

**PENGEMBANGAN INSTRUMEN TES BERBASIS
APOS UNTUK MENGUKUR TINGKAT
PEMAHAMAN MAHASISWA PADA MATERI
TERMODINAMIKA**

SKRIPSI

Diajukan guna Memenuhi Sebagian Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan
dalam Ilmu Pendidikan Fisika



Oleh :

UMMI NUZULUL FITROH

NIM : 1403066068

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2018**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ummi Nuzulul Fitroh
NIM : 1403066068
Jurusan : Pendidikan
Program Studi : Pendidikan Fisika

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

**PENGEMBANGAN INSTRUMEN TES BERBASIS APOS UNTUK
MENGUKUR TINGKAT PEMAHAMAN MAHASISWA PADA MATERI
TEORI KINETIK GAS**

secara keseluruhan adalah hasil penelitian atau karya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 24 Juli 2018

Pembuat Pernyataan,



Ummi Nuzulul Fitroh

NIM: 1403066068



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Prof. Dr. Hamka Kampus II Ngaliyan Telp. 7601295
Fax. 7615387 Semarang 50185

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : Pengembangan Instrumen Tes Berbasis APOS untuk Mengukur
Tingkat Pemahaman Mahasiswa pada Materi Teori Kinetik Gas

Nama : Umami Nuzulul Fitroh

NIM : 1403066068

Program Studi : Pendidikan Fisika

Telah diujikan dalam sidang *munaqasyah* oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan
Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo dan dapat diterima sebagai salah
satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam Ilmu Pendidikan Fisika.

Semarang, 24 Juli 2018

DEWAN PENGUJI

Ketua

Andi Fadlan, M.Sc.

NIP.19800915 200501 1 006

Penguji I

M. Ardhi Khalif, M.Sc.

NIP.19821009 201101 1 010

Pembimbing I,

Andi Fadlan, M.Sc.

NIP.19800915 200501 1 006

Sekretaris

Wenty Dwi Yuniarti, S.Pd., M.Kom.

NIP.19770622 200604 2 000

Penguji II

Arsini, M.Sc.

NIP.19840812 201101 2 011

Pembimbing II,

Qisthi Fariyani, M.Pd

NIP. -



NOTA DINAS

Semarang, 24 Juli 2018

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang
di Semarang

Assalamu'alaikum wr. wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan :

Judul : **Pengembangan Instrumen Tes Berbasis APOS
untuk Mengukur Tingkat Pemahaman
Mahasiswa pada Materi Termodinamika**
Nama : **Ummi Nuzulul Fitroh**
NIM : 1403066068
Program Studi : Pendidikan Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diajukan dalam sidang Munaqosyah.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Pembimbing I,



Andi Fadllan, M.Sc
NIP. 198009152005011006

NOTA DINAS

Semarang, 24 Juli 2018

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang
di Semarang

Assalamu'alaikum wr. wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan :

Judul : **Pengembangan Instrumen Tes Berbasis APOS
untuk Mengukur Tingkat Pemahaman
Mahasiswa pada Materi Termodinamika**
Nama : **Ummi Nuzulul Fitroh**
NIM : 1403066068
Program Studi : Pendidikan Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diajukan dalam sidang Munaqosyah.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Pembimbing II,



Qisthi Fariyani, M.Pd
NIP. -

ABSTRAK

Judul : Pengembangan Instrumen Tes Berbasis APOS untuk Mengukur Tingkat Pemahaman Mahasiswa pada Materi Termodinamika
Nama : Ummi Nuzulul Fitroh
NIM : 1403066068

Penelitian ini mengembangkan instrumen tes uraian berbasis APOS pada materi Termodinamika. Tujuan penelitian adalah untuk mendeskripsikan karakteristik instrumen tes berbasis APOS pada materi Termodinamika, menguji validitas dan reliabilitas instrumen tes, menguji daya beda dan tingkat kesukaran butir soal, dan mengukur tingkat pemahaman mahasiswa pada materi Termodinamika dengan instrumen tes berbasis APOS. Jenis penelitian ini adalah *Research and Development (R&D)* yang mengadaptasi model *Borg & Gall* dengan 10 tahapan. Namun penelitian hanya dilakukan sampai pada tahap Uji Produk lebih luas. Subjek penelitian adalah mahasiswa Jurusan Pendidikan Fisika dan Fisika UIN Walisongo Semarang tahun akademik 2017/2018. Metode pengambilan data meliputi tes, wawancara, dan dokumentasi. Tes uraian berbasis APOS yang dikembangkan terdiri atas 4 tahapan, yaitu aksi, proses, objek, dan skema. Berdasarkan perhitungan validitas empiris diperoleh instrumen valid dengan jumlah 13 butir soal. Reliabilitas instrumen tergolong sedang yaitu dengan koefisien *Alpha* 0,42. Produk akhir tes berbasis APOS yang dihasilkan memiliki jumlah 13 soal. Dua soal termasuk kategori mudah, delapan soal termasuk sedang, sedangkan tiga soal termasuk sulit. Hasil analisis instrumen tes berbasis APOS yang telah dikembangkan menunjukkan bahwa tingkat pemahaman mahasiswa materi Termodinamika kurang dengan persentase 56,9%.

Kata Kunci : Instrumen Tes, APOS, Tingkat Pemahaman

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Alhamdulillahirrobbil'alamiin segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya kepada kita, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Sholawat serta salam semoga terlimpah pada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang diutus untuk menyempurnakan akhlaq manusia, dan yang kita nantikan syafaatnya di hari akhir kelak.

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan, semangat dan bantuan yang sangat berarti bagi penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik, maka pada kesempatan ini dengan kerendahan hati dan rasa hormat penulis haturkan terimakasih kepada :

1. Prof. Dr. H. Muhibbin, M.Ag, Rektor UIN Walisongo Semarang.
2. Dr. H. Ruswan, M.A, Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.
3. Dr. Hamdan Hadi Kusuma, M.Sc, Ketua Jurusan Pendidikan Fisika UIN Walisongo Semarang.
4. Wali Studi Mahasiswa Jurusan Pendidikan Fisika UIN Walisongo Semarang, Muhammad Ardi Khalif, M.Sc.
5. Andi Fadllan, M.Sc. selaku Pembimbing I dan Qisthi Fariyani, M.Pd selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk selalu memberikan bimbingan, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
6. Almamater ku tercinta UIN Walisongo Semarang khususnya Fakultas Sains dan Teknologi.

7. Kedua orang tuaku, Ayahanda Ahmad Nisfi Romadhoni dan Ibunda Sumirah yang telah senantiasa memberikan do'a, semangat, cinta, kasih sayang, ilmu dan bimbingan yang tidak tergantikan sehingga penulis dapat menyelesaikan kuliah strata 1 serta skripsi ini dengan lancar.
8. Adikku tercinta, Muhammad Fuad Wibowo dan Nurunnida Fatimatuz Zahra yang menjadi motivasi terbesarku.
9. Teman seperjuangan Pendidikan Fisika angkatan 2014 yang selalu memberi bantuan, motivasi dan semangat dalam menyusun skripsi khususnya teman-teman kelas B Pendidikan Fisika angkatan 2014 .
10. Teman-teman ku Kos Anggora yang selalu memberi semangat dan, do'a dan dukungan.
11. Sahabat terhebat "CENTONG SQUAD" (Widy Lestari, Desy Ummi Rodhiyah, Syifa Diatmika dan Hakiky NidyaH Al-koir) yang selalu menjadi tempat berbagi informasi, menjadi tempat berbagi cerita, memberikan motivasi, semangat, do'a, dan dukungan, serta selalu ada dalam keadaan suka maupun duka.
12. Teman-teman PPL SMP Islam Al-Azhar 29 Semarang dan tim KKN MIT V Posko 23 Kelurahan Kandri, Gunungpati, Semarang.
13. Seseorang yang spesial, Taffandani Adnan Mussafa atas waktu dan bantuannya hingga sampai saat ini.
14. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Kepada semua pihak yang telah membantu, penulis tidak dapat memberikan apa-apa. Ucapan terima kasih dengan tulus serta iringan doa, semoga Allah SWT

senantiasa merahmati kita. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya, dan pembaca pada umumnya. Aamiin

Semarang, 24 Juli 2018

Penulis

Ummi Nuzulul Fitroh

NIM: 1403066068

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
PENGESAHAN.....	iii
NOTA PEMBIMBING I.....	iv
NOTA PEMBIMBING II.....	v
ABSTRAK.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I : PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	7
C. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	7
D. Spesifikasi Produk.....	9
E. Asumsi Pengembangan.....	10
BAB II : LANDASAN TEORI	11
A. Deskripsi Teori.....	11
1. Instrumen Tes.....	11
2. Tingkat Pemahaman.....	12
3. Materi Termodinamika.....	15
4. Teori APOS.....	27
B. Kajian Pustaka.....	36
C. Kerangka Berpikir.....	39
BAB III : METODE PENELITIAN	41
A. Model Pengembangan.....	42
B. Prosedur Pengembangan.....	42
1. Studi Pendahuluan.....	42
2. Perencanaan Penelitian.....	43

3. Pengembangan Desain Produk.....	44
4. Uji Coba Produk Terbatas.....	44
5. Revisi Hasil Uji Lapangan Terbatas.....	45
6. Uji produk Skala Luas.....	45
C. Subjek Penelitian.....	46
D. Teknik Pengumpulan Data.....	46
E. Teknik Analisis Data.....	48
BAB IV : DESKRIPSI DAN ANALISIS DATA.....	56
A. Deskripsi Prototipe Produk.....	56
B. Hasil Uji Lapangan.....	59
1. Uji Coba Produk Terbatas	59
2. Uji Skala Besar	64
C. Pembahasan.....	66
D. Prototipe Hasil Pengembangan.....	79
BAB V : PENUTUP.....	81
A. Kesimpulan.....	81
B. Saran.....	82

Daftar Pustaka
Lampiran-lampiran

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 3.1	Pedoman Penafsiran Validitas	51
Tabel 3.2	Kategori Reliabilitas	52
Tabel 3.3	Kategori Daya Pembeda	53
Tabel 3.4	Klasifikasi tingkat kesukaran	54
Tabel 4.1	Validitas Uji Coba Pertama	62
Tabel 4.2	Validitas Uji Coba ke Dua	62
Tabel 4.3	Tingkat Kesukaran Uji Coba Pertama	63
Tabel 4.4	Analisis Daya Pembeda Soal Uji Coba Pertama	64
Tabel 4.5	Hasil Analisis Daya Pembeda Soal uji coba ke dua	65
Tabel 4.6	Hasil Analisis Tingkat Pemahaman Keseluruhan Soal	67
Tabel 4.7	Tingkat Pemahaman Masing-Masing Indikator	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Sebuah Molekul di dalam Kubus	19
Gambar 2.2	Proses Adiabatik	24
Gambar 2.3	Proses Isobarik	26
Gambar 2.4	Proses Isotermal	27
Gambar 2.5	Diagram Kerangka Berpikir	40
Gambar 3.1	Langkah-langkah R&D menurut Borg dan Gall	43

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Kisi-Kisi Pengembangan Instrumen Tes
- Lampiran 2 Instrumen Tes Berbasis APOS dan Kunci Jawaban
- Lampiran 3 Analisis Uji Coba Pertama Instrumen Tes Berbasis APOS
- Lampiran 4 Analisis Uji Coba ke Dua Instrumen Tes Berbasis APOS
- Lampiran 5 Analisis Hasil Tes Tingkat Pemahaman Mahasiswa
- Lampiran 6 Analisis Hasil Tes Tingkat Pemahaman Mahasiswa

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Fisika mempelajari tentang alam. Proses belajar ini dapat diperoleh seseorang sejak orang tersebut berinteraksi dengan alam melalui pengalaman. Pengetahuan awal yang dimiliki setiap orang dapat diartikan benar maupun salah (Wahyuningsih, 2013). Hal ini disebabkan pengetahuan awal tersebut diperoleh dari pengalaman yang berbeda-beda dan sumber informasi yang belum tentu akurat. Penguasaan pengetahuan awal yang dimiliki seseorang sangat berpengaruh terhadap perolehan pengetahuan ketika dalam pendidikan formal.

Aspek pemahaman konsep fisika merupakan kemampuan yang penting dan harus dimiliki oleh mahasiswa (Sari et al., 2013). Konsep-konsep yang ada dalam materi fisika bukan hanya untuk diingat tapi perlu untuk dipahami. Mahasiswa yang memahami konsep dapat mengembangkan kemampuannya dalam pembelajaran fisika serta dapat menerapkan konsep yang telah dipahaminya pada permasalahan sederhana hingga yang kompleks.

Kemampuan berpikir tingkat tinggi mahasiswa Indonesia masih rendah. Hal ini dapat terjadi karena dalam proses pembelajaran, mahasiswa kurang dirangsang untuk

meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi. Pengajaran sains di Indonesia, khususnya pada mata pelajaran fisika dihadapkan fakta bahwa kualitas pembelajaran di kelas masih rendah, baik dalam proses ataupun hasil belajar (Rofiah, 2013:17). Kesulitan dan kelemahan mahasiswa pada bidang fisika khususnya dalam materi termodinamika penting untuk dipecahkan karena termodinamika membahas konsep-konsep dasar yang harus dipahami mahasiswa.

Kemampuan dosen dalam mendeteksi kesulitan dan kelemahan mahasiswa merupakan tantangan dalam kegiatan pembelajaran fisika untuk mengantarkan mahasiswa mencapai keberhasilan dalam belajar. Setiap mahasiswa mempunyai karakteristik yang berbeda-beda. Cara berpikir setiap mahasiswa berbeda. Pembelajaran fisika saat ini lebih menekankan pada runtutan materi pelajaran bukan pada proses berpikir dan psikologi kognitif mahasiswa (Prihatni et al., 2016). Dosen perlu memperhatikan kelemahan dan kesulitan masing-masing mahasiswa supaya tingkat pemahaman mahasiswa dapat diketahui dengan baik.

Hasil wawancara terhadap lima mahasiswa Pendidikan Fisika materi Termodinamika Fakultas Saintek UIN Walisongo Semarang menunjukkan bahwa soal ulangan tengah semester dan soal ulangan akhir semester pada mata kuliah termodinamika hanya berbentuk uraian. Soal yang

diberikan selalu diselesaikan dengan perhitungan, sehingga mahasiswa beranggapan bahwa termodinamika itu sulit yang menjadikan mahasiswa tidak termotivasi untuk mempelajari materi termodinamika. Persoalan fisika yang memiliki tingkat kesulitan tinggi dapat diselesaikan dengan menganalisis setiap bagian yang diketahui dalam persoalan. Mahasiswa akan lebih mudah melakukan perhitungan jika memahami materi termodinamika terlebih dahulu. Selain itu mahasiswa juga merasa senang jika dalam pembelajaran dikaitkan antara konsep-konsep termodinamika dengan kehidupan sehari-hari.

Berdasarkan hasil wawancara, mahasiswa mengeluh kesulitan dalam memahami dan mengerjakan soal karena ketidakefektifan suatu instrumen tes hasil belajar yang digunakan, dalam keadaan ini mahasiswa tidak dapat menemukan antara kemampuan akademis (*ability*) dan usaha (*effort*) dengan hasil belajar. Akibatnya mahasiswa tidak mempunyai kemauan yang kuat untuk belajar (Nengsih, 2016). Oleh karena itu perlu dikembangkan tes yang dapat mengukur tingkat pemahaman mahasiswa, sehingga dosen dapat mengetahui kelemahan mahasiswa dan mencari solusi permasalahan.

Dubinsky dalam Purwindari (2007) mengungkapkan bahwa APOS merupakan teori belajar yang memiliki 4 tahapan yaitu Aksi, Proses, Objek dan Skema. APOS

memenuhi enam karakteristik teori pembelajaran. Ke enam karakteristik tersebut dapat digunakan untuk mendukung prediksi, menjelaskan tentang keberhasilan dan kegagalan mahasiswa dalam belajar, dapat digunakan oleh para pendidik, dapat digunakan untuk mengorganisasikan pikiran seseorang tentang bagaimana mahasiswa dapat belajar tentang konsep tertentu, untuk menganalisis data tentang keberhasilan dan kegagalan mahasiswa, serta untuk mengkomunikasikan hasil yang telah diperoleh dalam pembelajaran.

Fungsi teori APOS adalah sebagai alat ukur untuk menjelaskan tingkatan pemahaman mahasiswa (Nurdin, 2004). Teori APOS yang telah digunakan dalam beberapa penelitian mengenai pemahaman mahasiswa dan siswa tentang berbagai topik matematika dan fisika (Clark et al., 1997). Kerangka teori APOS dapat bermanfaat dalam menginterpretasikan tingkat pemahaman mahasiswa.

Teori APOS digunakan untuk meneliti dan menganalisis pengetahuan mahasiswa dalam menyelesaikan masalah tentang sketsa grafik fungsi dan kekonvergenan barisan tak hingga (Widada, 2003). Kerangka teori APOS telah digunakan untuk menganalisis perkembangan berpikir mahasiswa dalam mempelajari topik fungsi dan grup, serta topik-topik matematika diskrit (Zazkis & Campbell, 1996). Demikian pula dalam topik fisika, penelitian yang

menggunakan teori APOS dapat menganalisis tingkat pemahaman mahasiswa pada materi Besaran dan Satuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa siswa memiliki tingkat pemahaman yang rendah pada materi Besaran dan Satuan (Mahmudah, 2014). Hasil analisis tersebut ternyata teori APOS dapat digunakan untuk menginvestigasi perkembangan pemahaman matematika dan fisika secara umum.

Instrumen tes berfungsi sebagai alat ukur kompetensi yang dicapai dari suatu pembelajaran. Instrumen tes berbasis APOS dikembangkan untuk mengukur tingkat pemahaman mahasiswa dalam memahami konsep termodinamika. Alat ukur yang hendak digunakan untuk mengukur, harus sesuai dengan kurikulum yang digunakan (Purwanto, 2011). Alat ukur yang disusun dengan baik dapat mengukur kemampuan apa yang hendak diukur dari mahasiswa sehingga tujuan penilaian dapat tercapai (Sudijono, 2011). Ungkapan tentang alat ukur tersebut menunjukkan bahwa alat ukur berperan penting dalam pembelajaran .

Penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya hanya sebatas menganalisis tingkat pemahaman dengan pendekatan kualitatif. Penelitian ini mempunyai kelebihan yaitu pengembangan instrumen tes uraian berbasis APOS dengan jenis penelitian R&D. Penelitian ini didasarkan pada

teori APOS (*action, Process, Object, Schema*) yang memiliki empat tahapan dan enam karakteristik untuk mengukur tingkat pemahaman mahasiswa. Pembuatan soal uraian dengan indikator dan tingkatan kognitif yang sesuai dapat mengukur tingkat pemahaman mahasiswa berdasarkan teori belajar APOS.

Ulasan tersebut menjadi dasar pemikiran bahwa instrumen untuk mengukur tingkat pemahaman mahasiswa perlu dikembangkan. Berdasarkan latar belakang, telah dilakukan penelitian dengan judul “Pengembangan Instrumen Tes Berbasis APOS untuk Mengukur Tingkat Pemahaman Mahasiswa pada Materi Termodinamika”.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik instrumen tes berbasis APOS pada materi Termodinamika untuk mengukur tingkat pemahaman mahasiswa?
2. Bagaimana validitas dan reliabilitas instrumen tes berbasis APOS pada materi Termodinamika untuk mengukur tingkat pemahaman mahasiswa?
3. Bagaimana daya beda dan tingkat kesukaran butir soal berbasis APOS pada materi Termodinamika untuk mengukur tingkat pemahaman mahasiswa?

4. Bagaimana tingkat pemahaman mahasiswa pada materi Termodinamika yang diukur dengan instrumen tes berbasis APOS??

C. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Sesuai dengan permasalahan yang dikaji, secara umum penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan instrumen tes tingkat pemahaman mahasiswa Fisika pada materi Termodinamika. Tujuan khusus dari penelitian ini adalah:

1. Mendeskripsikan karakteristik instrumen tes berbasis APOS pada materi Termodinamika untuk mengukur tingkat pemahaman mahasiswa.
2. Menguji validitas dan reliabilitas instrumen tes berbasis APOS pada materi Termodinamika untuk mengukur tingkat pemahaman mahasiswa.
3. Menguji daya beda dan tingkat kesukaran butir soal berbasis APOS pada materi Termodinamika untuk mengukur tingkat pemahaman mahasiswa.
4. Mengukur tingkat pemahaman materi Termodinamika diukur dengan instrumen tes berbasis APOS .

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi dosen, tes yang dikembangkan dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif alat evaluasi untuk

dapat mengukur, memberikan informasi dan gambaran tingkat pemahaman yang dimiliki oleh mahasiswa.

2. Bagi mahasiswa, instrumen tes yang dikembangkan akan menambah wawasan mahasiswa dalam mengerjakan berbagai tipe soal pada materi Termodinamika.
3. Bagi peneliti, instrumen tes yang dikembangkan dapat memberikan tambahan pengetahuan terhadap proses suatu penelitian, menambah pemahaman terhadap keadaan mahasiswa dalam suatu proses pembelajaran, dan mengetahui tingkat pemahaman mahasiswa jurusan pendidikan fisika.
4. Bagi peneliti lain, sebagai acuan dalam melakukan penelitian yang sejenis dan pengembangan instrumen tes berbasis APOS terhadap materi termodinamika.

D. Spesifikasi Produk

Produk yang dihasilkan pada penelitian pengembangan ini berupa instrumen tes berbasis APOS dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Produk yang dikembangkan dilengkapi dengan kisi-kisi soal, kunci jawaban, pedoman penskoran, pedoman penilaian, dan pedoman interpretasi hasil.
2. Produk yang dikembangkan berupa instrumen tes uraian berbasis APOS.
3. Instrumen tes berbasis APOS dikembangkan berupa soal uraian dengan tingkat kesulitan yang berbeda-beda sesuai dengan tahapan APOS.
4. Instrumen tes berbasis APOS yang dikembangkan berfungsi untuk mengukur tingkat pemahaman mahasiswa materi Termodinamika pada bab Teori Kinetik Gas.

E. Asumsi Pengembangan

Produk berupa instrumen tes berbasis APOS yang dikembangkan dengan asumsi dapat mengukur tingkat pemahaman mahasiswa pada materi termodinamika. Mahasiswa kesulitan dalam mengerjakan soal-soal termodinamika dan tidak mengetahui sejauh mana kemampuan yang dimiliki. Pengukuran tingkat pemahaman sangat membantu dosen dalam memberikan perlakuan khusus untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa. Soal tes yang dikembangkan berbasis APOS berbentuk uraian dengan tingkat kesulitan berbeda sesuai tahapan APOS. Diasumsikan

juga bahwa produk yang dikembangkan dapat menjadi instrumen evaluasi untuk diterapkan dosen dalam pembelajaran Termodinamika.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Deskripsi Teori

1. Instrumen Tes

Al-Tabany (2013) menyatakan bahwa instrumen merupakan alat yang dapat digunakan untuk mengukur tingkat ketercapaian kompetensi. Keberhasilan penelitian banyak ditentukan oleh instrumen yang digunakan, sebab data yang diperlukan untuk menjawab pertanyaan penelitian (masalah) dan menguji hipotesis diperoleh melalui instrumen (Ibrahim, 2009). Instrumen penelitian dalam bidang pendidikan sering disusun sendiri termasuk menguji validitas dan reliabelitasnya. Jumlah instrumen penelitian tergantung pada jumlah variabel penelitian yang telah ditetapkan untuk diteliti. (Sugiyono, 2011). Jadi, Instrumen penelitian merupakan suatu alat yang digunakan mengukur fenomena alam maupun sosial yang diamati.

Beberapa langkah yang dapat dilakukan oleh peneliti dalam mengembangkan instrumen antara lain harus memahami pendekatan yang dapat digunakan untuk mengukur sifat atau perilaku yang menjadi objek penelitian;

- a. Melakukan kajian bahan bacaan terkait topik penelitian kemudian melakukan diskusi dengan teman sebaya (peer review).
- b. Bertanya pada beberapa orang yang ahli (profesional) dibidang yang akan dikaji untuk meninjau item yang dibuat, mulai dari keterbacaan, pemaknaan, tingkat kebiasaan, dan tingkat kerumitan;
- c. Menentukan sampel kecil yang sama dengan sampel yang akan digunakan dalam penelitian sebenarnya, kemudian uji cobakan. Sehingga dapat diketahui validitas dan reliabilitas instrumennya.
- d. Melakukan revisi, pengurangan, perubahan dan bahkan penambahan item jika diperlukan, tergantung hasil dari uji coba instrumen (Prasetyo, 2015).

2. Tingkat Pemahaman

Pemahaman adalah kemampuan seseorang untuk mengerti, mengetahui atau memahami sesuatu dan dapat melihatnya dari berbagai segi. Peserta didik dikatakan paham jika peserta didik tersebut mampu memberikan penjelasan atau uraian yang lebih rinci dengan menggunakan kata-katanya sendiri. Pemahaman merupakan jenjang

kemampuan berpikir yang setingkat lebih tinggi dari ingatan dan hafalan (Sudijono, 1996). Pemahaman adalah tingkatan kemampuan yang mengharapkan seseorang mampu memahami arti atau konsep, situasi serta fakta yang diketahuinya (Purwanto, 1997). Artinya, seseorang tersebut tidak hanya hafal secara verbalitas, tetapi memahami konsep dari masalah atau fakta yang ditanyakan, maka operasionalnya dapat membedakan, mengubah, mempersiapkan, menyajikan, mengatur, menginterpretasi-kan, memperkirakan, menentukan, dan mengambil keputusan.

Tingkat pemahaman adalah seberapa mampukah seseorang dalam menguasai dan membangun makna dari pikirannya serta seberapa mampukah seseorang tersebut menggunakan apa yang dikuasainya dalam keadaan lain (Ardiantoro, 2013). Bloom menjelaskan ada tiga tipe kemampuan pemahaman, yaitu: *pertama*, translasi (kemampuan menerjemahkan), yang *kedua* interpretasi (kemampuan menafsirkan), yang *ketiga* ekstrapolasi (kemampuan meramal). Menurut Richard, pengkategorian pemahaman atas dua jenis, yaitu pemahaman rasional dan pemahaman instrumental. Definisi untuk pemahaman rasional adalah "*knowing*

what to do and why” sedangkan untuk pemahaman instrumental adalah *“rules without reason”*. Mrozak menjelaskan bahwa tingkatan pemahaman ada tiga yaitu: *pertama*, memahami makna pengertian dan istilah, artinya peserta didik harus memiliki pengetahuan tentang apa maksud dari simbol-simbol yang diberikan dan apa kesesuaian arti yang ditunjukkan. *Kedua*, memahami pentingnya struktur obyek pemahaman dimana urutan tentang konsep-konsep dan istilah yang diterapkan. *Ketiga*, memahami tentang peran dari obyek pemahaman.

Zain (2006) menyatakan bahwa tingkat pemahaman peserta didik dalam proses pembelajaran dibagi atas 4 tingkatan, yaitu:

- a. Istimewa/maksimal didapat oleh peserta didik apabila seluruh bahan pelajaran yang diajarkan itu dapat dikuasai oleh peserta didik.
- b. Baik sekali/optimal yaitu apabila sebagian besar (76% sampai dengan 99%) bahan pelajaran yang disampaikan telah sempurna.
- c. Baik/minimal terjadi pada peserta didik jika peserta didik tersebut menguasai 60% sampai 75% sedangkan balik.
- d. Kurang, jika peserta didik hanya mampu menguasai materi kurang dari 60%.

3. Materi Termodinamika

a. Hukum Gas ideal

Hukum-hukum gas dari Boyle, Charles, dan Gay-Lussac tentang menjaga satu atau lebih variabel tetap konstan untuk melihat akibat dari perubahan satu variabel saja. Hukum-hukum ini sekarang dapat digabungkan menjadi satu hubungan yang lebih umum antara tekanan, volume, dan temperatur dari gas dengan jumlah tertentu, dapat dilihat pada Persamaan 2.1

$$PV \propto T \quad (2.1)$$

Hubungan ini menunjukkan bagaimana besaran P , V atau T akan berubah ketika variabel lain diubah. Akhirnya, kita harus memasukkan efek jumlah gas yang ada. Siapapun yang pernah meniup balon mengetahui bahwa semakin banyak udara yang dipaksa masuk ke dalam balon, makin besar balon tersebut. Percobaan yang teliti menunjukkan bahwa pada tekanan dan temperatur konstan, volume gas di tempat tertutup bertambah dengan berbanding lurus dengan massa dari gas yang ada, sehingga dapat dituliskan pada Persamaan 2.2 (Giancoli, 2001)

$$PV \propto mT \quad (2.2)$$

(2.2)

Jumlah mol pada suatu sampel zat murni tertentu sama dengan massa dibagi dengan massa molekul yang dinyatakan sebagai gram/mol. Secara matematis dapat dirumuskan pada Persamaan 2.3

$$n \text{ (mol)} = \frac{\text{massa (gram)}}{\text{massa molekul (g/mol)}} \quad (2.3)$$

Sehingga persamaan gas ideal dapat dituliskan menjadi

$$PV = nRT$$

n menyatakan jumlah mol dan R adalah konstanta gas. Nilai R adalah 8.315J/mol.K . Jumlah molekul dalam satu mol dikenal sebagai bilangan Avogadro ($N_A = 6.02 \times 10^{23}$). Karena jumlah total molekul N dalam gas sama dengan jumlah per mol dikalikan jumlah total mol $N = n \times N_A$, maka hukum gas ideal dapat dituliskan dalam jumlah molekul yang ada pada Persamaan 2.4 dan 2.5 (Giancoli, 2001)

$$PV = nRT = \frac{N}{N_A}RT \quad (2.4)$$

$$PV = NkT \quad (2.5)$$

Konstanta k disebut konstanta Boltzman dan mempunyai nilai

$$k = \frac{R}{N_A} = \frac{8.315 \text{ J/molK}}{6.02 \times 10^{23} / \text{mol}} = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$$

b. Teori Kinetik Gas

Konsep bahwa zat terdiri dari atom yang bergerak secara acak terus-menerus disebut teori kinetik. Sifat gas jika dilihat dari sudut pandang teori kinetik. Teori Kinetik pada Gas membahas sifat-sifat gas yang berhubungan dengan gerakan translasi dari atom dan molekul dalam bentuk gas, serta menguji bagaimana sifat-sifat gas tersebut. Asumsi molekul mengenai molekul di dalam gas menggambarkan asumsi yang sederhana mengenai gas, tetapi bagaimanapun cukup sesuai dengan sifat-sifat penting gas riil yang berada pada tekanan rendah. Kondisi seperti ini, sifat-sifat akan cukup sesuai dengan hukum gas ideal dan gas ini disebut sebagai gas ideal. Asumsi-asumsi ini, menyatakan sebagai berikut:

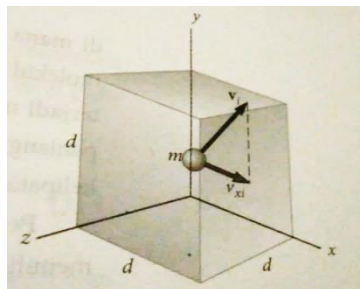
- 1) Jumlah molekul dalam gas sangatlah besar dan jarak pisah rata-rata antara molekul-molekulnya jauh lebih besar dibandingkan dengan dimensinya. Ini berarti bahwa molekul mengisi volume yang dapat diabaikan dalam wadah. Hal ini sesuai

dengan model gas ideal, dimana dapat dibayangkan molekulnya seperti titik.

- 2) Molekul-molekul mengikuti hukum Newton tentang gerak, namun dalam skala besar, molekul-molekulnya bergerak secara acak.
- 3) Molekul berinteraksi hanya dengan gaya-gaya berjarak pendek selama tumbukan lenting.
- 4) Molekul bertumbukan lenting sempurna dengan dinding.
- 5) Molekulnya identik.

Sifat suatu molekul gas diasumsikan akan mendekati sifat gas ideal pada tekanan yang rendah.

Jika molekul-molekul dianggap berada di dalam kubus dengan panjang sisi d (Gambar 2.1).



Gambar 2.1 sebuah molekul di dalam kubus

Diasumsikan satu molekul bermassa m bergerak sedemikian hingga komponen kecepataannya pada arah x adalah v_{x_i} . Ketika molekul bertumbukan lenting dengan dinding manapun, komponen kecepatan yang tegak lurus terhadap dinding dibalik karena massa dinding jauh lebih besar daripada massa molekul. Oleh karena komponen momentum p_{x_i} dari molekul adalah $m_i v_{x_i}$ sebelum tumbukan dan $-m_i v_{x_i}$ setelah tumbukan, perubahan x momentum molekul adalah pada Persamaan 2.6

$$\begin{aligned}\Delta p &= p_{akhir} - p_{awal} & (2.6) \\ &= -m_i v_{x_i} - m_i v_{x_i} \\ &= -2m v_{x_i}\end{aligned}$$

Oleh karena molekul tersebut menaati Hukum Newton, dapat diaplikasikan teorema impuls-momentum pada molekul tersebut sehingga didapatkan Persamaan 2.7

$$\bar{F}_{i,pada\ molekul} \Delta t_{tumbukan} = \Delta p_{x_i} \quad (2.7)$$

$$= -2mv_{x_i}$$

\bar{F}_i pada molekul adalah komponen x dari gaya rata-rata yang dikerjakan oleh dinding pada molekul selama tumbukan dan $\Delta t_{tumbukan}$ adalah durasi tumbukan. Agar molekul tersebut bertumbukan dengan dinding yang sama setelah tumbukan pertama, molekul tersebut harus menempuh jarak sepanjang $2d$ pada arah x . Jadi waktu yang dibutuhkan untuk menumbuk dinding yang sama (Δt) terdapat pada Persamaan 2.8

$$\Delta t = \frac{2d}{v_{x_i}} \quad (2.8)$$

Gaya yang menyebabkan perubahan dalam momentum molekul saat bertumbukan dengan dinding terjadi hanya selama tumbukan. Namun, gaya rata-rata yang dibutuhkan oleh molekul untuk bergerak melintasi kubus dan kembali dapat dihitung. Perubahan momentum untuk selang waktu ini sama dengan durasi pendek tumbukannya. Jadi dapat dituliskan pada Persamaan 2.9 dan 2.10

$$F = \frac{dp}{dt} \quad (2.9)$$

$$(2.10)$$

$$\bar{F}_i \Delta t = -2mv_{x_i}$$

\bar{F}_i adalah komponen gaya rata-rata terhadap waktu yang dibutuhkan oleh molekul untuk bergerak melintasi kubus dan kembali dapat dilihat pada Persamaan 2.11

$$\bar{F}_i = \frac{dp_i}{dt} = \frac{-2mv_{x_i}}{\Delta t} = \frac{-2mv_{x_i}^2}{2d} = -\frac{mv_{x_i}^2}{d} \quad (2.11)$$

$$\bar{F}_{dinding \ ke \ molekul} = -\bar{F}_{molekul \ ke \ dinding} \quad (2.12)$$

Dengan menguraikan persamaan 2.12 maka didapatkan persamaan 2.13 (Jewett, 2010)

$$Pv = \frac{2}{3}(N) \left(\frac{1}{2} m \overline{v^2} \right) \quad (2.13)$$

$$Pv = \frac{2}{3}(N)(E_k) \quad (2.14)$$

Hasil persamaan tersebut menunjukkan bahwa tekanan suatu gas sebanding dengan jumlah molekul per satuan volumenya dan sebanding dengan energi kinetik translasi rata-rata. Persamaan tersebut menunjukkan hubungan antara keadaan makro dan keadaan mikro.

c. Jenis-jenis Proses Termodinamika

Empat jenis proses termodinamik yang sering terjadi pada keadaan praktis. Proses-proses ini dapat sebagai “tanpa perpindahan panas” atau *adiabatik*,

“volume konstan” atau *isokhorik* , “tekanan konstan” atau *isobarik* dan “suhu konstan” atau *isothermal*.

1. Proses Adiabatik

Adiabatik adalah proses dimana tidak ada energi berupa kalor yang masuk atau keluar dari sistem ($Q = 0$). Panas dapat dicegah untuk mengalir, baik dengan membungkus sistem dengan bahan isolator termal, maupun dengan melakukan proses secara sangat cepat sehingga tidak ada cukup waktu untuk terjadinya aliran panas. Dari hukum pertama kita temukan bahwa untuk setiap proses adiabatik mengalami perubahan energi dalam dapat ditulis pada Persamaan 2.15 (Jewett, 2010)

$$U_2 - U_1 = \Delta U = -W \quad (2.15)$$

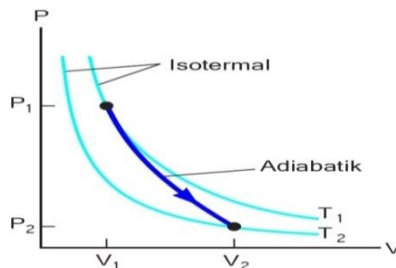
Ketika sistem berekspansi secara adiabatik, W adalah positif (sistem melakukan kerja terhadap lingkungannya), maka ΔU adalah negatif dan energi dalam berkurang. Ketika sistem dikompresi secara adiabatik, W adalah negatif (kerja dilakukan terhadap sistem oleh lingkungan) dan U meningkat. Pada banyak (tapi tidak seluruhnya) sistem kenaikan energi dalam terjadi bersamaan dengan kenaikan suhu.

Penekanan kompresi pada mesin pembakaran-dalam adalah sebuah pendekatan proses adiabatik. Suhu naik ketika campuran udara-bensin dalam silinder dalam silinder dikompresi. Ekspansi bensin yang terbakar selama tekanan daya juga merupakan sebuah pendekatan proses ekspansi adiabatik dengan penurunan suhu.

Jika suatu sistem berisi gas yang mula-mula mempunyai tekanan dan volume masing-masing p_1 dan V_1 mengalami proses adiabatik sehingga tekanan dan volume gas berubah menjadi p_2 dan V_2 , usaha yang dilakukan gas dapat dinyatakan pada Persamaan 2.16

$$W = \frac{1}{\gamma - 1} (P_1 V_1 - P_2 V_2) \quad (2.16)$$

dimana γ adalah konstanta yang diperoleh perbandingan kapasitas kalor molar gas pada tekanan dan volume konstan dan mempunyai nilai yang lebih besar dari 1 ($\gamma > 1$). Berikut ditampilkan gambar proses adiabatik pada Gambar 2.2



Gambar 2.2. Proses Adiabatik

Proses adiabatik dapat digambarkan dalam grafik $p - V$ dengan bentuk kurva yang mirip dengan grafik $p - V$ pada proses isotermik namun dengan kelengkungan yang lebih curam.

2. Proses Isokhorik

Isokhorik adalah proses dimana volume gas dijaga tetap. Ketika volume suatu sistem termodinamika konstan, system tidak melakukan kerja pada lingkungannya. Maka $W=0$, sehingga perubahan energy dalam dapat ditulis pada Persamaan 2.17 (Surya, 2009)

$$U_2 - U_1 = \Delta U = Q \quad (2.17)$$

Pada proses isokhorik, semua energi yang ditambahkan sebagai panas akan ditinggal di dalam sistem sebagai kenaikan energy dalam. Pemanasan gas pada wadah volume-konstan adalah sebuah contoh isokhorik. (perhatikan bahwa ada beberapa jenis kerja yang tidak melibatkan perubahan volume. Contohnya, kita dapat melakukan kerja pada cairan dengan mengaduknya. Pada sejumlah literature, "isokhorik" digunakan dengan pengertian bahwa tidak ada kerja yang dilakukan).

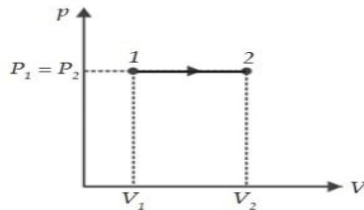
3. Proses Isobarik

Isobarik adalah proses dimana tekanan dijaga tetap dan kalor tidak bernilai nol. Kerja dapat dihitung dengan Persamaan 2.18 berikut ini: (Jewett, 2010)

$$W = P(\Delta V) \quad (2.18)$$

Berkaitan dengan proses isobarik contohnya yaitu air mendidih pada tekanan konstan.

Berikut disajikan proses isobarik pada Gambar 2.3



Gambar 2.3. Proses Isobarik

Proses isobarik dapat digambarkan dalam grafik $P - V$ dengan tekanan yang tetap $P_1 = P_2$ dan terjadi perubahan volume dari v_1 ke v_2 .

4. Proses isotermal

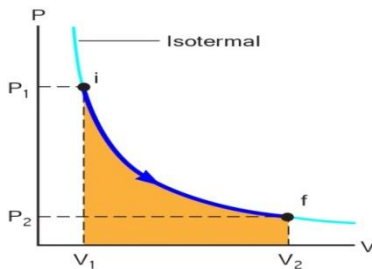
Isotermal adalah proses dimana suhu gas dipertahankan tetap. Agar proses menjadi isotermal setiap aliran panas yang masuk atau keluar sistem harus berlangsung dengan cukup lambat sehingga kesetimbangan termal terjaga.

Secara umum, tidak satupun kuantitas $\Delta U, Q, \text{ dan } W$ adalah nol pada suatu proses isothermal.

Pada sejumlah kasus khusus, energi dalam sistem bergantung hanya pada suhu, tidak pada tekanan atau volume. Sistem yang paling dikenal memiliki sifat khusus ini adalah gas ideal. Untuk sistem tersebut, jika suhu konstan, energi dalam juga konstan; $\Delta U = 0 \text{ dan } Q = W$. Sehingga, semua energi yang masuk ke sistem sebagai panas Q harus keluar sistem lagi sebagai kerja W yang dilakukan oleh sistem, sehingga dapat ditulis pada Persamaan 2.19

$$W = nRT \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (2.19)$$

Dimana V_2 dan V_1 adalah volume akhir dan awal gas. Berikut ini disajikan gambar proses isothermal pada Gambar 2.4



Gambar 2.4. Grafik Isothermal

4. Teori Action, Process, Object, Schema (APOS)

a. Pengertian APOS

Dubinsky (2001) menjelaskan bahwa teori APOS adalah sebuah teori konstruktivitas tentang bagaimana peserta didik belajar konsep yang didasarkan pada teori perkembangan Piaget. Istilah-istilah aksi (*action*), proses (*process*), obyek (*object*), dan skema (*schema*) pada hakekatnya merupakan konstruksi seseorang dalam upaya memahami sebuah ide atau konsep.

Dubinsky dalam Mahmudah (2014) sebagai pengembang Teori APOS mendasarkan teorinya pada pandangan bahwa pengetahuan dan pemahaman seseorang merupakan suatu kecenderungan seseorang untuk merespon terhadap suatu situasi dan merefleksikannya pada konteks sosial. Berkaitan dengan paradigma tersebut bahwa dalam menyelesaikan suatu masalah, terdapat dua hal yang harus dimiliki seseorang yaitu mengerti konsep dan memanfaatkannya ketika diperlukan. Tujuan yang ingin dicapai dari teori APOS adalah terbentuknya konstruksi mental siswa.

Menurut Suryadi dalam Zuhair (2014) proses berusaha memahami suatu ide akan dimulai dari suatu aksi mental terhadap ide tersebut dan pada akhirnya akan sampai pada konstruksi suatu skema tentang konsep tertentu yang tercakup dalam masalah yang diberikan. Teori ini, hadir sebagai upaya untuk memahami tingkatan pemahaman peserta didik agar lebih mudah untuk dipahami yaitu dengan menjelaskan melalui empat tahap, yaitu tahap aksi, proses, objek, dan skema.

Berikut penjelasan masing-masing tahapan teori APOS:

1. Aksi

Dubinsky (2000) menyatakan bahwa aksi adalah perubahan yang dirasakan oleh individu karena adanya pengaruh dari luar. Perubahan terjadi karena adanya reaksi terhadap isyarat dari luar yang memberikan rincian tepat tentang langkah-langkah yang harus diambil. Mulyono dalam Zuhair (2014) menjelaskan indikator pencapaian teori APOS pada tahap aksi sebagai berikut:

- a. Subjek hanya menerapkan rumus atau langsung menggunakan rumus yang diberikan
- b. Subjek hanya mengikuti contoh yang sudah diberikan sebelumnya
- c. Subjek memerlukan langkah-langkah rinci untuk melakukan transformasi
- d. Kinerja subjek berupa kegiatan procedural

2. Proses

Dubinsky (2000) menyatakan bahwa aksi diulang-ulang kemudian individu merenungkan akan proses pengulangan tersebut, langkah ini berubah menjadi proses. Artinya konstruksi internal yang dibuat dengan melakukan tindakan yang sama, tetapi belum tentu tindakannya diarahkan oleh rangsangan dari luar. Mulyono dalam Zuhair (2014) menjelaskan indikator pencapaian teori APOS pada tahap proses sebagai berikut:

- a. Untuk melakukan transformasi subyek tidak perlu diarahkan dari rangsangan eksternal

- b. Subjek dapat merefleksikan langkah-langkah transformasi tanpa melakukan langkah-langkah tersebut secara nyata
- c. Subjek dapat menjelaskan langkah-langkah transformasi tanpa melakukan langkah-langkah tersebut secara nyata
- d. Subjek bisa membalik langkah-langkah transformasi tanpa melakukan langkah-langkah secara nyata
- e. Sebuah proses dirasakan oleh subjek sebagai hal yang internal dan di bawah kontrol subjek tersebut
- f. Subjek mencapai pemahaman prosedural
- g. Subjek belum paham secara konseptual

3. Objek

Dubinsky (2003) menyatakan bahwa ketika seseorang mampu melakukan konstruksi proses menjadi sebuah objek kognitif, mencerminkan pada tindakan yang diterapkan pada proses tertentu, dan menjadi sadar akan proses sebagai suatu totalitas, dan dapat bertindak di atasnya, dan dapat pula benar-benar membangun transformasi tersebut, maka kita mengatakan individu telah mampu mencapai tahap objek.

Indikator pencapaian teori APOS pada tahap obyek menurut Mulyono dalam Zuhair (2014) sebagai berikut:

- a. Subjek dapat melakukan aksi-aksi pada obyek
- b. Subjek dapat melakukan *de-encapsulating* suatu objek kembali menjadi proses dari mana objek itu berasal atau mengurai sebuah skema yang ditematisasi menjadi berbagai komponen
- c. Subjek mencapai suatu pemahaman konseptual
- d. Subjek dapat menentukan sifat-sifat suatu konsep

4. Skema

Dubinsky (2000) menyatakan bahwa sebuah skema untuk bagian tertentu adalah kumpulan aksi, proses, dan objek, yang terhubung secara sadar dalam kerangka yang koheren dalam pikiran individu dan digunakan untuk menyelesaikan masalah yang melibatkan daerah fisik tersebut. Mulyono dalam Zuhair (2014) juga menjelaskan indikator pencapaian peserta

didik ketika sudah mencapai tahap skema menurut teori APOS sebagai berikut:

- a. Subjek dapat menghubungkan aksi, proses, obyek, suatu konsep dengan konsep lainnya
- b. Subjek mampu menghubungkan obyek-obyek dan proses-proses dengan bermacam cara
- c. Subjek memahami hubungan-hubungan antara aksi, proses, obyek, dan sifat-sifat lain yang telah dipahaminya
- d. Subjek memahami berbagai aturan/rumus yang perlu dilibatkan/digunakan

Jika teori APOS dan konstruktifisme ini diterapkan dalam pembelajaran fisika, maka pemahaman konsep atau hasil dari proses pembelajaran fisika dapat dijelaskan melalui keempat tahap perkembangan teori APOS tersebut. Tingkat pemahaman dari masing-masing individu akan berbeda tergantung dari modal awal pemahaman peserta didik akan materi, seberapa keras peserta didik tersebut berusaha memahami materi, dan

seberapa tinggi tingkat kecerdasan dari masing-masing peserta didik dalam merespon materi.

Keempat komponen dari teori APOS, yaitu aksi, proses, obyek, dan skema telah dibahas pengertiannya secara hirarkis (berurutan). Hal ini disebabkan setiap pembahasan satu komponen saling berkaitan dengan komponen lainnya secara berurutan.

Dubinsky (2000) menyatakan bahwa Penjelasan tingkat pemahaman sebelumnya telah memaparkan bahwa tingkat pemahaman adalah seberapa mampukah seseorang dalam menguasai dan membangun makna dari pikirannya serta seberapa mampukah seseorang tersebut menggunakan apa yang kuasanya dalam keadaan lain. Teori APOS adalah sebuah teori konstruktivitas bagaimana mahasiswa belajar konsep yang dijelaskan dalam istilah-istilah aksi (*action*), proses (*process*), obyek (*object*), dan skema (*schema*) yang pada hakekatnya merupakan konstruksi seseorang dalam upaya memahami sebuah ide atau

konsep. Hubungan antara tingkat pemahaman dengan teori APOS, yaitu tingkat pemahaman sendiri adalah tingkatan bagaimana mahasiswa memahami materi sedangkan teori APOS merupakan penjelaras sampai mana tingkatan yang dicapai mahasiswa tersebut pada suatu materi dalam hal ini adalah materi Termodinamika. Teori APOS di sini berfungsi sebagai alat ukur untuk menjelaskan tingkatan pemahaman mahasiswa.

b. Karakteristik APOS

Dubinsky dalam Purwindari (2007) mengungkapkan bahwa APOS merupakan teori dalam pembelajaran, karena memenuhi enam karakteristik teori pembelajaran. Keenam karakteristik tersebut adalah:

- 1) Mendukung prediksi. Kemampuan prediktif dari teori APOS berada pada pernyataan yang tegas, yaitu bahwa mahasiswa membuat konstruksi mental tertentu, maka mahasiswa tersebut akan belajar topik materi tertentu.

- 2) Dapat digunakan untuk menjelaskan. Teori APOS dapat digunakan untuk menjelaskan tentang keberhasilan dan kegagalan mahasiswa dalam belajar.
- 3) Dapat diterapkan pada fenomena yang luas. Teori APOS dapat digunakan oleh para pengamat pendidikan, dan orang lain yang tertarik dengan teori ini.
- 4) Membantu mengorganisasikan pikiran tentang fenomena yang luas. Teori APOS dapat digunakan untuk mengorganisasikan pikiran seseorang tentang bagaimana mahasiswa dapat belajar tentang konsep tertentu.
- 5) Sebagai alat analisis data. Suatu metode yang sangat khusus dalam menggunakan teori APOS untuk menganalisis data tentang keberhasilan dan kegagalan mahasiswa
- 6) Memberi suatu istilah untuk dikomunikasikan dalam pembelajaran.

B. Kajian Pustaka

Informasi dalam penelitian ini digali dari buku-buku, jurnal, artikel dan skripsi sebagai bahan pertimbangan untuk membandingkan masalah-

masalah yang diteliti dari segi metode dan objek yang diteliti. Informasi yang digali dari berbagai sumber digunakan sebagai acuan dasar dalam penelitian.

Agustini (2007) tentang *Analisis tentang Himpunan Berdasarkan Teori APOS pada Siswa Kelas VII SMP Negeri I Karangrejo Tulungagung* menunjukkan bahwa secara umum tingkat pemahaman siswa kelas VII SMP Negeri I Karangrejo Tulungagung tentang himpunan berada pada tahap proses menurut kerangka teori APOS.

Mulyono (2012) tentang *Pemahaman Mahasiswa Field Dependent dalam Merekonstruksi Konsep Grafik Fungsi*, enunjukkan bahwa 1) Kinerja dalam tahap-tahap APOS tidak semua dilakukan dengan sempurna. 2) Analisis yang disarankan kurang runtun. 3) Jaringan skema grafik fungsi sudah koheren, tetapi masih ada hal-hal yang belum dikuasai.

Ardiantoro (2013) tentang *Analisis Tingkat Pemahaman Siswa Berdasarkan Teori APOS dalam Mempelajari Persamaan Garis Lurus Ditinjau dari Aktivitas Belajar Siswa SMP Negeri 6 Nganjuk* menunjukkan bahwa pemahaman peserta didik terbagi menjadi tiga tingkatan, yaitu:

1. Tingkat pemahaman dengan aktivitas belajar rendah berdasarkan teori APOS. Peserta didik mengerjakan soal dengan berdasarkan pengetahuan mereka yang pernah disampaikan oleh guru. Hasil penjelasan tersebut, maka peserta didik berada pada tahap aksi.
2. Tingkat pemahaman peserta didik dengan aktivitas belajar sedang berdasarkan teori APOS. Peserta didik dengan aktivitas belajar sedang mampu untuk memilih langkah untuk memudahkan dalam menyelesaikan pekerjaan meskipun cara yang digunakan sama dengan cara guru. Berdasarkan hal tersebut, dapat disimpulkan bahwa peserta didik pada tahap proses.
3. Tingkat pemahaman peserta didik dengan aktivitas belajar tinggi berdasarkan teori APOS yang menunjukkan bahwa peserta didik mampu melihat adanya hubungan antar permasalahan, sehingga peserta didik berada pada tingkat pemahaman objek.

Berbeda dari penelitian sebelumnya yang membahas tentang tingkat pemahaman peserta didik pada materi matematika, menindak lanjuti penelitian yang sudah

ada dan menggali informasi yang lebih dalam yaitu instrumen tes uraian dikembangkan untuk mengukur tingkat pemahaman mahasiswa fisika materi Termodinamika di UIN Walisongo Semarang.

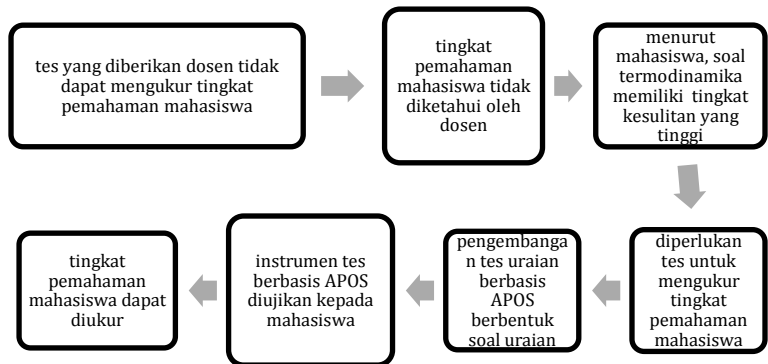
C. Kerangka Berpikir

Tingkat pemahaman pada mahasiswa merupakan suatu hal penting yang harus diperhatikan untuk memahami suatu materi. Ketika mahasiswa tidak memahami materi, mahasiswa akan kesulitan dalam mengerjakan soal-soal sehingga berdampak buruk terhadap hasil belajar. Mahasiswa seringkali tidak memahami materi yang diajarkan salah satunya pada mata kuliah termodinamika.

Berdasarkan hasil wawancara, soal yang diberikan dosen kepada mahasiswa hanya berbentuk soal uraian. Soal-soal dalam termodinamika yang diberikan selalu meminta mahasiswa untuk melakukan perhitungan, sehingga kebanyakan mahasiswa hanya menghafal rumus dan tidak memahami materi termodinamika dengan baik. Dosen tidak dapat mengukur tingkat pemahaman mahasiswa dengan tepat sehingga dosen tidak mengetahui kemampuan mahasiswa. Oleh karena itu, tes perlu dilakukan untuk mengetahui tingkat pemahaman pada mahasiswa.

Tes uraian berbasis APOS merupakan instrumen yang tepat untuk mengukur tingkat pemahaman mahasiswa karena memiliki empat tahapan dengan tingkat kesulitan soal dari rendah

sampai tinggi. Tahapan pertama, aksi yaitu mahasiswa hanya menerapkan rumus yang telah diberikan. Tahapan ke dua, proses yaitu mahasiswa mencapai pemahaman prosedural dan belum paham konsep. Tahapan ke tiga, objek yaitu mahasiswa mencapai pemahaman konseptual. Tahapan ke empat, skema yaitu mahasiswa dapat menggabungkan aksi, proses, objek suatu konsep dengan konsep lainnya. Instrumen tes berbasis APOS yang diujikan dapat mengukur tingkat pemahaman mahasiswa pada materi termodinamika. Diagram kerangka berpikir dapat dilihat selengkapnya pada Gambar 2.5:



Gambar 2.5 Diagram Kerangka Berpikir

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

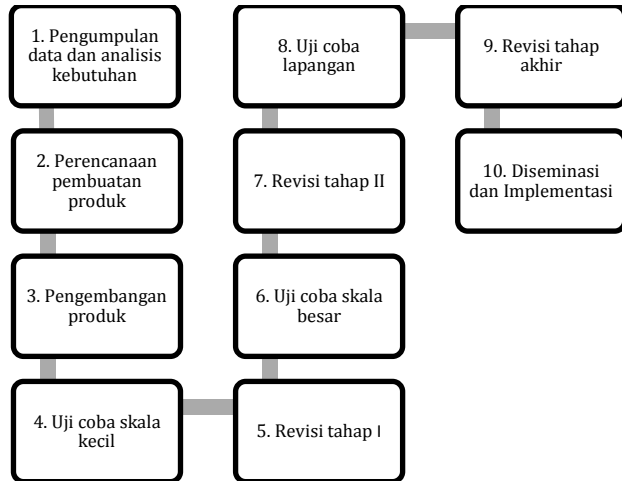
A. Model Pengembangan

Model Pengembangan penelitian *R&D* yang digunakan merupakan model pengembangan hasil adaptasi dari model penelitian *R&D* yang dikembangkan oleh Borg & Gall. *R&D* merupakan model penelitian pengembangan yang hasil penelitiannya digunakan untuk mendesain produk dan prosedur baru, yang kemudian secara sistematis dilakukan pengujian lapangan, evaluasi dan revisi produk sampai produk tersebut mencapai efektivitas dengan kriteria, kualitas, atau standar tertentu (Gall *et al.*, 2003). Pengembangan produk pada penelitian ini yaitu berupa instrumen tes berbasis APOS.

Menurut Sugiyono (2012), metode penelitian *R&D* adalah metode penelitian untuk penelitian yang menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut.. Hasil dari penelitian pengembangan tidak hanya pengembangan sebuah produk yang sudah ada melainkan juga untuk menemukan pengetahuan atau jawaban atas permasalahan praktis.

B. Prosedur Pengembangan

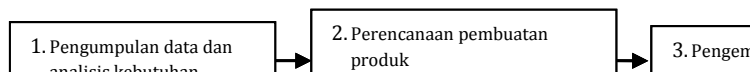
Menurut Borg dan Gall (2003), pendekatan *research and development* (R & D) dalam pendidikan meliputi sepuluh langkah. Adapun langkah-langkah penelitiannya seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Langkah-langkah R&D Menurut Borg dan Gall

Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pengumpulan data dan analisis kebutuhan, meliputi:



a. Analisis kebutuhan

Analisis kebutuhan dilakukan melalui wawancara dan tes secara acak kepada lima mahasiswa Pendidikan Fisika tentang materi Termodinamika. Tes berupa soal uraian materi Termodinamika diberikan kepada mahasiswa dengan tingkat kecerdasan yang berbeda yang diketahui dari hasil ulangan pada mata kuliah Termodinamika.

b. Studi Pustaka

Teori dan hasil penelitian dikaji sesuai dengan penelitian yang akan dilakukan dari berbagai sumber seperti jurnal, buku, artikel, dan skripsi.

2. Perencanaan Pembuatan Produk

Rumusan tujuan penelitian yaitu untuk mengetahui karakteristik produk instrumen tes berbasis APOS pada materi Termodinamika untuk:

a. mengetahui kevalidan dan reabilitas instrumen tes berbasis APOS pada materi Termodinamika

b. mengetahui profil tingkat pemahaman mahasiswa setelah diukur dengan menggunakan instrumen tes uraian yang telah dikembangkan.

3. Pengembangan Desain Produk (*Develop Preliminary of Product*)

Penentuan desain produk yang telah dikembangkan berupa instrumen tes soal uraian berbasis APOS berjumlah 13 soal yang terdiri atas kisi-kisi, pedoman penilaian, dan kunci jawaban yang dibutuhkan selama proses penelitian dan pengembangan. Tahapan dalam pengembangan instrumen juga ditentukan pelaksanaan uji desain di lapangan, dan menentukan pihak-pihak yang terlibat dalam penelitian.

4. Uji Coba Produk Terbatas (*Preliminary Field Testing*)

Uji produk terbatas dilakukan dengan uji lapangan awal terhadap desain produk kepada mahasiswa Pendidikan Fisika. Uji lapangan awal dilakukan dua kali untuk mengetahui validitas, reliabilitas, daya beda dan tingkat kesukaran, sehingga diperoleh desain yang layak dari segi substansi dan metodologi. Pertama, instrumen tes uraian berjumlah 15 butir soal yang diujicobakan kepada 21 mahasiswa Fisika. Hasil analisis menunjukkan sepuluh soal valid dengan delapan sub indikator. Ke dua, sub indikator yang tidak valid pada uji coba pertama kemudian diuji coba kembali dengan soal yang berbeda. Uji coba ke dua memuat tiga sub indikator dengan enam butir soal. Hasil analisis menunjukkan terdapat tiga soal yang valid.

Keseluruhan sub indikator yang berjumlah sebelas dalam instrumen tes dapat terwakili dalam 13 soal setelah dilakukan uji coba dua kali.

5. Revisi Hasil Uji Lapangan Terbatas (*Main Product Revision*)

Langkah ini merupakan perbaikan model atau desain berdasarkan hasil uji lapangan terbatas. Penyempurnaan produk awal dilakukan setelah dilakukan uji coba lapangan secara terbatas. Tahap penyempurnaan produk awal ini dilakukan dengan menggabungkan soal yang diterima dari ujicoba pertama dan ke dua. Jumlah soal yang digunakan yaitu 13 soal yang mewakili 11 indikator pada materi Teori Kinetik Gas.

6. Uji Produk Skala Luas (*Main Field Test*)

Langkah ini merupakan uji produk secara lebih luas kepada mahasiswa Fisika dengan 13 soal yang digunakan. Langkah ini meliputi uji tingkat pemahaman instrumen tes. Hasil uji lapangan adalah desain yang efektif, baik dari sisi substansi maupun metodologi.

Penelitian kali ini implementasinya hanya sampai pada langkah ke enam. Hal ini dilakukan karena keterbatasan, baik dari segi waktu maupun biaya. Penelitian dan pengembangan dapat

dihentikan sampai dihasilkan tujuan dari penelitian tersebut. Tujuan dari pengujian instrumen tes sudah tercapai, baik pada uji terbatas maupun uji coba lebih luas. Tahap Borg and Gall sampai pada tahap 6 sudah bisa digunakan untuk mengukur tingkat pemahaman mahasiswa.

C. Subjek Penelitian

Subjek penelitian ini adalah mahasiswa prodi Pendidikan Fisika semester 6 dan prodi fisika murni semester 4 tahun akademik 2017/2018 Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo. Uji coba produk terbatas dilakukan kepada 21 mahasiswa Pendidikan Fisika. Uji skala luas dilakukan kepada 58 mahasiswa yang telah mendapat materi Teori Kinetik Gas.

D. Teknik Pengumpulan Data

a. Wawancara

Metode wawancara bertujuan untuk mengetahui dan menangkap secara langsung seluruh informasi dari subjek penelitian. Wawancara dilakukan pada tanggal 29 Maret 2018 kepada lima mahasiswa Pendidikan Fisika. Wawancara dilakukan sebelum diberikan tes yaitu pada tahap studi pendahuluan untuk mengetahui tingkat pemahaman mahasiswa pada materi Teori

Kinetik Gas jika diukur dengan menggunakan teori APOS.

b. Tes

Tes skala terbatas dilakukan sebanyak tiga kali. Tes yang pertama untuk menganalisis kebutuhan dengan memberikan soal tentang materi Teori Kinetik Gas kepada lima mahasiswa pendidikan fisika. Tes yang ke dua, kepada 21 mahasiswa fisika. Tes yang ke tiga diujikan kepada 15 mahasiswa fisika. Instrumen tes divalidasi dengan validitas empiris dan dianalisis. Hasil tes yang telah dilakukan menghasilkan 13 soal yang valid dan dapat digunakan untuk mengukur tingkat pemahaman mahasiswa pada materi Teori Kinetik Gas.

c. Dokumentasi

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (2012), dokumentasi adalah pengumpulan, pemilihan, pengolahan, dan penyimpanan informasi di bidang pengetahuan, pengumpulan bukti dari keterangan. Dokumentasi bertujuan untuk mendapatkan keterangan dan bukti yang dibutuhkan. Penelitian ini mengumpulkan daftar nama mahasiswa, Rencana Pembelajaran Semester (RPS) dan dokumentasi ketika mahasiswa sedang mengerjakan soal uraian tentang materi Termodinamika.

E. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data merupakan cara menganalisis data setelah melakukan penelitian. Proses analisis data dimulai dengan menelaah data yang tersedia dari berbagai sumber setelah melakukan penelitian (Hadi, 2004). Metode analisis yang digunakan dalam pengembangan ini adalah analisis tingkat pemahaman mahasiswa yang mampu mendukung tercapainya tujuan dari kegiatan penelitian pengembangan.

1. Uji Kelayakan Instrumen

Instrumen tes yang digunakan adalah soal uraian untuk mengukur tingkat pemahaman mahasiswa Fisika. Sebelum digunakan, instrumen tes terlebih dahulu dilakukan uji instrumen sebagai berikut:

a. Uji validitas empiris

Validitas empiris dihitung menggunakan analisis korelasi yang mencari hubungan antara skor tes dengan kriteria tertentu yang saling berkaitan. Tes dapat dikatakan valid jika hasilnya sesuai dengan kriteria. Namun, kriteria itu harus sesuai dengan apa yang akan diukur (Arifin, 2012: 322). Validitas instrumen tes harus valid dan dapat dipertanggungjawabkan sehingga dapat dianggap sebagai tes standar yang dapat digunakan dalam pembelajaran.

Tes mempunyai koefisien validitas tinggi jika tes itu dapat mengukur apa yang hendak diukur dari mahasiswa. (Arikunto, 2012: 75). Penelitian ini tes digunakan untuk mengukur tingkat pemahaman mahasiswa pada materi Termodinamika. Validitas tes dapat dicari menggunakan rumus pada Persamaan 3.1 dengan penafsiran seperti pada Tabel 3.1.

$$r_{xy} = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{\{N \sum X^2 - (\sum X)^2\} \{N \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}} \quad (3.1)$$

r_{xy} = koefisien korelasi tiap item butir soal

N = banyaknya responden uji coba

X = jumlah skor item

Y = jumlah skor total

Tabel 3.1 Pedoman Penafsiran Validitas

Koefisien Korelasi	Tafsiran
$0.8 \leq r_{xy} \leq 1$	Sangat tinggi
$0,60 \leq r_{xy} < 0,8$	Tinggi
$0,40 \leq r_{xy} < 0,60$	Cukup
$0,20 \leq r_{xy} < 0,40$	Rendah
$0,00 \leq r_{xy} < 0,20$	Sangat Rendah

(Arikunto,2012)

b. Reliabilitas

Tes dikatakan dapat dipercaya jika memberikan hasil yang tetap apabila diujikan

berkali-kali (Widyoko, 2014). Nilai reliabilitas soal diukur menggunakan rumus koefisien *Alpha* seperti pada Persamaan 3.2 dengan penafsiran seperti pada Tabel 3.2 (Arifin, 2009).

$$\alpha = \left(\frac{R}{R - 1} \right) \left(1 - \frac{\Sigma\sigma_i^2}{\sigma_t^2} \right) \quad (3.2)$$

R = Jumlah butir soal

$\Sigma\sigma_i^2$ = Varians butir soal

σ_t^2 = Varians skor total

Varians dapat dicari melalui Persamaan 3.3.

$$\sigma_i^2 = \frac{\Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{N}}{N} \quad (3.3)$$

σ_i^2 = Varians total

N = Jumlah peserta tes

ΣX^2 = Jumlah kuadrat skor total

Tabel 3.2 Kategori Reliabilitas

Batasan	Kategori
$0,8 \leq r \leq 1,0$	Sangat tinggi
$0,6 \leq r < 0,8$	Tinggi
$0,4 \leq r < 0,6$	Sedang
$0,2 \leq r < 0,4$	Rendah
$0,0 \leq r < 0,2$	Sangat rendah

Nugraha (2017)

c. Daya pembeda

Menurut Arikunto (2012), daya pembeda soal adalah kemampuan suatu soal untuk membedakan antara siswa yang berkemampuan tinggi dengan siswa yang berkemampuan rendah. Angka yang menunjukkan besarnya daya pembeda disebut indeks diskriminasi (D). Rumus untuk menghitung Daya Pembeda soal uraian dapat dilihat pada Persamaan 3.4 dengan kategori sesuai pada Tabel 3.3 (Arifin, 2012).

$$DP = \frac{\text{mean A} - \text{mean B}}{\text{Skor maksimum}} \quad (3.4)$$

DP = Daya pembeda soal

Mean A = Rata-rata skor siswa kelompok atas

Mean B = Rata-rata skor siswa kelompok bawah

Kategori tingkat kesukaran soal dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Kategori Daya Pembeda

Batasan	Kategori
$0,40 \leq DP \leq 1,00$	Diterima
$0,30 \leq DP < 0,40$	Diterima, tetapi perlu diperbaiki
$0,20 \leq DP < 0,30$	Diperbaiki
$0,00 \leq DP < 0,20$	Dibuang

Arifin(2012)

d. Tingkat Kesukaran

Uji tingkat kesukaran digunakan untuk mengetahui apakah soal tes termasuk kategori mudah, sedang, atau sukar. Tingkat kesukaran dapat ditentukan melalui Persamaan 3.5 dengan kriteria tingkat kesukaran seperti pada Tabel 3.4 (Arifin, 2012).

$$TK = \frac{\text{Mean}}{\text{Skor Maksimum}} \quad (3.5)$$

$$\text{Mean} = \frac{\text{jumlah skor pada soal tertentu}}{\text{jumlah peserta tes}}$$

TK = Tingkat kesukaran soal uraian

Mean = Rata-rata skor siswa

Skor Maksimum = Skor maksimum yang ada pada pedoman penskoran

Klasifikasi tingkat kesukaran dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Klasifikasi Tingkat Kesukaran

Batasan	Kategori
$0,00 \leq TK < 0,30$	Soal sukar
$0,30 \leq TK < 0,70$	Soal sedang
$0,70 \leq TK \leq 1,00$	Soal mudah

(Arifin, 2012)

2. Analisis data hasil tes uraian berbasis APOS

Langkah-langkah analisis data hasil tes uraian berbasis APOS adalah sebagai berikut:

- a. Merekapitulasi setiap jawaban dari 58 responden dalam bentuk skor diubah dalam bentuk nilai yang dapat dilihat pada Persamaan 3.6.

$$NILAI = \frac{\text{Skor yang diperoleh responden}}{125} \times 100 \quad (3.6)$$

- b. Nilai masing-masing responden dihitung
- c. Analisis tingkat pemahaman dibagi menjadi 2 yaitu:

- 1) Analisis keseluruhan indikator soal

Zain (2006) menyatakan bahwa tingkat pemahaman mahasiswa dalam proses pembelajaran dibagi atas 4 tingkatan, yaitu:

- Istimewa/maksimal, didapat oleh mahasiswa apabila seluruh materi pelajaran dapat dikuasai oleh mahasiswa dengan perolehan nilai 100.
- Baik sekali/optimal, yaitu apabila sebagian besar ($76\% \leq \text{materi} \leq 99\%$) materi pelajaran telah dipahami dengan sempurna. Nilai yang diperoleh mahasiswa yaitu pada interval $76 \leq \text{nilai} \leq 99$.
- Baik/minimal, terjadi pada mahasiswa jika menguasai $60\% \leq \text{materi} \leq 75\%$. Mahasiswa

memperoleh nilai pada interval $60 \leq \text{nilai} \leq 75$.

- Kurang, jika mahasiswa hanya mampu menguasai materi kurang dari 60% dengan perolehan nilai kurang dari 60.

2) Analisis masing-masing indikator

Selain mengukur tingkat pemahaman pada keseluruhan indikator, tingkat pemahaman mahasiswa juga didasarkan pada masing-masing indikator. Zain (2006) menyatakan bahwa tingkat pemahaman mahasiswa pada masing-masing indikator terbagi atas 4 tingkatan yaitu maksimal, baik sekali, baik dan kurang.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Prototipe Produk

Produk yang dikembangkan pada penelitian ini berupa instrumen tes uraian berbasis APOS materi Termodinamika. Selain instrumen tes, produk yang dikembangkan meliputi kisi-kisi soal tes yang terdapat pada Lampiran 1, petunjuk pengerjaan soal tes, kunci jawaban, lembar jawab, dan pedoman penskoran. Produk instrumen tes berbasis APOS materi Termodinamika yang dihasilkan dapat dilihat pada Lampiran 2.

Instrumen tes yang dikembangkan berupa soal uraian berbasis APOS pada materi Termodinamika berdasarkan Rencana Pembelajaran Semester. Penggunaan acuan ini karena pembelajaran dilakukan berdasarkan Rencana Pembelajaran Semester mata kuliah Termodinamika materi Teori Kinetik Gas.

Format penulisan instrumen ini sesuai dengan format APOS yang dikembangkan oleh Dubinsky dan Mc Donald (2001) yang menjelaskan bahwa teori APOS adalah teori konstruktivitas tentang bagaimana peserta didik belajar konsep yang didasarkan pada teori perkembangan Piaget. Tes uraian berbasis APOS dikembangkan dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) Tahap Aksi terdapat tiga nomor yaitu soal nomor satu, dua dan soal nomor sepuluh.
- 2) Tahap Proses sebanyak tiga soal yaitu nomor tiga, 12, dan 13.
- 3) Objek sebanyak dua soal yaitu nomor empat dan nomor lima
- 4) Skema terdapat lima soal yang telah dikembangkan yaitu nomor enam, tujuh, delapan, sembilan dan nomor sebelas.

Produk awal instrumen tes uraian berbasis APOS ini terdiri atas 15 soal. Setelah dilakukan uji coba, instrumen tes yang valid berjumlah 13 soal. Soal-soal tersebut dikembangkan berdasarkan indikator yang telah dijabarkan dari capaian pembelajaran pada materi Termodinamika, dan terdapat 11 sub indikator yang dijadikan acuan untuk mengembangkan soal tes uraian berbasis APOS yaitu gas ideal, energi kinetik, keadaan dalam proses Termodinamika, persamaan kerja pada proses Termodinamika, hubungan keadaan makro dan mikro, energi pada proses Termodinamika, siklus dan kerja total pada proses Termodinamika.

- 1) Kisi-kisi soal tes uraian berbasis APOS

Komponen kisi-kisi soal tes memuat judul kisi, capaian pembelajaran, indikator, sub indikator, nomor

soal, jumlah soal, kategori tingkat APOS, pedoman penilaian, dan kunci jawaban soal.

2) Petunjuk pengerjaan soal tes

Petunjuk pengerjaan soal berisi judul, langkah-langkah dalam mengerjakan tes, alokasi waktu tes, dan perintah bagi mahasiswa saat mengerjakan tes.

3) Kunci jawaban

Kunci jawaban soal tes berbasis APOS terdiri atas judul, sub indikator, nomor soal, skor pada tiap proses dan skor total.

4) Pedoman penskoran

Pedoman penskoran terbagi menjadi empat yang disesuaikan dengan tahapan pada APOS. Tahap aksi, jika soal dijawab benar diberikan skor tiga. Tahap proses, jika soal dijawab benar diberikan skor tujuh. Tahap objek, apabila soal dijawab benar diberikan skor sepuluh. Tahap skema, apabila soal dijawab benar, diberikan skor 15. Jika jawaban tidak sempurna maka skor dikurangi sesuai yang tercantum di kunci jawaban.

B. Hasil Uji Lapangan

1. Uji Coba Produk Terbatas

Tahap uji coba dilakukan untuk mengetahui jumlah soal valid yang dapat digunakan dalam penelitian. Kegiatan uji coba yang dilakukan dua kali untuk memperoleh hasil uji coba produk yang lebih baik dan

memberikan hasil yang meyakinkan (Nengsih, 2016). Hasil uji coba pertama dan ke dua, instrumen kemudian dianalisis dan direvisi kembali berdasarkan hasil analisis berupa validitas, reliabilitas, daya beda dan tingkat kesukaran sehingga diperoleh *prototype* akhir atau draf akhir yang lebih efektif.

Uji coba produk terbatas dilakukan untuk mengetahui lama waktu yang dibutuhkan mahasiswa untuk mengerjakan soal tes materi Teori Kinetik Gas. Selain itu, uji coba instrumen digunakan untuk menentukan validitas, reliabilitas, daya beda, dan tingkat kesukaran soal. Hasil uji skala kecil ini menunjukkan bahwa mahasiswa dapat menyelesaikan 15 butir soal uraian dalam waktu 90 menit.

Hasil uji coba pertama dianalisis, selanjutnya instrumen tes dengan sub indikator yang tidak valid diujicoba kembali dengan soal yang berbeda agar semua sub indikator dalam kisi-kisi dapat tercapai. Instrumen total setelah dua kali uji coba berjumlah 13 soal, sehingga instrumen tes berbasis APOS yang diujikan pada uji skala kecil dapat diujikan pada uji skala besar dengan revisi.

a. Validasi Instrumen Tes Awal

Sebelum digunakan, instrumen tes diujicoba untuk mengetahui soal-soal valid yang dapat

digunakan. Uji validitas yang digunakan yaitu validitas empiris dengan menghitung korelasi *product moment*. Instrumen ini diuji coba dua kali agar menghasilkan soal yang valid dan memenuhi semua sub indikator. Uji coba pertama terdiri atas 15 soal dengan 10 soal valid dapat dilihat pada Tabel 4.1. uji coba ke dua disajikan pada Tabel 4.2. Hasil perhitungan validitas pada uji coba pertama terdapat pada Lampiran 3.

Tiga sub indikator dengan validitas rendah kemudian diujicobakan kembali dengan 6 soal yang mewakili 3 sub indikator. Hasil ujicoba kedua menghasilkan 3 soal diterima yang dapat mewakili sub indikator. Hasil uji coba ke dua terdapat pada Lampiran 4. Jadi, total instrumen tes berbasis APOS berjumlah 13 soal yang dapat mewakili 11 sub indikator.

Tabel 4.2 Validitas Uji Coba ke Dua

Sub Indikator	Nomor Soal	Validitas
8	1	Tidak Valid
	2	Cukup
9	3	Tinggi
	4	Cukup
11	5	Rendah
	6	Tinggi

Tabel 4.1 Validitas Uji Coba Pertama

Sub Indikator	Nomor Soal	Validitas
1	1	Cukup

2	2	Tinggi
3	3	Tinggi
4	4	Cukup
5	5	Rendah
	6	Tinggi
6	7, 8, 9	Tinggi
7	10	Cukup
8	11	Rendah
9	12	Cukup
10	13	Cukup
11	14	Cukup,
	15	Sangat Rendah

b. Reliabilitas instrumen tes

Reliabilitas instrumen dihitung dengan *Alpha Cronbach*. Hasil perhitungan uji coba pertama didapatkan nilai $r_{11} = 0,79$ dan uji coba ke dua nilai $r_{11} = 0,42$ yang berdasarkan kriteria nilai reliabilitas untuk nilai *Alpha*, tes termasuk memiliki reliabilitas sedang. Perhitungan reliabilitas instrumen uji coba pertama dan kedua selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 3 dan Lampiran 4.

c. Tingkat kesukaran soal

Analisis tingkat kesukaran soal diperlukan untuk mengetahui soal dalam kategori mudah, sedang, atau sulit. Perhitungan tingkat kesukaran soal secara lengkap disajikan pada Lampiran 3 dan lampiran 4, Secara garis besar, tingkat kesukaran butir soal ditampilkan pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Tingkat Kesukaran Uji Coba Pertama

Kategori soal	Nomor soal	Jumlah soal
Mudah	1,2	2
Sedang	3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13	9
Sulit	8, 9	2

d. Daya pembeda soal

Analisis daya pembeda soal diperlukan untuk mengetahui apakah soal dapat membedakan mahasiswa yang tergolong pandai dan kurang pandai. Uji coba pertama terdapat 15 soal dianalisis untuk mencari daya pembeda soal. Uji coba ke dua dengan enam soal untuk mengganti lima soal yang dibuang. Pada uji coba pertama dan ke dua analisis daya pembeda selengkapnya terdapat pada Lampiran 3 dan Lampiran 4. Secara lebih lengkap, pengkategorian soal berdasarkan analisis daya pembeda tersaji dalam Tabel 4.4 dan Tabel 4.5

Tabel 4.4 Analisis Daya Pembeda Soal Uji Coba Pertama

Kategori Daya Pembeda	No. Soal	Jumlah Soal
Diterima	2, 3, 6, 7, 8, 9	6
Diterima, tetapi perlu diperbaiki	1, 4, 13	3
Diperbaiki	10	1

Dibuang	5, 11, 12, 14, 15	5
---------	-------------------	---

Tabel 4.5 Hasil Analisis Daya Pembeda Soal Uji Coba Ke dua

Kategori Daya Pembeda	No. Soal	Jumlah Soal
Diterima	3, 5, 6	3
Diterima, tetapi perlu diperbaiki	0	0
Diperbaiki	2	1
Dibuang	1, 4	2

2. Uji Skala Besar

Uji skala besar dilakukan terhadap 58 mahasiswa prodi Pendidikan Fisika dan Fisika. Instrumen yang digunakan pada uji skala besar merupakan instrumen soal yang telah dianalisis pada uji skala kecil dengan jumlah total 13 soal. Mahasiswa mengerjakan tes uraian berbasis APOS yang telah diujikan pada uji skala kecil. Hasil tes pada uji skala besar dianalisis dengan kriteria tingkat pemahaman dan disesuaikan dengan tingkatan APOS.

Instrumen soal tingkat pemahaman dianalisis secara keseluruhan dengan nilai total semua nomor dan dianalisis dari masing-masing indikator agar

diketahui tingkat pemahaman mahasiswa. Penilaian dan hasil analisis keseluruhan tingkat pemahaman mahasiswa dapat dilihat pada Lampiran 5. Pengkategorian tingkat pemahaman mahasiswa tersaji dalam Tabel 4.6

Instrumen soal dianalisis pada tiap sub indikator. Instrumen yang dikembangkan ini terdapat sebelas indikator yang masing-masing memiliki tingkat kesulitan yang berbeda dan sesuai dengan tingkatan APOS. Selain analisis keseluruhan indikator, masing-masing indikator juga dianalisis yang disajikan pada Tabel 4.7

Tabel 4.6 Hasil Analisis Tingkat Pemahaman Keseluruhan Soal

Tingkat Pemahaman	Jumlah mahasiswa
Maksimal	0
Baik Sekali	6
Baik	19
Kurang	33
Jumlah Mahasiswa	58

Tabel 4.7 Tingkat Pemahaman Masing-Masing Indikator

Sub	Nilai	Rata-Rata	Tingkat
-----	-------	-----------	---------

Indikator	Mahasiswa	Pemahaman
1	70,68	Maksimal
2	49,99	Kurang
3	37,69	Kurang
4	45,97	Kurang
5	33,45	Kurang
6	64,44	Baik
7	55,82	Kurang
8	36,2	Kurang
9	31,48	Kurang
10	71,43	Baik
11	34,73	Kurang

Berdasarkan analisis, menandakan bahwa mahasiswa dalam memahami materi Termodinamika masih berada pada kategori kurang dan perlu diperbaiki. Hasil analisis tingkat pemahaman pada masing-masing indikator dapat dilihat pada Lampiran 6.

C. Pembahasan

1. Pengembangan Instrumen soal berbasis APOS materi Termodinamika

Mahasiswa memiliki tingkat pemahaman yang bermacam-macam, karena pengalaman belajar setiap mahasiswa yang berbeda. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan suatu alat evaluasi untuk dapat mengukur tingkat pemahaman mahasiswa. Alat evaluasi yang dapat mengukur tingkat pemahaman mahasiswa salah satunya adalah soal tes materi

Termodinamika. Format pembuatan instrumen berpedoman pada teori belajar APOS yang dikembangkan oleh Dubinsky (2001).

Instrumen tes uraian dikembangkan karena pemahaman mahasiswa terhadap materi-materi Termodinamika rendah. Produk yang dihasilkan dari penelitian pengembangan instrumen berbasis APOS meliputi kisi-kisi soal, petunjuk pengerjaan soal, soal-soal uraian, kunci jawaban, lembar jawab, dan pedoman penskoran.

a) Kisi-kisi soal berbasis APOS

Kisi-kisi soal tes diagnostik dibuat sebagai rancangan awal dari distribusi soal-soal tes berbasis APOS yang dikembangkan. Penulisan soal ditujukan untuk menjadi pedoman penulisan soal-soal uraian. Kisi-kisi berisi spesifikasi soal-soal yang akan dikembangkan. Kisi-kisi soal disusun dengan menggunakan capaian pembelajaran, indikator dan sub indikator yang terdapat pada kurikulum di UIN Walisongo Semarang, dengan jumlah soal akhir sebanyak 13 soal. Perbaikan meliputi nomor soal dan tingkat kesulitan sesuai APOS.

b) Petunjuk Pengerjaan soal berbasis APOS

Petunjuk pengerjaan soal disusun agar mahasiswa mengetahui secara jelas aturan untuk

mengerjakan soal-soal tes berbasis APOS. Terdapat 6 poin yang menjadi petunjuk mahasiswa saat mengerjakan soal sebelum, saat, dan setelah mengerjakan soal agar tes dapat berjalan tertib.

c) Soal-soal berbasis APOS

Instrumen tes berbasis APOS yang dikembangkan mengambil materi Termodinamika. Berdasarkan wawancara kepada 5 mahasiswa pendidikan fisika banyak ditemukan kesulitan mahasiswa pada materi Termodinamika. Hal inilah yang mendasari untuk dilakukan pengembangan instrumen tes berbasis APOS untuk mengukur tingkat pemahaman mahasiswa pada materi Termodinamika. Terdapat 4 tingkatan APOS dari tingkat rendah sampai tinggi, yaitu soal dengan kategori APOS dengan skor maksimal 3, proses dengan skor maksimal 7, objek dengan skor maksimal 10 dan skema dengan skor maksimal 15. Soal berbasis APOS memiliki keunggulan disbanding tes pada umumnya, tes berbasis APOS memiliki kategori sesuai dengan tingkat kesulitan soal dan memiliki 6 karakteristik khusus APOS (Mahmudah, 2014).

Soal-soal yang dikembangkan dan setelah validasi, serta setelah uji skala besar berjumlah 13

butir soal. Daya beda rendah tidak digunakan dalam instrumen. Soal tes dibuat dengan tujuan untuk mengetahui apakah materi kuliah tersebut telah dipahami oleh mahasiswa atau tidak, termasuk mengukur tingkat pemahaman mahasiswa (Suwanto, 2013).

Rekap perbaikan soal sesudah uji skala besar terdapat pada Lampiran 1. Perbaikan soal meliputi kalimat soal, pilihan jawaban dan alasan, serta isi soal, yang didasarkan atas hasil analisis butir soal.

d) Kunci Jawaban berbasis APOS

Kunci jawaban soal akan memudahkan saat soal dikoreksi. Selain itu, kunci jawaban digunakan sebagai acuan saat penskoran dan analisis hasil tes.

e) Lembar Jawab instrumen tes berbasis APOS

Lembar jawaban disusun sedemikian rupa agar mahasiswa mudah dalam menuliskan jawaban saat tes. Selain itu, lembar jawaban yang digunakan yaitu folio bergaris untuk memudahkan dilakukan analisis terhadap jawaban mahasiswa.

f) Pedoman Penskoran instrumen tes berbasis APOS

Pedoman penskoran dibuat untuk menentukan skor dari hasil tes mahasiswa. Perolehan skor hasil tes siswa akan dianalisis untuk

menentukan apakah mahasiswa mengalami tingkat pemahaman tinggi sedang atau rendah.

2. Analisis Tingkat Pemahaman Mahasiswa

a) Tingkat Pemahaman Mahasiswa pada Keseluruhan Indikator

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada mahasiswa yang memiliki tingkat pemahaman maksimal. Hal ini ditunjukkan dari hasil wawancara terhadap lima mahasiswa yang masih mengalami kesulitan pada materi Termodinamika. Mahasiswa Fisika hanya memahami rumus secara prosedural dan hanya menghafal rumus, sehingga jika disajikan persoalan pada tingkat yang lebih sulit mahasiswa merasa kesulitan dan cenderung tidak termotivasi untuk menyelesaikan persoalan sampai tuntas. Hasil yang didapatkan sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Nurdin (2014) bahwa siswa cenderung menghafal prosedur dan rumus tertentu. Hal ini disebabkan bagi kebanyakan siswa menghafal atau mengingat suatu rumus lebih mudah dan disenangi daripada proses memahami suatu konsep

Mahasiswa yang memiliki tingkat pemahaman baik sekali sebanyak enam orang dan mahasiswa yang memiliki tingkat pemahaman baik sebanyak 19 orang. Hal ini dikarenakan hanya sebagian kecil

mahasiswa yang mampu memahami materi Termodinamika secara konseptual. Mahasiswa dengan tingkat pemahaman baik sekali adalah yang dapat mengerjakan soal pada empat tingkatan APOS.

Mahasiswa dengan tingkat pemahaman kurang sebanyak 33 orang yang menandakan bahwa mahasiswa tidak mampu mengerjakan soal pada keseluruhan tahapan APOS. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Agustini (2007) bahwa pada tahap skema, siswa belum bisa mengaitkan aksi, proses dan objek serta siswa belum mampu menyelesaikan soal dengan baik. Kemampuan siswa hanya sampai pada tahap proses.

b) Tingkat Pemahaman Mahasiswa pada Tiap Sub Indikator

1) Mampu menjelaskan teori gas ideal dalam persoalan

Sub indikator ini menggambarkan tingkat pemahaman mahasiswa pada materi Termodinamika menurut teori APOS berada pada tahap aksi, berarti kemampuan mahasiswa tersebut hanya terbatas pada menyatakan perbedaan tekanan pada keadaan satu dan keadaan dua. Jumlah mahasiswa dengan skor

maksimal tiga, sebanyak 15 mahasiswa dari 21 mahasiswa. Nilai rata-rata mahasiswa 70,68 yang berada pada tingkat pemahaman maksimal dikarenakan pada sub indikator ini mahasiswa telah mengetahui rumus yang digunakan dalam menyelesaikan persoalan.

2) Mampu menghitung energi kinetik suatu zat

Sub indikator ini dengan tahapan aksi menggambarkan tingkat pemahaman mahasiswa berada pada kategori kurang. Hal tersebut dikarenakan mahasiswa dalam menjawab soal lupa dengan rumus yang digunakan untuk mencari energi kinetik. Faktor lain yang menyebabkan rendahnya tingkat pemahaman mahasiswa adalah kurang telitinya dalam mengkonversi satuan pada suhu, sehingga menyebabkan skor pada indikator ini tidak maksimal.

3) Mampu membuktikan persamaan gas ideal $PV = NkT$ dari $PV = nRT$

Sub indikator ini, dengan tahapan proses mahasiswa selain dapat membedakan tekanan pada keadaan satu dan keadaan dua, mahasiswa juga sudah menyadari bahwa untuk menentukan tekanan menggunakan persamaan $PV = nRT$.

Sub indikator ini menuntut mahasiswa untuk membuktikan persamaan umum gas ideal menjadi persamaan $PV = NkT$. Pemahaman mahasiswa pada sub indikator ini berada pada kategori kurang. Hal ini disebabkan mahasiswa masih kesulitan untuk membuktikan persamaan tersebut.

4) Mampu membedakan macam-macam keadaan dalam sistem Termodinamika

Sub indikator ini, mahasiswa sudah mengetahui ciri-ciri pada masing-masing proses Termodinamika dan dapat menyatakan definisi pada proses Termodinamika dengan benar. Pada tahap objek, mahasiswa telah memiliki pengetahuan konseptual tentang proses Termodinamika. Keadaan ini sesuai dengan pendapat Zazkis & Campbell (1996) yang menyatakan jika pemahaman mahasiswa menurut kerangka teori APOS berada pada tahap objek, maka siswa tersebut telah memiliki pemahaman secara konseptual. Namun, hal tersebut tidak sesuai dengan hasil penelitian ini. Tingkat pemahaman mahasiswa berada pada kategori kurang karena mahasiswa tidak memahami keadaan dalam sistem

Termodinamika secara keseluruhan. Hal ini ditunjukkan dalam jawaban mahasiswa yang belum mampu membedakan masing-masing proses Termodinamika dengan tepat. Mahasiswa hanya mampu membedakan salah satu atau dua proses Termodinamika saja. Sejumlah 16 mahasiswa yang menjawab kurang tepat sehingga skor yang didapatkan tidak maksimal.

- 5) Mampu mengaplikasikan persamaan umum gas ideal ke dalam persoalan fisika

Sub indikator ini berada pada tahap objek. Mahasiswa mampu mengaplikasikan persamaan gas ideal ke dalam persoalan fisika. Tingkat pemahaman mahasiswa pada sub indikator ini termasuk kategori kurang. Hal ini disebabkan oleh mahasiswa tidak teliti dengan satuan yang digunakan, yaitu pada satuan suhu dalam satuan internasional adalah Kelvin tetapi kebanyakan mahasiswa menjawab dengan tanpa mengubah satuan dari Celcius menjadi Kelvin.

- 6) Mampu menemukan persamaan kerja pada proses isothermal, isobarik, dan adiabatik

Sub indikator ini berada pada tahap skema yaitu mahasiswa mampu mengaitkan aksi, proses, dan objek untuk menyelesaikan suatu

persoalan Termodinamika. Tingkat pemahaman mahasiswa pada sub indikator ini berada pada kategori baik. Hal ini dapat ditunjukkan pada jawaban mahasiswa yang mampu menjabarkan persamaan secara matematis sehingga dapat diartikan bahwa mahasiswa telah memahami konsep proses isothermal, isobarik dan adiabatik pada Termodinamika.

- 7) Mampu membuktikan hubungan antara keadaan makro dan keadaan mikro

Sub indikator ini berada pada tahap skema. Mahasiswa mampu membuktikan hubungan antara keadaan makro dan keadaan mikro. Tingkat pemahaman mahasiswa pada sub indikator ini berada pada kategori kurang. Hal ini disebabkan karena mahasiswa hanya menghafal persamaan dalam keadaan makro dan mikro, sehingga pada beberapa langkah penjabaran rumus jawaban mahasiswa salah.

- 8) Mampu menghitung besarnya energi pada proses isobarik

Sub indikator ini berada pada tahap aksi. Mahasiswa mampu menghitung besarnya energi pada proses isobarik. Tingkat pemahaman mahasiswa pada sub indikator ini berada pada

kategori kurang dikarenakan mahasiswa lupa tentang rumus energi dan energi dalam, sehingga perhitungan akhir mahasiswa salah.

- 9) Mampu membandingkan besarnya kerja yang terdapat dalam siklus Termodinamika

Sub indikator ini berada dengan tahap skema. Tingkat pemahaman mahasiswa pada sub indikator ini termasuk kategori kurang. Hal ini terjadi karena mahasiswa lupa tentang rumus energi pada proses isobarik $\Delta U = n C_v (T_A - T_C)$. Jika rumus yang digunakan tidak sesuai maka hasil akhir salah, sehingga mahasiswa belum bisa dikatakan mencapai tahap skema.

- 10) Mampu menghitung besarnya kerja pada masing-masing keadaan dalam sistem Termodinamika

Sub indikator ini termasuk tahap proses. Tingkat pemahaman mahasiswa pada sub indikator ini berada pada kategori baik. Hal ini ditunjukkan dengan jawaban mahasiswa pada proses pertama yaitu mengkonversi besaran sesuai kebutuhan soal. Mahasiswa mampu mengerjakan soal dengan menemukan besaran volume akhir terlebih dahulu sehingga besaran kerja pada proses isobarik dapat ditentukan.

11) Mampu menghitung besarnya kerja total pada keadaan dalam sistem Termodinamika

Sub indikator ini termasuk tahap proses. Tingkat pemahaman mahasiswa pada sub indikator ini berada pada kategori kurang. Hal ini disebabkan mahasiswa tidak mengkonversi satuan ke dalam satuan internasional seperti satuan tekanan yaitu atm diubah menjadi N/m^2 . Hal ini menunjukkan bahwa mahasiswa kurang teliti dan kurang memahami soal yang dikerjakan.

D. Prototipe Hasil Pengembangan

1. Karakteristik instrumen tes berbasis APOS materi Termodinamika

Produk akhir soal yang dikembangkan berupa instrumen tes uraian, dengan materi Termodinamika. Instrumen tes dilengkapi dengan pedoman penskoran, penilaian, kisi-kisi yang terdiri atas capaian pembelajaran, indikator dan sebelas sub indikator. Instrumen tes berjumlah 13 soal yaitu tiga soal tahap aksi, tiga soal tahap proses, dua soal tahap objek dan lima soal pada tahap skema yang dinyatakan valid dengan perhitungan validitas empiris.

2. Karakteristik butir soal berbasis APOS materi Termodinamika

Instrumen tes uraian yang dikembangkan memiliki reliabilitas sedang, dengan nilai koefisien *Alpha* 0,42. Instrumen berbasis APOS berjumlah 13 buah butir soal yang dinyatakan valid. Tingkat kesukaran instrumen APOS terdiri atas dua soal tergolong mudah, sembilan soal sedang, dan dua soal sukar. Indeks daya pembeda soal akhir 0 sampai 0,66 dengan delapan soal diterima, tiga soal yang diterima tetapi perlu diperbaiki, dua soal perlu diperbaiki, dan dua soal dibuang.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, maka dapat disimpulkan:

1. Karakteristik instrumen APOS

Produk akhir soal yang dikembangkan berupa instrumen tes uraian berbasis APOS yang dilengkapi dengan kisi-kisi, kunci jawaban, dan pedoman penskoran pada materi Termodinamika. Setiap butir soal tersusun atas satu tingkatan APOS. Masing-masing tingkatan APOS memiliki tingkat kesulitan dan skor maksimal yang berbeda-beda. Jumlah total sebanyak 13 soal terdiri atas tiga soal tahap aksi, tiga soal tahap proses, dua soal tahap objek dan lima soal pada tahap skema.

2. Validitas dan reliabilitas instrumen

Instrumen tes yang dikembangkan memiliki 13 soal valid. Reliabilitas instrumen tes uraian berbasis APOS yang dikembangkan memiliki reliabilitas sedang, dengan nilai koefisien *Alpha* 0,42.

3. Daya pembeda dan tingkat kesukaran butir soal

Instrumen tes berbasis APOS memiliki daya pembeda delapan soal diterima, tiga soal diterima

tetapi perlu diperbaiki, dan dua soal diperbaiki. Instrumen tes uraian berbasis APOS berjumlah 13 buah butir soal, terdiri atas dua soal mudah, sembilan soal sedang, dan dua soal sukar.

4. Tingkat pemahaman mahasiswa keseluruhan

Nilai rata-rata tingkat pemahaman mahasiswa Pendidikan Fisika UIN Walisongo Semarang berada pada kategori kurang. Tidak terdapat mahasiswa yang memiliki tingkat pemahaman maksimal, hanya 10,34% mahasiswa yang memiliki tingkat pemahaman baik sekali, 32,76% dengan tingkat pemahaman baik, dan 56,9% dengan tingkat pemahaman kurang.

B. Saran

1. Diperlukan tes uraian berbasis APOS pada materi fisika lain.
2. Diperlukan lebih banyak responden agar menghasilkan reliabilitas tinggi.
3. Diperlukan variasi tipe soal untuk mengukur tingkat pemahaman mahasiswa.
4. Diperlukan tindak lanjut khusus untuk mengukur tingkat pemahaman yang terjadi dan mengatasi tingkat pemahaman rendah yang dialami mahasiswa saat ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustini, P. 2007. *Analisis Pemahaman Tentang Himpunan Berdasarkan Teori APOS pada Siswa Kelas VII SMP Negeri 1 Karangrejo Tulungagung*. Skripsi. Malang: Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Muhammadiyah Malang.
- Al-Tabany, T.I.B. 2013. *Mendesain Model Pembelajaran Inovatif, Progresif, dan Kontekstual*. Jakarta: Prenadamedia Group.
- Ardiantoro, G. 2013. *Analisis Tingkat Pemahaman Siswa Berdasarkan Teori APOS dalam Memperlajari Persamaan Garis Lurus Ditinjau dari Aktivitas Belajar Siswa SMP Negeri 6 Nganjuk*. Skripsi. Surakarta: Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret.
- Arifin, Z. 2012. *Evaluasi Pembelajaran*. Direktorat Jendral Pendidikan Agama Islam RI: Jakarta Pusat.
- Arifin, Z. 2009. *Evaluasi Pembelajaran*. Bandung: PT. Remaja Tosdakarya.
- Borg, W.R. & Gall, M.D. 1989. *Educational Research: An Introduction, Fifth Edition*. New York: Longman.

- Chodijah, S., Ahmad, F. & Ratna W. 2012. *Pengembangan Perangkat Pembelajaran Fisika Menggunakan Model GUIDED INQUIRY yang Dilengkapi Penilaian Portofolio pada Materi Gerak Melingkar*. Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika (1): 2-3.
- Clark, J. M., et.al. 1997. *Constructing a Schema: The Case of the Chain Rule*. Journal of mathematical behavior 16 (4).
- Dubinsky, E. 2001. *APOS: A Constructivist Theory of Learning in Undergraduate Mathematics Education Research*. New York: Springer-Verlag.
- Dubinsky, E. 2000. *Using a Theory of Learning in College Mathematics Courses*. New York: Springer-Verlag.
- Gall, M., Borg, W. & Gall, J., 2003. Educational Research: An introduction. USA: Pearson Education Inc., pp.236–252. Available at: <http://psycnet.apa.org/psycinfo/1996-97171-000>.
- Giancoli. 2001. Fisika Edisi kelima Jilid 1. Jakarta. Erlangga.
- Iis, P. 2015. *Teknik Analisis Data dalam Research and Development*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Jewertt, S. 2010. Fisika untuk Sains dan Teknik. Salemba Teknika.
- Mahmudah, S., 2014. *Analisis Tingkat Pemahaman Peserta Didik pada Materi Besaran dan Satuan Menggunakan*

- teori APOS (Studi Kasus Kels X MA Tajul Ulum Brabo Grobogan Tahun Pelajaran 2014/2015)*. Skripsi. Semarang: UIN Walisongo Semarang.
- Mulyono. 2012. *Pemahaman Mahasiswa Field Dependent dalam Merekonstruksi Konsep Grafik Fungsi*. Jurnal Matematika FMIPA UNNES. 3 (3): 12.
- Nengsih, F. 2016. Pengembangan Instrumen Tes Hasil Belajar Kognitif Mata Pelajaran Fisika pada Pokok Bahasan Dinamika Gerak Semester I Kelas X SMA Negeri Khusus Jeneponto. Skripsi. UIN Alauddin Makasar.
- Nugraha, R. S., 2017. Menghitung Reliabilitas Butir Soal Pilihan Ganda dengan *Software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences)*, pp: 1. Available at: <http://www.tintapendidikanindonesia.com/2017/05/menghitung-reliabilitas-butir-soal.html>.
- Prihatni, Y., Kumaidi, M. 2016. *Pengembangan Instrumen Diagnostik Kognitif Pelajaran IPA di SMP*. 20 (1):112.
- Purwanto, N. 2014. *Prinsip-Prinsip dan Teknik Evaluasi Pengajaran*. Bandung : PT. Remaja Rosdakarya.
- Purwindari, E. V. 2007. *Implementasi Teori Belajar APOS (Action, Proses, Object, Schema) dengan Pendekatan Siklus ACE Activities, Class Discussion, Exercise) DI SMPN 1 UDANAWU BLITAR*. Skripsi. Malang: Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Muhammadiyah.

- Rofiah, E. 2013. *Penyusunan Instrumen Tes Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Fisika pada Siswa*. 1(2): 18.
- Setiawan, E. 2012. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: Badan Pengembangan Bahasa.
- Sudijono, A. 1996. *Pengantar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta : PT. Raja Grafindo Persada.
- Sudjana, N. & Ibrahim. 2009. *Penelitian dan Penilaian Pendidikan*. Bandung: Sinar Baru Algensindo.
- Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono, 2012. *Statistika untuk Penelitian*, Bandung: Alfabeta.
- Sari, N.S. 2013. *Pengaruh Implementasi Pembelajaran Kontekstual Berbantuan Multimedia Interaktif terhadap Penurunan Miskonsepsi (Studi Kuasi Eksperimen dalam Pembelajaran Cahaya dan Alat Optik di SMP Negeri 2 Amlapura)*. Singaraja: Universitas Pendidikan Ganesha.
- Surya, Y. 2009. *Suhu dan Termodinamika*. Tangerang. PT Kandel.
- Tim Penyusun Kamus Pusat Pembinaan dan Pengembangan Bahasa Depdikbud. 1990. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Wahyuningsih, T., Trustho R & Dyah F.M. 2013. *Pembuatan Instrumen Tes ostik Fisika SMA Kelas XI. 1 (1): 113-114.*

- Widada, W. 2003. *Struktur Representasi Pengetahuan Mahasiswa tentang Permasalahan Grafik Fungsi dan Kekonvergenan Deret Tak Hingga pada Kalkulus*. Disertasi tidak diterbitkan. Surabaya: Program Pascasarjana UNESA.
- Zuhair, M.z et al. 2014. *Eksplorasi Konstruksi Pengetahuan Matematika Siswa Kelas VIII SMP Negeri 1 Surakarta Menggunakan Teori Action, Process, Object, Scheme (APOS) pada Materi Pokok Faktor Bentuk Aljabar*. Tesis. Surakarta: Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret.
- Zain,, A., & Djamarah, S. B. 2006. *Strategi Belajar Mengajar*. Jakarta: PT. Asdi Mahasatya.
- Zazkis, R., and Campbell, S. 1996. Multiplicative Structure of Natural Numbers: Preservice Teacher's Understanding. *Journal For Research in Mathematics Education*. 27 (4): 540-563.

Lampiran 1

KISI-KISI PENGEMBANGAN INSTRUMEN TEST URAIAN (Tingkat Pemahaman Mahasiswa pada Materi Termodinamika Berbasis APOS)

Materi pokok : Gas Ideal

Instrumen Penilaian : Soal Uraian berbasis APOS

Capaian Pembelajaran	Indikator	Sub Indikator	Kategori APOS	No. soal
Mampu memahami persamaan keadaan gas ideal	1. Menjelaskan teori gas ideal dengan tepat	1) Mampu menjelaskan teori gas ideal dalam persoalan	Aksi	1
		2) Mampu menghitung energi kinetik suatu zat	Aksi	2
		3) Mampu membuktikan persamaan gas ideal $PV = NkT$ dari $PV = nRT$	Proses	3
		4) Mampu membedakan macam-macam keadaan dalam sistem Termodinamika	Objek	4
	5) Mendeskripsikan teori gas ideal	5) Mampu mengaplikasikan	Objek	5

	dalam bahasa matematis dengan benar	persamaan umum gas ideal ke dalam persoalan fisika		
		6) Mampu menemukan persamaan kerja pada proses Isotermal, Isobarik dan adiabatik	Skema	6,7,8
		7) Mampu membuktikan hubungan antara keadaan makro dan keadaan mikro	Skema	9
	8) Mengaplikasikan persamaan keadaan dalam sistem Termodinamika dengan tepat	8) Mampu menghitung besarnya energi pada proses isobarik	Aksi	10
		9) Mampu membandingkan besarnya kerja yang terdapat dalam siklus Termodinamika	Skema	11
		10) Mampu menghitung besarnya kerja pada	Proses	12

		masing-masing keadaan dalam sistem Termodinamika		
		11) Mampu menghitung besarnya kerja total pada keadaan dalam sistem Termodinamika	Proses	13

Lampiran 2

INSTRUMEN TES URAIAN BERBASIS APOS PADA MATERI TERMODINAMIKA DAN KUNCI JAWABAN

LEMBAR SOAL

Mata Kuliah : Termodinamika

Bentuk Soal : Uraian

Hari/Tanggal:

Waktu : 90 menit

Petunjuk umum:

1. Berdoalah sebelum mengerjakan soal
2. Periksa dan bacalah soal-soal sebelum Anda menjawab
3. Kerjakan soal berikut pada Lembar jawaban yang telah diberikan
4. Dahulukan mengerjakan soal-soal yang Anda anggap mudah
5. Periksalah kembali pekerjaan Anda sebelum dikumpulkan

Petunjuk khusus:

Kerjakan soal berikut dengan singkat dan tepat

SELAMAT MENGERJAKAN

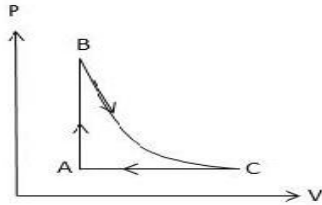
1. Suatu gas ideal berada dalam suatu bejana tertutup dengan tekanan P , volume V dan suhu T . Jika suatu saat suhu diubah menjadi $2T$ dan volumenya menjadi

$\frac{3}{2}V$ maka perbandingan tekanan awal setelah V dan T diubah adalah (skor: 3)

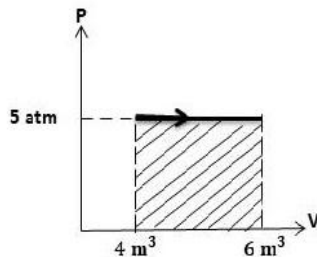
2. Sebuah tangki yang digunakan untuk mengisi balon helium memiliki volume $0,3 \text{ m}^3$ dan mengandung 2 mol gas helium pada suhu 20°C . Asumsikan bahwa helium bersifat seperti gas ideal. Berapa energi kinetik translasi total dari molekul gas tersebut? (skor: 3)
3. Buktikan bahwa persamaan gas ideal juga dapat dinyatakan dengan $PV = NkT$! (skor: 7)
4. Jelaskan perbedaan antara proses adiabatik, proses isotermis, proses isobarik dan proses isokhorik! (skor: 10)
5. Udara pada suhu 20°C dalam silinder sebuah mesin diesel dimampatkan dari tekanan awal 1 atm dan volume 800 cm^3 hingga volume 60 cm^3 . Asumsikan bahwa udara bersifat seperti gas ideal dengan $\gamma = 1,40$ dan kompresinya bersifat adiabatik. Carilah tekanan akhir dan suhu udara! (skor: 10)
6. Buktikan bahwa persamaan kerja pada proses Isotermal adalah $\int dW = -nRT \ln \frac{V_f}{V_i}$! (skor: 15)
7. Buktikan bahwa persamaan kerja pada proses Isobarik adalah $\int dW = P\Delta V$! (skor: 15)
8. Buktikan bahwa persamaan kerja pada proses Adiabatik adalah $W = \frac{1}{1-\gamma} [P_2V_2 - P_1V_1]$! (skor: 15)

9. Buktikan bahwa persamaan hubungan macrostate dan microstate adalah $PV = \frac{2}{3}NE_k!$ (skor: 15)
10. Sebuah sistem 1 mol gas ideal monoatomik ($C_p = \frac{5}{2}R$) mengalami ekspansi isobarik pada tekanan $10^5 P_a$ sehingga volumenya 2 kali volume awal. Bila volume awal 25 liter, berapa kalor yang diserap gas pada proses tersebut? (skor: 3)
11. Sebuah mesin kalor mengandung 1 mol gas monoatomik. Gas mengalami proses isokhorik (AB), adiabatik (BC), dan isobarik (CA). Suhu pada keadaan A, B dan C berturut-turut adalah 300K, 800K, dan 500K.

Hitunglah kerja pada proses AB dan AC dan bandingkan kedua proses tersebut! ($C_V = 12,5 \text{ J/molK}$, $C_P = 20,8 \text{ J/molK}$) (skor: 15)



12. Suatu gas ideal volume 3 liter dengan suhu 27°C berada di dalam wadah. Gas itu dipanaskan dengan tekanan tetap 1 atmosfer sampai mencapai suhu 227°C . Hitung kerja yang dilakukan gas! (skor: 7)
13. Suatu gas yang bertekanan 5 atm mengalami kenaikan volume dari 4 m^3 menjadi 6 m^3 . Hitunglah kerja gas saat mengalami kenaikan volume! (skor: 7)



Jawaban

1. Mampu menjelaskan teori gas ideal dalam persoalan:

Jawaban	Skor
$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$	1
$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 \frac{3}{2} V_1}{2T_1}$	1
$P_1 = \frac{3}{4} P_2$ $P_1 : P_2 = 3 : 4$	1
Skor Total	3

2. Mampu menghitung energi kinetik suatu zat

Jawaban	Skor
Diketahui: $n = 2 \text{ mol}$ $T = 20^\circ\text{C} = 293 \text{ K}$ Ditanya: $K_{trans total}$?	1
Jawab: $K_{trans total} = \frac{3}{2} nRT$	1
$K_{trans total} = \frac{3}{2} (2 \text{ mol})(8,31 \text{ J/mol.K})(293 \text{ K})$ $= 7,30 \times 10^3 \text{ J}$	1
Skor total	3

3. Mampu membuktikan persamaan gas ideal $PV = NkT$ dari $PV = nRT$

Jawaban	Skor
$PV = nRT$	2
$k = \frac{R}{N_A} = \frac{8,31 \text{ J/mol.K}}{6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ $R = kN_A$	1

$n = \frac{N}{N_A}$	2
$nR = Nk$	1
Sehingga $PV = NkT$	1
Skor total	7

4. Mampu membedakan macam-macam keadaan dalam sistem Termodinamika

W = usaha

Q_p = kalor yang diserap gas pada tekanan konstan

Q_v = kalor yang diserap pada volume konstan.

Jawaban	Skor
Isothermal $PV = \text{tetap}$ $T = \text{konstan}$ $\Delta V = 0$ $Q = W$	2,5
Isokhorik $V = \text{tetap}$ $\frac{P}{T} = \text{konstan}$ $W = 0$ $Q_v = \Delta U$	2,5
Isobarik $P = \text{tetap}$ $W = Q_p - Q_v$ $Q_p = W + \Delta U$ $Q_v = \Delta U$	2,5
Adiabatik $PV = \text{tetap}$ $P_1V_1 = P_2V_2$ $Q = 0$ $W = \Delta U$	2,5
Skor total	10

5. Mampu mengaplikasikan persamaan umum gas ideal ke dalam persoalan fisika

Jawaban	Skor
Diketahui $P_1 = 1 \text{ atm}$ $V_1 = 800 \text{ cm}^3$ $T_1 = 293 \text{ K}$ $V_2 = 60 \text{ cm}^3$ Ditanya: T_2 ?	1
$P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma$	2
$P_2 = (1 \text{ atm}) \left(\frac{800 \text{ cm}^3}{60 \text{ cm}^3}\right)^{1,40} = 37,6 \text{ atm}$	2
$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$	1
Jawab: $T_2 = \frac{P_2 V_2 T_1}{P_1 V_1}$	2
$T_2 = \frac{(37,6 \text{ atm})(60 \text{ cm}^3)(293 \text{ K})}{(1 \text{ atm})(800 \text{ cm}^3)}$	2
$T_2 = 826 \text{ K}$	
Skor total	10

6. Mampu menemukan persamaan kerja pada proses Isotermal

Jawaban	Skor
$P_n V_n = nRT = \text{konstan}$	3
$PV = nRT$ $P = \frac{nRT}{V}$	3
$\int dW = - \int_{V_i}^{V_f} P dV$ $= - \int_{V_i}^{V_f} \frac{nRT}{V} dV$	3

$\int dW = -nRT \int_{V_i}^{V_f} \frac{1}{V} dV$ $= -nRT(\ln V_f - \ln V_i)$	3
$\int dW = -nRT \ln \frac{V_f}{V_i}$	3
Skor total	15

7. Mampu menemukan persamaan kerja pada proses Isobarik

Jawaban	Skor
$dW = - \int_{V_i}^{V_f} P dV$	3
$dW = -P_1 \int_{V_i}^{V_f} dV$	3
$dW = -P_1 V \Big _{V_i}^{V_f}$	3
$dW = -P_1 (V_f - V_i)$	3
$dW = -P_1 (-\Delta V)$ $\int dW = P \Delta V$	3
Skor total	15

8. Mampu menemukan persamaan kerja pada proses Adiabatik

Jawaban	Skor
$PV^\gamma = P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma = C$ $P = \frac{C}{V^\gamma}$	1
$W = \int_{V_i}^{V_f} \frac{C}{V^\gamma} dV$ $W = C \int_{V_i}^{V_f} \frac{1}{V^\gamma} dV$	1
$W = C \frac{1}{-\gamma+1} V^{1-\gamma} \Big _{V_i}^{V_f}$ $= \frac{C}{1-\gamma} [V_2^{1-\gamma} - V_1^{1-\gamma}]$	1

$W = \frac{1}{1-\gamma} [C V_2^{1-\gamma} - C V_1^{1-\gamma}]$ $= \frac{1}{1-\gamma} [P_2 V_2^\gamma V_2^{1-\gamma} - P_1 V_1^\gamma V_1^{1-\gamma}]$ $= \frac{1}{1-\gamma} [P_2 V_2^\gamma \frac{V_2}{V_2^\gamma} - P_1 V_1^\gamma \frac{V_1}{V_1^\gamma}]$	1
$W = \frac{1}{1-\gamma} [P_2 V_2 - P_1 V_1]$	1
Skor total	5

9. Mampu membuktikan hubungan antara keadaan makro dan keadaan mikro

$$\bar{F}_{dm} = \bar{F}_{\text{dari dinding ke molekul}}$$

$$\bar{F}_{md} = \bar{F}_{\text{dari molekul ke dinding}}$$

Jawaban	Skor
Waktu yang dibutuhkan untuk menumbuk dinding yang sama (Δt) $\Delta t = \frac{2d}{v_{x_i}}$	1
$F = \frac{dp}{dt}$	1
$\Delta p = p_{\text{akhir}} - p_{\text{awal}}$ $= -m_i v_{x_i} - m_i v_{x_i}$ $= -2m v_{x_i}$	1
$\bar{F}_{i_{\text{ext}}} = \frac{dp_i}{dt} = \frac{-2m v_{x_i}}{\Delta t} = \frac{-2m v_{x_i}^2}{2d} = -\frac{m v_{x_i}^2}{d}$	1
$\bar{F}_{dm} = -\bar{F}_{md}$	
$\bar{F}_{i_{\text{total}}} = -\left(\frac{-m v_{x_i}^2}{d}\right) = \frac{m v_{x_i}^2}{d}$	1
$\bar{F}_{\text{total}} = N \frac{m}{d} v_x^2 = \sum_{i=1}^N \frac{m v_{x_i}^2}{d} = \frac{m}{d} \sum_{i=1}^N v_{x_i}^2$	1
$F = \frac{m}{d} \sum_{i=1}^N v_{x_i}^2$	1

$\overline{v_x^2} = \frac{\sum_{i=1}^N v_{x_i}^2}{N}$	1
$F = \frac{m}{d} N \overline{v_x^2}$	1
$v_i^2 = v_{x_i}^2 + v_{y_i}^2 + v_{z_i}^2$ $\overline{v_i^2} = \overline{v_{x_i}^2} + \overline{v_{y_i}^2} + \overline{v_{z_i}^2}$	1
$\overline{v^2} = 3\overline{v_x^2}$	1
$F = \frac{N}{3} \left(\frac{m\overline{v^2}}{d} \right)$	1
$P = \frac{F}{A} = \frac{F}{d^2} = \frac{1}{3} \left(\frac{N}{d^3} m\overline{v^2} \right) = \frac{1}{3} \left(\frac{N}{V} \right) m\overline{v^2}$	1
$Pv = \frac{2}{3} (N) \left(\frac{1}{2} m\overline{v^2} \right)$	1
$Pv = \frac{2}{3} (N) (E_k)$	1
Skor total	15

10. Mampu menghitung besarnya energi pada proses isobarik

Jawaban	Skor
Diketahui: $V_1 = 25 \text{ L} = 2,5 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ $V_2 = 2V_1 = 5 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ $P = 10^5 \text{ N/m}^2$ Ditanya: Q?	1
$Q = \Delta U + W$ $Q = \frac{3}{2} nRT + P\Delta V$ $= \frac{3}{2} P\Delta V + P\Delta V$ $Q = \frac{5}{2} P\Delta V$	1
$= \frac{5}{2} (10^5) (5 \times 10^{-2} - 2 \times 10^{-2})$ $Q = 6250 \text{ J}$	1
Skor total	3

11. Mampu membandingkan besarnya kerja yang terdapat dalam siklus Termodinamika

Jawaban	Skor
Diketahui $T_A = 300 \text{ K}$ $T_B = 800 \text{ K}$ $n = 1 \text{ mol}$ $R = 8,31 \text{ J/molK}$ Ditanya? $W_{AB}: W_{CA}$	2
Proses AB: Isokhorik $W_{AB} = 0 \text{ J}$	3
Proses CA: Isobarik $\Delta u_{CA} = nC_v(T_A - T_C)$ $= 1(12,5)(300 - 500)$ $= -2500 \text{ J}$	2
$Q_{CA} = nC_p(T_A - T_C)$ $= 1(20,8)(300 - 500) = -4160 \text{ J}$	2
$Q_{CA} = W_{CA} + \Delta u_{CA}$ $-4160 = W_{CA} - 2500$ $W_{CA} = -1660 \text{ J}$	1
$W_{AB}: W_{CA} = 0 : -1660 \text{ J}$	5
Skor total	15

12. Mampu menghitung besarnya kerja pada masing-masing keadaan dalam sistem Termodinamika

Jawaban	Skor
Diketahui: $P_A = P_B = 1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa}$ $V_A = 3 \text{ liter} = 3 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ $T_A = 273 + 27 = 300 \text{ K}$ $T_B = 273 + 227 = 500 \text{ K}$	2

Ditanya: W?	
<p>Jawab:</p> $\frac{V_A}{T_A} = \frac{V_B}{T_B}$ $\frac{3 \times 10^{-3}}{500} = \frac{V_B}{300}$ $V_B = 5 \times 10^3 \text{ m}^3$	2
<p>Pada proses isobarik (tekanan tetap) berlaku:</p> $W = P (V_B - V_A)$ $= (10^5) \{ (5 \times 10^3) - (3 \times 10^3) \}$ $= 202,6 \text{ J}$	3
Skor total	7

13. Mampu menghitung besarnya kerja total pada keadaan dalam sistem Termodinamika

Jawaban	Skor
<p>Diketahui</p> $V_1 = 4 \text{ m}^3$ $V_2 = 6 \text{ m}^3$ $P = 5 \text{ atm} = 5,05 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ Ditanya: W_{gas} ?	1
$W_{gas} = P \Delta V$	2
$= 5,05 \times 10^5 (6 - 4)$ $= 1,01 \times 10^6 \text{ Joule}$	4
Skor total	7

$$\text{Nilai} = \frac{\text{skor yang didapat}}{115} \times 100$$

Lampiran 5

No	RESPONDEN	SKOR TERPILIH										JUMLAH	RATA-RATA		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	A-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	A-2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	A-3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	A-4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	A-5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	A-6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	A-7	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	A-8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	A-9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	A-10	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	A-11	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	A-12	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	A-13	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	A-14	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	A-15	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	A-16	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	A-17	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	A-18	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19	A-19	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	A-20	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21	A-21	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	A-22	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	A-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	A-24	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
25	A-25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
26	A-26	3	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3	0
27	A-27	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
28	A-28	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
29	A-29	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
30	A-30	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
31	A-31	2	3	1	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	A-32	2	0	0	0	2	5	7	4	15	15	0	0	0	0
33	A-33	1	1	0	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0
34	A-34	2	1	1	1	2	5	3	1	1	1	1	1	1	1
35	A-35	1	3	2	0	3	15	15	15	1	1	1	1	1	1
36	A-36	2	1	2	10	10	15	15	0	0	0	0	0	0	0
37	A-37	3	1	5	10	10	15	15	15	0	0	0	0	0	0
38	A-38	0	3	1	2	1	15	15	15	4	0	0	0	0	0
39	A-39	1	0	2	10	0	15	15	15	0	0	0	0	0	0
40	A-40	3	0	3	10	0	15	15	15	0	0	0	0	0	0
41	A-41	3	1	1	0	10	15	15	15	4	0	0	0	0	0
42	A-42	1	1	2	2	3	15	15	15	4	1	0	0	0	0
43	A-43	3	1	0	2	5	15	15	15	15	1	0	0	0	0
44	A-44	3	3	1	0	10	15	15	15	5	1	0	0	0	0
45	A-45	3	1	0	10	1	15	15	15	15	1	0	0	0	0
46	A-46	3	1	3	0	5	15	15	15	0	0	0	0	0	0
47	A-47	3	3	1	2	10	15	15	15	6	0	1	3	1	7
48	A-48	1	3	0	10	10	15	15	15	6	1	1	3	3	8
49	A-49	3	3	0	10	5	15	10	10	7	1	2	3	3	7
50	A-50	1	3	0	10	5	15	15	15	15	1	5	2	3	9
51	A-51	1	0	2	1	3	15	15	15	7	1	2	4	3	6
52	A-52	3	3	0	8	10	15	15	15	2	0	0	3	3	7
53	A-53	3	1	3	2	5	0	15	15	15	2	2	2	0	7
54	A-54	1	0	1	10	0	15	15	15	0	0	0	0	0	6
55	A-55	1	1	0	7	0	15	15	15	1	1	1	1	3	6
56	A-56	3	1	2	3	7	0	15	15	15	1	2	3	3	8
57	A-57	3	1	5	10	3	15	15	15	15	1	0	1	3	8
58	A-58	3	2	0	2	5	10	15	15	15	9	1	5	0	0
NILAI TOTAL														2878	
NILAI RATA-RATA														49,62	

$$\text{NILAI} = \frac{\text{Skor yang didapat}}{125} \times 100$$

No.	Kriteria	Nilai	Frekuensi	Persentase
1	Maksimal	100	0	0%
2	Baik sekali	76 - 99	6	10,34%
3	Baik	60 - 75	19	32,76%
4	Kurang	<60	23	56,90%
Jumlah Total			58	100%

Lampiran 6

**ANALISIS HASIL TES TINGKAT PEMAHAMAN MAHASISWA
TIAP SUB INDIKATOR**

1. Mampu menjelaskan teori gas ideal dalam persoalan

NO.	RESPONDEN	SKOR	SKOR TOTAL	NILAI
		NO.1		
1	A-1	2	2	66,67
2	A-2	3	3	100
3	A-3	2	2	66,67
4	A-4	1	1	33,3
5	A-5	1	1	33,3
6	A-6	2	2	66,67
7	A-7	3	3	100
8	A-8	2	2	66,67
9	A-9	1	1	33,3
10	A-10	2	2	66,67
11	A-11	3	3	100
12	A-12	3	3	100
13	A-13	2	2	66,67
14	A-14	2	2	66,67
15	A-15	2	2	66,67
16	A-16	3	3	100
17	A-17	3	3	100
18	A-18	2	2	66,67
19	A-19	3	3	100
20	A-20	3	3	100
21	A-21	3	3	100
22	A-22	1	1	33,3
23	A-23	0	0	0
24	A-24	1	1	33,3
25	A-25	1	1	33,3
26	A-26	3	3	100

27	A-27	1	1	33,3
28	A-28	2	2	66,67
29	A-29	3	3	100
30	A-30	2	2	66,67
31	A-31	2	2	66,67
32	A-32	2	2	66,67
33	A-33	1	1	33,3
34	A-34	2	2	66,67
35	A-35	1	1	33,3
36	A-36	2	2	66,67
37	A-37	3	3	100
38	A-38	0	0	0
39	A-39	1	1	33,3
40	A-40	3	3	100
41	A-41	3	3	100
42	A-42	1	1	33,3
43	A-43	3	3	100
44	A-44	3	3	100
45	A-45	3	3	100
46	A-46	3	3	100
47	A-47	3	3	100
48	A-48	1	1	33,3
49	A-49	3	3	100
50	A-50	3	3	100
51	A-51	1	1	33,3
52	A-52	3	3	100
53	A-53	3	3	100
54	A-54	1	1	33,3
55	A-55	1	1	33,3
56	A-56	3	3	100
57	A-57	3	3	100
58	A-58	3	3	100
	NILAI TOTAL			4099,55
	NILAI RATA-RATA			70,68

No.	Kriteria	Nilai	Frekuensi	Persentase
1.	Maksimal	100	26	44,83%
2.	Baik sekali	76 - 99	0	0%
3.	Baik	60 -75	15	25,86%
4.	Kurang	<60	17	29,31%
Jumlah Total			58	100%

2. Mampu menghitung energi kinetik suatu zat

NO.	RESPONDEN	SKOR	SKOR	NILAI
		2	TOTAL	
1	A-1	3	3	100
2	A-2	3	3	100
3	A-3	0	0	0
4	A-4	1	1	33,3
5	A-5	1	1	33,3
6	A-6	0	0	0
7	A-7	1	1	33,3
8	A-8	0	0	0
9	A-9	0	0	0
10	A-10	1	1	33,3
11	A-11	3	3	100
12	A-12	3	3	100
13	A-13	1	1	33,3
14	A-14	3	3	100
15	A-15	3	3	100
16	A-16	1	1	33,3
17	A-17	3	3	100
18	A-18	2	2	66,67
19	A-19	1	1	33,3
20	A-20	3	3	100
21	A-21	1	1	33,3
22	A-22	0	0	0
23	A-23	0	0	0

24	A-24	0	0	0
25	A-25	1	1	33,3
26	A-26	0	0	0
27	A-27	1	1	33,3
28	A-28	3	3	100
29	A-29	3	3	100
30	A-30	3	3	100
31	A-31	3	3	100
32	A-32	0	0	0
33	A-33	1	1	33,3
34	A-34	1	1	33,3
35	A-35	3	3	100
36	A-36	1	1	33,3
37	A-37	1	1	33,3
38	A-38	3	3	100
39	A-39	0	0	0
40	A-40	0	0	0
41	A-41	1	1	33,3
42	A-42	1	1	33,3
43	A-43	1	1	33,3
44	A-44	3	3	100
45	A-45	1	1	33,3
46	A-46	1	1	33,3
47	A-47	3	3	100
48	A-48	3	3	100
49	A-49	3	3	100
50	A-50	3	3	100
51	A-51	0	0	0
52	A-52	3	3	100
53	A-53	1	1	33,3
54	A-54	0	0	0
55	A-55	1	1	33,3
56	A-56	1	1	33,3
57	A-57	1	1	33,3
58	A-58	2	2	66,67

	NILAI TOTAL	2899,24
	NILAI RATA-RATA	49,99

No.	Kriteria	Nilai	Frekuensi	Persentase
1.	Maksimal	100	20	34,48%
2.	Baik sekali	76 - 99	13	22,41%
3.	Baik	60 -75	2	3,45%
4.	Kurang	<60	23	39,66%
Jumlah Total			58	100%

3. Mampu membuktikan persamaan gas ideal $PV = NkT$ dari $PV = nRT$

NO.	RESPONDEN	SKOR	SKOR TOTAL	NILAI
		3		
1	A-1	1	1	14,29
2	A-2	7	7	100
3	A-3	7	7	100
4	A-4	1	1	14,29
5	A-5	1	1	14,29
6	A-6	1	1	14,29
7	A-7	7	7	100
8	A-8	1	1	14,29
9	A-9	0	0	0
10	A-10	0	0	0
11	A-11	1	1	14,29
12	A-12	7	7	100
13	A-13	1	1	14,29
14	A-14	7	7	100
15	A-15	7	7	100
16	A-16	7	7	100
17	A-17	7	7	100
18	A-18	1	1	14,29
19	A-19	1	1	14,29

20	A-20	7	7	100
21	A-21	7	7	100
22	A-22	3	3	42,86
23	A-23	3	3	42,86
24	A-24	1	1	14,29
25	A-25	1	1	14,29
26	A-26	3	3	42,86
27	A-27	1	1	14,29
28	A-28	3	3	42,86
29	A-29	7	7	100
30	A-30	7	7	100
31	A-31	1	1	14,29
32	A-32	7	7	100
33	A-33	0	0	0
34	A-34	1	1	14,29
35	A-35	2	2	28,57
36	A-36	2	2	28,57
37	A-37	5	5	71,43
38	A-38	1	1	14,29
39	A-39	2	2	28,57
40	A-40	3	3	42,86
41	A-41	1	1	14,29
42	A-42	2	2	28,57
43	A-43	0	0	0
44	A-44	1	1	14,29
45	A-45	0	0	0
46	A-46	3	3	42,86
47	A-47	1	1	14,29
48	A-48	0	0	0
49	A-49	0	0	0
50	A-50	0	0	0
51	A-51	2	2	28,57
52	A-52	0	0	0
53	A-53	3	3	42,86
54	A-54	1	1	14,29

55	A-55	0	0	0
56	A-56	2	2	28,57
57	A-57	5	5	71,43
58	A-58	0	0	0
	NILAI TOTAL			2185,81
	NILAI RATA-RATA			37,69

No.	Kriteria	Nilai	Frekuensi	Persentase
1.	Maksimal	100	13	22,41%
2.	Baik sekali	76 – 99	0	0%
3.	Baik	60 – 75	2	3,45%
4.	Kurang	<60	43	74,14%
	Jumlah Total		58	100%

4. Mampu membedakan macam-macam keadaan dalam sistem Termodinamika

NO.	RESPONDEN	SKOR	SKOR TOTAL	NILAI
		4		
1	A-1	2,5	2,5	25
2	A-2	2,5	2,5	25
3	A-3	2,5	2,5	25
4	A-4	2,5	2,5	25
5	A-5	10	10	100
6	A-6	1,25	1,25	12,5
7	A-7	2,5	2,5	25
8	A-8	2,5	25	25
9	A-9	2,5	2,5	25
10	A-10	1,875	1,875	18.75
11	A-11	2,5	2,5	25
12	A-12	2,5	2,5	25
13	A-13	2,5	2,5	25
14	A-14	2,5	2,5	25

15	A-15	2,5	2,5	25
16	A-16	2,5	2,5	25
17	A-17	2,5	2,5	25
18	A-18	1,25	1,25	12,5
19	A-19	2,5	2,5	25
20	A-20	2,5	2,5	25
21	A-21	2,5	2,5	25
22	A-22	2,5	2,5	25
23	A-23	8	8	80
24	A-24	3	3	30
25	A-25	10	10	100
26	A-26	10	10	100
27	A-27	2,5	2,5	25
28	A-28	2,5	2,5	25
29	A-29	10	10	100
30	A-30	2,5	2,5	25
31	A-31	2,5	2,5	25
32	A-32	2,5	2,5	25
33	A-33	2,5	2,5	25
34	A-34	2,5	2,5	25
35	A-35	8	8	80
36	A-36	10	10	100
37	A-37	10	10	100
38	A-38	2	2	20
39	A-39	10	10	100
40	A-40	10	10	100
41	A-41	0	0	0
42	A-42	2	2	20
43	A-43	2	2	20
44	A-44	8	8	80
45	A-45	10	10	100
46	A-46	0	0	0
47	A-47	2	2	20
48	A-48	10	10	100
49	A-49	10	10	100

50	A-50	10	10	100
51	A-51	1	1	10
52	A-52	8	8	80
53	A-53	2,5	2,5	25
54	A-54	10	10	100
55	A-55	7	7	70
56	A-56	3,75	3,75	37,5
57	A-57	10	10	100
58	A-58	2,5	2,5	25
	NILAI TOTAL			2666,25
	NILAI RATA-RATA			45,97

No.	Kriteria	Nilai	Frekuensi	Persentase
1.	Maksimal	100	14	2414%
2.	Baik sekali	76 - 99	5	8,62%
3.	Baik	60 -75	1	1,72%
4.	Kurang	<60	38	65,52%
	Jumlah Total		58	100%

5. Mampu mengaplikasikan persamaan umum gas ideal ke dalam persoalan fisika

NO.	RESPONDEN	SKOR	SKOR TOTAL	NILAI
		5		
1	A-1	5	5	50
2	A-2	5	5	50
3	A-3	0	0	0
4	A-4	0	0	0
5	A-5	2	2	20
6	A-6	0	0	0
7	A-7	0	0	0
8	A-8	0	0	0
9	A-9	0	0	0
10	A-10	3	3	30

11	A-11	0	0	0
12	A-12	5	5	50
13	A-13	5	5	50
14	A-14	5	5	50
15	A-15	5	5	50
16	A-16	1	1	10
17	A-17	5	5	50
18	A-18	1	1	10
19	A-19	1	1	10
20	A-20	0	0	0
21	A-21	0	0	0
22	A-22	0	0	0
23	A-23	0	0	0
24	A-24	6	6	60
25	A-25	1	1	10
26	A-26	0	0	0
27	A-27	0	0	0
28	A-28	5	5	50
29	A-29	5	5	50
30	A-30	5	5	50
31	A-31	0	0	0
32	A-32	2	2	20
33	A-33	0	0	0
34	A-34	3	3	30
35	A-35	3	3	30
36	A-36	10	10	100
37	A-37	10	10	100
38	A-38	1	1	10
39	A-39	0	0	0
40	A-40	0	0	0
41	A-41	10	10	100
42	A-42	3	3	30
43	A-43	5	5	50
44	A-44	10	10	100
45	A-45	1	1	10

46	A-46	5	5	50
47	A-47	10	10	100
48	A-48	10	10	100
49	A-49	5	5	50
50	A-50	5	5	50
51	A-51	3	3	30
52	A-52	10	10	100
53	A-53	0	0	0
54	A-54	0	0	0
55	A-55	0	0	0
56	A-56	10	10	100
57	A-57	3	3	30
58	A-58	10	10	100
	NILAI TOTAL			1940
	NILAI RATA-RATA			33,45

No.	Kriteria	Nilai	Frekuensi	Persentase
1.	Maksimal	100	9	15,52%
2.	Baik sekali	76 - 99	0	0%
3.	Baik	60 -75	1	1,72%
4.	Kurang	<60	48	82,76%
	Jumlah Total		58	100%

6. Mampu menemukan persamaan kerja pada proses Isotermal, Isobarik dan adiabatik

NO.	RESPONDEN	SKOR			SKOR TOTAL	NILAI
		6	7	8		
1	A-1	15	15	15	45	100
2	A-2	15	15	15	45	100
3	A-3	1	1	1	3	6.67
4	A-4	0	0	0	0	0
5	A-5	1	0	0	1	2.22
6	A-6	15	15	15	45	100

7	A-7	0	0	0	0	0
8	A-8	15	15	15	45	100
9	A-9	0	0	0	0	0
10	A-10	0	0	0	0	0
11	A-11	0	0	0	0	0
12	A-12	15	15	8	38	84.4
13	A-13	15	15	1	31	68.89
14	A-14	15	15	15	45	100
15	A-15	15	15	8	38	84.4
16	A-16	1	1	1	3	6.67
17	A-17	15	15	15	45	100
18	A-18	1	1	1	3	6.67
19	A-19	1	1	1	3	6.67
20	A-20	0	0	0	0	0
21	A-21	0	0	0	0	0
22	A-22	15	15	0	30	66.67
23	A-23	15	8	0	23	51.1
24	A-24	15	8	15	38	84.4
25	A-25	1	1	1	3	6.67
26	A-26	2	0	0	2	4.44
27	A-27	0	0	0	0	0
28	A-28	15	15	8	38	84.4
29	A-29	15	15	8	38	84.4
30	A-30	15	15	8	38	84.4
31	A-31	0	0	0	0	0
32	A-32	9	15	15	39	86.67
33	A-33	0	0	0	0	0
34	A-34	1	1	1	3	6.67
35	A-35	15	15	15	45	100
36	A-36	15	15	0	30	66.67
37	A-37	15	15	15	45	100
38	A-38	15	15	15	45	100
39	A-39	15	15	15	45	100
40	A-40	15	15	15	45	100
41	A-41	15	15	15	45	100

42	A-42	15	15	15	45	100
43	A-43	15	15	15	45	100
44	A-44	15	15	15	45	100
45	A-45	15	15	15	45	100
46	A-46	15	15	15	45	100
47	A-47	15	15	15	45	100
48	A-48	15	15	15	45	100
49	A-49	15	10	10	35	77.78
50	A-50	15	15	15	45	100
51	A-51	15	15	15	45	100
52	A-52	15	15	15	45	100
53	A-53	15	15	15	45	100
54	A-54	0	15	15	30	66.67
55	A-55	15	15	15	45	100
56	A-56	15	15	15	45	100
57	A-57	15	15	15	45	100
58	A-58	15	15	15	45	100
	NILAI TOTAL					3737,53
	NILAI RATA-RATA					64,44

No.	Kriteria	Nilai	Frekuensi	Persentase
1.	Maksimal	100	27	46,55%
2.	Baik sekali	76 - 99	8	13,79%
3.	Baik	60 - 75	4	6,9%
4.	Kurang	<60	19	32,76%
	Jumlah Total		58	100%

7. Mampu membuktikan hubungan antara keadaan makro dan keadaan mikro

NO.	RESPONDEN	SKOR	SKOR TOTAL	NILAI
		9		
1	A-1	15	15	100
2	A-2	15	15	100
3	A-3	8	8	53,3
4	A-4	8	8	53,3
5	A-5	0	0	0
6	A-6	15	15	100
7	A-7	8	8	53,3
8	A-8	15	15	100
9	A-9	0	0	0
10	A-10	0	0	0
11	A-11	8	8	53,3
12	A-12	15	15	100
13	A-13	15	15	100
14	A-14	15	15	100
15	A-15	15	15	100
16	A-16	8	8	53,3
17	A-17	10	10	66,67
18	A-18	1	1	6,67
19	A-19	1	1	6,67
20	A-20	0	0	0
21	A-21	8	8	53,3
22	A-22	0	0	0
23	A-23	15	15	100
24	A-24	0	0	0
25	A-25	1	1	6,67
26	A-26	15	15	100
27	A-27	0	0	0
28	A-28	15	15	100
29	A-29	15	15	100
30	A-30	15	15	100

31	A-31	8	8	53,3
32	A-32	8	8	53,3
33	A-33	0	0	0
34	A-34	1	1	6,67
35	A-35	1	1	6,67
36	A-36	0	0	0
37	A-37	15	15	100
38	A-38	4	4	26,67
39	A-39	15	15	100
40	A-40	15	15	100
41	A-41	4	4	26,67
42	A-42	4	4	26,67
43	A-43	15	15	100
44	A-44	5	5	33,3
45	A-45	15	15	100
46	A-46	8	8	53,3
47	A-47	6	6	40
48	A-48	6	6	40
49	A-49	7	7	46,67
50	A-50	15	15	100
51	A-51	7	7	46,67
52	A-52	2	2	4,44
53	A-53	15	15	100
54	A-54	15	15	100
55	A-55	1	1	6,67
56	A-56	15	15	100
57	A-57	15	15	100
58	A-58	9	9	60
	NILAI TOTAL			3237,48
	NILAI RATA-RATA			55,82

No.	Kriteria	Nilai	Frekuensi	Persentase
1.	Maksimal	100	23	39,66%
2.	Baik sekali	76 - 99	1	1,72%

3.	Baik	60 –75	2	3,45%
4.	Kurang	<60	32	55,17%
Jumlah Total			58	100%

8. Mampu menghitung besarnya energi pada proses isobarik

NO.	RESPONDEN	SKOR	SKOR TOTAL	NILAI
		10		
1	A-1	2	2	66,67
2	A-2	2	2	66,67
3	A-3	2	2	66,67
4	A-4	2	2	66,67
5	A-5	2	2	66,67
6	A-6	2	2	66,67
7	A-7	2	2	66,67
8	A-8	2	2	66,67
9	A-9	2	2	66,67
10	A-10	2	2	66,67
11	A-11	1	1	33,3
12	A-12	2	2	66,67
13	A-13	2	2	66,67
14	A-14	2	2	66,67
15	A-15	3	3	100
16	A-16	2	2	66,67
17	A-17	2	2	66,67
18	A-18	1	1	33,3
19	A-19	1	1	33,3
20	A-20	2	2	66,67
21	A-21	2	2	66,67
22	A-22	2	2	66,67
23	A-23	2	2	66,67
24	A-24	2	2	66,67
25	A-25	2	2	66,67
26	A-26	0	0	0

27	A-27	0	0	0
28	A-28	0	0	0
29	A-29	0	0	0
30	A-30	0	0	0
31	A-31	0	0	0
32	A-32	0	0	0
33	A-33	0	0	0
34	A-34	0	0	0
35	A-35	1	1	33,3
36	A-36	0	0	0
37	A-37	0	0	0
38	A-38	0	0	0
39	A-39	0	0	0
40	A-40	0	0	0
41	A-41	0	0	0
42	A-42	1	1	33,3
43	A-43	1	1	33,3
44	A-44	1	1	33,3
45	A-45	1	1	33,3
46	A-46	0	0	0
47	A-47	0	0	0
48	A-48	1	1	33,3
49	A-49	1	1	33,3
50	A-50	1	1	33,3
51	A-51	1	1	33,3
52	A-52	0	0	0
53	A-53	2	2	66,67
54	A-54	0	0	0
55	A-55	1	1	33,3
56	A-56	1	1	33,3
57	A-57	1	1	33,3
58	A-58	1	1	33,3
	NILAI TOTAL			2099,54
	NILAI RATA-RATA			36,2

No.	Kriteria	Nilai	Frekuensi	Persentase
1.	Maksimal	100	1	1,72%
2.	Baik sekali	76 - 99	0	0%
3.	Baik	60 -75	22	37,93%
4.	Kurang	<60	35	60,34%
Jumlah Total			58	100%

9. Mampu membandingkan besarnya kerja yang terdapat dalam siklus Termodinamika

NO.	RESPONDEN	SKOR	SKOR TOTAL	NILAI
		11		
1	A-1	15	15	100
2	A-2	15	15	100
3	A-3	5	5	33,3
4	A-4	5	5	33,3
5	A-5	15	15	100
6	A-6	15	15	100
7	A-7	9	9	60
8	A-8	5	5	33,3
9	A-9	9	9	60
10	A-10	9	9	60
11	A-11	5	5	33,3
12	A-12	7	7	46,67
13	A-13	15	15	100
14	A-14	15	15	100
15	A-15	15	15	100
16	A-16	5	5	33,3
17	A-17	15	15	100
18	A-18	5	5	33,3
19	A-19	8	8	53,3
20	A-20	0	0	0
21	A-21	5	5	33,3
22	A-22	15	15	100

23	A-23	3	3	33,3
24	A-24	15	15	100
25	A-25	15	15	100
26	A-26	0	0	0
27	A-27	0	0	0
28	A-28	0	0	0
29	A-29	0	0	0
30	A-30	0	0	0
31	A-31	0	0	0
32	A-32	0	0	0
33	A-33	0	0	0
34	A-34	0	0	0
35	A-35	1	1	6,67
36	A-36	0	0	0
37	A-37	0	0	0
38	A-38	2	2	13,3
39	A-39	1	1	6,67
40	A-40	2	2	13,3
41	A-41	0	0	0
42	A-42	0	0	0
43	A-43	0	0	0
44	A-44	0	0	0
45	A-45	0	0	0
46	A-46	0	0	0
47	A-47	1	1	6,67
48	A-48	1	1	6,67
49	A-49	2	2	13,3
50	A-50	5	5	33,3
51	A-51	2	2	13,3
52	A-52	0	0	0
53	A-53	2	2	13,3
54	A-54	0	0	0
55	A-55	1	1	6,67
56	A-56	2	2	13,3
57	A-57	0	0	0

58	A-58	5	5	33,3
NILAI TOTAL			1826,12	
NILAI RATA-RATA			3148	

No.	Kriteria	Nilai	Frekuensi	Persentase
1.	Maksimal	100	12	20,69%
2.	Baik sekali	76 - 99	0	0%
3.	Baik	60 -75	3	5,17%
4.	Kurang	<60	43	74,14%
Jumlah Total			58	100%

10. Mampu menghitung besarnya kerja pada masing-masing keadaan dalam sistem Termodinamika

NO.	RESPONDEN	SKOR	SKOR TOTAL	NILAI
		12		
1	A-1	2	2	28,57
2	A-2	2	2	28,57
3	A-3	7	7	100
4	A-4	7	7	100
5	A-5	0	0	0
6	A-6	0	0	0
7	A-7	7	7	100
8	A-8	0	0	0
9	A-9	0	0	0
10	A-10	0	0	0
11	A-11	7	7	100
12	A-12	2	2	28,57
13	A-13	4	4	57,14
14	A-14	2	2	28,57
15	A-15	2	2	28,57
16	A-16	7	7	100
17	A-17	3	3	42,86

18	A-18	2	2	28,57
19	A-19	1	1	14,29
20	A-20	5	5	71,43
21	A-21	7	7	100
22	A-22	0	0	0
23	A-23	0	0	0
24	A-24	0	0	0
25	A-25	0	0	0
26	A-26	0	0	0
27	A-27	0	0	0
28	A-28	2	2	28,57
29	A-29	3	3	42,86
30	A-30	3	3	42,86
31	A-31	7	7	100
32	A-32	3	3	42,86
33	A-33	0	0	0
34	A-34	2	2	28,57
35	A-35	1	1	14,29
36	A-36	0	0	0
37	A-37	2	2	28,57
38	A-38	2	2	28,57
39	A-39	0	0	0
40	A-40	0	0	0
41	A-41	0	0	0
42	A-42	2	2	28,57
43	A-43	2	2	28,57
44	A-44	2	2	28,57
45	A-45	2	2	28,57
46	A-46	4	4	57,14
47	A-47	3	3	42,86
48	A-48	3	3	42,86
49	A-49	3	3	42,86
50	A-50	2	2	28,57
51	A-51	4	4	57,14
52	A-52	3	3	42,86

53	A-53	2	2	28,57
54	A-54	0	0	0
55	A-55	1	1	14,29
56	A-56	3	3	42,86
57	A-57	1	1	14,29
58	A-58	0	0	0
NILAI TOTAL			1842,87	
NILAI RATA-RATA			71,43	

No.	Kriteria	Nilai	Frekuensi	Persentase
1.	Maksimal	100	8	13,79%
2.	Baik sekali	76 - 99	0	0%
3.	Baik	60 - 75	1	172%
4.	Kurang	<60	50	86,21%
Jumlah Total			58	100%

11. Mampu menghitung besarnya kerja total pada keadaan dalam sistem Termodinamika


NO.	RESPONDEN	SKOR	SKOR TOTAL	NILAI
		13		
1	A-1	3	3	42,86
2	A-2	3	3	42,86
3	A-3	3	3	42,86
4	A-4	3	3	42,86
5	A-5	3	3	42,86
6	A-6	3	3	42,86
7	A-7	3	3	42,86
8	A-8	3	3	42,86
9	A-9	3	3	42,86
10	A-10	3	3	42,86
11	A-11	3	3	42,86
12	A-12	3	3	42,86

13	A-13	3	3	42,86
14	A-14	3	3	42,86
15	A-15	3	3	42,86
16	A-16	3	3	42,86
17	A-17	3	3	42,86
18	A-18	3	3	42,86
19	A-19	3	3	42,86
20	A-20	3	3	42,86
21	A-21	3	3	42,86
22	A-22	3	3	42,86
23	A-23	3	3	42,86
24	A-24	3	3	42,86
25	A-25	3	3	42,86
26	A-26	0	0	0
27	A-27	0	0	0
28	A-28	0	0	0
29	A-29	0	0	0
30	A-30	0	0	0
31	A-31	0	0	0
32	A-32	0	0	0
33	A-33	0	0	0
34	A-34	0	0	0
35	A-35	1	1	14,29
36	A-36	0	0	0
37	A-37	7	7	100
38	A-38	3	3	42,86
39	A-39	3	3	42,86
40	A-40	7	7	100
41	A-41	3	3	42,86
42	A-42	3	3	42,86
43	A-43	3	3	42,86
44	A-44	3	3	42,86
45	A-45	2	2	28,57
46	A-46	3	3	42,86
47	A-47	1	1	14,29

48	A-48	3	3	42,86
49	A-49	3	3	42,86
50	A-50	3	3	42,86
51	A-51	3	3	42,86
52	A-52	3	3	42,86
53	A-53	0	0	0
54	A-54	3	3	42,86
55	A-55	3	3	42,86
56	A-56	3	3	42,86
57	A-57	3	3	42,86
58	A-58	0	0	0
	NILAI TOTAL			2014,41
	NILAI RATA-RATA			34,73

No.	Kriteria	Nilai	Frekuensi	Persentase
1.	Maksimal	100	2	3,45%
2.	Baik sekali	76 - 99	0	0%
3.	Baik	60 - 75	0	0%
4.	Kurang	<60	56	96,55%
	Jumlah Total		58	100%

Lampiran 7


KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Alamat: Jl. Prof. Dr. Hamka Km. 1 Semarang Telp. 024 7643366 Semarang 50185

Nomor : B.1518/Un.10.8/D1/TL.00/04/2018
Lamp : Proposal Skripsi
Hal : Permohonan Izin Riset. Semarang, 18 April 2018

Kepada Yth.
Ketua jurusan Pendidikan Fisika
UIN Walisongo Semarang
di Semarang

Assalamu'alaikum Wr. Wb.


Diberitahukan dengan hormat dalam rangka penulisan skripsi, bersama ini kami sampaikan bahwa mahasiswa di bawah ini :

Nama : Ummi Nuzulul Fitroh
NIM : 1403066068
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Pendidikan Fisika
Judul Skripsi : "Pengembangan instrumen Tes berbasis APOS Untuk Mengukur Tingkat Pemahaman Mahasiswa pada Materi Termodinamika"

Pembimbing : 1. Andi Fadhlhan, M.Sc.
2. Qisthi Fariyani, M.Pd.



Mahasiswa tersebut membutuhkan data-data dengan tema/judul skripsi yang sedang disusun, oleh karena itu kami mohon mahasiswa tersebut di ijinakan melaksanakan Riset pada bulan April 2018.
Penelitian tersebut diharapkan dapat menjadi bahan kajian (analisis) bagi mahasiswa kami.
Demikian atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.
Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

a.n. Dekan
Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kelengkapan
Jannah, M.Pd.
19890313 198103 2 007



Tembusan Yth.
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo (sebagai laporan)

Lampiran 8

KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO Fakultas Sains dan Teknologi Jurusan Pendidikan Fisika Jl. Prof Hamka Kampus II UIN Walisongo Semarang, Jawa Tengah Indonesia			
FORMULIR RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER (RPS)			
No. Dokumen : PF-RPS: PF-6329	No. Revisi : 001	Halaman: 1 - 14	Tanggal Terbit: 31 Agustus 2016
Mata Kuliah: Termodinamika	Kode Mata Kuliah: PF-6329	Semester: III	Mata Kuliah Prasyarat: • Fisika Teori
Otorisasi :	Dosen Pengampu: Tim Teaching, 	Beban Belajar : 3 sks	Ketua Prodi: 
	Koordinator Rumpun Mata Kuliah (RMK)		
	Biaunik Niski Kumila, S.Si., M.S	Muhammad Ardhi Khalif, S.Si., M.Sc	Dr. Hamdan Hadikusuma, S.Pd., M.Sc.
Capaian Pembelajaran			
Program Studi (CPL, Prodi)			
CPSTNK(b) Memiliki kepehabadian yang humanis, inklusif, dan religius			
CPPLU(e) Menguasai prinsip-prinsip pengembangan media pembelajaran fisika berbasis ilmu pengetahuan, teknologi yang kontekstual, khususnya teknologi informasi dan komunikasi, dan lingkungan sekitar			
CPPLU(f) Menguasai matematika, komputasi, dan instrumentasi untuk mendukung pemahaman konsep fisika			
CPPLU(e) Memiliki pengetahuan tentang hubungan dan integrasi sains dan Islam (Unity of sciences)			
Mata Kuliah (CP MK)			
Menguasai konsep teoritis dan prinsip-prinsip pokok fisika klasik dan kuantum			
Deskripsi Mata Kuliah			
Mata Kuliah ini membahas tentang Sistem termodinamika, besaran keadaan (temperatur, tekanan, volume), fase dan perubahan fase (padat, cair, dan gas), Hukum ke nol termodinamika, Gas ideal: persamaan keadaan, kalor dan kapasitas kalor, kalor jenis, persamaan keadaan gas real, Hukum pertama termodinamika, Hukum kedua termodinamika: entropi, prinsip entropi			

mak-simum, proses Carnot, Entropi dan energi sebagai potensial termodinamik, transformasi Legendre, energi, bebas, emalpi.

Pustaka	
Utama	
1. Richard E. Sonntag, 2003. "Fundamentals of Thermodynamics", John Wiley&Sons	
2. Reinhard Hentschke, 2014. "Thermodynamics for Physicists, Chemists and Materials Scientists", Springer	
3. Holman, J.P., 1988. "Thermodynamics", McGraw-Hill International Edition, 4 th ed. Singapore	
Pendukung	
1. Serway Jewett, 2004. "Physics for Scientists and Engineers", Thomson Brooks/Cole, 8 th Edition	
2. Annamalai K, Puri, Ishwar K, 2002. "Advanced Thermodynamics Engineering".	
Software:	
MSExcel, MSPower Point, Animasi	
Hardware:	
Komputer, LCD Proyektor, White Board	
Biaannik Niski Kumila	

Minggu ke-	Kemampuan Akhir Tahap Pertemuan	Indikator	Penilaian		Bahan Kajian/Materi Pembelajaran	Metode	Konten Unity of Sciences	Pengalaman Belajar	Alokasi Waktu
			Kriteria & Bentuk	Bobot					
1	Mampu memahami visi misi institusi kontrak perkuliahan dan tata tertib Termodinamika	1. Ketepatan menyebutkan visi misi institusi (UIN, Fakultas dan Prodi) 2. Ketepatan menjelaskan kontrak perkuliahan Termodinamika 3. Ketepatan menjelaskan tata tertib Termodinamika			Visi misi institusi, Kontrak dan tata tertib perkuliahan termodinamika	Ceramah interaktif, brainstorming, dan diskusi	Integrasi nilai-nilai keislaman, sains, dan kearifan lokal dalam visi dan misi, kontrak belajar, RPS,	1. Menyebutkan visi misi institusi 2. Brainstorming untuk menyepakati kontrak perkuliahan 3. Membacakan tata tertib Termodinamika dan mendiskusikan tatib yang belum ada	TM: 100'

<p>Mampu memahami Sistem termomodinamika</p>	<p>3. Kemampuan dalam menjelaskan Sistem termomodinamika</p> <p>1. Kemampuan dalam menjelaskan Sistem termomodinamika</p> <p>2. Kemampuan dalam menjelaskan Sistem termomodinamika</p> <p>3. Kemampuan dalam menjelaskan Sistem termomodinamika</p>	<p>2,3%</p>	<p>Sistem termomodinamika</p>	<p>Ceramah, diskusi dan tanya jawab</p>	<p>Penegasan terhadap ayat "Se-sungghyru a Kami" memisahkan segala sesuatu menurut ukuran" (Al Qamar: 49) "Dita telah menciptakan segala sesuatu dan Dia menetapkan ukurannya dengan serapi-rapiya" (Al Furqan (2) : 5)</p>	<p>1. Dosen memberikan ceramah tentang materi kuliah termomodinamika</p> <p>2. Dosen memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk bertanya dan berdiskusi</p> <p>3. Dosen menjawab pertanyaan dari mahasiswa dan menyimpulkan hasil diskusi</p>
<p>Mampu memahami Sistem</p>	<p>3. Kemampuan dalam menjelaskan Sistem</p>	<p>2,5%</p>	<p>Sistem termomodinamika</p>	<p>Jigsaw</p>	<p>Penegasan terhadap ayat "Se-sungghyru"</p>	<p>1. Dosen membagi mahasiswa menjadi 5</p>
<p>Mampu memahami Sistem</p>	<p>3. Kemampuan dalam menjelaskan Sistem</p>	<p>2,5%</p>	<p>Sistem termomodinamika</p>	<p>Jigsaw</p>	<p>Penegasan terhadap ayat "Se-sungghyru"</p>	<p>1. Dosen membagi mahasiswa menjadi 5</p>
<p>Mampu memahami Sistem</p>	<p>3. Kemampuan dalam menjelaskan Sistem</p>	<p>2,5%</p>	<p>Sistem termomodinamika</p>	<p>Jigsaw</p>	<p>Penegasan terhadap ayat "Se-sungghyru"</p>	<p>1. Dosen membagi mahasiswa menjadi 5</p>

<p>termidinamika.</p> <p>4. Ketersapan dalam memberikan contoh macam-macam sistem termodinamika</p>	<p>n materi</p> <p>Psikomot orik <i>Kriteria:</i> Keaktifan, kejasama dan kedisiplinan</p>	<p>77 / 1 = 3%</p>	<p>Besaran keadaan (temperatur, tekanan, volume), fase dan perubahan fase (padat, cair</p>	<p>Ceramah diskusi dan tanya jawab</p>	<p>Teguh pendirian dan mempertahankan an karakter yang baik. Hal tersebut</p>	<p>a Kami menciptakan segala sesuatu menurut (Al Qamar: 49) " Dia telah menciptakan segala sesuatu dan Dia menetapkan ukuran-ukurannya dengan serapi-rapinya." (Al Furqan :2) S</p> <p>Keterbukaan (adaptasi) terhadap lingkungan sekitar mampu meningkatkan kualitas diri. Hal tersebut mengacu pada konsep dasar sistem terbuka termodinamika</p>	<p>kelompok untuk berdiskusi tentang Sistem Tertutup dan Sistem Terisolasi. (dengan metode Jigsaw)</p> <p>2. Dosen memberikan pengarahan tentang cakupan materi diskusi</p> <p>3. Menguji pemahaman mahasiswa dengan memberikan pertanyaan pada kelompok</p>	<p>TM: 150'</p>
<p>termidinamika.</p> <p>1. Ketersapan dalam menjelaskan besaran keadaan (temperatur, tekanan, volume)</p> <p>2. Ketersapan dalam</p>	<p>Kognitif <i>Kriteria:</i> Pemahaman materi dan deskripsi</p>	<p>3</p>	<p>mampu memahami besaran keadaan (temperatur, tekanan, volume), fase</p>	<p>1. Dosen memberikan ceramah tentang materi kuliah besaran keadaan, fase dan</p>	<p>1. Dosen memberikan ceramah tentang materi kuliah besaran keadaan, fase dan</p>	<p>1. Dosen memberikan ceramah tentang materi kuliah besaran keadaan, fase dan</p>	<p>1. Dosen memberikan ceramah tentang materi kuliah besaran keadaan, fase dan</p>	<p>1. Dosen memberikan ceramah tentang materi kuliah besaran keadaan, fase dan</p>

<p>4</p> <p>dari perubahan fase (padat, cair dan gas)</p>	<p>mendeskripsikan materi besaran kuantitas dengan bahasa matematis</p>	<p>matematis</p> <p>Afektif <i>Kriteria:</i> Kesopanan sikap dan bahasa saat mengutarakan pendapat</p>	<p>(gas)</p>	<p>mengacu pada besaran keadaan yang selalu tetap meskipun massanya berubah</p> <p>Pengertian bahwa fase tiap individu akan berubah sesuai dengan tekanan yang diperoleh.</p> <p>Hk. ke-nol termodinamika = yang kuat membantu yang lemah</p>	<p>Perubahan fase</p> <ol style="list-style-type: none"> Dosen memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk bertanya dan berdiskusi Dosen menjawab pertanyaan dari mahasiswa dan menyimpulkan hasil diskusi 	<p>TM: 150'</p> <ol style="list-style-type: none"> Dosen memberikan ceramah tentang materi kuliah Hk. ke-nol termodinamika Membagi menjadi 5 kelompok Presentasi sederhana hasil diskusi, kelompok lain bertanya Dosen meluruskan dan menyimpulkan hasil diskusi
<p>mampu memahami Hukum ke nol termodinamika</p>	<p>1. Ketepatan menjelaskan hukum ke-nol termodinamika</p> <p>2. Ketepatan memberikan contoh-contoh hukum ke nol termodinamika</p> <p>3. Ketepatan mendeskripsikan dalam bahasa matematis</p>	<p>Kognitif <i>Kriteria:</i> Pemahaman materi</p> <p>Afektif <i>Kriteria:</i> Kesopanan dalam sikap dan bahasa mengutarakan pendapat</p> <p>Psikomotorik <i>Kriteria:</i> Keaktifan,</p>	<p>2,5%</p>	<p>Hukum ke nol termodinamika</p> <p>Pembelajaran Kooperatif</p>	<p>Perubahan fase</p>	<p>TM: 150'</p>

5	<p>mampu memahami Gas Ideal: persamaan keadaan</p>	<p>1. Ketepatan menjelaskan teori gas ideal</p> <p>2. Ketepatan mendeskripsikan teori gas ideal dalam bahasa matematis</p> <p>3. Ketepatan mengaplikasikan persamaan keadaan dalam sistem termodinamika</p>	<p>kejasama dan kedisiplinan</p> <p>Kognitif Kriteria: Pemahaman materi dan deskripsi matematis</p> <p>Afektif Kriteria: Kesopanan dalam sikap dan bahasa dalam mengutarakan pendapat</p>	<p>TT 2 Gas ideal: persamaan keadaan = 5%</p>	<p>Ceramah, diskusi dan tanya jawab</p>	<p>Kecakapan Ideal skills obtained, methods used, didefinisikan</p>	<p>1. Dosen memberikan ceramah tentang materi kuliah teori gas ideal</p> <p>2. Dosen memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk bertanya dan berdiskusi</p> <p>3. Dosen menjawab pertanyaan dari mahasiswa dan menyimpulkan hasil diskusi</p>	<p>TM: 150'</p>
6	<p>mampu memahami kalor, kapasitas kalor dan kalor jenis</p>	<p>1. Ketepatan menjelaskan kalor, kapasitas kalor</p> <p>2. Ketepatan mendeskripsikan kalor, kapasitas kalor dan kalor jenis dalam bahasa matematis</p>	<p>Kognitif Kriteria: Pemahaman materi dan deskripsi matematis</p> <p>Afektif Kriteria: Kesopanan dalam sikap dan</p>	<p>5%</p> <p>kalor dan kapasitas kalor</p>	<p>Ceramah, diskusi dan tanya jawab</p>	<p>Peregasan ayat "Dan Dia (memudahkan) apa yang Dia ciptakan untuk kamu di bumi ini dengan berlain-lainan macamnya, sesungguhnya pada yang demikian itu</p>	<p>1. Dosen memberikan ceramah tentang materi kuliah kalor, kapasitas jenis</p> <p>2. Dosen memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk bertanya dan berdiskusi</p>	<p>TM: 150'</p>

7	Mampu memahami persamaan keadaan gas real	<p>1. Ketepatan menjelaskan kalor dan kapasitas kalor</p> <p>2. Ketepatan mendeskripsikan kalor dan kapasitas kalor dalam bahasa matematis</p>	<p>Kognitif <i>Kriteria:</i> Pemahaman materi dan deskripsi matematis</p> <p>Afektif <i>Kriteria:</i> Kesopanan dalam sikap dan bahasa dalam mengutarakan</p>	TM = 30%	persamaan keadaan gas real	Ceramah, diskusi dan tanya jawab	<p>Kedanaan real banyak ditemukan tetapi memiliki permasalahan yang lebih kompleks</p>	<p>3. Dosen menjawab pertanyaan dari mahasiswa dan menyimpulkan hasil diskusi</p> <p>benar-benar terdapat tanda kecukuasaanNya (An Nahli:13)</p> <p>Pengasan bahwa proses perubahan seseorang bergantung pada besarnya tempaan yang diperoleh juga bergantung pada kapasitas yang dimiliki seseorang</p>	<p>1. Dosen memberikan ceramah tentang materi kuliah</p> <p>2. Dosen memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk bertanya dan berdiskusi</p> <p>3. Dosen menjawab pertanyaan dari mahasiswa dan menyimpulkan hasil diskusi</p>	TM: 150'
---	---	--	---	----------	----------------------------	----------------------------------	--	--	---	----------

Lampiran 9

RESPONDEN	RESPONDEN
Dewi Nur A	A-1
Laily Khusni	A-2
Nurul Istianah	A-3
Helisa Dewi	A-4
Firda Aulia	A-5
Khoirotn Nisa	A-6
Markha Nis	A-7
Ima Rokhani	A-8
Riska Nila	A-9
Sofrina Dian	A-10
Anas Rifai	A-11
Idhatul I	A-12
Nurma Ayu	A-13
Liqour	A-14
Dwi Suci	A-15
Luki Alifa	A-16
Anaqoh	A-17
Dony A A	A-18
Sofian Hadi	A-19
Ridho Khoirul	A-20
Misfalakhul	A-21
Siti Nur Hamidah	A-22
Zulfa Kamila	A-23
Nusrotul	A-24
Nur Kholifah	A-25
Sekarani	A-26
Lilin	A-27
Nafis Ainun	A-28
Isni Nurjannah	A-29
Listiana	A-30

Rofi A	A-31
Baiq	A-32
Siti Nur a	A-33
Hesti Nur	A-34
Ahmad Safii	A-35
Ummi Anisyah	A-36
Inayah Khanza	A-37
Nasukwadi	A-38
Puspita	A-39
Nurida Devi	A-40
Uhty Maesyaroh	A-41
Risqa Nur A	A-42
Nisrina Na	A-43
Siti Lutfiatul	A-44
Zulfa Maula	A-45
M Nurul Huda	A-46
Nur Chikmi	A-47
Shofiatur	A-48
Arfinta	A-49
Riska Nur	A-50
Muhammad Zul	A-51
Layinatus Saniah	A-52
Wildan	A-53
Andika	A-54
M Naufal	A-55
Rizal	A-56
Roqsyid	A-57
Try Adi	A-58

Lampiran 10



Lampiran 11

INSTRUMEN PEDOMAN WAWANCARA

1. Bagaimana pendapat saudara tentang mata kuliah Termodinamika?
2. Apakah ada beberapa kesulitan yang dialami ketika mempelajarinya?
3. Bagaimana menurut saudara tentang materi teori kinetik gas?
4. Bagaimanakah konsep yang saudara telah pahami tentang sub bab keadaan dalam proses termodinamika?
5. Mengapa saudara tidak mempelajari secara mendalam tentang materi teori kinetik gas?
6. Menurut saudara, seberapa persen tingkat pemahaman yang sudah saudara miliki setelah mendapat materi teori kinetik gas?

RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

1. Nama : Ummi Nuzulul Fitroh
2. Tempat & Tanggal Lahir : Kudus, 17 Januari 1997
3. Alamat Rumah : Loram Wetan RT 03 RW
04 Jati Kudus
4. HP : 085802523747

B. Riwayat Pendidikan

Pendidikan Formal:

1. SDN 01 Loram Wetan, lulus tahun 2008
2. MTs N 01 Kudus, lulus tahun 2011
3. MAN 02 Kudus, lulus tahun 2014
4. UIN Walisongo Semarang Fakultas Sains dan
Teknologi Angkatan 2014.

Semarang, 25 Juli 2018

Saya yang bersangkutan ,

Ummi Nuzulul Fitroh

Nim: 1403066068