = ...?

Jawab:

a) $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{300}{500}$
 $= \frac{500 - 300}{500} = \frac{200}{500} \times 100\% = 40\%$

Posttest Terendah

Nama : Fadiah umi M.
Kelas / No. absen : XI IPA 2 / 08

44

- 1) Sistem terisolasi: karena tidak terjadi pertukaran kalor dan materi antara sistem dengan lingkungan.

- 2) a) Sistem : air, gas H_2 , O_2 , N_2
b) Lingkungan : lilin dan bola
c) Tabung : pembatas

- 3) Diket : $p = 30 \text{ atm} = 3,03 \times 10^5 \text{ N/m}^2$
 $V_1 = 12 \text{ L} = 15 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
 $V_2 = 3 \text{ L} = 3 \times 10^{-2} \text{ m}^3$

- Ditanyakan : a) usaha BDA ?
b) Kalor BDA ?

Jawab :

$$a) W = p \Delta V = p (V_2 - V_1)$$

- 4) Diket :

$$\eta = \frac{1}{8} : \eta_2 = \frac{1}{4}$$

Ditanya : $T_1 = \dots ?$

$T_2 = \dots ?$

Jawab :

$$\eta_1 = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$\frac{1}{8} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{1}{8}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{7}{8}$$

$$\frac{11}{25} \times 100 = 44$$

- 5) Diket $T_2 = 23^\circ\text{C} = 296 \text{ K}$

$$T_1 = 230^\circ\text{C} = 503 \text{ K}$$

$$Q_1 = 1000 \text{ J}$$

Ditanya : a) $\eta = \dots ?$

b) $W = \dots ?$

c) $Q_2 = \dots ?$

d) Proses ab, bc, cd dan da $\dots ?$

Jawab :

$$a) \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{296}{503} = 42 \%$$

- d) ab = ekspansi isothermal
bc = ekspansi adiabatik
cd = kompresi isothermal
da = kompresi adiabatik

Posttest Tertinggi

Nama: Rizka Anul Munawaroh
 Kelas: XI IPA
 No. Abs: 22

92

1. - Bagian dalam termos terisolasi dari lingkungan luar, maka tidak terjadi perpindahan kalor sehingga termasuk sistem terisolasi
- 4 - Sistem terisolasi adalah sistem yang tidak terjadi pertukaran kalor dan perpindahan materi antara sistem dengan lingkungan.
2. a). yang berperan sebagai sistem: air, gas H_2 , O_2 , N_2
 Sistem adalah segala objek sesuatu yang menjadi objek pengamatan.
- 5 b). yang berperan sebagai lingkungan: kuli dan bola
 Lingkungan adalah sesuatu diluar sistem atau sesuatu yang mempengaruhi sistem
- c). Tabung berfungsi sebagai dinding pembatas

3. Diket: $P = 3,0 \text{ atm} = 3,03 \times 10^5 \text{ N/m}^2$
 $V_1 = 15 \text{ L} = 15 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
 $V_2 = 3 \text{ L} = 3 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

Ditanya: a) W proses BDA = ...?
 b) Q proses BDA

Jawab:

a). $W = P \Delta V$
 $= 3,03 \times 10^5 (3 \times 10^{-3} - 15 \times 10^{-3})$
 $= 3,03 \times 10^5 (-12 \times 10^{-3})$
 $= -36,36 \times 10^2$
 $= -3636 \times 10^2 \text{ Joule}$

b) $Q = \Delta U + W$
 $Q = 0 + W$
 $Q = W = -363 \times 10^3 \text{ Joule}$

4. Diket: $\eta_1 = \frac{1}{8}$
 $\eta_2 = \frac{1}{4}$

Ditanya: $T_1 = \dots?$
 $T_2 = \dots?$

Jawab: $\eta_1 = 1 - \frac{T_2}{T_1}$
 $\frac{1}{8} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$
 $\frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{1}{8} = \frac{7}{8}$
 $\frac{T_2}{T_1} = \frac{7}{8}$

$\eta_2 = 1 - \frac{T_2 - 50}{T_1}$
 $\frac{1}{4} = 1 - \frac{T_2 - 50}{T_1}$
 $\frac{T_2 - 50}{T_1} = 1 - \frac{1}{4} = \frac{3}{4}$
 $\frac{T_2 - 50}{T_1} = \frac{3}{4}$
 $\frac{T_2}{T_1} = \frac{50}{T_1} + \frac{3}{4}$

$\frac{7}{8} = \frac{50}{T_1} + \frac{3}{4}$
 $\frac{7}{8} - \frac{3}{4} = \frac{50}{T_1}$
 $\frac{7-6}{8} = \frac{50}{T_1}$
 $\frac{1}{8} = \frac{50}{T_1}$
 $T_1 = 400 \text{ K}$

Jadi $T_1 = 400 \text{ K}$ dari $\frac{T_2}{T_1} = \frac{7}{8}$
 $\frac{T_2}{400} = \frac{7}{8}$
 $T_2 = 350 \text{ K}$

5. Diket: $T_2 = 23^\circ\text{C} = 296 \text{ K}$
 $T_1 = 230^\circ\text{C} = 503 \text{ K}$
 $Q_1 = 1000 \text{ Joule}$

Ditanya: a) $\eta = \dots?$
 b) $W = \dots?$
 c) $Q_2 = W = \dots?$
 d) proses ab, bc, cd, dan da = ...?

Jawab:

a. $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{296}{503} = 0,42 \times 100\% = 42\%$

b. $\eta = \frac{W}{Q_1}$
 $0,42 = \frac{W}{1000}$
 $W = 420 \text{ Joule}$

Lampiran E. Data Angket Respon Guru

E.1 Data Angket Respon Guru

No.	Pernyataan	Nilai					Keterangan
		Setuju		Tidak Setuju			
		SS	S	KS	TS	STS	
1.	Tampilan halaman <i>cover</i> LKS menarik	1	1	0	0	0	Positif
	Presentase respon guru	50%	50%	0	0	0	
	Jumlah presentase respon guru	100%		0			
2.	Penempatan tata letak (judul, subjudul, teks, gambar, nomor halaman) LKS konsistensi sesuai dengan pola tertentu	0	2	0	0	0	Positif
	Presentase respon guru	0	100%	0	0	0	
	Jumlah presentase respon guru	100%		0			
3.	Pemilihan jenis huruf, ukuran serta spasi yang digunakan sesuai sehingga mempermudah siswa dalam mempelajari isi LKS	0	2	0	0	0	Positif
	Presentase respon guru	0	100%	0	0	0	
	Jumlah presentase respon guru	100%		0			
4.	Keberadaan gambar dalam LKS dapat menyampaikan isi materi	0	2	0	0	0	Positif
	Presentase respon guru	0	100%	0	0	0	
	Jumlah presentase respon guru	100%		0			
5.	Perpaduan antara gambar dan tulisan dalam LKS dapat menarik perhatian	0	2	0	0	0	Positif

	Presentase respon guru	0	100 %	0	0	0	
	Jumlah presentase respon guru	100%		0			
6.	LKS menggunakan bahasa sesuai dengan tingkat perkembangan siswa	0	2	0	0	0	Positif
	Presentase respon guru	0	100 %	0	0	0	
	Jumlah presentase respon guru	100%		0			
7.	LKS menggunakan bahasa yang komunikatif	0	2	0	0	0	Positif
	Presentase respon guru	0	100 %	0	0	0	
	Jumlah presentase respon guru	100%		0			
8.	LKS menggunakan struktur kalimat yang jelas	0	2	0	0	0	Positif
	Presentase respon guru	0	100 %	0	0	0	
	Jumlah presentase respon guru	100%		0			
9.	LKS menggunakan kalimat yang tidak menimbulkan makna ganda	0	2	0	0	0	Positif
	Presentase respon guru	0	100 %	0	0	0	
	Jumlah presentase respon guru	100%		0			
10.	LKS menggunakan kalimat yang sederhana dan mudah dipahami siswa	0	2	0	0	0	Positif
	Presentase respon guru	0	100 %	0	0	0	
	Jumlah presentase respon guru	100%		0			
11.	Petunjuk kegiatan-kegiatan dalam lembar kegiatan jelas sehingga mempermudah siswa melakukan semua kegiatan yang ada dalam LKS	1	1	0	0	0	Positif
	Presentase respon guru	50%	50%	0	0	0	
	Jumlah presentase respon guru	100%		0			

12.	Materi yang disajikan dalam LKS mencakup semua materi yang terkandung dalam Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD)	1	1	0	0	0	Positif
	Presentase respon guru	50%	50%	0	0	0	
	Jumlah presentase respon guru	100%		0			
13.	Indikator pencapaian kompetensi pembelajaran pada LKS sesuai dengan Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD)	0	2	0	0	0	Positif
	Presentase respon guru	0	100%	0	0	0	
	Jumlah presentase respon guru	100%		0			
14.	Materi yang disajikan dalam LKS membantu siswa untuk mencapai tujuan pembelajaran yang telah diisyaratkan dalam indikator pencapaian kompetensi	0	2	0	0	0	Positif
	Presentase respon guru	0	100%	0	0	0	
	Jumlah presentase respon guru	100%		0			
15.	Materi yang disajikan dalam LKS sesuai dengan tingkat kemampuan siswa	0	2	0	0	0	Positif
	Presentase respon guru	0	100%	0	0	0	
	Jumlah presentase respon guru	100%		0			
16.	LKS memfasilitasi siswa untuk membangun pemahaman berdasarkan pengetahuan yang dimiliki sebelumnya	0	2	0	0	0	Positif
	Presentase respon guru	0	100%	0	0	0	
	Jumlah presentase respon guru	100%		0			
17.	LKS memfasilitasi siswa untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa	0	2	0	0	0	Positif
	Presentase respon guru	0	100	0	0	0	

			%				
	Jumlah presentase respon guru	100%		0			
18.	LKS memfasilitasi siswa untuk menggali informasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan permasalahan	0	2	0	0	0	Positif
	Presentase respon guru	0	100%	0	0	0	
	Jumlah presentase respon guru	100%		0			
19.	Notasi, simbol, dan ikon dalam LKS disajikan secara benar menurut kelaziman	0	2	0	0	0	Positif
	Presentase respon guru	0	100%	0	0	0	
	Jumlah presentase respon guru	100%		0			
20.	LKS mudah diimplementasikan pada proses pembelajaran	0	2	0	0	0	Positif
	Presentase respon guru	0	100%	0	0	0	
	Jumlah presentase respon guru	100%		0			
	Presentase rata-rata	100%		0			Positif

E.2 Contoh Angket Respon Guru

ANGKET RESPON GURU
LEMBAR KERJA SISWA (LKS) BERBASIS INKUIRI TERBIMBING
UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS PADA
MATERI TERMODINAMIKA DI SMA/MA

Mata Pelajaran : FISIKA
 Nama : AKHMAD FAUZUL ALBAB
 Jabatan : GURU
 Sekolah : SMAN PAKUJARI

Dalam rangka pengembangan pembelajaran FISIKA dikelas XI SMA, saya mohon tanggapan Bapak/Ibu terhadap LKS berbasis inkuiri terbimbing untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada materi termodinamika di SMA/MA yang telah dikembangkan.

A. Petunjuk Pengisian

- Berilah tanda *ceklist* (✓) pada kolom sesuai dengan pendapat Bapak/Ibu terhadap LKS yang dikembangkan
- Gunakan kriteria penilaian sebagai berikut untuk memberikan penilaian:
 SS : Sangat Setuju
 S : Setuju
 KS : Kurang Setuju
 TS : Tidak Setuju
 STS : Sangat Tidak Setuju

B. Kolom Respon

No.	Pernyataan	Pilihan Jawaban				
		SS	S	KS	TS	STS
1.	Tampilan halaman cover LKS menarik	✓				
2.	Penempatan tata letak (judul, subjudul, teks, gambar, nomor halaman) LKS konsistensi sesuai		✓			

	dengan pola tertentu					
3.	Pemilihan jenis huruf, ukuran serta spasi yang digunakan sesuai sehingga mempermudah siswa dalam mempelajari isi LKS	✓				
4.	Keberadaan gambar dalam LKS dapat menyampaikan isi materi	✓				
5.	Perpaduan antara gambar dan tulisan dalam LKS dapat menarik perhatian	✓				
6.	LKS menggunakan bahasa sesuai dengan tingkat perkembangan siswa	✓				
7.	LKS menggunakan bahasa yang komunikatif	✓				
8.	LKS menggunakan struktur kalimat yang jelas	✓				
9.	LKS menggunakan kalimat yang tidak menimbulkan makna ganda	✓				
10.	LKS menggunakan kalimat yang sederhana dan mudah dipahami siswa	✓				
11.	Petunjuk kegiatan-kegiatan dalam lembar kegiatan jelas sehingga mempermudah siswa melakukan semua kegiatan yang ada dalam LKS	✓				
12.	Materi yang disajikan dalam LKS mencakup semua materi yang terkandung dalam Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD)	✓				
13.	Indikator pencapaian kompetensi pembelajaran pada LKS sesuai dengan Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD)	✓				
14.	Materi yang disajikan dalam LKS membantu siswa untuk mencapai tujuan pembelajaran yang telah diisyaratkan dalam indikator pencapaian kompetensi	✓				

15.	Materi yang disajikan dalam LKS sesuai dengan tingkat kemampuan siswa	✓			
16.	LKS memfasilitasi siswa untuk membangun pemahaman berdasarkan pengetahuan yang dimiliki sebelumnya	✓			
17.	LKS memfasilitasi siswa untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa	✓			
18.	LKS memfasilitasi siswa untuk menggali informasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan permasalahan	✓			
19.	Notasi, simbol, dan ikon dalam LKS disajikan secara benar menurut kelaziman	✓			
20.	LKS mudah diimplementasikan pada proses pembelajaran	✓			

**ANGKET RESPON GURU
LEMBAR KERJA SISWA (LKS) BERBASIS INKUIRI TERBIMBING
UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS PADA
MATERI TERMODINAMIKA DI SMA/MA**

Mata Pelajaran : FISIKA
 Nama : Agung Setayu, S.Pd
 Jabatan : Guru Mata Pelajaran
 Sekolah : SMA MUH 3 Jember

Dalam rangka pengembangan pembelajaran FISIKA dikelas XI SMA, saya mohon tanggapan Bapak/Ibu terhadap LKS berbasis inkuiri terbimbing untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada materi termodinamika di SMA yang telah dikembangkan.

A. Petunjuk Pengisian

- Berilah tanda *ceklist* (✓) pada kolom sesuai dengan pendapat Bapak/Ibu terhadap LKS yang dikembangkan
- Gunakan kriteria penilaian sebagai berikut untuk memberikan penilaian:
 SS : Sangat Setuju
 S : Setuju
 KS : Kurang Setuju
 TS : Tidak Setuju
 STS : Sangat Tidak Setuju

B. Kolom Respon

No.	Pernyataan	Pilihan Jawaban				
		SS	S	KS	TS	STS
1.	Tampilan halaman <i>cover</i> LKS menarik		✓			
2.	Penempatan tata letak (judul, subjudul, teks, gambar, nomor halaman) LKS konsistensi sesuai		✓			

	dengan pola tertentu				
3.	Pemilihan jenis huruf, ukuran serta spasi yang digunakan sesuai sehingga mempermudah siswa dalam mempelajari isi LKS	✓			
4.	Keberadaan gambar dalam LKS dapat menyampaikan isi materi	✓			
5.	Perpaduan antara gambar dan tulisan dalam LKS dapat menarik perhatian	✓			
6.	LKS menggunakan bahasa sesuai dengan tingkat perkembangan siswa	✓			
7.	LKS menggunakan bahasa yang komunikatif	✓			
8.	LKS menggunakan struktur kalimat yang jelas	✓			
9.	LKS menggunakan kalimat yang tidak menimbulkan makna ganda	✓			
10.	LKS menggunakan kalimat yang sederhana dan mudah dipahami siswa	✓			
11.	Petunjuk kegiatan-kegiatan dalam lembar kegiatan jelas sehingga mempermudah siswa melakukan semua kegiatan yang ada dalam LKS	✓			
12.	Materi yang disajikan dalam LKS mencakup semua materi yang terkandung dalam Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD)	✓			
13.	Indikator pencapaian kompetensi pembelajaran pada LKS sesuai dengan Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD)	✓			
14.	Materi yang disajikan dalam LKS membantu siswa untuk mencapai tujuan pembelajaran yang telah diisyaratkan dalam indikator pencapaian kompetensi	✓			

15.	Materi yang disajikan dalam LKS sesuai dengan tingkat kemampuan siswa	✓			
16.	LKS memfasilitasi siswa untuk membangun pemahaman berdasarkan pengetahuan yang dimiliki sebelumnya	✓			
17.	LKS memfasilitasi siswa untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa	✓			
18.	LKS memfasilitasi siswa untuk menggali informasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan permasalahan	✓			
19.	Notasi, simbol, dan ikon dalam LKS disajikan secara benar menurut kelaziman	✓			
20.	LKS mudah diimplementasikan pada proses pembelajaran	✓			

Lampiran F. Silabus Pembelajaran

SILABUS PEMBELAJARAN

Satuan Pendidikan : MAN 3 Jember
Mata Pelajaran : Fisika
Kelas : XI
Materi : Termodinamika

Kompetensi Inti

1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.
2. Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggungjawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan pro-aktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.
3. Memahami, menerapkan, menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural berdasarkan rasa ingintahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah.
4. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu menggunakan metoda sesuai kaidah keilmuan.

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Indikator	Penilaian			Alokasi Waktu	Sumber Belajar
				Teknik	Bentuk Instrumen	Contoh Instrumen		
<p>3.7 Menganalisis perubahan keadaan gas ideal dengan menerapkan Hukum Termodinamika.</p> <p>4.7 Merencanakan dan melaksanakan percobaan Hukum I, Hukum II Termodinamika.</p>	<p>Termodinamika</p> <p>a.Hukum I Termodinamika</p> <p>b.Proses-proses Termodinamika</p> <p>c.Hukum II Termodinamika</p>	<ul style="list-style-type: none"> Siswa memperhatikan ilustrasi yang diberikan oleh guru, berkaitan dengan materi yang akan diajarkan. Siswa merumuskan masalah sesuai dengan ilustrasi yang diberikan oleh guru. Siswa menyusun hipotesis sesuai dengan rumusan masalah yang dibuat. Siswa mengumpulkan data, menganalisis 	<p>3.7.1 Menjelaskan pengertian sistem dan lingkungan.</p> <p>3.7.2 Menjelaskan bunyi Hukum I termodinamika.</p> <p>3.7.3 Memberikan contoh penerapan Hukum I termodinamika dalam kehidupan sehari-hari.</p> <p>3.7.4 Menjelaskan proses-proses termodinamika (isotermal, adiabatik, isobarik, isokhorik).</p> <p>3.7.5 Meng-</p>	<p>Tes</p> <p>Tes tertulis diawal pembelajaran (<i>pretest</i>) dan diakhir pembelajaran setelah menggunakan LKS berbasis inkuiri terbimbing (<i>posttest</i>).</p>	<p>Soal <i>pretest</i> dan <i>posttest</i> kemampuan berpikir kritis</p>	<p>Terlampir</p>	<p>6 JP</p>	<p>LKS berbasis inkuiri terbimbing</p>

		<p>data, dan menjawab pertanyaan melalui percobaan.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Siswa menguji hipotesis berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan. • Siswa dibimbing guru untuk membuat kesimpulan berdasarkan percobaan yang telah dilakukan. 	<p>gambar grafik hubungan antara P dan V pada proses isothermal, adiabatik, isobarik, isokhorik.</p> <p>3.7.6 Menganalisis grafik hubungan antara P dan V pada proses isothermal, adiabatik, isobarik, isokhorik.</p> <p>3.7.7 Menjelaskan bunyi Hukum II termodinamika.</p> <p>3.7.8 Menghitung efisiensi mesin Carnot.</p> <p>3.7.9 Menggambar grafik hubungan P dan V yang terjadi pada proses mesin Carnot.</p>					
--	--	--	---	--	--	--	--	--

			<p>3.7.10 Menganalisis proses termodinamika yang terjadi pada mesin Carnot.</p> <p>4.7.1 Melaksanakan percobaan Hukum I termodinamika.</p> <p>4.7.2 Melaksanakan percobaan proses-proses termodinamika.</p> <p>4.7.3 Melaksanakan percobaan Hukum II termodinamika.</p>					
--	--	--	---	--	--	--	--	--

Lampiran G. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran

RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN

Satuan Pendidikan : MAN 3 Jember
 Mata Pelajaran : Fisika
 Kelas : XI
 Materi Pokok : Termodinamika
 Alokasi Waktu : 6 JP (6 x 45 menit)

A. Kompetensi Inti, Kompetensi Dasar, dan Indikator Pencapaian Kompetensi

▪ Kompetensi Inti

- KI - 1 : Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya *)
- KI - 2 : Menunjukkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (gotong royong, kerja sama, toleran, damai), santun, responsif, dan pro-aktif sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia. *)
- KI - 3 : Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah
- KI - 4 : Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, serta

mampu menggunakan metoda sesuai kaidah keilmuan

*) dicapai melalui pembelajaran tidak langsung (indirect teaching), yaitu keteladanan, pembiasaan, dan budaya sekolah dengan memperhatikan karakteristik mata pelajaran, serta kebutuhan dan kondisi peserta didik.

▪ **Kompetensi Dasar dan Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK)**

Kompetensi Dasar KI-3	Kompetensi Dasar KI-4
3.7 Menganalisis perubahan keadaan gas ideal dengan menerapkan Hukum Termodinamika..	4.7 Merencanakan dan melaksanakan percobaan Hukum I, Hukum II Termodinamika.
Indikator Pencapaian Kompetensi	Indikator Pencapaian Kompetensi
Pertemuan 1 : <i>Pretest</i>	
Pertemuan 2 : 3.7.1 Menjelaskan pengertian sistem dan lingkungan. 3.7.2 Menjelaskan bunyi Hukum I termodinamika. 3.7.3 Memberikan contoh penerapan Hukum I termodinamika dalam kehidupan sehari-hari.	4.7.1 Melaksanakan percobaan Hukum I termodinamika
Pertemuan 3 : 3.7.1 Menjelaskan proses-proses termo-dinamika (isotermal, adiabatik, isobarik, isokhorik). 3.7.2 Menggambar grafik hubungan antara P dan V pada proses isotermal, adiabatik, isobarik, isokhorik. 3.7.3 Menganalisis grafik hubungan antara P dan V pada proses isotermal, adiabatik, isobarik, isokhorik.	4.7.1 Melaksanakan percobaan proses-proses termodinamika.
Pertemuan 4 : 3.7.1 Menjelaskan bunyi Hukum II Termodinamika. 3.7.2 Menghitung efisiensi mesin	4.7.1 Melaksanakan percobaan Hukum II termodinamika.

<p>Carnot.</p> <p>3.7.3 Menggambar grafik hubungan P dan V yang terjadi pada proses mesin Carnot.</p> <p>3.7.4 Menganalisis proses termodinamika yang terjadi pada mesin Carnot.</p>	
<p>Pertemuan 5 : <i>Posttest</i></p>	

B. Tujuan Pembelajaran

Melalui langkah pembelajaran **Inkuiri Terbimbing** dengan sintak: **orientasi peserta didik, merumuskan masalah, merumuskan hipotesis, mengumpulkan data, menguji hipotesis dan merumuskan kesimpulan.** Peserta didik dapat mencapai kompetensi pengetahuan (menjelaskan, menghitung, menggambar dan menganalisis), keterampilan (mengamati, menyaji, dan mengkomunikasikan), dan sikap (jujur, disiplin, santun, dan tanggungjawab).

C. Materi Pembelajaran

1. Pengetahuan Faktual

- Suhu air ketika dipanaskan akan meningkat dari keadaan awal.
- Air yang dikeluarkan dari mesin pendingin, suhunya akan menurun dari keadaan awal.
- Kalor mengalir dari suhu tinggi ke suhu rendah.

2. Konseptual

- Hukum I Termodinamika
- Proses-proses Termodinamika
- Hukum II Termodinamika

3. Prosedural

- Metode ilmiah

D. Metode Pembelajaran

- Model : Pertemuan 1
 Pertemuan 2 Inkuiri Terbimbing
 Pertemuan 3 Inkuiri Terbimbing
 Pertemuan 4 Inkuiri Terbimbing
 Pertemuan 5
- Metode : Ceramah, Diskusi, Tanya jawab, Eksperimen atau percobaan, Penugasan

E. Media, Alat dan Sumber Belajar

1. Media dan sumber belajar:
 - LKS berbasis inkuiri terbimbing
2. Alat dan bahan:
 - LCD, laptop, papan tulis, spidol

F. Langkah-langkah Pembelajaran

a. Pertemuan 1

Kegiatan/Tahap	Rincian Kegiatan Pembelajaran	Alokasi Waktu
<i>Pretest</i>	<i>Pretest</i>	90 menit

b. Pertemuan 2

Kegiatan/Tahap	Rincian Kegiatan Pembelajaran	Alokasi Waktu
Pendahuluan	<ul style="list-style-type: none"> • Guru membuka pembelajaran dengan mengucapkan salam, berdoa, memeriksa kehadiran siswa. <p>Fase 1 Orientasi peserta didik:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guru melakukan apersepsi kepada siswa dengan memberikan pertanyaan “Apa yang kalian ketahui tentang sistem? Apa yang dimaksud dengan lingkungan?” • Guru menyampaikan tujuan 	10 menit

Kegiatan/Tahap	Rincian Kegiatan Pembelajaran	Alokasi Waktu
Inti	<p style="text-align: center;">pembelajaran</p> <p>Fase 2 Merumuskan masalah</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guru meminta siswa untuk merumuskan masalah yang terdapat dalam LKS berbasis inkuiri terbimbing dengan arahan atau bimbingan guru. Indikator berpikir kritis yang dilatihkan adalah <i>elementary clarification</i> (memberikan penjelasan sederhana) dengan sub indikator berpikir kritis adalah menganalisis argumen. <p>Fase 3 Merumuskan hipotesis</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guru meminta siswa untuk membuat hipotesis sesuai dengan rumusan masalah yang telah dibuat dengan arahan atau bimbingan guru. Indikator berpikir kritis yang dilatihkan adalah <i>elementary clarification</i> (memberikan penjelasan sederhana) dengan sub indikator berpikir kritis adalah menganalisis argumen. <p>Fase 4 Mengumpulkan data</p> <ul style="list-style-type: none"> • Siswa melakukan percobaan sederhana Hukum I termodinamika secara berkelompok dengan arahan atau bimbingan guru. • Siswa mengamati keadaan dan mencatat hasil percobaan • Siswa mendiskusikan hasil percobaan yang dilakukan dan menjawab pertanyaan yang terdapat dalam LKS berbasis inkuiri terbimbing. • Indikator berpikir kritis yang dilatihkan adalah: <ul style="list-style-type: none"> a. <i>Basic support</i> (membangun keterampilan dasar) dengan sub indikator berpikir kritis adalah menganalisis argumen. b. <i>Inference</i> (inferensi) dengan sub indikator berpikir kritis adalah Membuat induksi dan 	70 menit

Kegiatan/Tahap	Rincian Kegiatan Pembelajaran	Alokasi Waktu
	<p>mempertimbangkan hasil induksi.</p> <p>c. <i>Advance clarification</i> (memberikan penjelasan lebih lanjut) dengan sub indikator berpikir kritis adalah mengidentifikasi asumsi-asumsi.</p> <p>Fase 5 Menguji hipotesis</p> <ul style="list-style-type: none"> Siswa menguji hipotesis berdasarkan hasil percobaan yang diperoleh secara berkelompok dengan arahan atau bimbingan guru. Indikator berpikir kritis yang dilatihkan adalah <i>strategy and tactics</i> (mengatur strategi dan taktik) dengan sub indikator berpikir kritis adalah memutuskan suatu tindakan. 	
Penutup	<p>Fase 6 Merumuskan kesimpulan:</p> <ul style="list-style-type: none"> Guru membimbing siswa untuk membuat kesimpulan berdasarkan percobaan yang telah dilakukan. Indikator berpikir kritis yang dilatihkan adalah <i>strategy and tactics</i> (mengatur strategi dan taktik) dengan sub indikator berpikir kritis adalah memutuskan suatu tindakan. Guru meminta siswa mempelajari materi tentang proses-proses termodinamika. 	10 menit

c. Pertemuan 3

Kegiatan/Tahap	Rincian Kegiatan Pembelajaran	Alokasi Waktu
Pendahuluan	<ul style="list-style-type: none"> Guru membuka pembelajaran dengan mengucapkan salam, berdoa, memeriksa kehadiran siswa. <p>Fase 1 Orientasi peserta didik:</p> <ul style="list-style-type: none"> Guru melakukan apersepsi kepada siswa dengan memberikan pertanyaan “Ada berapa proses termodinamika?” 	10 menit

Kegiatan/Tahap	Rincian Kegiatan Pembelajaran	Alokasi Waktu
	<p>Apa saja?"</p> <ul style="list-style-type: none"> Guru menyampaikan tujuan pembelajaran 	
Inti	<p>Fase 2 Merumuskan masalah</p> <p>b. Guru meminta siswa untuk merumuskan masalah yang terdapat dalam LKS berbasis inkuiri terbimbing dengan arahan atau bimbingan guru. Indikator berpikir kritis yang dilatihkan adalah <i>elementary clarification</i> (memberikan penjelasan sederhana) dengan sub indikator berpikir kritis adalah menganalisis argumen.</p> <p>Fase 3 Merumuskan hipotesis</p> <p>c. Guru meminta siswa untuk membuat hipotesis sesuai rumusan masalah yang dibuat dalam LKS berbasis inkuiri terbimbing. Indikator berpikir kritis yang dilatihkan adalah <i>elementary clarification</i> (memberikan penjelasan sederhana) dengan sub indikator berpikir kritis adalah menganalisis argumen.</p> <p>Fase 4 Mengumpulkan data</p> <ul style="list-style-type: none"> Siswa melakukan percobaan proses-proses termodinamika secara berkelompok dengan arahan atau bimbingan guru. Siswa mengamati keadaan dan mencatat hasil percobaan. Siswa mendiskusikan hasil percobaan yang dilakukan dan menjawab pertanyaan yang terdapat dalam LKS berbasis inkuiri terbimbing. Indikator berpikir kritis yang dilatihkan adalah: <ul style="list-style-type: none"> <i>Basic support</i> (membangun keterampilan dasar) dengan sub indikator berpikir kritis adalah menganalisis argumen. <i>Inference</i> (inferensi) dengan sub 	70 menit

Kegiatan/Tahap	Rincian Kegiatan Pembelajaran	Alokasi Waktu
	<p>indikator berpikir kritis adalah Membuat induksi dan mempertimbangkan hasil induksi.</p> <p>c. <i>Advance clarification</i> (memberikan penjelasan lebih lanjut) dengan sub indikator berpikir kritis adalah menidentifikasi asumsi-asumsi</p> <p>Fase 5 Menguji hipotesis</p> <ul style="list-style-type: none"> Siswa menguji hipotesis berdasarkan hasil percobaan yang diperoleh secara berkelompok dengan arahan atau bimbingan guru. Indikator berpikir kritis yang dilatihkan adalah <i>strategy and tactics</i> (mengatur strategi dan taktik) dengan sub indikator berpikir kritis adalah memutuskan suatu tindakan. 	
Penutup	<p>Fase 6 Merumuskan kesimpulan:</p> <ul style="list-style-type: none"> Guru membimbing siswa untuk membuat kesimpulan berdasarkan percobaan yang telah dilakukan. Guru membimbing siswa untuk membuat kesimpulan berdasarkan percobaan yang telah dilakukan. Indikator berpikir kritis yang dilatihkan adalah <i>strategy and tactics</i> (mengatur strategi dan taktik) dengan sub indikator berpikir kritis adalah memutuskan suatu tindakan. Guru meminta siswa mempelajari materi selanjutnya tentang hukum ke-2 termodinamika. 	10 menit

d. Pertemuan 4

Kegiatan/Tahap	Rincian Kegiatan Pembelajaran	Alokasi Waktu
Pendahuluan	<ul style="list-style-type: none"> Guru membuka pembelajaran dengan mengucapkan salam, berdoa, memeriksa kehadiran siswa. <p>Fase 1 Orientasi peserta didik:</p>	10 menit

Kegiatan/Tahap	Rincian Kegiatan Pembelajaran	Alokasi Waktu
	<ul style="list-style-type: none"> • Guru melakukan apersepsi kepada siswa dengan memberikan pertanyaan “Pada Hukum II Termodinamika, dikenal istilah mesin Carnot. Apa yang kalian ketahui tentang mesin Carnot? Ada berapa proses yang dilakukan dalam satu siklus mesin Carnot? Apa sajakah itu?” • Guru menyampaikan tujuan pembelajaran 	
Inti	<p>Fase 2 Merumuskan masalah</p> <p>d. Guru meminta siswa untuk merumuskan masalah yang terdapat dalam LKS berbasis inkuiri terbimbing dengan arahan atau bimbingan guru. Indikator berpikir kritis yang dilatihkan adalah <i>elementary clarification</i> (memberikan penjelasan sederhana) dengan sub indikator berpikir kritis adalah menganalisis argumen.</p> <p>Fase 3 Merumuskan hipotesis</p> <p>e. Guru meminta siswa untuk membuat hipotesis sesuai rumusan masalah yang dibuat dalam LKS berbasis inkuiri terbimbing. Indikator berpikir kritis yang dilatihkan adalah <i>elementary clarification</i> (memberikan penjelasan sederhana) dengan sub indikator berpikir kritis adalah menganalisis argumen.</p> <p>Fase 4 Mengumpulkan data</p> <ul style="list-style-type: none"> • Siswa melakukan percobaan berkaitan dengan Hukum II termodinamika secara berkelompok dengan arahan atau bimbingan guru. • Siswa mengamati keadaan dan mencatat hasil percobaan. • Siswa mendiskusikan hasil percobaan yang dilakukan dan menjawab pertanyaan yang terdapat dalam LKS berbasis inkuiri terbimbing. 	70 menit

Kegiatan/Tahap	Rincian Kegiatan Pembelajaran	Alokasi Waktu
	<ul style="list-style-type: none"> • Indikator berpikir kritis yang dilatihkan adalah: <ol style="list-style-type: none"> a. <i>Basic support</i> (membangun keterampilan dasar) dengan sub indikator berpikir kritis adalah menganalisis arumen. b. <i>Inference</i> (inferensi) dengan sub indikator berpikir kritis adalah Membuat induksi dan mempertimbangkan hasil induksi. c. <i>Advance clarification</i> (memberikan penjelasan lebih lanjut) dengan sub indikator berpikir kritis adalah menidentifikasi asumsi-asumsi <p>Fase 5 Menguji hipotesis</p> <ul style="list-style-type: none"> • Siswa menguji hipotesis berdasarkan hasil percobaan yang diperoleh secara berkelompok dengan arahan atau bimbingan guru. Indikator berpikir kritis yang dilatihkan adalah <i>strategy and tactics</i> (mengatur strategi dan taktik) dengan sub indikator berpikir kritis adalah memutuskan suatu tindakan. 	
Penutup	<p>Fase 6 Merumuskan kesimpulan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guru membimbing siswa untuk membuat kesimpulan berdasarkan percobaan yang telah dilakukan. • Guru membimbing siswa untuk membuat kesimpulan berdasarkan percobaan yang telah dilakukan. Indikator berpikir kritis yang dilatihkan adalah <i>strategy and tactics</i> (mengatur strategi dan taktik) dengan sub indikator berpikir kritis adalah memutuskan suatu tindakan. 	10 menit

e. Pertemuan 5

Kegiatan/Tahap	Rincian Kegiatan Pembelajaran	Alokasi Waktu
<i>Posttest</i>	<i>Posttest</i>	90 menit

G. Teknik Penilaian, Remedial dan Pengayaan

▪ **Teknik Penilaian :**

Aspek	Teknik	Bentuk Instrumen
sPengetahuan	• Tes tertulis	• Soal <i>pretest</i> dan <i>posttest</i>

Jember, 2018

Peneliti,

Awalia Firda Utami

Lampiran 1. Materi

TERMODINAMIKA

Termodinamika adalah ilmu tentang energi, yang secara khusus membahas tentang hubungan antara energi panas dengan kerja. Hukum-hukum termodinamika selalu berkaitan dengan sistem dan lingkungan. Sistem adalah segala sesuatu yang menjadi objek pengamatan (penelitian). Sementara itu, lingkungan adalah segala sesuatu diluar sistem.

a. Hukum I Termodinamika

Energi dalam adalah suatu sifat mikroskopik zat, sehingga energi dalam tidak dapat diukur secara langsung. Yang dapat diukur secara tidak langsung adalah perubahan energi dalam ketika suatu sistem berubah dari keadaan awal 1 ke keadaan akhir 2.

$$\Delta U = U_2 - U_1 \quad (1.1)$$

Perubahan energi dalam ΔU diukur secara tidak langsung dengan menggunakan hukum I termodinamika, yang merupakan hukum kekekalan energi: energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, tetapi dapat dikonversi dari satu bentuk ke bentuk lainnya. Secara umum, hukum ini menyatakan bahwa jumlah kalor Q yang diserap oleh gas sama dengan usaha W yang dilakukan oleh gas dan penambahan energi dalam ΔU . Secara matematis dinyatakan sebagai berikut.

$$Q = W + \Delta U \quad (1.2)$$

Dengan ketentuan, jika:

$Q (+)$: sistem menerima (menyerap) kalor dari lingkungan

$Q (-)$: sistem memberi (melepas) kalor ke lingkungan

$W (+)$: sistem melakukan usaha

$W (-)$: sistem dikenai usaha

b. Proses Termodinamika

1) Proses Isotermal

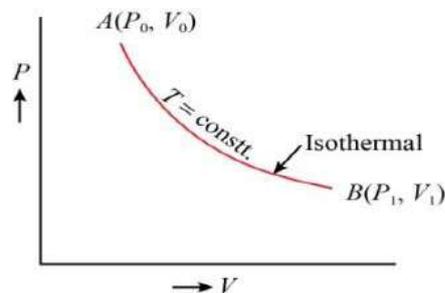
Proses isotermal adalah proses yang dialami gas pada suhu tetap. Usaha yang dilakukan gas pada proses ini tidak dapat dihitung dengan persamaan $W = p\Delta V$. Hal ini dikarenakan tekanannya tidak konstan. Namun dapat diselesaikan dengan melakukan pengintegralan sebagai berikut.

$$W = \int_{V_1}^{V_2} P dV \quad (1.3)$$

Karena $P = \frac{nRT}{V}$, maka:

$$W = \int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT}{V} dV = nRT \int_{V_1}^{V_2} \frac{1}{V} dV = nRT \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right) \quad (1.4)$$

Grafik hubungan antara tekanan (P) dengan volume (V) pada proses isotermal seperti ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.1 Grafik (P-V) proses isotermal (Sumber: <http://www.askiitians.com/iit-jee-thermal-physics/work-done-during-isothermal-expansion.html>)

2) Proses Adiabatik

Proses adiabatik adalah salah satu proses yang terjadi sangat cepat atau terjadi dalam suatu sistem yang terisolasi dengan baik sehingga tidak ada transfer energi panas yang terjadi antara sistem dan lingkungannya. Proses adiabatik ini memenuhi rumus Poisson. Dalam hal ini, hubungan antara tekanan (P) dan volume (V) sebagai berikut.

$$PV^\gamma = \text{konstan} \text{ atau } P_1V_1^\gamma = P_2V_2^\gamma \quad (1.5)$$

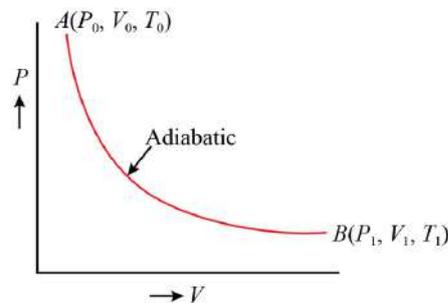
Tetapan Laplace $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$, untuk gas ideal $P = \frac{nRT}{V}$, sehingga pada proses adiabatik untuk gas ideal berlaku persamaan:

$$\begin{aligned} P_1 V_1^\gamma &= P_2 V_2^\gamma \\ \left(\frac{nRT_1}{V_1}\right) V_1^\gamma &= \left(\frac{nRT_2}{V_2}\right) V_2^\gamma \\ T_1 V_1^{\gamma-1} &= T_2 V_2^{\gamma-1} \end{aligned} \quad (1.6)$$

Untuk $C_p > C_v$, maka $\gamma > 1$. Usaha pada proses adiabatik dinyatakan sebagai berikut.

$$W = \frac{1}{\gamma-1} (P_1 V_1 - P_2 V_2) \quad (1.7)$$

Grafik hubungan antara tekanan (P) dengan volume (V) pada proses adiabatik juga melengkung seperti pada proses isotermal, tetapi lengkungannya lebih curam jika dibandingkan dengan grafik P - V proses isotermik, seperti ditunjukkan pada gambar 2.3.



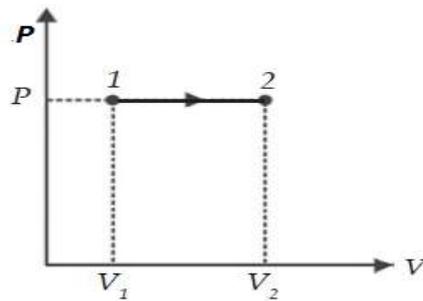
Gambar 2.2 Grafik (P - V) proses adiabatik (Sumber: <http://www.askiitians.com/iit-jee-thermal-physics/work-done-during-isothermal-expansion.html>)

3) Proses Isobarik

Proses yang berlangsung pada tekanan tetap dinamakan proses isobarik. Jika volume gas bertambah, berarti gas melakukan usaha atau usaha gas positif (proses ekspansi). Jika volume gas berkurang, berarti pada gas dilakukan usaha atau usaha negatif (proses kompresi). Usaha yang dilakukan oleh gas pada proses isobarik besarnya sebagai berikut

$$W = p\Delta V = P (V_2 - V_1) \quad (1.8)$$

Usaha yang dilakukan gas terhadap lingkungannya atau kebalikannya sama dengan luas daerah bawah grafik tekanan terhadap volume (grafik P - V) yang ditunjukkan pada gambar 2.4.



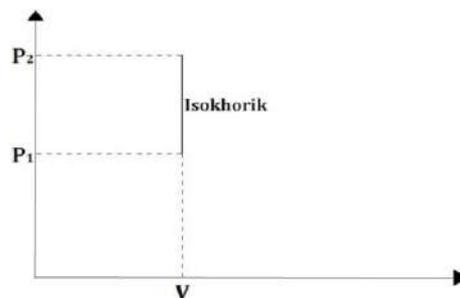
Gambar 2.3 Grafik (P-V) proses isobarik (Sumber: <http://www.askitians.com/iit-jee-thermal-physics/work-done-during-isothermal-expansion.html>)

4) Proses Isokhorik

Jika volume sistem (seperti gas) dipertahankan konstan, sistem tidak dapat melakukan usaha dan jika nilai $W = 0$ dalam Hukum pertama termodinamika maka akan menghasilkan

$$\Delta U = Q \quad (1.9)$$

Jadi jika panas diserap oleh sistem (yaitu, jika Q adalah positif), maka energi internal sistem akan meningkat. Sebaliknya, jika usaha panas hilang selama proses (yaitu, jika Q adalah negatif), maka energi internal sistem akan menurun.



Gambar 2.4 Grafik (P-V) proses isokhorik

c. Hukum II Termodinamika

Hukum termodinamika kedua adalah suatu pernyataan tentang proses mana yang terjadi secara alami dan mana yang tidak. Salah satu pernyataan, oleh Clausius (1822-1888) bahwa “Kalor dapat mengalir secara spontan dari benda panas ke benda dingin, kalor tidak akan mengalir secara spontan dari benda dingin ke benda panas”.

2.1.1 Mesin Carnot

Untuk mencari cara meningkatkan efisiensi, ilmuwan Perancis Sadi Carnot (1796-1832) mempelajari karakteristik mesin ideal (mesin Carnot). Tidak ada mesin Carnot yang benar-benar ada, tetapi sebagai ide teoritis, mesin ini memainkan peran penting dalam perkembangan termodinamika. Mesin Carnot ideal terdiri dari empat proses yang dilakukan dalam satu siklus, dua diantaranya yaitu adiabatik ($Q = 0$) dan dua isothermal ($\Delta T = 0$). Siklus ideal ini diperlihatkan pada Gambar 2.7. Setiap proses dianggap dilakukan secara berlawanan arah, maka setiap proses (misalnya sepanjang pemuaian gas mendorong piston) dilakukan begitu lambat sehingga proses dapat dianggap sebagai sederet keadaan kesetimbangan, dan seluruh proses dapat dilakukan berlawanan arah tanpa mengubah magnitudo usaha yang dilakukan atau kalor yang dipertukarkan. Di lain pihak, proses sesungguhnya akan terjadi jauh lebih cepat, akan ada turbulensi dalam gas, akan ada gesekan, dan seterusnya. Karena faktor-faktor ini, proses sesungguhnya tidak dapat dilakukan berlawanan arah secara presisi-turbulensi akan berbeda dan kalor yang hilang akibat gesekan tidak akan berbalik sendiri, maka proses sesungguhnya tidak reversibel.

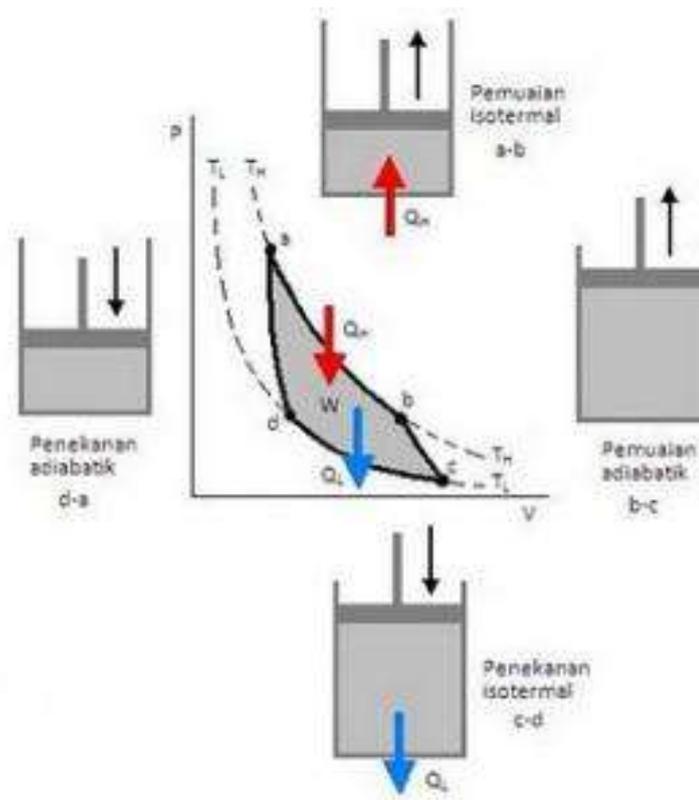
Proses-proses isothermal dari mesin Carnot, dimana kalor Q_H dan Q_L dipindahkan, diasumsikan dilakukan pada temperatur konstan T_H dan T_L . Jadi sistem diasumsikan bersentuhan langsung dengan penampungan-penampungan kalor ideal yang sedemikian besar sehingga temperatur mereka tidak berubah secara signifikan ketika Q_H dan Q_L dipindahkan. Carnot memperlihatkan bahwa untuk mesin reversibel yang ideal, kalor Q_H dan Q_L sebanding dengan temperatur operasi T_H dan T_L (dalam kelvin), jadi efisiensi dapat ditulis sebagai berikut:

$$e_{ideal} = \frac{T_H - T_L}{T_H} = 1 - \frac{T_L}{T_H} \quad \left[\begin{array}{l} \text{efisiensi} \\ \text{Carnot (ideal)} \end{array} \right] \quad (1.10)$$

Mesin real yang baik didesain untuk mencapai 60% hingga 80% efisiensi Carnot. Mesin kalor bekerja dalam satu siklus, dan siklus untuk mesin Carnot mulai dari titik a pada diagram PV berikut ini:

- a. Gas mula-mula dikembangkan secara isothermal, dengan penambahan kalor Q_H , sepanjang lintasan ab pada suhu T_H .

- b. Berikut pengembangan secara adiabatik dari b ke c tidak ada kalor bertukar, tetapi suhu turun ke T_L
- c. Gas kemudian dimampatkan pada suhu konstan T_L , lintasan c ke d, dan kalor Q_L dikeluarkan.
- d. Akhirnya gas dimampatkan secara adiabatik, lintasan da, kembali ke keadaan semula.



Gambar 2.7 Siklus Carnot (*source*: <https://www.google.co.id/>)

Pada temperatur normal, mesin yang memiliki efisiensi 100% tidak mungkin ada. Hal ini sesuai dengan pernyataan Kelvin-Planck tentang Hukum kedua termodinamika yang menyatakan bahwa “Tidak ada alat yang dapat mengubah sejumlah kalor yang diberikan secara sempurna kedalam kerja“. Contohnya, jika mesin kapal tidak membutuhkan penampungan air bersuhu rendah untuk menghabiskan kalor yang masuk, kapal dapat berlayar menyebrangi lautan menggunakan sumber energi internal air laut yang sangat banyak.

Lampiran H. Kisi-kisi Soal *Pretest* dan *Posttest*

H.1 Kisi-kisi Soal *Pretest* Kemampuan Berpikir Kritis

KISI-KISI SOAL TES KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS

Satuan Pendidikan : MAN 3 Jember

Mata Pelajaran : Fisika

Kelas : XI

Alokasi Waktu : 60 menit

Jumlah Soal : 5

Jenis Soal : Uraian

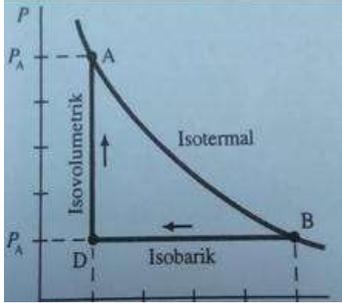
Kompetensi Dasar :

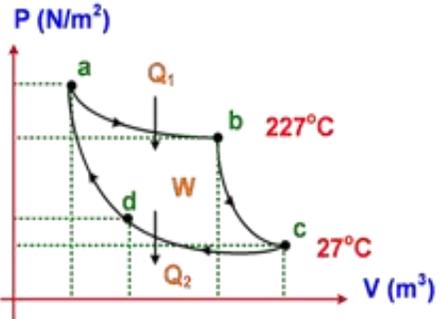
3.7 Menganalisis perubahan keadaan gas ideal dengan menerapkan Hukum Termodinamika.

4.7 Merencanakan dan melaksanakan percobaan Hukum I dan Hukum II Termodinamika.

Indikator Pencapaian Kompetensi	Tujuan Pembelajaran	Indikator Kemampuan Berpikir Kritis	Sub Indikator Kemampuan Berpikir Kritis	Soal
3.7.3 Memberikan contoh penerapan Hukum I Termodinamika	Siswa dapat menganalisis permasalahan yang berkaitan dengan	<i>Elementary clarification</i> (memberikan penjelasan sederhana)	Menganalisis argumen	1. Air panas yang disimpan dalam termos tertutup akan tetap panas atau mempertahankan suhu panasnya. Mengapa hal tersebut

dalam kehidupan sehari-hari.	Hukum I Termodinamika.			dapat terjadi? Termasuk contoh jenis sistem terbuka, tertutup atau terisolasi dalam hukum termodinamika? Jelaskan!
3.7.1 Menjelaskan pengertian sistem dan lingkungan.	Siswa dapat menganalisis permasalahan yang berkaitan dengan sistem dan lingkungan.	<i>Basic support</i> (membangun keterampilan dasar)	Mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi	2. Dalam sebuah tabung dimasukkan air, gas H ₂ , O ₂ , N ₂ , dan ditutup dengan bola yang dimasukkan pada pangkal tabung untuk diamati siswa. Kemudian tabung tersebut dipanaskan menggunakan lilin sehingga air mulai terlihat gelembung-gelembung yang bergerak dan bola bergerak ke ujung tabung. Berdasarkan penjelasan diatas, maka: a) Apa sajakah yang berperan sebagai sistem? Apakah yang dimaksud dengan sistem? b) Apa sajakah yang berperan sebagai lingkungan? Apakah yang dimaksud dengan lingkungan? c) Apakah fungsi dari tabung tersebut?
3.7.4 Menjelaskan proses termodinamika (isothermal,	Siswa dapat menganalisis permasalahan yang	<i>Inference</i> (inferensi)	Membuat induksi dan mempertimbangkan	3. Sebuah gas ideal dimampatkan secara perlahan pada tekanan konstan 2,0 atm dari 10,0 L

<p>adiabatik, isobarik, isokhorik).</p>	<p>berkaitan dengan proses termodinamika (isotermal, adiabatik, isobarik, isokhorik).</p>		<p>hasil induksi</p>	<p>menjadi 2,0 L. Proses ini direpresentasikan pada Gambar (i) sebagai lintasan B ke D. (Dalam proses ini, sejumlah kalor mengalir keluar dari gas dan temperatur turun). Kalor kemudian ditambahkan ke gas, volume dipertahankan tetap konstan, serta tekanan dan temperatur dibiarkan naik (garis DA) sampai temperatur mencapai nilai awalnya ($T_A=T_B$). Hitung (a) Total usaha yang dilakukan oleh gas dalam proses BDA, dan (b) Total kalor yang mengalir keluar dari gas untuk keseluruhan proses BDA.</p>  <p style="text-align: center;">Gambar (i)</p>
---	---	--	----------------------	--

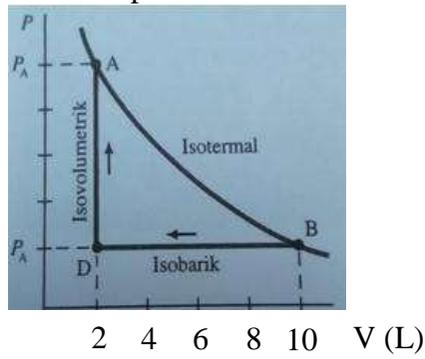
<p>3.7.8 Menghitung efisiensi mesin kalor, mesin pendingin, dan mesin Carnot.</p>	<p>Siswa dapat menghitung permasalahan yang berkaitan dengan efisiensi pada mesin Carnot.</p>	<p><i>Advance clarification</i> (memberikan penjelasan lebih lanjut)</p>	<p>Mengidentifikasi asumsi-asumsi</p>	<p>4. Efisiensi mesin Carnot adalah $\frac{1}{6}$. Selanjutnya, suhu reservoir rendah dikurangi sebesar 65K dan mengakibatkan efisiensi mesin naik menjadi $\frac{1}{3}$. Hitunglah suhu reservoir tinggi dan suhu reservoir rendah pada mesin tersebut!</p>
<p>3.7.10 Menganalisis proses termodinamika yang terjadi pada mesin Carnot.</p>	<p>Siswa dapat menganalisis proses termodinamika yang terjadi pada mesin Carnot.</p>	<p><i>Strategy and tactics</i> (mengatur strategi dan taktik)</p>	<p>Memutuskan suatu tindakan</p>	<p>5. Perhatikan gambar berikut ini!</p>  <p>Jika kalor yang diserap reservoir suhu tinggi adalah 1200 joule, tentukan :</p> <ol style="list-style-type: none"> Efisiensi mesin Carnot. Usaha yang dilakukan mesin Carnot. Perbandingan kalor yang dibuang pada suhu rendah dengan usaha yang dilakukan

				mesin Carnot. d) Jenis proses ab, bc, cd dan da serta uraikan secara singkat masing-masing proses tersebut.
--	--	--	--	--

PEDOMAN PENSKORAN

No	Soal	Kunci Jawaban	Skor
1.	Air panas yang disimpan dalam termos tertutup akan tetap panas atau mempertahankan suhu panasnya. Mengapa hal tersebut dapat terjadi? Termasuk contoh jenis sistem terbuka, tertutup atau terisolasi dalam hukum termodinamika? Jelaskan!	Tabung bagian dalam termos yang digunakan sebagai wadah air, terisolasi dari lingkungan luar karena adanya ruang hampa udara di antara tabung bagian dalam dan luar. Maka dari itu, pada termos tidak terjadi perpindahan kalor maupun perpindahan materi dari sistem menuju lingkungan maupun sebaliknya sehingga termasuk contoh sistem terisolasi. Sistem terisolasi adalah sistem yang tidak memungkinkan terjadinya pertukaran kalor dan perpindahan materi antara sistem tersebut dengan lingkungannya.	5
2.	Dalam sebuah tabung dimasukkan air, gas H ₂ , O ₂ , N ₂ , dan ditutup dengan bola yang dimasukkan pada pangkal tabung untuk diamati siswa. Kemudian tabung tersebut dipanaskan menggunakan lilin sehingga air mulai terlihat gelembung-gelembung yang bergerak dan bola bergerak ke ujung tabung. Berdasarkan penjelasan diatas, maka: a) Apa sajakah yang berperan sebagai sistem? Apakah yang dimaksud dengan sistem? b) Apa sajakah yang berperan sebagai lingkungan? Apakah yang dimaksud dengan lingkungan? c) Apakah fungsi dari tabung tersebut?	a) Yang berperan sebagai sistem adalah air, gas H ₂ , O ₂ , N ₂ . Sistem adalah segala sesuatu yang menjadi objek pengamatan (penelitian) atau sekumpulan benda yang hendak diteliti. b) Yang berperan sebagai lingkungan adalah lilin dan bola. Lingkungan adalah segala sesuatu diluar sistem atau segala sesuatu yang mempengaruhi sistem. c) Tabung berfungsi sebagai dinding pembatas antara sistem dan lingkungan.	5

3. Sebuah gas ideal dimampatkan secara perlahan pada tekanan konstan 2,0 atm dari 10,0 L menjadi 2,0 L. Proses ini direpresentasikan pada Gambar (i) sebagai lintasan B ke D. (Dalam proses ini, sejumlah kalor mengalir keluar dari gas dan temperatur turun). Kalor kemudian ditambahkan ke gas, volume dipertahankan tetap konstan, serta tekanan dan temperatur dibiarkan naik (garis DA) sampai temperatur mencapai nilai awalnya ($T_A=T_B$). Hitung (a) Total usaha yang dilakukan oleh gas dalam proses BDA, dan (b) Total kalor yang mengalir keluar dari gas untuk keseluruhan proses BDA.



Gambar (i)

Diketahui:
 $P = 2,0 \text{ atm} = 2 (1,01 \times 10^5 \text{ N/m}^2) = 2,02 \times 10^5 \text{ N/m}^2$
 $V_1 = 10 \text{ L} = 10 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
 $V_2 = 2 \text{ L} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

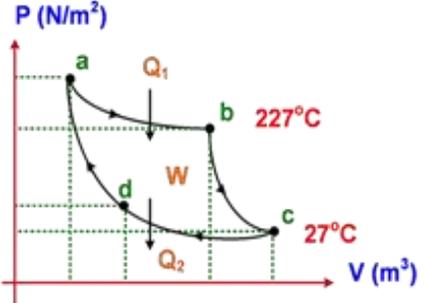
Ditanyakan:
 a) Total usaha yang dilakukan oleh gas dalam proses BDA
 b) Total kalor yang mengalir keluar dari gas untuk keseluruhan proses BDA

Jawab:
 a) Sepanjang kompresi BD, maka usaha yang dilakukan adalah:
 $W = P \Delta V = P (V_2 - V_1)$
 $= 2,02 \times 10^5 (2 \times 10^{-3} - 10 \times 10^{-3})$
 $= 2,02 \times 10^5 (-8 \times 10^{-3})$
 $= -16,16 \times 10^2$
 $= -1,616 \times 10^3 \text{ J}$
 Total usaha yang dilakukan oleh gas adalah $-1,616 \times 10^3 \text{ J}$, dimana tanda minus berarti bahwa $+1,616 \times 10^3 \text{ J}$ usaha dilakukan kepada gas.

b) Karena temperatur pada awal dan akhir proses BDA adalah sama, maka tidak ada perubahan dalam energi internal: $\Delta U = 0$. Dari hukum termodinamika pertama, kita mempunyai persamaan
 $Q = \Delta U + W$
 $Q = 0 + W$
 Sehingga
 $Q = W = -1,616 \times 10^3 \text{ J}$
 Karena Q negatif, 1616 J kalor mengalir keluar dari gas untuk keseluruhan proses BDA.

5

4.	<p>Efisiensi mesin Carnot adalah $\frac{1}{6}$. Selanjutnya, suhu reservoir rendah dikurangi sebesar 65K dan mengakibatkan efisiensi mesin naik menjadi $\frac{1}{3}$. Hitunglah suhu reservoir tinggi dan suhu reservoir rendah pada mesin tersebut!</p>	<p>Diketahui: $\eta_1 = \frac{1}{6} ; \eta_2 = \frac{1}{3}$ Ditanyakan: Suhu reservoir tinggi = T_1 Suhu reservoir rendah = T_2 Jawab: - Langkah 1 (kasus 1): $\eta_1 = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ $\frac{1}{6} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ $\frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{1}{6}$ $\frac{T_2}{T_1} = \frac{5}{6} \dots\dots\dots(i)$ - Langkah 2 (kasus 2): $\eta_2 = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ $\frac{1}{3} = 1 - \frac{T_2-65}{T_1}$ $\frac{T_2-65}{T_1} = 1 - \frac{1}{3}$ $\frac{T_2-65}{T_1} = \frac{2}{3}$ $\frac{T_2}{T_1} - \frac{65}{T_1} = \frac{2}{3}$ $\frac{5}{6} - \frac{65}{T_1} = \frac{2}{3}$ $\frac{5}{6} - \frac{2}{3} = \frac{65}{T_1}$</p>	5
----	---	--	---

		$\frac{5}{6} - \frac{4}{6} = \frac{65}{T_1}$ $\frac{1}{6} = \frac{65}{T_1}$ $T_1 = 390 \text{ K}$ <p>Untuk mencari T_2, dapat menggunakan persamaan (i)</p> $\frac{T_2}{T_1} = \frac{5}{6}$ $\frac{T_2}{390} = \frac{5}{6}$ $T_2 = 325 \text{ K}$ <p>Jadi, $T_1 = 390 \text{ K}$ dan $T_2 = 325 \text{ K}$</p>	
5.	<p>Perhatikan gambar berikut ini!</p>  <p>Jika kalor yang diserap reservoir suhu tinggi adalah 1200 joule, tentukan :</p> <ol style="list-style-type: none"> Efisiensi mesin Carnot. Usaha yang dilakukan mesin Carnot. Perbandingan kalor yang dibuang pada suhu rendah dengan usaha yang dilakukan mesin Carnot. Jenis proses ab, bc, cd dan da serta 	<p>Diketahui :</p> $T_L = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$ $T_H = 227^\circ\text{C} = 500 \text{ K}$ $Q_1 = 1200 \text{ Joule}$ <p>Ditanyakan:</p> <ol style="list-style-type: none"> Efisiensi mesin Carnot Usaha yang dilakukan mesin Carnot Perbandingan kalor yang dibuang di suhu rendah dengan usaha yang dilakukan mesin Carnot Jenis proses ab, bc, cd dan da <p>Jawab:</p> <ol style="list-style-type: none"> Efisiensi mesin Carnot $\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{300}{500} = 0,4 \times 100\% = 40\%$ Usaha yang dilakukan mesin Carnot $\eta = \frac{W}{Q_1}$ $0,4 = \frac{W}{1200}$ 	5

	<p>uraikan secara singkat masing-masing proses tersebut.</p>	<p>$W = 480 \text{ Joule}$</p> <p>c) Perbandingan kalor yang dibuang di suhu rendah dengan usaha yang dilakukan mesin Carnot</p> $W = Q_1 - Q_2$ $480 = 1200 - Q_2$ $Q_2 = 1200 - 480$ $Q_2 = 720 \text{ Joule}$ <p>Sehingga</p> $Q_2 : W = 720 : 480 = 3 : 2$ <p>d) Jenis proses ab, bc, cd dan da</p> <p>ab → pemuaian isothermis (volume gas bertambah, suhu gas tetap).</p> <p>bc → pemuaian adiabatik (volume gas bertambah, suhu gas turun).</p> <p>cd → pemampatan isothermal (volume gas berkurang, suhu gas tetap).</p> <p>da → pemampatan adiabatik (volume gas berkurang, suhu gas naik).</p>	
--	--	---	--

H.2 Kisi-kisi Soal *Posttest* Kemampuan Berpikir Kritis

KISI-KISI SOAL TES KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS

Satuan Pendidikan : MAN 3 Jember

Mata Pelajaran : Fisika

Kelas : XI

Alokasi Waktu : 60 menit

Jumlah Soal : 5

Jenis Soal : Uraian

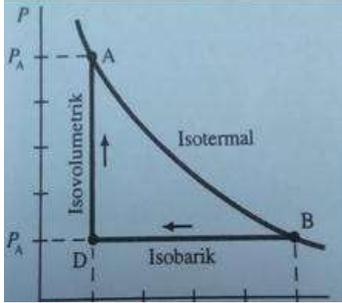
Kompetensi Dasar :

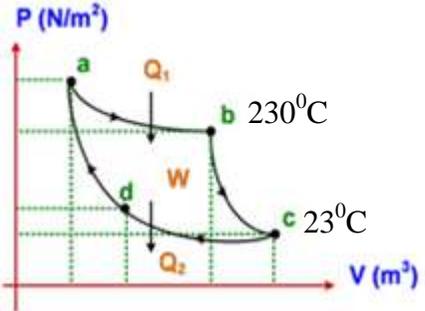
3.7 Menganalisis perubahan keadaan gas ideal dengan menerapkan Hukum Termodinamika.

4.7 Merencanakan dan melaksanakan percobaan Hukum I dan Hukum II Termodinamika.

Indikator Pencapaian Kompetensi	Tujuan Pembelajaran	Aspek Kemampuan Berpikir Kritis	Indikator Kemampuan Berpikir Kritis	Soal
3.7.3 Memberikan contoh penerapan Hukum I Termodinamika dalam kehidupan	Siswa dapat menganalisis permasalahan yang berkaitan dengan Hukum I	<i>Elementary clarification</i> (memberikan penjelasan sederhana)	Menganalisis argumen	1. Air panas yang disimpan dalam termos tertutup akan tetap panas atau mempertahankan suhu panasnya. Mengapa hal tersebut dapat terjadi? Termasuk contoh

sehari-hari.	Termodinamika.			jenis sistem terbuka, tertutup atau terisolasi dalam hukum termodinamika? Jelaskan!
3.7.1 Menjelaskan pengertian sistem dan lingkungan.	Siswa dapat menganalisis permasalahan yang berkaitan dengan sistem dan lingkungan.	<i>Basic support</i> (membangun keterampilan dasar)	Mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi	2. Dalam sebuah tabung dimasukkan air, gas H ₂ , O ₂ , N ₂ , dan ditutup dengan bola yang dimasukkan pada pangkal tabung untuk diamati siswa. Kemudian tabung tersebut dipanaskan menggunakan lilin sehingga air mulai terlihat gelembung-gelembung yang bergerak dan bola bergerak ke ujung tabung. Berdasarkan penjelasan diatas, maka: a) Apa sajakah yang berperan sebagai sistem? Apakah yang dimaksud dengan sistem? b) Apa sajakah yang berperan sebagai lingkungan? Apakah yang dimaksud dengan lingkungan? c) Apakah fungsi dari tabung tersebut?
3.7.4 Menjelaskan proses termodinamika (isothermal,	Siswa dapat menganalisis permasalahan yang	<i>Inference</i> (inferensi)	Membuat induksi dan mempertimbangkan	3. Sebuah gas ideal dimampatkan secara perlahan pada tekanan konstan 3,0 atm dari 15,0 L

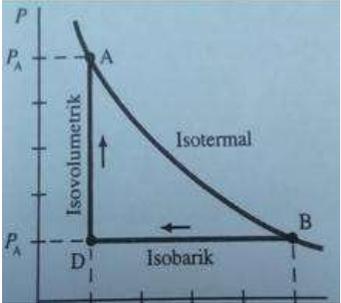
<p>adiabatik, isobarik, isokhorik).</p>	<p>berkaitan dengan proses termodinamika (isothermal, adiabatik, isobarik, isokhorik).</p>		<p>hasil induksi</p>	<p>menjadi 3,0 L. Proses ini direpresentasikan pada Gambar (i) sebagai lintasan B ke D. (Dalam proses ini, sejumlah kalor mengalir keluar dari gas dan temperatur turun). Kalor kemudian ditambahkan ke gas, volume dipertahankan tetap konstan, serta tekanan dan temperatur dibiarkan naik (garis DA) sampai temperatur mencapai nilai awalnya ($T_A=T_B$). Hitung (a) Total usaha yang dilakukan oleh gas dalam proses BDA, dan (b) Total kalor yang mengalir keluar dari gas untuk keseluruhan proses BDA.</p>  <p style="text-align: center;">Gambar (i)</p>
---	--	--	----------------------	--

<p>3.7.8 Menghitung efisiensi mesin kalor, mesin pendingin, dan mesin Carnot.</p>	<p>Siswa dapat menghitung permasalahan yang berkaitan dengan efisiensi pada mesin Carnot.</p>	<p><i>Advance clarification</i> (memberikan penjelasan lebih lanjut)</p>	<p>Mengidentifikasi asumsi-asumsi</p>	<p>4. Efisiensi mesin Carnot adalah $\frac{1}{8}$. Selanjutnya, suhu reservoir rendah dikurangi sebesar 50K dan mengakibatkan efisiensi mesin naik menjadi $\frac{1}{4}$. Hitunglah suhu reservoir tinggi dan suhu reservoir rendah pada mesin tersebut!</p>
<p>3.7.10 Menganalisis proses termodinamika yang terjadi pada mesin Carnot.</p>	<p>Siswa dapat menganalisis proses termodinamika yang terjadi pada mesin Carnot.</p>	<p><i>Strategy and tactics</i> (mengatur strategi dan taktik)</p>	<p>Memutuskan suatu tindakan</p>	<p>5. Perhatikan gambar berikut ini!</p>  <p>Jika kalor yang diserap reservoir suhu tinggi adalah 1000 joule, tentukan :</p> <ol style="list-style-type: none"> Efisiensi mesin Carnot. Usaha yang dilakukan mesin Carnot. Perbandingan kalor yang dibuang pada suhu rendah dengan usaha yang dilakukan

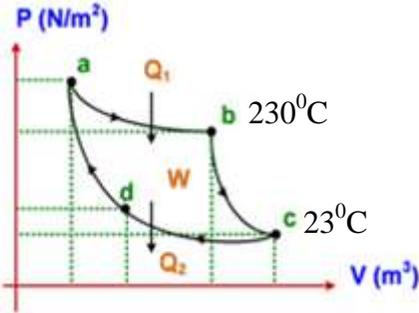
				mesin Carnot. d) Jenis proses ab, bc, cd dan da serta uraikan secara singkat masing-masing proses tersebut.
--	--	--	--	--

PEDOMAN PENSKORAN

No	Soal	Kunci Jawaban	Skor
1.	Air panas yang disimpan dalam termos tertutup akan tetap panas atau mempertahankan suhu panasnya. Mengapa hal tersebut dapat terjadi? Termasuk contoh jenis sistem terbuka, tertutup atau terisolasi dalam hukum termodinamika? Jelaskan!	Tabung bagian dalam termos yang digunakan sebagai wadah air, terisolasi dari lingkungan luar karena adanya ruang hampa udara di antara tabung bagian dalam dan luar. Maka dari itu, pada termos tidak terjadi perpindahan kalor maupun perpindahan materi dari sistem menuju lingkungan maupun sebaliknya sehingga termasuk contoh sistem terisolasi. Sistem terisolasi adalah sistem yang tidak memungkinkan terjadinya pertukaran kalor dan perpindahan materi antara sistem tersebut dengan lingkungannya.	5
2.	<p>Dalam sebuah tabung dimasukkan air, gas H₂, O₂, N₂, dan ditutup dengan bola yang dimasukkan pada pangkal tabung untuk diamati siswa. Kemudian tabung tersebut dipanaskan menggunakan lilin sehingga air mulai terlihat gelembung-gelembung yang bergerak dan bola bergerak ke ujung tabung. Berdasarkan penjelasan diatas, maka:</p> <p>a) Apa sajakah yang berperan sebagai sistem? Apakah yang dimaksud dengan sistem?</p> <p>b) Apa sajakah yang berperan sebagai lingkungan? Apakah yang dimaksud dengan lingkungan?</p>	<p>a) Yang berperan sebagai sistem adalah air, gas H₂, O₂, N₂. Sistem adalah segala sesuatu yang menjadi objek pengamatan (penelitian) atau sekumpulan benda yang hendak diteliti.</p> <p>b) Yang berperan sebagai lingkungan adalah lilin dan bola. Lingkungan adalah segala sesuatu diluar sistem atau segala sesuatu yang mempengaruhi sistem.</p> <p>c) Tabung berfungsi sebagai dinding pembatas antara sistem dan lingkungan.</p>	5

	c) Apakah fungsi dari tabung tersebut?		
3.	<p>Sebuah gas ideal dimampatkan secara perlahan pada tekanan konstan 3,0 atm dari 15,0 L menjadi 3,0 L. Proses ini direpresentasikan pada Gambar (i) sebagai lintasan B ke D. (Dalam proses ini, sejumlah kalor mengalir keluar dari gas dan temperatur turun). Kalor kemudian ditambahkan ke gas, volume dipertahankan tetap konstan, serta tekanan dan temperatur dibiarkan naik (garis DA) sampai temperatur mencapai nilai awalnya ($T_A=T_B$). Hitung (a) Total usaha yang dilakukan oleh gas dalam proses BDA, dan (b) Total kalor yang mengalir keluar dari gas untuk keseluruhan proses BDA.</p>  <p style="text-align: center;">3 6 9 12 15 V (L)</p> <p style="text-align: center;">Gambar (i)</p>	<p>Diketahui: $P = 3,0 \text{ atm} = 3 (1,01 \times 10^5 \text{ N/m}^2) = 3,03 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ $V_1 = 15 \text{ L} = 15 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ $V_2 = 3 \text{ L} = 3 \times 10^{-3} \text{ m}^3$</p> <p>Ditanyakan: a) Total usaha yang dilakukan oleh gas dalam proses BDA b) Total kalor yang mengalir keluar dari gas untuk keseluruhan proses BDA</p> <p>Jawab: a) Sepanjang kompresi BD, maka usaha yang dilakukan adalah: $W = P \Delta V = P (V_2 - V_1)$ $= 3,03 \times 10^5 (3 \times 10^{-3} - 15 \times 10^{-3})$ $= 3,03 \times 10^5 (-12 \times 10^{-3})$ $= -36,36 \times 10^2$ $= -3,636 \times 10^3 \text{ J}$ Total usaha yang dilakukan oleh gas adalah $-3,636 \times 10^3 \text{ J}$, dimana tanda minus berarti bahwa $+3,636 \times 10^3 \text{ J}$ usaha dilakukan kepada gas.</p> b) Karena temperatur pada awal dan akhir proses BDA adalah sama, maka tidak ada perubahan dalam energi internal: $\Delta U = 0$. Dari hukum termodinamika pertama, kita mempunyai persamaan $Q = \Delta U + W$ $Q = 0 + W$ Sehingga $Q = W = -3,636 \times 10^3 \text{ J}$ Karena Q negatif, 3636 J kalor mengalir keluar dari gas untuk	5

		keseluruhan proses BDA.	
4.	Efisiensi mesin Carnot adalah $\frac{1}{8}$. Selanjutnya, suhu reservior rendah dikurangi sebesar 50K dan mengakibatkan efisiensi mesin naik menjadi $\frac{1}{4}$. Hitunglah suhu reservior tinggi dan suhu reservior rendah pada mesin tersebut!	<p>Diketahui: $\eta_1 = \frac{1}{8}$; $\eta_2 = \frac{1}{4}$ Ditanyakan: Suhu reservior tinggi = T_1 Suhu reservior rendah = T_2 Jawab:</p> <p>- Langkah 1 (kasus 1): $\eta_1 = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ $\frac{1}{8} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ $\frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{1}{8}$ $\frac{T_2}{T_1} = \frac{7}{8} \dots\dots\dots(i)$</p> <p>- Langkah 2 (kasus 2): $\eta_2 = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ $\frac{1}{4} = 1 - \frac{T_2-50}{T_1}$ $\frac{T_2-50}{T_1} = 1 - \frac{1}{4}$ $\frac{T_2-50}{T_1} = \frac{3}{4}$ $\frac{T_2}{T_1} - \frac{50}{T_1} = \frac{3}{4}$ $\frac{7}{8} - \frac{50}{T_1} = \frac{3}{4}$ $\frac{7}{8} - \frac{3}{4} = \frac{50}{T_1}$</p>	5

		$\frac{7}{8} - \frac{6}{8} = \frac{50}{T_1}$ $\frac{1}{8} = \frac{50}{T_1}$ $T_1 = 400 \text{ K}$ <p>Untuk mencari T_2, dapat menggunakan persamaan (i)</p> $\frac{T_2}{T_1} = \frac{7}{8}$ $\frac{T_2}{400} = \frac{7}{8}$ $T_2 = 350 \text{ K}$ <p>Jadi, $T_1 = 400 \text{ K}$ dan $T_2 = 350 \text{ K}$</p>	
5.	<p>Perhatikan gambar berikut ini!</p>  <p>Jika kalor yang diserap reservoir suhu tinggi adalah 1000 joule, tentukan :</p> <ol style="list-style-type: none"> Efisiensi mesin Carnot. Usaha yang dilakukan mesin Carnot. Perbandingan kalor yang dibuang pada suhu rendah dengan usaha yang dilakukan mesin Carnot. Jenis proses ab, bc, cd dan da serta 	<p>Diketahui :</p> $T_L = 23^\circ\text{C} = 296 \text{ K}$ $T_H = 230^\circ\text{C} = 503 \text{ K}$ $Q_1 = 1000 \text{ Joule}$ <p>Ditanyakan:</p> <ol style="list-style-type: none"> Efisiensi mesin Carnot Usaha yang dilakukan mesin Carnot Perbandingan kalor yang dibuang di suhu rendah dengan usaha yang dilakukan mesin Carnot Jenis proses ab, bc, cd dan da <p>Jawab:</p> <ol style="list-style-type: none"> Efisiensi mesin Carnot $\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{296}{503} = 0,42 \times 100\% = 42\%$ Usaha yang dilakukan mesin Carnot $\eta = \frac{W}{Q_1}$ $0,42 = \frac{W}{1000}$ 	5

	<p>uraikan secara singkat masing-masing proses tersebut.</p>	<p>$W = 420 \text{ Joule}$</p> <p>c) Perbandingan kalor yang dibuang di suhu rendah dengan usaha yang dilakukan mesin Carnot</p> $W = Q_1 - Q_2$ $420 = 1000 - Q_2$ $Q_2 = 1000 - 420$ $Q_2 = 580 \text{ Joule}$ <p>Sehingga</p> $Q_2 : W = 580 : 420 = 29 : 21$ <p>d) Jenis proses ab, bc, cd dan da</p> <p>ab → pemuaian isotermis (volume gas bertambah, suhu gas tetap).</p> <p>bc → pemuaian adiabatik (volume gas bertambah, suhu gas turun).</p> <p>cd → pemampatan isotermal (volume gas berkurang, suhu gas tetap).</p> <p>da → pemampatan adiabatik (volume gas berkurang, suhu gas naik).</p>	
--	--	---	--

H.3 Kisi-kisi Soal *Pretest* Efektivitas

KISI-KISI SOAL

Satuan Pendidikan : MAN 3 Jember

Mata Pelajaran : Fisika

Kelas : XI

Alokasi Waktu : 20 menit

Jumlah Soal : 3

Jenis Soal : Uraian

Kompetensi Dasar :

3.7 Menganalisis perubahan keadaan gas ideal dengan menerapkan Hukum Termodinamika.

4.7 Merencanakan dan melaksanakan percobaan Hukum I dan Hukum II Termodinamika.

Indikator Pencapaian Kompetensi	Tujuan Pembelajaran	Soal
3.7.3 Memberikan contoh penerapan Hukum I Termodinamika dalam kehidupan sehari-hari.	Siswa dapat menganalisis permasalahan yang berkaitan dengan Hukum I Termodinamika.	1. Kalor sebanyak 2000 Joule ditambahkan pada sistem dan lingkungan melakukan usaha sebesar 2500 Joule pada sistem. a) Bagaimana aturan tanda untuk nilai kalor? Positif atau negatif? Mengapa demikian? Jelaskan pendapat kalian!

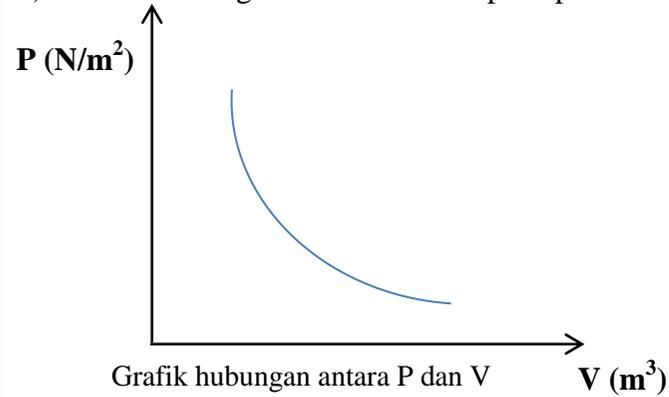
		<p>b) Bagaimana aturan tanda untuk nilai usaha? Positif atau negatif? Mengapa demikian? Jelaskan pendapat kalian!</p> <p>c) Berapakah perubahan energi dalam sistem?</p>
3.7.4 Menjelaskan proses termodinamika (isotermal, adiabatik, isobarik, isokhorik).	Siswa dapat menjelaskan proses termodinamika (isotermal dan isokhorik).	<p>2. Ada empat proses termodinamika yaitu isotermal, adiabatik, isobarik dan isokhorik. Tentukan:</p> <p>a. Pengertian proses isotermal dan isokhorik secara singkat pada proses termodinamika.</p> <p>b. Gambarkan dan jelaskan pula grafik hubungan antara P dan V pada proses isotermal!</p> <p>c. Gambarkan dan jelaskan pula grafik hubungan antara P dan T pada proses isokhorik!</p>
3.7.8 Menghitung efisiensi mesin kalor, mesin pendingin, dan mesin Carnot.	Siswa dapat menghitung efisiensi pada mesin Carnot.	<p>3. Sebuah mesin Carnot memiliki suhu reservoir rendah sebesar 27°C dan suhu reservoir tinggi sebesar 150°C. Hitunglah efisiensi mesin Carnot tersebut!</p>

PEDOMAN PENSKORAN

No.	Soal	Kunci Jawaban	Skor
1.	<p>Kalor sebanyak 2000 Joule ditambahkan pada sistem dan lingkungan melakukan usaha sebesar 2500 Joule pada sistem.</p> <p>a) Bagaimana aturan tanda untuk nilai kalor? Positif atau negatif? Mengapa demikian? Jelaskan pendapat kalian!</p> <p>b) Bagaimana aturan tanda untuk nilai usaha? Positif atau negatif? Mengapa demikian? Jelaskan pendapat kalian!</p> <p>c) Berapakah perubahan energi dalam sistem?</p>	<p>a) $Q = (+)$ Karena kalor ditambahkan pada sistem atau sistem menerima kalor dari lingkungan.</p> <p>b) $W = (-)$ Karena lingkungan melakukan usaha pada sistem.</p> <p>c) Diketahui: $Q = 2000$ Joule $W = 2500$ Joule Ditanyakan: $\Delta U = \dots?$ Jawab: $Q = W + \Delta U$ $2000 = -2500 + \Delta U$ $2000 + 2500 = \Delta U$ $\Delta U = 4500$ Joule</p>	5
2.	<p>Ada empat proses termodinamika yaitu isothermal, adiabatik, isobarik dan isokhorik. Tentukan:</p> <p>a) Pengertian proses isothermal dan isokhorik secara singkat pada proses termodinamika.</p>	<p>a) Proses isothermal adalah proses termodinamika yang dialami gas pada suhu tetap. Proses isokhorik adalah proses termodinamika yang dialami gas pada volume tetap.</p>	5

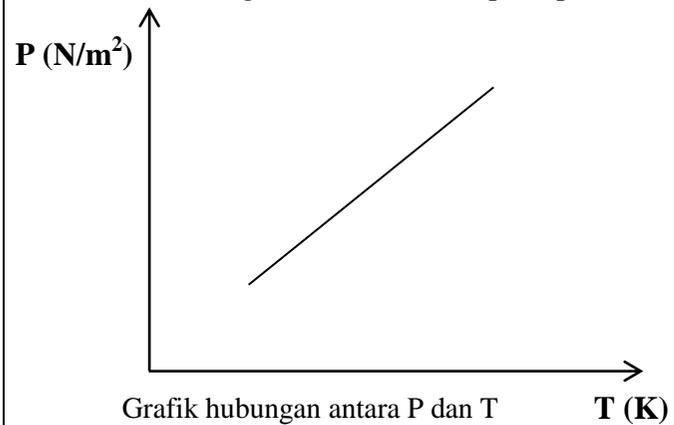
- b) Gambarkan dan jelaskan pula grafik hubungan antara P dan V pada proses isothermal!
- c) Gambarkan dan jelaskan pula grafik hubungan antara P dan T pada proses isokhorik!

b) Grafik hubungan antara P dan V pada proses isothermal



Hubungan antara P dan V adalah berbanding terbalik, sehingga semakin besar volume gas maka tekanan yang dihasilkan akan semakin kecil.

c) Grafik hubungan antara P dan T pada proses isokhorik



		Hubungan antara P dan T adalah berbanding lurus, sehingga semakin besar suhu maka tekanan yang dihasilkan akan semakin besar pula.	
3.	Sebuah mesin Carnot memiliki suhu reservoir rendah sebesar 27°C dan suhu reservoir tinggi sebesar 150°C. Hitunglah efisiensi mesin Carnot tersebut!	<p>Diketahui: Suhu reservoir tinggi = $T_1 = 150^\circ\text{C} = 423\text{K}$ Suhu reservoir rendah = $T_2 = 27^\circ\text{C} = 300\text{K}$ Ditanyakan: $\eta = \dots?$ Jawab:</p> $\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\%$ $\eta = \left(1 - \frac{300}{423}\right) \times 100\%$ $\eta = \frac{123}{423} \times 100\%$ $\eta = 29\%$	5

H.4 Kisi-kisi Soal *Posttest* Efektivitas

KISI-KISI SOAL

Satuan Pendidikan : MAN 3 Jember

Mata Pelajaran : Fisika

Kelas : XI

Alokasi Waktu : 20 menit

Jumlah Soal : 3

Jenis Soal : Uraian

Kompetensi Dasar :

3.7 Menganalisis perubahan keadaan gas ideal dengan menerapkan Hukum Termodinamika.

4.7 Merencanakan dan melaksanakan percobaan Hukum I dan Hukum II Termodinamika.

Indikator Pencapaian Kompetensi	Tujuan Pembelajaran	Soal
3.7.5 Memberikan contoh penerapan Hukum I Termodinamika dalam kehidupan sehari-hari.	Siswa dapat menganalisis permasalahan yang berkaitan dengan Hukum I Termodinamika.	1. Kalor sebanyak 1000 Joule ditambahkan pada sistem dan lingkungan melakukan usaha sebesar 1500 Joule pada sistem. a) Bagaimana aturan tanda untuk nilai kalor? Positif atau negatif? Mengapa demikian? Jelaskan pendapat kalian!

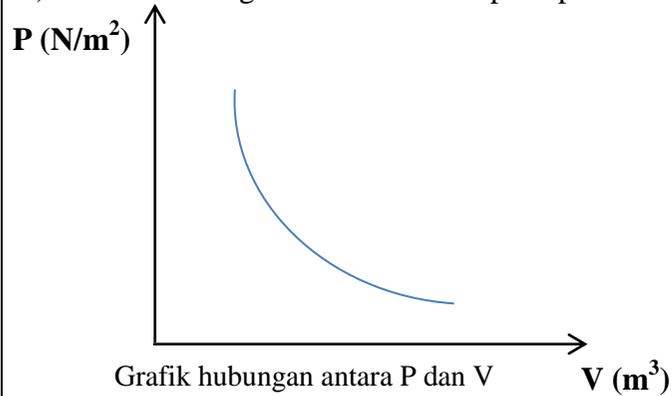
		<p>b) Bagaimana aturan tanda untuk nilai usaha? Positif atau negatif? Mengapa demikian? Jelaskan pendapat kalian!</p> <p>c) Berapakah perubahan energi dalam sistem?</p>
3.7.6 Menjelaskan proses termodinamika (isotermal, adiabatik, isobarik, isokhorik).	Siswa dapat menjelaskan proses termodinamika (isotermal dan isokhorik).	<p>2. Ada empat proses termodinamika yaitu isotermal, adiabatik, isobarik dan isokhorik. Tentukan:</p> <p>a. Pengertian proses isotermal dan isokhorik secara singkat pada proses termodinamika.</p> <p>b. Gambarkan dan jelaskan pula grafik hubungan antara P dan V pada proses isotermal!</p> <p>c. Gambarkan dan jelaskan pula grafik hubungan antara P dan T pada proses isokhorik!</p>
3.7.11 Menghitung efisiensi mesin kalor, mesin pendingin, dan mesin Carnot.	Siswa dapat menghitung efisiensi pada mesin Carnot.	<p>3. Sebuah mesin Carnot memiliki suhu reservoir rendah tinggi 400°C dan suhu reservoir rendah sebesar 70°C. Hitunglah efisiensi mesin Carnot tersebut!</p>

PEDOMAN PENSKORAN

No.	Soal	Kunci Jawaban	Skor
1.	<p>Kalor sebanyak 1000 Joule ditambahkan pada sistem dan lingkungan melakukan usaha sebesar 1500 Joule pada sistem.</p> <p>a) Bagaimana aturan tanda untuk nilai kalor? Positif atau negatif? Mengapa demikian? Jelaskan pendapat kalian!</p> <p>b) Bagaimana aturan tanda untuk nilai usaha? Positif atau negatif? Mengapa demikian? Jelaskan pendapat kalian!</p> <p>c) Berapakah perubahan energi dalam sistem?</p>	<p>a) $Q = (+)$ Karena kalor ditambahkan pada sistem atau sistem menerima kalor dari lingkungan.</p> <p>b) $W = (-)$ Karena lingkungan melakukan usaha pada sistem.</p> <p>c) Diketahui: $Q = 1000$ Joule $W = 1500$ Joule Ditanyakan: $\Delta U = \dots?$ Jawab: $Q = W + \Delta U$ $1000 = -1500 + \Delta U$ $1000 + 1500 = \Delta U$ $\Delta U = 2500$ Joule</p>	5
2.	<p>Ada empat proses termodinamika yaitu isothermal, adiabatik, isobarik dan isokhorik. Tentukan:</p> <p>a) Pengertian proses isothermal dan isokhorik secara singkat pada proses termodinamika.</p>	<p>a) Proses isothermal adalah proses termodinamika yang dialami gas pada suhu tetap. Proses isokhorik adalah proses termodinamika yang dialami gas pada volume tetap.</p>	5

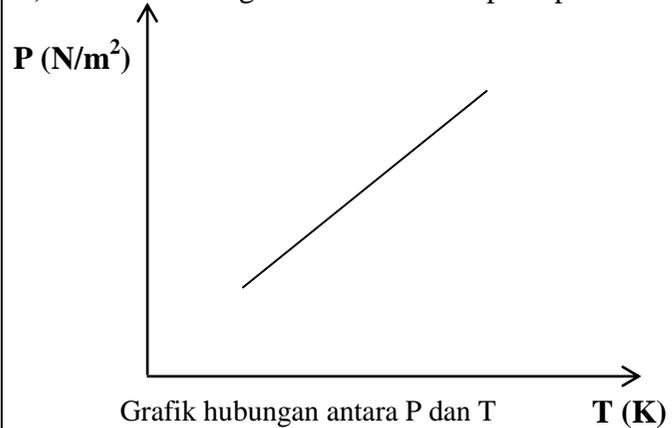
- b) Gambarkan dan jelaskan pula grafik hubungan antara P dan V pada proses isothermal!
- c) Gambarkan dan jelaskan pula grafik hubungan antara P dan T pada proses isokhorik!

b) Grafik hubungan antara P dan V pada proses isothermal



Hubungan antara P dan V adalah berbanding terbalik, sehingga semakin besar volume gas maka tekanan yang dihasilkan akan semakin kecil.

c) Grafik hubungan antara P dan T pada proses isokhorik



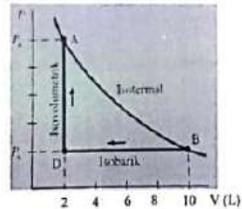
		Hubungan antara P dan T adalah berbanding lurus, sehingga semakin besar suhu maka tekanan yang dihasilkan akan semakin besar pula.	
3.	Sebuah mesin Carnot memiliki suhu reservoir rendah tinggi 400°C dan suhu reservoir rendah sebesar 70°C. Hitunglah efisiensi mesin Carnot tersebut!	<p>Diketahui: Suhu reservoir tinggi = $T_1 = 400^\circ\text{C} = 673\text{K}$ Suhu reservoir rendah = $T_2 = 70^\circ\text{C} = 343\text{K}$ Ditanyakan: $\eta = \dots?$ Jawab:</p> $\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\%$ $\eta = \left(1 - \frac{343}{673}\right) \times 100\%$ $\eta = \frac{330}{673} \times 100\%$ $\eta = 49\%$	5

H.5 Soal Pretest

Nama :
Kelas / No. Abs :

SOAL PRETEST

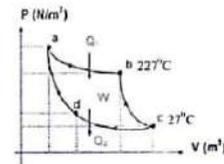
- Air panas yang disimpan dalam termos tertutup akan tetap panas atau mempertahankan suhu panasnya. Mengapa hal tersebut dapat terjadi? Termasuk contoh jenis sistem terbuka, tertutup atau terisolasi dalam hukum termodinamika? Jelaskan!
- Dalam sebuah tabung dimasukkan air, gas H_2 , O_2 , N_2 dan ditutup dengan bola yang dimasukkan pada pangkal tabung untuk diamati siswa. Kemudian tabung tersebut dipanaskan menggunakan lilin sehingga air mulai terlihat gelembung-gelembung yang bergerak dan bola bergerak ke ujung tabung. Berdasarkan penjelasan diatas, maka:
 - Apa sajakah yang berperan sebagai sistem? Apakah yang dimaksud dengan sistem?
 - Apa sajakah yang berperan sebagai lingkungan? Apakah yang dimaksud dengan lingkungan?
 - Apakah fungsi dari tabung tersebut?
- Sebuah gas ideal dimampatkan secara perlahan pada tekanan konstan 2,0 atm dari 10,0 L menjadi 2,0 L. Proses ini direpresentasikan pada Gambar (i) sebagai lintasan B ke D. (Dalam proses ini, sejumlah kalor mengalir keluar dari gas dan temperatur turun). Kalor kemudian ditambahkan ke gas, volume dipertahankan tetap konstan, serta tekanan dan temperatur dibiarkan naik (garis DA) sampai temperatur mencapai nilai awalnya ($T_A = T_D$). Hitung (a) Total usaha yang dilakukan oleh gas dalam proses BDA, dan (b) Total kalor yang mengalir keluar dari gas untuk keseluruhan proses BDA.



Gambar (i)

SELESAI MENGERUKAN

- Efisiensi mesin Carnot adalah $\frac{1}{6}$. Selanjutnya, suhu reservoir rendah dikurangi sebesar 65K dan mengakibatkan efisiensi mesin naik menjadi $\frac{1}{4}$. Hitunglah suhu reservoir tinggi dan suhu reservoir rendah pada mesin tersebut!
- Perhatikan gambar berikut ini!



Jika kalor yang diserap reservoir suhu tinggi adalah 1200 joule, tentukan :

- Efisiensi mesin Carnot.
 - Usaha yang dilakukan mesin Carnot.
 - Perbandingan kalor yang dibuang pada suhu rendah dengan usaha yang dilakukan mesin Carnot.
 - Jenis proses ab, bc, cd dan da serta uraikan secara singkat masing-masing proses tersebut.
- Kalor sebanyak 2000 Joule ditambahkan pada sistem dan lingkungan melakukan usaha sebesar 2500 Joule pada sistem.
 - Bagaimana sturuk tanda untuk nilai kalor? Positif atau negatif? Mengapa demikian? Jelaskan pendapat kalian!
 - Bagaimana sturuk tanda untuk nilai usaha? Positif atau negatif? Mengapa demikian? Jelaskan pendapat kalian!
 - Berapakah perubahan energi dalam sistem?
 - Ada empat proses termodinamika yaitu isotermal, adiabatik, isobarik dan isokhorik. Tentukan:
 - Pengertian proses isotermal dan isokhorik secara singkat pada proses termodinamika.
 - Gambarkan dan jelaskan pula grafik hubungan antara P dan V pada proses isotermal!
 - Gambarkan dan jelaskan pula grafik hubungan antara P dan T pada proses isokhorik!
 - Sebuah mesin Carnot memiliki suhu reservoir rendah sebesar 27°C dan suhu reservoir tinggi sebesar 150°C. Hitunglah efisiensi mesin Carnot tersebut!

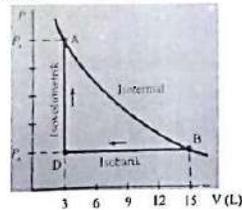
SELESAI MENGERUKAN

H.6 Soal Posttest

Nama :
Kelas / No. Abs :

SOAL POSTTEST

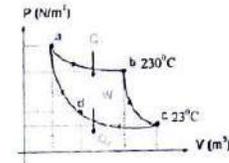
- Air panas yang disimpan dalam termos tertutup akan tetap panas atau mendingin? Mengapa hal tersebut dapat terjadi? Termasuk contoh jenis sistem terbuka, tertutup atau terisolasi dalam hukum termodinamika? Jelaskan!
- Dalam sebuah tabung dimasukkan air, gas H_2 , O_2 , N_2 , dan ditutup dengan bola yang dimasukkan pada pangkal tabung untuk diamati siswa. Kemudian tabung tersebut dipanaskan menggunakan lilin sehingga air mulai terlihat gelembung-gelembung yang bergerak dan bola bergerak ke ujung tabung. Berdasarkan penjelasan diatas, maka:
 - Apakah yang berperan sebagai sistem? Apakah yang dimaksud dengan sistem?
 - Apakah yang berperan sebagai lingkungan? Apakah yang dimaksud dengan lingkungan?
 - Apakah fungsi dari tabung tersebut?
- Sebuah gas ideal dimampatkan secara perlahan pada tekanan konstan 3,0 atm dari 15,0 L menjadi 3,0 L. Proses ini direpresentasikan pada Gambar (i) sebagai lintasan B ke D. (Dalam proses ini, sejumlah kalor mengalir keluar dari gas dan temperatur turun). Kalor kemudian ditambahkan ke gas, volume dipertahankan tetap konstan, serta tekanan dan temperatur dibiarkan naik (garis DA) sampai temperatur mencapai nilai awalnya ($T_A = T_D$). Hitung (a) Total usaha yang dilakukan oleh gas dalam proses BDA, dan (b) Total kalor yang mengalir keluar dari gas untuk keseluruhan proses BDA.



Gambar (i)

SELAMAT MENGERJAKAN

- Efisiensi mesin Carnot adalah $\frac{1}{6}$. Selanjutnya, suhu reservoir rendah dikurangi sebesar 50K dan mengakibatkan efisiensi mesin naik menjadi $\frac{1}{4}$. Hitunglah suhu reservoir tinggi dan suhu reservoir rendah pada mesin tersebut!
- Perhatikan gambar berikut ini!



Jika kalor yang diserap reservoir suhu tinggi adalah 1600 joule, tentukan :

- Efisiensi mesin Carnot.
 - Usaha yang dilakukan mesin Carnot.
 - Perbandingan kalor yang dibuang pada suhu rendah dengan usaha yang dilakukan mesin Carnot.
 - Jenis proses ab, bc, cd dan da serta uraikan secara singkat masing-masing proses tersebut.
- Kalor sebanyak 1000 Joule ditambahkan pada sistem dan lingkungan melakukan usaha sebesar 1500 Joule pada sistem.
 - Bagaimana aturan tanda untuk nilai kalor? Positif atau negatif? Mengapa demikian? Jelaskan pendapat kalian!
 - Bagaimana aturan tanda untuk nilai usaha? Positif atau negatif? Mengapa demikian? Jelaskan pendapat kalian!
 - Berapakah perubahan energi dalam sistem?
 - Ada empat proses termodinamika yaitu isotermal, adiabatik, isobarik dan isokhorik. Tentukan:
 - Pengertian proses isotermal dan isokhorik secara singkat pada proses termodinamika.
 - Gambarkan dan jelaskan pada grafik hubungan antara P dan V pada proses isotermal!
 - Gambarkan dan jelaskan pada grafik hubungan antara P dan T pada proses isokhorik!
 - Sebuah mesin Carnot memiliki suhu reservoir rendah tinggi 400°C dan suhu reservoir rendah sebesar 70°C. Hitunglah efisiensi mesin Carnot tersebut!

SELAMAT MENGERJAKAN

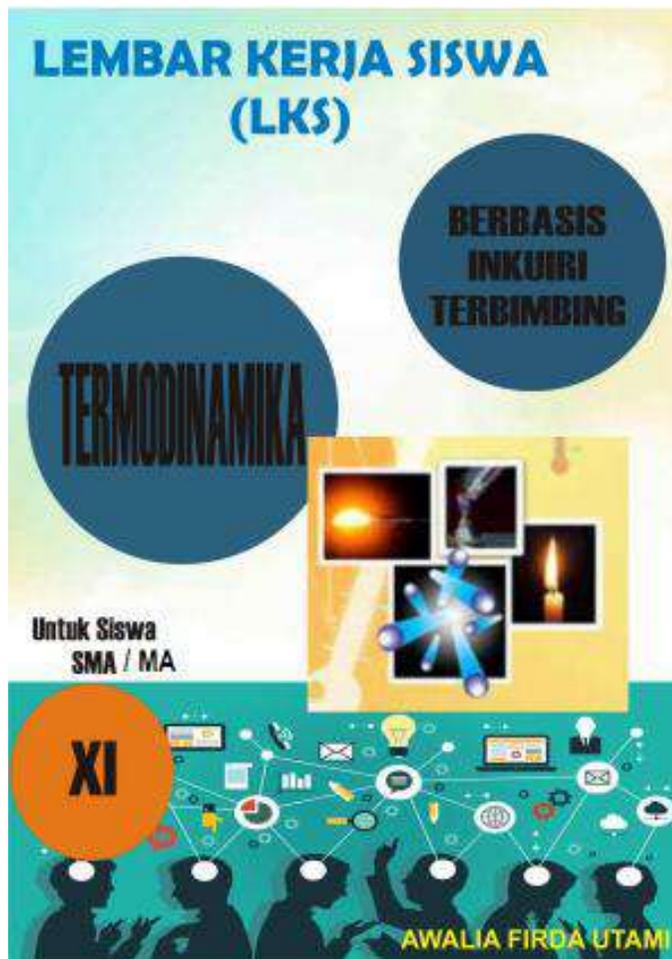
H.7 Rubrik Penskoran

Rubrik Penskoran Keterampilan Berpikir Kritis Dimodifikasi dari Finken dan Ennis dalam Zubaidah (2015)

Skor / Poin	Deskriptor
5	a) Semua konsep benar, jelas dan spesifik. b) Semua uraian jawaban benar, jelas, dan spesifik, didukung oleh alasan yang kuat, benar, argumen jelas. c) Semua uraian jawaban runtut dan berurutan. d) Tata bahasa baik dan benar.
4	a) Sebagian besar konsep benar dan jelas. b) Sebagian besar uraian jawaban benar, jelas, namun alasan dan argumen kurang spesifik. c) Sebagian besar uraian jawaban runtut dan berurutan. d) Tata bahasa baik dan benar, namun terdapat kesalahan kecil.
3	a) Sebagian besar konsep benar dan jelas. b) Sebagian besar uraian jawaban benar, tidak tuntas, alasan dan argumen tidak jelas. c) Sebagian kecil uraian jawaban runtut dan berurutan. d) Tata bahasa baik, kalimat kurang lengkap dan terdapat kesalahan pada ejaan.
2	a) Sebagian kecil konsep benar. b) Uraian jawaban tidak lengkap dan mendukung. c) Sebagian kecil uraian jawaban runtut tetapi tidak berurutan. d) Tata bahasa kurang baik dan kalimat tidak lengkap.
1	a) Sebagian kecil konsep benar. b) Uraian jawaban dan alasan tidak benar. c) Uraian jawaban tidak runtut dan tidak berurutan. d) Tata bahasa tidak baik dan benar.
0	Tidak ada jawaban

Sumber: Finken dan Ennis dalam Zubaidah (2015)

Lampiran I. Contoh LKS berbasis inkuiri terbimbing yang dikerjakan oleh siswa



LKS BERBASIS INKUIRI TERBIMBING "TERMODINAMIKA" | iv

Nama Kelompok : ① Fauzrah
 ② febi Indra P
 ③ Mahdiana R. D.
 ④ M. Rizki F.

⑤ Shohibatul Masruroh
 ⑥ M. Anwar Ma'rif

**HUKUM I
 TERMODINAMIKA**

**LEMBAR KERJA SISWA 01
 (LKS 01)**

Tujuan
 Setelah melakukan percobaan ini diharapkan siswa mampu:

1. Mendefinisikan Hukum I Termodinamika.
2. Memberikan contoh aplikasi hukum I Termodinamika dalam kehidupan sehari-hari.



PENDAHULUAN

Sistem adalah segala sesuatu yang menjadi objek pengamatan (penelitian). Sementara itu, lingkungan adalah segala sesuatu diluar sistem. Berdasarkan batas antara sistem dengan lingkungan, sistem termodinamika dapat dibedakan menjadi sistem tertutup, sistem terbuka, dan sistem terisolasi. Sistem tertutup adalah sistem yang memungkinkan terjadinya pertukaran kalor antara sistem tersebut dengan lingkungannya, tetapi tidak memungkinkan terjadinya perpindahan materi. Sistem terbuka adalah sistem yang memungkinkan terjadinya pertukaran kalor dan perpindahan materi antara sistem tersebut dengan lingkungannya. Sistem terisolasi adalah sistem yang tidak memungkinkan terjadinya pertukaran kalor dan perpindahan materi antara sistem tersebut dengan lingkungannya.

Pernahkah kamu memanaskan air? Apa yang akan terjadi pada air tersebut jika lama kelamaan dipanaskan? Air tersebut akan berubah menjadi uap air. Selanjutnya, jika dalam memanaskan air tersebut diletakkan sebuah balon yang terikat kuat dengan botol atau labu erlenmeyer, apa yang akan terjadi dengan balon tersebut? Bagaimana keadaan balon sebelum dan sesudah ditambahkan kalor oleh lingkungan? Untuk menjawab pertanyaan ini, mari lakukan percobaan berikut!



MERUMUSKAN MASALAH

Rumusan masalah yang sesuai dengan pendahuluan diatas adalah:
 (Pada langkah ini siswa dilatih untuk berpikir kritis dengan indikator berpikir kritis yaitu

Elementary clarification (memberikan penjelasan sederhana) berupa sub indikator berpikir kritis yaitu menganalisis argumen)

Bagaimana keadaan balon sebelum dan sesudah ditambahkan kalor?



MENYUSUN HIPOTESIS

Hipotesis yang sesuai dengan rumusan masalah yang telah dibuat adalah:

(Pada langkah ini siswa dilatih untuk berpikir kritis dengan indikator berpikir kritis yaitu

Elementary clarification (memberikan penjelasan sederhana) berupa sub indikator berpikir kritis yaitu menganalisis argumen)

Sebelum ditambahkan kalor, balon tidak mengembang. Setelah ditambahkan kalor, balon mengembang.



MENGUMPULKAN DATA

(Pada langkah ini siswa dilatih untuk berpikir kritis dengan indikator berpikir kritis yaitu

Basic support (membangun keterampilan dasar) berupa sub indikator berpikir kritis yaitu mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi. *Inference* (inferensi) berupa sub indikator berpikir kritis yaitu membuat induksi dan mempertimbangkan hasil induksi,

Advance clarification (memberikan penjelasan lebih lanjut) berupa sub indikator berpikir kritis yaitu mengidentifikasi asumsi-asumsi).

1) Alat dan Bahan

- a. Balon : 1 buah
- b. Air : 100 mL
- c. Labu erlenmeyer : 1 buah (250 mL)
- d. Bunsen : 1 buah
- e. Kaki tiga : 1 buah
- f. Kasa asbes : 1 buah
- g. Korek Api : 1 buah

2) Langkah-langkah Percobaan:

- Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam percobaan.
- Masukkan air sebanyak 100 mL ke dalam labu erlenmeyer, kemudian letakkan balon di atas labu erlenmeyer, pastikan balon tersebut terikat kuat dengan labu erlenmeyer agar udara (gas) tidak dapat menerobos keluar.
- Letakkan labu erlenmeyer di atas kaki tiga yang sebelumnya sudah dilapisi kasa asbes.
- Nyalakan bunsen dengan menggunakan korek api dan letakkan di bawah kaki tiga.
- Amati keadaan yang terjadi pada balon tersebut.
- Catatlah hasil pengamatanmu dalam tabel.

Benda	Perlakuan	Hasil Pengamatan
Balon	sesudah ditambah ditambah kalor	volume balon semakin bertambah, sehingga balon semakin besar.
Balon	sebelum ditambah kalor	balon kempes atau tidak mengembang.

3) Analisis Data

Setelah melakukan percobaan, jawablah pertanyaan di bawah ini:

- a. Sebutkan variabel-variabel yang terdapat pada percobaan!

Jawab:

- (1) Variabel yang dijaga konstan (variabel kontrol)

air, balon

- (2) Variabel yang dimanipulasi (variabel bebas)

api

- (3) Variabel terikat

usaha

- b. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, maka jawablah pertanyaan di bawah

LKS BERBASIS INKUIRI TERBUKA TENTANG TERMODINAMIKA 13

ini:

- Apakah yang dimaksud dengan sistem? Apa yang berperan sebagai sistem?
- Apa yang dimaksud dengan lingkungan? Apa yang berperan sebagai lingkungan?

Jawab:

- Sistem adalah sesuatu yang dramatis (menjadi objek pengamatan). Gas/udara dlm balon
- Lingkungan adalah sesuatu diluar sistem. Balon air api.

- c. Setelah melakukan percobaan, apa yang terjadi pada balon sebelum dan sesudah ditambahkan panas? Apa yang menyebabkan hal tersebut terjadi?

Jawab: sebelum ditambahkan kalor, balon tidak mengembang (kempes). setelah ditambahkan kalor, balon akan mengembang. Yang menyebabkan hal tsb terjadi adalah adanya panas yg ditambahkan → suhu meningkat & air → uap yg dpt mengembang volume balon).

- d. Apakah keterkaitan percobaan ini dengan hukum I Termodinamika?

Jawab:

Keterkaitan antara percobaan yang dilakukan dengan Hukum I Termodinamika yaitu "Jumlah kalor Q yang diserap oleh gas sama dengan usaha W yang dilakukan oleh gas dan pertambahan energi dalam ΔU." Jika dituliskan dalam persamaan matematis yaitu:

$$Q = W + \Delta U$$

Dengan:

Q = kalor (J)

W = usaha (J)

ΔU = kenaikan energi dalam (J)

- e. Air panas yang disimpan dalam termos tertutup akan tetap panas atau mempertahankan suhu panasnya. Mengapa hal tersebut dapat terjadi? Termasuk contoh jenis sistem terbuka, tertutup atau terisolasi dalam hukum termodinamika? Jelaskan!

Jawab:

Bagian dalam termos terisolasi dari lingkungan luar karena adanya ruang hampa udara diantara tabung bagian dalam dan luar. sehingga termasuk sistem terisolasi. Sistem terisolasi adalah sistem yg tidak mungkin terjadi pertukaran kalor dan perpindahan materi antara sistem dg lingkungan.



LKS BERBASIS INKUIRI TERBUKA TENTANG TERMODINAMIKA 14

MENGUJI HIPOTESIS

Apakah hipotesis yang sudah dirumuskan sebelumnya dapat diterima atau tidak?

(Pada langkah ini siswa dilatih untuk berpikir kritis dengan indikator berpikir kritis yaitu *Strategy and tactics* (mengatur strategi dan taktik) berupa sub indikator berpikir kritis yaitu memutuskan suatu tindakan).

Hipotesis diterima.



MENARIK KESIMPULAN

Kesimpulan dari percobaan percobaan ini adalah:

(Pada langkah ini siswa dilatih untuk berpikir kritis dengan indikator berpikir kritis yaitu *Strategy and tactics* (mengatur strategi dan taktik) berupa sub indikator berpikir kritis yaitu memutuskan suatu tindakan).

- keadaan balon sebelum ditambah kalor, balon kempes (tidak ~~membang~~ mengembang).
- keadaan balon sesudah ditambah kalor, balon akan mengembang.

Lampiran J. Surat Penelitian



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
 UNIVERSITAS JEMBER
 FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
 Jalan Kalimantan Nomor 37 Kampus Bumi Tegalboto Jember 68121
 Telepon: 0331- 334988, 330738 Faks: 0331-332475
 Laman: www.fkip.unej.ac.id

Nomor **3071**/UN25.1.5/LT/2018
 Lampiran
 Perihal : Permohonan Izin Penelitian

11 APR 2018

Yth. Kepala MAN 3 Jember
 di Jember

Dalam rangka memperoleh data-data yang diperlukan untuk penyusunan Skripsi, mahasiswa FKIP Universitas Jember di bawah ini:

Nama : Awalia Firda Utami

NIM : 140210102011

Jurusan : Pendidikan MIPA

Program Studi : Pendidikan Fisika

Bermaksud mengadakan penelitian tentang "Pengembangan LKS Berbasis Inkuiri Terbimbing untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa di SMA". Sehubungan dengan hal tersebut, mohon saudara berkenan memberikan izin dan sekaligus memberikan bantuan informasi yang diperlukan, dalam selang waktu dalam 1 bulan (April).

Demikian atas perhatian dan kerjasama yang baik kami sampaikan terima kasih.

a.n. Dekan
 Wakil Dekan I,

Prof. Dr. Suratno, M.Si
 NIP. 19670625 199203 1 003



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
 KANTOR KEMENTERIAN AGAMA KABUPATEN JEMBER
 MADRASAH ALIYAH NEGERI 3 JEMBER
 Jalan Jend. A. Yani 76 Telp./fax. 0336-322267, Jombang - Jember
 E-mail: man.jember3@yahoo.co.id Website: www.man3jember.sch.id

SURAT KETERANGAN PENELITIAN
 NOMOR: B-424/Ma.13.32.03/PP.00.9/VI/2018

Yang bertanda tangan dibawah ini Kepala Madrasah Aliyah Negeri 3 Jember menerangkan dengan sebenarnya bahwa :

Nama Mahasiswa : AWALIA FIRDA UTAMI
 N I M : 140210102011
 Jurusan : Pendidikan MIPA
 Prodi : Pendidikan Fisika

Benar - benar telah melakukan penelitian selama kurang lebih 1 bulan di Madrasah Aliyah Negeri 3 Jember dalam rangka penyusunan skripsi dengan judul "Pengembangan LKS Berbasis Inkuiri Terbimbing untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa di SMA".

Demikian Surat Keterangan ini dibuat dengan sebenarnya, untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

9 Juli 2018

Kepala Madrasah,



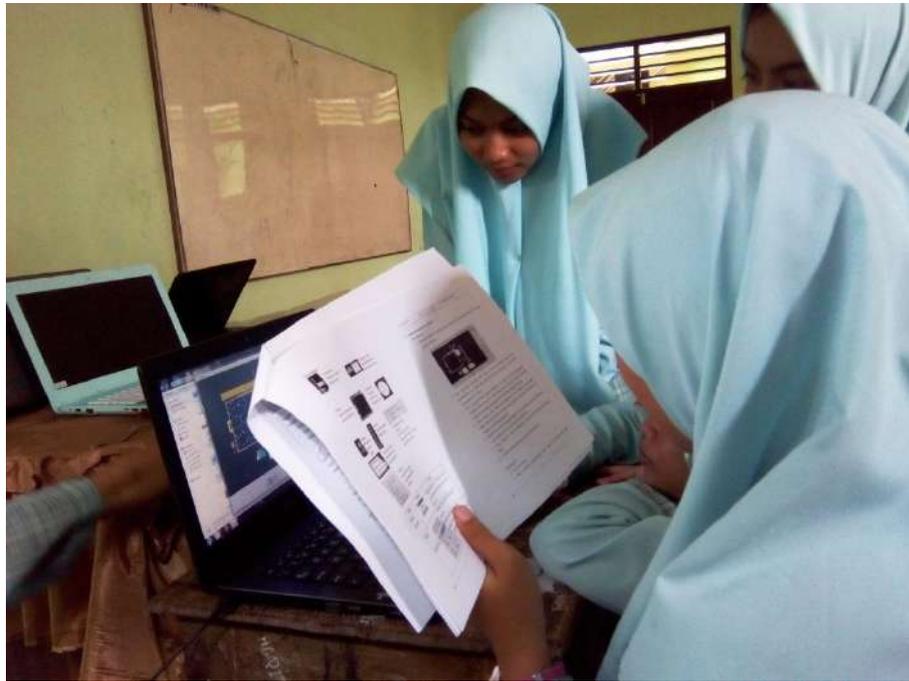
ASYHAR

Lampiran K. Dokumentasi Penelitian

K.1 Pembelajaran Materi LKS 01



K.2 Pembelajaran Materi LKS 02



K.3 Pembelajaran Materi LKS 03

