

**PENGEMBANGAN *E-MODULE* BERBASIS POE (*PREDICT, OBSERVE, EXPLAIN*) PADA MATERI TEORI KINETIK GAS UNTUK SISWA KELAS XI DI SMA NEGERI 5 PALANGKA RAYA**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk Melengkapi dan Memenuhi Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan



Oleh:

**SITI RABIATUL HASANAH**  
NIM. 1701130380

**INSTITUT AGAMA ISLAM NEGERI PALANGKARAYA  
FAKULTAS TARBIYAH DAN ILMU KEGURUAN  
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA  
PROGRAM STUDI TADRIS FISIKA  
2021 M/1442 H**

## PERNYATAAN ORISINALITAS

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Siti Rabiatul Hasanah  
NIM : 1701130380  
Jurusan/Prodi : Pendidikan MIPA/Tadris Fisika  
Fakultas : Tarbiyah dan Ilmu Keguruan

Menyatakan skripsi dengan judul “Pengembangan *E-Module* Berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) pada Materi Teori Kinetik Gas untuk Siswa Kelas XI di SMA Negeri 5 Palangka Raya” adalah benar karya saya sendiri. Jika kemudian hari karya ini terbukti merupakan duplikat atau plagiat, maka skripsi dan gelar yang saya peroleh dibatalkan.

Palangka Raya, Mei 2021  
Yang Membuat Pernyataan,



**Siti Rabiatul Hasanah**

NIM. 1701130380

## PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul : Pengembangan *E-Module* Berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) pada Materi Teori Kinetik Gas untuk Siswa Kelas XI di SMA Negeri 5 Palangka Raya

Nama : Siti Rabiatal Hasanah

NIM : 1701130380

Fakultas : Tarbiyah dan Ilmu Keguruan

Jurusan : Pendidikan MIPA

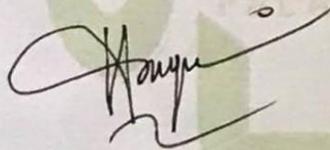
Program Studi : Tadris Fisika

Jenjang : Strata Satu (S-1)

Setelah diteliti dan diadakan perbaikan seperlunya, dapat disetujui untuk disidangkan oleh Tim Penguji Skripsi Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan IAIN Palangka Raya.

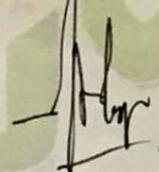
Palangka Raya, Mei 2021

Dosen Pembimbing I



**Hadma Yuliani, M.Pd., M.Si**  
NIP. 199002172015032009

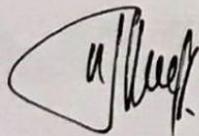
Dosen Pembimbing II



**Nur Inayah Syar, M.Pd**  
NIP. 198904262018012002

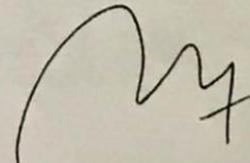
**Mengetahui:**

Wakil Dekan Bidang Akademik,



**Dr. Nurul Wahdah, M.Pd**  
NIP. 198003072006042004

Ketua Jurusan Pendidikan MIPA



**Dr. Atin Supriatin, M.Pd**  
NIP. 197804242005012005

## NOTA DINAS

Hal : Mohon Diuji Skripsi  
Saudari Siti Rabiatal Hasanah

Palangka Raya, Mei 2021

Kepada,

Yth. **Ketua Panitia Ujian Skripsi  
Jurusan Pendidikan MIPA  
FTIK IAIN Palangka Raya**

di-

Palangka Raya

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Setelah membaca, memeriksa dan mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami berpendapat bahwa skripsi saudara:

Nama : Siti Rabiatal Hasanah

NIM : 1701130380

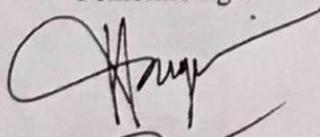
Judul Skripsi : **Pengembangan E-Module Berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*)  
pada Materi Teori Kinetik Gas untuk Siswa Kelas XI di SMA Negeri  
5 Palangka Raya**

Sudah dapat diujikan untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan.

Demikian atas perhatiannya diucapkan terima kasih.

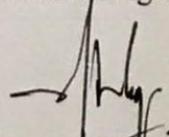
*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Pembimbing I



**Hadma Yuliani, M.Pd., M.Si**  
NIP. 199002172015032009

Pembimbing II



**Nur Inayah Syar, M.Pd**  
NIP. 198904262018012002

## PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : Pengembangan *E-Module* Berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) pada Materi Teori Kinetik Gas untuk Siswa Kelas XI di SMA Negeri 5 Palangka Raya

Nama : Siti Rabiatul Hasanah  
NIM : 1701130380  
Fakultas : Tarbiyah dan Ilmu Keguruan  
Jurusan : Pendidikan MIPA  
Program Studi : Tadris Fisika

Telah diujikan dalam Sidang/Munaqasah Tim Penguji Skripsi Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan IAIN Palangka Raya pada:

Hari : Kamis  
Tanggal : 27 Mei 2021 M/ 15 Syawal 1442 H

### TIM PENGUJI:

1. Ridha Nirmalasari, S.Si., M.Kes  
(Ketua Sidang/Penguji) .....
2. Dr. Atin Supriatin, M.Pd  
(Penguji Utama) .....
3. Hadma Yuliani, M.Si., M.Pd  
(Penguji) .....
4. Nur Inayah Syar, M.Pd  
(Sekretaris/Penguji) .....

Mengetahui:  
Dekan Fakultas Tarbiyah dan Ilmu  
Keguruan IAIN Palangka Raya



Dr. Hj. Rodhatul Jennah, M.Pd  
NIP. 196710031993032001

# **Pengembangan *E-Module* Berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) pada Materi Teori Kinetik Gas untuk Siswa Kelas XI di SMA Negeri 5 Palangka Raya**

## **ABSTRAK**

Penelitian ini dilakukan berdasarkan hasil analisis kebutuhan pada observasi pra-penelitian. Hasil sebaran anget di kelas XI SMA Negeri 5 Palangka Raya diketahui bahwa siswa menyukai pembelajaran fisika yang sifatnya memprediksi dan mengobservasi suatu fenomena di kehidupan sehari-hari. Siswa juga senang belajar menggunakan *e-module* dalam pembelajaran. Namun, *e-module* yang digunakan di sekolah masih belum mampu meningkatkan semangat belajar siswa. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui proses pengembangan *e-module* berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) pada materi teori kinetik gas untuk siswa kelas XI, mengetahui kelayakan produk berupa *e-module* dan mengetahui respon guru fisika dan respon siswa terhadap *e-module* yang dikembangkan.

Penelitian ini menggunakan metode R&D (*Research and Development*) dengan model 4D dengan tahapan-tahapannya yaitu *define* (pendefinisian), *design* (perancangan), *development* (pengembangan), *dessemination* (penyebaran). Namun, pada penelitian ini hanya dibatasi sampai tahap *development*.

Hasil penelitian ini ialah : 1) prosedur pembuatan *e-module* yaitu analisis kebutuhan, pendefinisian tujuan dan batasan materi, desain *e-module*, dan validasi para ahli terhadap *e-module* yang dikembangkan; 2) kelayakan *e-module*, yakni hasil validasi ahli media diperoleh persentase 89,5% dengan kriteria sangat valid. Hasil validasi ahli materi diperoleh persentase 89,6% dengan kriteria sangat valid dan hasil validasi ahli pembelajaran diperoleh persentase 93,6% dengan kriteria sangat valid; 3) Hasil dari respon guru diperoleh persentase 82,6 % dengan kategori sangat baik dan kriteria sangat menarik , dan respon siswa diperoleh persentase 75,1% dengan kategori sangat baik dan kriteria menarik.

Kata Kunci : *e-module*, POE, teori kinetik gas

**POE-Based E-Module Development (Predict, Observe, Explain)  
on Kinetic Theory of Gases Material for Students Class XI  
at SMA Negeri 5 Palangka Raya**

**ABSTRACT**

This research was conducted based on the results of the needs analysis on pre-research observations. The results of the anget distribution in class XI SMA Negeri 5 Palangka Raya are known that students like physics learning which is predictive and observing a phenomenon in everyday life. Students also enjoy learning to use e-modules in learning. However, the e-module used in schools is still not able to increase students' enthusiasm for learning. The purpose of this study was to determine the process of developing an e-module based on POE (Predict, Observe, Explain) on gas kinetic theory material for class XI students, determine the feasibility of the product in the form of an e-module and determine the physics teacher's response and student response to the e-module that developed.

This study uses the R&D (Research and Development) method with a 4D model with the stages, namely define, design, development, dissemination. However, in this study only limited to the development stage.

The results of this study are: 1) e-module procedures, namely needs analysis, defining the objectives and limitations of the material, e-module design, and expert validation of the developed e-module; 2) e-module, ie the results of media expert validation obtained a percentage of 89.5% with very valid criteria. The results of material expert validation obtained a percentage of 89.6% with very valid criteria and the results of expert validation obtained a percentage of 93.6% with very valid criteria; 3) The results of the teacher's responses were obtained with a percentage of 82.6% with a very good category and very interesting criteria, and responses obtained with a percentage of 75.1% with a very good category and interesting criteria.

**Keywords:** e-module, POE, kinetic theory of gases

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Penulis juga menyadari keberhasilan penyusunan penelitian ini tidak lepas dari bimbingan, motivasi serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, iringan doa dan ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Dr. H. Khairil Anwar, M.Ag selaku rektor Institut Agama Islam Negeri Palangka Raya.
2. Ibu Dr. Hj. Rodhatul Jennah, M.Pd selaku dekan Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan Institut Agama Islam Negeri Palangka Raya yang telah membantu proses akademik, persetujuan dan munaqasyah skripsi sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Ibu Dr. Nurul Wahdah, M.Pd selaku wakil dekan bidang akademik Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan IAIN Palangka Raya yang telah membantu proses administrasi dalam penelitian ini.
4. Ibu Dr. Atin Supriatin, M.Pd selaku ketua jurusan pendidikan MIPA Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan, Institut Agama Islam Negeri Palangka Raya.
5. Ibu Hadma Yuliani, M.Pd, M.Si selaku ketua program studi tadaris fisika dan dosen selaku pembimbing I yang selama ini memberikan arahan dan masukan yang baik serta bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dalam penyusunan skripsi ini.

6. Ibu Nur Inayah Syar, M.Pd, selaku dosen pembimbing II dan selaku Pembimbing Akademik (PA) yang selama ini memberikan arahan dan masukan yang baik serta bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dalam penyusunan skripsi ini.
7. Para validator, yakni Ibu Luvia Ranggi Nastiti, S.Si., M.Pd, Bapak Muhammad Syabrina, M.Pd.I, Bapak Muhammad Nasir, M.Pd, Bapak Jhelang Annovasho, S.Pd., M.Si, Bapak Drs. Mardaya, M.Pd dan Ibu Nadia Azizah, M.PFis.
8. Bapak Drs. Muhammad Ramli, M.Pd selaku kepala SMA Negeri 5 Palangka Raya.

Kesempurnaan hanyalah milik Allah SWT, bilamana terdapat kesalahan dan kekurangan dalam penelitian ini, izinkan penulis menghaturkan permohonan maaf. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan dan penelitian ini jauh dari kata sempurna sehingga saran dan kritik yang bersifat membangun sangat diharapkan. Semoga Allah SWT memberikan kemudahan bagi kita semua. Aamiin.

Palangka Raya, Mei 2021  
Penulis,

**Siti Rabiatul Hasanah**  
NIM. 1701130380

## MOTTO

إِنَّمَا يُوفَّى الصَّابِرُونَ أَجْرَهُمْ بِغَيْرِ حِسَابٍ

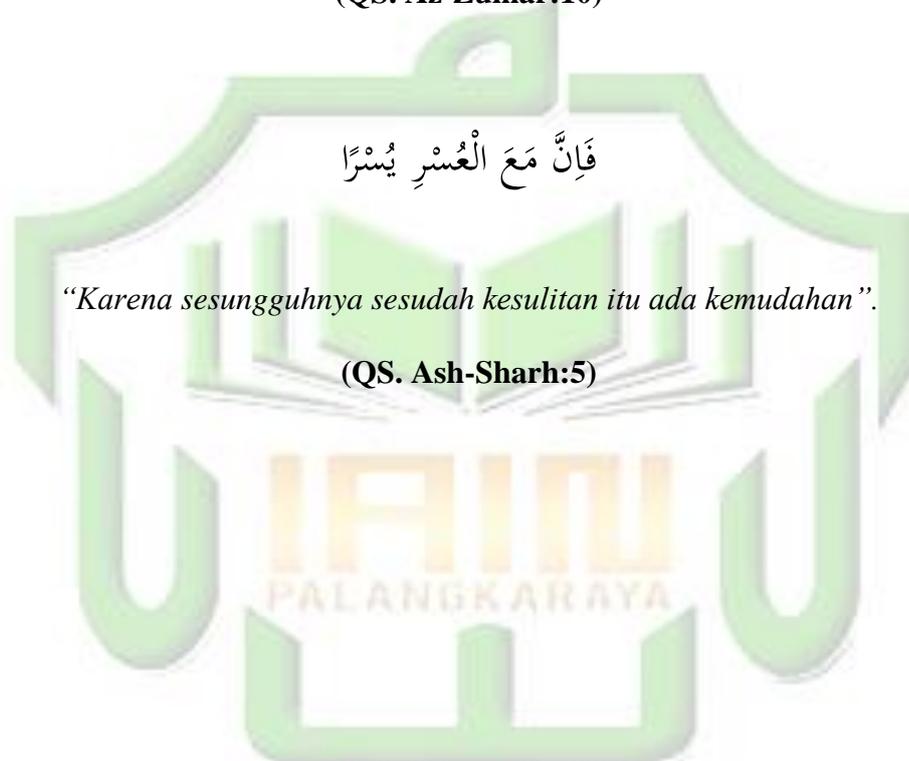
*“Sesungguhnya hanya orang-orang yang bersabarlah yang dicukupkan pahala mereka tanpa batas”.*

**(QS. Az-Zumar:10)**

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

*“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”.*

**(QS. Ash-Sharh:5)**



## PERSEMBAHAN

*Bismillahirrahmanirrahim.*

*Alhamdulillahirrabil'alamin*, dengan penuh rasa syukur kepada Allah karena atas nikmat dan karunia-Nya skripsi ini bisa terselesaikan dengan sebaik-baiknya.

Penulis persembahkan karya ini kepada:

1. Kedua orang tuaku tercinta, ayahanda Hasanudin dan Ibunda Rusmini yang telah memberi cinta, kasih sayang, semangat, pengorbanan, dan nasihat serta do'a yang tak terbatas dan tiada hentinya untuk kebahagiaan dan kesuksesanku. Do'a yang tulus senantiasa penulis persembahkan atas jasa dan pengorbanan mereka yang telah mendidik dan membesarkanku sehingga mengantarkan penulis menyelesaikan Pendidikan S1 di IAIN Palangka Raya.
2. Kedua kakakku terkasih, Dedi Harianto, Hafri Fujianson dengan bantuan, dukungan, do'a dan nasihat yang selalu diberikan.
3. Adikku tersayang Erbina Ramadanisty yang selalu memberi bantuan, semangat dan do'a untukku.
4. Seluruh keluarga yang senantiasa memberikan dukungan dan juga do'a untukku.
5. Teman-teman seperjuangan di Program Studi Tadris Fisika Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan IAIN Palangka Raya angkatan 2017 yang telah memberikan semangat, bantuan dan do'a. ucapan terima kasih untuk canda tawa dan kebersamaannya yang telah kita lewati selama ini.
6. Dosen-dosen terkasih yang telah membimbingku dan segala pengalaman serta pembelajaran yang telah diberikan.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iii
NOTA DINAS .....	iv
LEMBAR PENGESAHAN .....	v
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT .....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
MOTTO .....	x
PERSEMBAHAN.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xix
LAMPIRAN.....	xxii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	5
C. Batasan Masalah.....	5
D. Rumusan Masalah .....	5

E. Tujuan Penelitian .....	6
F. Manfaat Penelitian .....	6
G. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan .....	7
H. Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan .....	8
I. Sistematika Penulisan .....	9
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA .....</b>	<b>11</b>
A. Kerangka Teoritis.....	11
1. Belajar dan Pembelajaran .....	11
2. <i>E-Module</i> .....	13
3. POE (Predict, Observe, Explain).....	17
4. Teori Kinetik Gas .....	20
B. Hasil Penelitian Yang Relevan .....	40
C. Kerangka Berpikir.....	43
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>45</b>
A. Desain Penelitian.....	45
B. Prosedur Penelitian.....	47
C. Sumber Data dan Subjek Penelitian .....	49
D. Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data.....	51
E. Uji Produk .....	58
F. Teknik Analisis Data.....	58

BAB IV HASIL PENELITIAN PENGEMBANGAN.....	63
A. Hasil Penelitian .....	63
1. Prosedur Pengembangan <i>E-Module</i> menggunakan model 4D.....	63
2. Kelayakan <i>E-Module</i> Berbasis POE ( <i>Predict, Observe, Explain</i> ) pada Materi Teori Kinetik Gas .....	90
3. Respon Guru dan Siswa .....	118
B. Pembahasan.....	132
BAB V PENUTUP.....	140
A. Kesimpulan .....	140
B. Saran.....	141
DAFTAR PUSTAKA .....	142



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sintaks Model Pembelajaran POE .....	18
Tabel 3.1 Skala Angket Validasi.....	53
Tabel 3.2 Kisi-kisi Angket Validasi Ahli Media .....	53
Tabel 3.3 Kisi-kisi Angket Validasi Ahli Materi dan Ahli Pembelajaran .....	54
Tabel 3.4 Kisi-kisi Angket Respon Guru.....	55
Tabel 3.5 Kisi-kisi Angket Respon Siswa.....	56
Tabel 3.6 Kriteria Hasil Uji Validitas E-Module .....	59
Tabel 3.7 Kriteria kemenarikan.....	60
Tabel 3.8 Skor Penilaian .....	61
Tabel 3.9 Kriteria kemenarikan.....	61
Tabel 4.1 Storyboard page 1 .....	66
Tabel 4.2 Storyboard page 2-3 .....	66
Tabel 4.3 Storyboard page 4-5 .....	67
Tabel 4.4 Storyboard page 6-7 .....	68
Tabel 4.5 Storyboard page 8-9 .....	69
Tabel 4.6 Storyboard page 10-11 .....	70
Tabel 4.7 Storyboard page 12-13 .....	71
Tabel 4.8 Storyboard page 14-15 .....	72
Tabel 4.9 Storyboard page 16-17 .....	73
Tabel 4.10 Storyboard page 18-19 .....	74
Tabel 4.11 Storyboard page 20-21 .....	75

Tabel 4.12 Storyboard page 22-23 .....	75
Tabel 4.13 Storyboard page 24-25 .....	76
Tabel 4.14 Storyboard page 26-27 .....	77
Tabel 4.15 Storyboard page 28-29 .....	78
Tabel 4.16 Storyboard page 30-31 .....	79
Tabel 4.17 Storyboard page 32-33 .....	80
Tabel 4.18 Storyboard page 34-35 .....	80
Tabel 4.19 Storyboard page 36-37 .....	81
Tabel 4.20 Storyboard page 38-39 .....	82
Tabel 4.21 Storyboard page 40-41 .....	83
Tabel 4.22 Storyboard page 42-43 .....	84
Tabel 4.23 Storyboard page 44-45 .....	85
Tabel 4.24 Storyboard page 46-47 .....	86
Tabel 4.25 Storyboard page 48-49 .....	87
Tabel 4.26 Storyboard page 50-51 .....	87
Tabel 4.27 Storyboard page 59 .....	88
Tabel 4.28 Penilaian ahli media pertama dan kedua pada aspek tampilan .....	90
Tabel 4.29 Penilaian ahli media pertama dan kedua pada aspek penggunaan.....	92
Tabel 4.30 Rekapitulasi penilaian ahli media pertama dan kedua .....	94
Tabel 4.31 perbaikan kalimat sebelum dan setelah revisi.....	94
Tabel 4.32 glosarium sebelum dan setelah revisi.....	95
Tabel 4.33 nomor halaman sebelum dan setelah revisi.....	95
Tabel 4.34 cover sebelum dan setelah revisi.....	95

Tabel 4.35 Penilaian ahli materi pertama dan kedua pada aspek kualitas isi .....	96
Tabel 4.36 Penilaian ahli materi pertama dan kedua pada aspek POE (Predict, Observe, Explain) .....	98
Tabel 4.37 Penilaian ahli materi pertama dan kedua pada aspek bahasa.....	100
Tabel 4.38 Rekapitulasi penilaian ahli materi pertama dan kedua.....	101
Tabel 4.39 perbaikan pengetikan sebelum dan setelah revisi .....	102
Tabel 4.40 perbaikan istilah halaman 20 sebelum dan setelah perbaikan.....	102
Tabel 4.41 perbaikan istilah halaman 24 sebelum dan setelah perbaikan.....	103
Tabel 4.42 Penilaian ahli pembelajaran pertama dan kedua pada aspek kualitas isi .....	103
Tabel 4.43 Penilaian ahli pembelajaran pertama dan kedua pada aspek POE (Predict, Observe, Explain).....	105
Tabel 4.44 Penilaian ahli pembelajaran pertama dan kedua pada aspek bahasa	107
Tabel 4.45 Rekapitulasi penilaian ahli pembelajaran pertama dan kedua .....	108
Tabel 4.46 peta konsep sebelum dan setelah revisi.....	109
Tabel 4.47 kalimat pertanyaan sebelum dan setelah revisi .....	109
Tabel 4.48 kalimat pertanyaan sebelum dan setelah revisi .....	110
Tabel 4.49 gambar sebelum dan setelah revisi.....	110
Tabel 4.50 nomor pertanyaan sebelum dan setelah revisi.....	111
Tabel 4.51 perbaikan kata sebelum dan setelah revisi .....	111
Tabel 4.52 perbaikan nomor soal .....	111
Tabel 4.53 perbaikan tata penulisan.....	112
Tabel 4.54 Hasil penilaian guru pada aspek materi .....	118

Tabel 4.55 Hasil penilaian guru pada aspek media.....	120
Tabel 4.56 Hasil penilaian guru pada aspek media.....	122
Tabel 4.57 Rekapitulasi hasil penilaian guru terhadap e-module .....	123
Tabel 4.58 Hasil penilaian uji coba pada aspek materi .....	124
Tabel 4.59 Hasil penilaian uji coba pada aspek tampilan .....	126
Tabel 4. 60 Hasil penilaian uji coba pada aspek kemenarikan .....	127
Tabel 4.61 Hasil penilaian uji coba pada aspek manfaat .....	129
Tabel 4.62 Rekapitulasi hasil respon siswa terhadap e-module.....	131



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik hubungan P-V pada suhu konstan (isotermal) .....	22
Gambar 2.2 Grafik hubungan V-T pada tekanan konstan (isobarik) .....	23
Gambar 2.3 Grafik hubungan P-T pada tekanan konstan (isokhorik) .....	24
Gambar 2.4 Model gas menurut teori kinetik gas .....	27
Gambar 2.5 Kubus tertutup berisi gas ideal .....	29
Gambar 2.6 Kemungkinan gerak dari sebuah molekul diatomik .....	38
Gambar 4.1 cover e-module .....	66
Gambar 4.2 Page 2-3 kata pengantar dan daftar isi e-module .....	67
Gambar 4.3 Page 4-5 karakteristik <i>e-module</i> dan petunjuk penggunaan <i>e-module</i> .....	68
Gambar 4.4 Page 6-7 kompetensi inti, kompetensi dasar dan indikator .....	69
Gambar 4.5 Page 8-9 peta konsep dan pendahuluan .....	70
Gambar 4.6 Page 10-11 kegiatan pembelajaran .....	71
Gambar 4.7 Page 12-13 tahap <i>observe</i> .....	72
Gambar 4.8 Page 14-15 materi hukum Boyle .....	73
Gambar 4.9 lanjutan materi hukum Boyle dan materi hukum Charles .....	73
Gambar 4.10 Page 18-19 lanjutan hukum Charles dan materi hukum Gay-Lussac .....	74
Gambar 4.11 page 20-21 lanjutan materi hukum Gay-Lussac dan hukum Boyle- Gay Lussac .....	75
Gambar 4.12 page 22-23 alat dan bahan serta prosedur kerja dari percobaan .....	76

Gambar 4.13 Page 24-25 pertanyaan dan kesimpulan dari percobaan serta tahap explain.....	77
Gambar 4.14 Page 26-27 subbab persamaan gas ideal dan prinsip ekuipartisi energi serta tahap predict dan observe .....	78
Gambar 4.15 Page 28-29 lanjutan tahap observe dan contoh soal.....	78
Gambar 4.16 Page 30-31 lanjutan materi persamaan gas ideal dan materi prinsip ekuipartisi energi.....	79
Gambar 4.17 Page 32-33 lanjutan materi prinsip ekuipartisi energi.....	80
Gambar 4.18 Page 34-35 materi tekanan makroskopis dan mikroskopis .....	81
Gambar 4.19 Page 36-37 lanjutan materi tekanan makroskopis dan mikroskopis	82
Gambar 4.20 Page 38-39 lanjutan materi tekanan makroskopis dan mikroskopis	83
Gambar 4.21 Page 40-41 materi derajat kebebasan dan persamaan ekuipartisi energi .....	84
Gambar 4.22 Page 42-43 materi kecepatan efektif molekul gas ideal.....	84
Gambar 4.23 Page 44-45 materi formulasi kecepatan efektif dan energi dalam gas ideal.....	85
Gambar 4.24 Page 46-47 lanjutan materi energi dalam gas ideal.....	86
Gambar 4.25 Page 48-49 tahap explain dan rangkuman.....	87
Gambar 4.26 Page 50-51 soal evaluasi .....	88
Gambar 4.27 Page 59 daftar pustaka.....	89
Gambar 4. 28 Hasil penilaian ahli media pada aspek tampilan .....	92
Gambar 4. 29 Hasil penilaian ahli media pada aspek penggunaan .....	93
Gambar 4.30 Hasil penilaian ahli materi pada aspek kualitas isi.....	98

Gambar 4.31 Hasil penilaian ahli materi pada aspek POE (Predict, Observe, Explain).....	99
Gambar 4.32 Hasil penilaian ahli materi pada aspek bahasa .....	101
Gambar 4.33 Hasil penilaian ahli pembelajaran pada aspek kualitas isi .....	105
Gambar 4.34 Hasil penilaian ahli pembelajaran pada aspek POE (Predict, Observe, Explain) .....	106
Gambar 4. 35 Hasil penilaian ahli pembelajaran pada aspek bahasa.....	108
Gambar 4.36 Hasil respon guru pada aspek materi.....	119
Gambar 4.37 Hasil respon guru pada aspek media .....	121
Gambar 4.38 Hasil respon guru pada aspek pembelajaran e-module .....	123
Gambar 4. 39 Hasil respon siswa pada aspek materi .....	125
Gambar 4.40 Hasil respon siswa pada aspek tampilan .....	127
Gambar 4. 41 Hasil respon siswa pada aspek kemenarikan.....	129
Gambar 4.42 Hasil respon siswa pada aspek manfaat .....	131

## LAMPIRAN

- Lampiran 1 Pedoman wawancara guru
- Lampiran 2 Angket siswa pra-penelitian
- Lampiran 3 Hasil validasi instrumen evaluasi
- Lampiran 4 Angket validasi ahli media
- Lampiran 5 Angket validasi ahli materi
- Lampiran 6 Angket validasi ahli pembelajaran
- Lampiran 7 Hasil respon guru
- Lampiran 8 Hasil respon siswa
- Lampiran 9 Surat-surat
- Lampiran 10 Daftar riwayat hidup



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang Masalah**

Paradigma pembelajaran abad 21 mengharuskan seorang guru dapat menggunakan teknologi digital, sarana komunikasi dan informasi yang sesuai untuk mengelola, mengakses, mengevaluasi dan menciptakan informasi supaya berfungsi dalam proses pembelajaran (Solihudin, 2018). Teknologi informasi dan komunikasi memiliki pengaruh yang sangat besar sebagai alat atau sarana untuk mengembangkan keterampilan dalam proses pembelajaran (Suarsana, 2013). Pada pengembangan keterampilan dalam kegiatan pembelajaran memerlukan suatu bahan ajar, salah satu bentuk bahan ajar yang dapat digunakan adalah modul (Sidiq, 2020).

Sebagian besar modul saat ini dibuat dalam bentuk cetak. Modul dalam bentuk cetak cenderung monoton dan kurang digemari (Sidiq, 2020). Oleh karena itu, dengan memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi, pengembangan bahan ajar modul cetak diubah menjadi modul berbasis elektronik atau yang lebih dikenal dengan istilah *e-module* (Tania, 2017). Elektronik Modul merupakan salah satu bahan ajar yang tersusun secara sistematis dan menarik sehingga dapat digunakan secara mandiri (Varonika, 2016).

Elektronik Modul memiliki potensi yang besar untuk digunakan dalam proses pembelajaran (Rendra, 2018). Penggunaan *e-module* dalam pembelajaran

memiliki beberapa keunggulan, diantaranya yaitu dengan adanya *e-module* lebih memudahkan siswa dalam belajar tanpa memerlukan banyak biaya (Tania, 2017). *E-module* berisi materi yang di dalamnya terdapat gambar, animasi, dan video, sehingga mampu membuat proses belajar siswa menjadi lebih menarik dan menyenangkan, serta dengan adanya *e-module* siswa dapat belajar dengan mandiri tanpa atau dengan bimbingan guru (Veronika, 2016), serta *e-module* dapat meningkatkan semangat belajar siswa karena dalam pengerjaan tugas pelajaran dibatasi dengan jelas sesuai dengan kemampuan (Wahyuningtyas, 2019).

Hasil wawancara dengan guru fisika SMA Negeri 5 Palangka Raya diketahui bahwa bahan ajar yang digunakan guru dalam proses belajar mengajar bervariasi, seperti buku pegangan siswa, modul, *e-module* dan LKS. Namun, bahan ajar yang digunakan belum dipadukan dengan model pembelajaran. Kemudian, saat proses pembelajaran fisika model pembelajaran yang sering digunakan guru adalah model pembelajaran *inquiry* dan saat proses pembelajaran guru belum pernah menggunakan model pembelajaran POE (*Predict, Observe, Explain*) termasuk pada saat mengajar materi teori kinetik gas. Kendala yang dihadapi guru dalam mengajar materi teori kinetik gas adalah bagaimana menjelaskan materi yang abstrak pada siswa menjadi seolah nyata dalam kehidupan sehari-hari siswa.

Berdasarkan hasil sebaran angket pra-penelitian kepada siswa kelas XI MIPA SMA Negeri 5 Palangka Raya diperoleh hasil sebanyak 52,9 % bahan ajar yang digunakan dalam pembelajaran fisika tidak meningkatkan semangat belajar

siswa. Sebanyak 82,4 % siswa senang belajar fisika dengan menggunakan *e-module*. Selain itu, sebanyak 94,1 % siswa juga menyukai bahan ajar yang disusun dengan bahasa yang mudah dipahami dan ilustrasi gambar yang menarik. Sebanyak 88,2 % siswa menyukai pembelajaran fisika yang membuat siswa memprediksi suatu fenomena di kehidupan sehari-hari, 82,4 % siswa menyukai pembelajaran fisika yang bersifat mengobservasi suatu fenomena dan sebanyak 64,7% siswa mengalami kesulitan memahami materi teori kinetik gas dengan model pembelajaran yang digunakan guru saat pembelajaran.

Berangkat dari data-data di atas maka diperlukan suatu bahan ajar yang menarik yang dipadukan dengan model pembelajaran yang mampu mendorong siswa untuk memprediksi maupun mengobservasi suatu fenomena dalam kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, pengembangan *e-module* pada penelitian ini dikombinasikan dengan model pembelajaran. Model pembelajaran yang dipilih adalah yang dapat sesuai dengan kurikulum 2013 yang menekankan siswa untuk lebih aktif dalam kegiatan pembelajaran (Rahman, 2016). Model pembelajaran yang dimaksud adalah model POE (*Predict-Observe-Explain*). Model POE merupakan model pembelajaran yang terdiri dari 3 tahapan kegiatan yaitu tahap prediksi atau membuat dugaan awal (*predict*), pengamatan atau pembuktian dugaan (*observe*), serta penjelasan terhadap hasil pengamatan (*explain*) (Suparno dalam Safitri, 2019).

*E-module* berbasis POE ini tercantum uraian yang menarik sehingga tidak membosankan siswa untuk membacanya sehingga mampu meningkatkan kemampuan berpikir siswa (Sari, 2016). *E-module* yang dikombinasi dengan

model POE ini juga dapat meningkatkan pemahaman konsep siswa, dapat digunakan untuk menggali pengetahuan awal siswa, memberikan informasi mengenai kemampuan berpikir siswa, mengkondisikan siswa untuk melakukan diskusi, serta mendorong siswa dalam mengeksplorasi konsep yang dimiliki (Widyaningrum, 2014).

Model POE juga merupakan model pembelajaran yang dikembangkan dalam pendidikan sains termasuk fisika. Fisika sebagai ilmu pengetahuan alam yang bersifat eksak, maka pembelajaran fisika di SMA haruslah didasarkan pada suatu permasalahan yang benar-benar nyata dari alam (An'nur, 2015). Salah satu materi fisika yang dipelajari di SMA pada kurikulum 2013 ialah teori kinetik gas. Teori kinetik gas merupakan teori yang menjelaskan sifat-sifat gas dengan menggunakan hukum Newton terhadap gerak partikel-partikel gas dengan beberapa anggapan terhadap gas (gas ideal) (Sunarno dalam Putri, 2019).

Materi teori kinetik gas sifat dan keadaan partikel-partikel gas yang tak kasat mata (mikroskopis) ditransformasikan ke dalam rumus, sehingga dibutuhkan bahan ajar yang dapat mengilustrasikan keadaan dan sifat partikel gas (Putri, 2019). Oleh karena itu peneliti mengembangkan produk yang mampu memfasilitasi siswa dalam memahami teori kinetik gas secara maksimal dengan membuat *e-module* interaktif yang lebih menarik dengan mengkombinasi model pembelajaran POE (*Predict, Observe, Explain*) yang menekankan pengalaman siswa di kehidupan sehari-hari sehingga memudahkan siswa dalam memahami konsep teori kinetik gas.

Berdasarkan uraian di atas penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “**Pengembangan *e-module* Berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) pada Materi Teori Kinetik Gas untuk Siswa Kelas XI di SMA Negeri 5 Palangka Raya**”

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang dapat diidentifikasi masalah-masalah sebagai berikut :

1. Modul dalam bentuk cetak masih kurang digemari oleh siswa.
2. Bahan ajar yang digunakan di sekolah belum mampu meningkatkan semangat belajar siswa.
3. Belum ada *e-module* berbasis POE yang dikembangkan di sekolah.
4. Guru belum pernah menggunakan model pembelajaran POE (*Predict, Observe, Explain*) saat pembelajaran fisika di sekolah.

## **C. Batasan Masalah**

Agar penelitian ini tidak menyimpang dari tujuan yang direncanakan maka penulis menetapkan batasan- batasan masalah sebagai berikut :

1. Penelitian berfokus pada pengembangan bahan ajar bagi siswa berupa modul elektronik (*e-module*) berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*).
2. Penelitian sampai pada tahap uji coba kelompok kecil dengan diperolehnya respon siswa terhadap produk yang telah dikembangkan.

## **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah dan pembatasan masalah di atas maka dalam penelitian ini dikemukakan perumusan masalah yaitu:

1. Bagaimana proses pengembangan *e-module* berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) pada materi teori kinetik gas untuk siswa kelas XI?
2. Bagaimana kelayakan *e-module* berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) pada materi teori kinetik gas untuk siswa kelas XI?
3. Bagaimana respon guru dan siswa tentang *e-module* berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) pada materi teori kinetik gas untuk siswa kelas XI?

#### **E. Tujuan Penelitian**

Penelitian yang akan dilakukan tersebut bertujuan :

1. Untuk mengetahui proses pengembangan *e-module* berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) pada materi teori kinetik gas untuk siswa kelas XI.
2. Untuk mengetahui kelayakan produk berupa *e-module* berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) pada materi teori kinetik gas untuk siswa kelas XI.
3. Untuk mengetahui respon guru dan siswa tentang *e-module* berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) pada materi teori kinetik gas untuk siswa kelas XI.

#### **F. Manfaat Penelitian**

Dari penelitian yang telah dilakukan diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi atau pedoman bagi pengembangan ilmu pengetahuan untuk mengembangkan *e-module* berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) pada materi teori kinetik gas.

## 2. Manfaat Praktis

### a. Bagi Siswa

Memberikan kemudahan dan pengalaman belajar tersendiri bagi siswa dalam mempelajari materi teori kinetik gas.

### b. Bagi Guru

Memberikan alternatif bahan ajar untuk guru dalam menyampaikan materi teori kinetik gas yang sesuai dengan tuntutan kurikulum.

### c. Bagi Peneliti

Memberikan tambahan pengetahuan dan pengalaman dalam mengembangkan *e-module* berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) pada materi teori kinetik gas.

## G. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan

Produk yang akan dihasilkan dalam penelitian pengembangan ini berupa bahan ajar berbentuk *e-module* pada materi teori kinetik gas untuk kelas XI. Bahan ajar yang dimaksud adalah *e-module* berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*). Adapun spesifikasi produk yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Produk yang dikembangkan berupa *e-module* berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) yang dirumuskan sesuai dengan standar kompetensi, kompetensi dasar, indikator, dan tujuan pembelajaran fisika pada materi teori kinetik gas.

2. Produk yang dihasilkan berupa bahan ajar *e-module* menggunakan aplikasi *flip PDF professional* yang termuat dalam bahan ajar interaktif pada pembelajaran fisika untuk siswa kelas XI pada materi teori kinetik gas.
3. Produk *e-module* berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) pada materi teori kinetik gas memuat: halaman depan (*cover*), kata pengantar, daftar isi, daftar gambar, petunjuk penggunaan, Kompetensi Inti (KI), Kompetensi Dasar (KD), indikator, tujuan pembelajaran, peta konsep, kegiatan pembelajaran, langkah-langkah pembelajaran dengan model POE dengan tahap awal memprediksi, uraian materi teori kinetik gas, mengamati, mendiskusikan hasil pengamatan, rangkuman, uji kompetensi, dan daftar referensi.

## **H. Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan**

### **1. Asumsi**

Asumsi dalam pengembangan *e-module* ini ialah :

- a. SMA Negeri 5 Palangka Raya memiliki fasilitas yang mendukung dalam proses pembelajaran, seperti laboratorium komputer dengan tersedianya LCD proyektor dan komputer.
- b. Guru dan siswa telah memiliki kemampuan yang baik dalam mengoperasikan laptop/komputer dan *smartphone*.
- c. Siswa yang menjadi lingkup dalam penelitian ini telah mampu membaca, memahami, menilai serta memberikan saran dan masukan terhadap suatu hal yang baru.

## 2. Keterbatasan Pengembangan

- a. Pengembangan *e-module* ini hanya terbatas pada ruang lingkup mata pelajaran Fisika kelas XI SMA.
- b. Pengembangan *e-module* menggunakan model 4D (*Define, Design, Development, Dissemination*), namun pengembangan *e-module* ini hanya sampai tahap pengembangan atau *development* saja.

### I. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa bab. Dalam penulisan proposal ini masing-masing bab diuraikan menjadi beberapa subbab, yaitu :

1. BAB I : Pendahuluan terdiri dari latar belakang, identifikasi masalah, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, spesifikasi produk yang dikembangkan, asumsi dan keterbatasan pengembangan, dan sistematika penulisan.
2. BAB II : Kajian Pustaka yang memaparkan tentang teori yang berkaitan dengan penelitian sebagai teori pendukung terkait penelitian ini. Teori yang berkaitan dengan yang akan diteliti meliputi : Belajar dan pembelajaran, *e-module*, POE (*Predict, Observe, Explain*) dan materi teori kinetik gas. Kemudian membahas hasil penelitian yang relevan dan kerangka berpikir.
3. BAB III : Metode penelitian berisi tentang rancangan penelitian yang akan dilakukan peneliti. Dimana rancangan tersebut meliputi : desain penelitian, prosedur penelitian, sumber data dan subjek penelitian, teknik dan instrumen pengumpulan data, uji produk, serta teknik analisis data.

4. BAB IV : Hasil penelitian dan pembahasan yang membahas tentang semua hasil dalam penelitian untuk menjawab rumusan masalah berupa proses pengembangan produk, hasil validasi produk serta respon guru dan siswa terhadap produk yang dikembangkan.
5. BAB V : Penutup yang terdiri atas kesimpulan dan saran.



## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **A. Kerangka Teoritis**

##### **1. Belajar dan Pembelajaran**

Belajar dan pembelajaran merupakan dua konsep yang saling berkaitan satu sama lain. Aktivitas belajar siswa hanya dimungkinkan berlangsung dalam suatu proses pembelajaran yang dapat memberikan kesempatan bagi mereka untuk belajar dengan baik. Sebaliknya, proses pembelajaran dapat berlangsung dengan baik bila mendapat respons dari siswa (Hanafy, 2014).

###### **a. Pengertian Belajar**

Belajar merupakan aktivitas baik fisik maupun psikis yang menghasilkan perubahan tingkah laku yang baru pada diri individu yang belajar (Hanafy, 2014). Selain itu, belajar adalah suatu perubahan dalam kepribadian sebagai suatu pola baru yang berupa kecakapan sikap kebiasaan (Purwanto dalam Fakhurrizi, 2018). Kemudian belajar juga merupakan suatu proses, suatu kegiatan dan bukan merupakan suatu hasil atau tujuan (Husamah 2016). Berdasarkan beberapa pengertian tersebut maka belajar merupakan suatu proses untuk memperoleh perubahan perilaku yang baru.

Belajar menunjukkan aktivitas yang dilakukan oleh seseorang yang disadari atau disengaja. Aktivitas ini menunjuk pada keaktifan seseorang dalam melakukan aspek mental yang memungkinkan terjadinya perubahan

pada dirinya (Pane, 2017). Kegiatan belajar juga dimaknai sebagai interaksi individu dengan lingkungannya. Lingkungan dalam hal ini adalah obyek-obyek lain yang memungkinkan individu memperoleh pengalaman-pengalaman atau pengetahuan, baik pengalaman atau pengetahuan baru maupun sesuatu yang pernah diperoleh atau ditemukan sebelumnya tetapi menimbulkan perhatian kembali bagi individu tersebut sehingga memungkinkan terjadinya interaksi (Ainurrahman dalam Pane, 2017).

#### b. Pengertian Pembelajaran

Pembelajaran adalah usaha seorang guru dalam mewujudkan terjadinya pemerolehan pengetahuan dan kemahiran, pembentukan perilaku, serta kepercayaan diri pada siswa (Hanafy, 2014). Pembelajaran juga merupakan suatu kombinasi yang terdiri dari unsur-unsur manusiawi (siswa dan guru), material (buku, papan tulis, kapur dan alat belajar), fasilitas (ruang, kelas audio visual), dan proses yang saling mempengaruhi untuk mencapai tujuan pembelajaran (Hamalik dalam Fakhurrizi, 2018). Selain itu, pembelajaran juga merupakan suatu proses dalam mengatur siswa sehingga mampu memotivasi siswa melakukan kegiatan belajar (Pane, 2017). Sehingga dapat disimpulkan bahwa pembelajaran merupakan suatu proses dalam mewujudkan tujuan pembelajaran yang tidak lepas dari usaha guru untuk mampu memberi dorongan kepada siswa dalam melakukan kegiatan pembelajaran dengan baik.

Kegiatan belajar dalam pendidikan formal tidak terlepas dari proses pembelajaran. Pembelajaran merupakan upaya yang dilakukan oleh faktor

eksternal agar terjadi proses belajar pada diri individu yang belajar (Rukmana, 2019). Oleh karena itu, perlu diupayakan suatu cara atau metode membantu terjadinya proses belajar agar belajar menjadi efektif, efisien dan terarah pada tujuan yang ditetapkan. Peristiwa pembelajaran terjadi apabila subjek peserta didik secara aktif berinteraksi dengan sumber belajar yang diatur oleh guru (Karwono & Mularasih, 2017).

## **2. *E-Module***

### **a. Pengertian *E-Module***

*E-Module* atau elektronik modul adalah modul dalam bentuk digital, yang terdiri dari teks, gambar, atau kedua-duanya yang berisi materi elektronika digital disertai dengan simulasi yang dapat dan layak digunakan dalam pembelajaran (Herawati, 2018). *E-Module* juga merupakan media inovatif yang dapat meningkatkan minat siswa dalam belajar (Suryadie, 2014). Selain itu, *e-module* juga adalah sebuah bahan ajar mandiri tersusun secara sistematis dan ditampilkan dalam format elektronik (Tia, 2020).

Berdasarkan beberapa pengertian diatas dapat diketahui bahwa *e-module* merupakan media inovatif dalam bentuk digital yang berupaya untuk meningkatkan hasil belajar dan memudahkan dalam proses pembelajaran.

### **b. Kelebihan dan Kekurangan *E-Module***

Elektronik modul memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan. Diantara kelebihanannya yaitu : 1) *e-module* dapat diakses baik melalui

laptop maupun smartphone secara online, 2) *e-module* dapat diakses kapanpun dan dimanapun, 3) *e-module* dapat meningkatkan fleksibilitas dan efektivitas pembelajaran (Simamora *et al*, 2018), 4) Memungkinkan pengguna *e-module* dapat belajar secara mandiri, 5) Mampu membuat kegiatan pembelajaran tidak membosankan dan lebih menarik (Putra, 2017), 6) sifatnya interaktif, sehingga memudahkan dalam navigasi dapat memuat gambar, audio, video dan animasi (Arsal, 2019).

Disamping kelebihan *e-module* terdapat pula beberapa kekurangannya yaitu, 1) Dalam pengoperasian aplikasi pembuatan *e-module* tidak semua orang bisa melakukannya, 2) dibutuhkan ketekunan seorang guru yaitu sebagai fasilitator dalam memantau proses belajar siswa, 3) Memerlukan perangkat, seperti komputer, laptop dan *smartphone* yang terhubung dengan internet dan belum semua sekolah memiliki fasilitas tersebut (Tia, 2020).

### c. Karakteristik E-Modul

*E-Module* dapat dikatakan baik dan menarik jika terdapat karakteristik yang ada dalam *e-module*. Kriteria pengembangan *e-module* menurut Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan Nasional (Erinawati, 2016) adalah sebagai berikut:

- 1) Tinjauan mata pelajaran yang mendeskripsikan keutuhan isi mata pelajaran yang terdiri atas SK dan KD, peta kompetensi, silabus, penjelasan materi, manfaat mata pelajaran, dan cara mempelajari.

- 2) Pedoman mempelajari yang memuat kelengkapan pedoman: indeks, daftar istilah, daftar isi, daftar tabel, dan daftar gambar.
- 3) Kandungan konsep yang benar dan sesuai dengan silabus.
- 4) Materi harus disajikan secara sistematis dengan contoh variatif dan relevan dengan tugas guru.
- 5) Bantuan belajar yang memuat tanda-tanda, petunjuk, penegasan, simbol, rumus secara proporsional dan konsisten.
- 6) Tampilan terutama bentuk dan ukuran font tepat, ukuran ilustrasi proporsional dan konsisten, serta tata letak baik.
- 7) Bahasa yang digunakan harus komunikatif dan tidak menimbulkan penafsiran ganda, penggunaan kalimat yang sederhana sangat disarankan.
- 8) Ilustrasi yang mendukung penjelasan konsep, jumlahnya proporsional, letaknya tepat, dan dilengkapi keterangan (caption).
- 9) Latihan/tes formatif, dan umpan balik di setiap akhir bahasan yang dapat mengukur semua kompetensi, disusun dari yang mudah ke yang sukar, dilengkapi dengan petunjuk mengerjakan yang jelas, dan kunci jawaban yang dapat memberikan umpan balik.
- 10) Rujukan relevan, mutakhir, dan penulisan yang konsisten

Kemudian karakteristik *e-module* lainnya yaitu sebagai berikut :

- 1) *Self instructional* (siswa mampu membelajarkan diri sendiri, tidak tergantung pada pihak lain). Maksudnya adalah siswa dianggap dapat

mandiri dalam mempelajari pelajaran dengan memperoleh bantuan yang minimal dari pihak guru.

- 2) *Self contained* (seluruh materi pembelajaran dari satu unit kompetensi yang dipelajari terdapat di dalam satu *e-module* utuh). Maksudnya adalah isi di dalam modul memuat seluruh materi (ada materi, LKS, Evaluasi) dari satu kompetensi yang harus dipelajari siswa.
- 3) *Stand alone* (*e-module* yang dikembangkan tidak tergantung pada media lain atau tidak harus digunakan bersama-sama dengan media lain). Maksudnya adalah dalam penggunaan *e-module* dapat digunakan sendiri sebagai media lengkap tanpa menggunakan media lainnya sebagai pelengkap.
- 4) *Adaptive* (*e-module* hendaknya memiliki daya adaptif yang tinggi terhadap perkembangan ilmu dan teknologi). Maksudnya adalah *e-module* disesuaikan dengan karakteristik siswa.
- 5) *User friendly* (*e-module* hendaknya memenuhi kaidah akrab/bersahabat dengan pemakainya).
- 6) Konsistensi (konsisten dalam penggunaan *font*, spasi, dan tata letak). Maksudnya adalah dalam penulisan huruf, penggunaan spasi, dan pengaturan tata letak antara satu dengan yang lain harus sama dan seimbang (Anwar dalam Fausih, 2015).

### 3. POE (Predict, Observe, Explain)

POE pertama kali dikembangkan oleh White dan Gusstone pada tahun 1992. POE merupakan model pembelajaran yang banyak dikembangkan dalam pendidikan sains, termasuk fisika. Model ini akan berhasil dengan baik jika para siswa diberi kesempatan untuk mengamati demonstrasi baik yang dilakukan oleh guru atau oleh temannya sendiri yang ditunjuk oleh guru (Rukmana, 2019). Model POE merupakan model pembelajaran yang dimulai dengan penyajian masalah, kemudian dilanjutkan dengan melakukan observasi atau pengamatan terhadap masalah tersebut untuk dapat menemukan kebenaran atau fakta dari dugaan awal dalam bentuk penjelasan (Budiarni, 2018).

Guru menggali pemahaman siswa melalui POE dengan cara meminta siswa untuk melaksanakan tiga tugas utama, yaitu prediksi, observasi, dan memberikan penjelasan (Haryono dalam Nasihah, 2019). Pembelajaran POE (*Predict, Observe, Explain*) dilandasi dari teori pembelajaran konstruktivisme. Teori belajar konstruktivisme utamanya adalah menekankan pengetahuan baru yang dibangun diatas pengetahuan yang telah dimiliki oleh siswa. Teori konstruktivisme dipandang erat kaitannya dengan POE (*Predict, Observe, Explain*), hal ini dikarenakan siswa akan secara aktif mengkonstruksi pemahamannya sendiri maupun secara sosial, bukan sebagai proses dimana gagasan guru dipindahkan kepada siswa (Suparno dalam Muna, 2017).

Mutlu dan Şeşen (2018) menjelaskan bahwa pembelajaran dengan model POE menggunakan 3 langkah utama, yaitu sebagai berikut:

1) Memprediksi (*Predict*)

Pada kegiatan memprediksi siswa diberikan masalah untuk dimintai keterangan prediksinya, selanjutnya peserta didik diminta untuk membuktikan hasil prediksinya dan menjelaskan hasilnya masing-masing.

2) Amati (*Observe*)

Pada kegiatan mengamati siswa diminta untuk melakukan eksperimen dari hasil prediksinya baik antar individu maupun antar kelompok.

3) Jelaskan (*Explain*)

Pada kegiatan menjelaskan siswa diminta untuk melakukan diskusi baik antar individu maupun antar kelompok, lalu selanjutnya menjelaskan hasil diskusi tersebut dengan menggunakan pemahamannya masing-masing.

Liew menjelaskan bahwa sintaks model pembelajaran POE (*Predict, Observe, Explain*) dapat dijelaskan pada tabel berikut ini :

**Tabel 2.1 Sintaks Model Pembelajaran POE**

<b>Langkah Pembelajaran</b>	<b>Aktivitas Guru</b>	<b>Aktivitas Siswa</b>
Tahap 1 Memprediksi ( <i>Predict</i> )	Memberikan apersepsi terkait materi yang akan dibahas.	Memberikan hipotesis berdasarkan permasalahan yang diambil dari pengalaman siswa, atau buku panduan yang memuat suatu fenomena terkait materi yang akan dibahas.

Langkah Pembelajaran	Aktivitas Guru	Aktivitas Siswa
Tahap 2 Mengamati ( <i>Observe</i> )	Sebagai fasilitator dan mediator apabila siswa mengalami kesulitan dalam melakukan pembuktian.	Mengobservasi dengan melakukan eksperimen atau demonstrasi berdasarkan permasalahan yang dikaji dan mencatat hasil pengamatan untuk direfleksikan satu sama lain.
Tahap 3 Menjelaskan ( <i>Explain</i> )	Memfasilitasi jalannya diskusi apabila siswa mengalami kesulitan.	Mendiskusikan fenomena yang telah diamati secara konseptual-matematis, serta membandingkan hasil observasi dengan hipotesis sebelumnya bersama kelompok masing-masing. Mempresentasikan hasil observasi di kelas, serta kelompok lain memberikan tanggapan, sehingga diperoleh kesimpulan dari permasalahan yang sedang dibahas.

(Indriana *et al*, 2015)

**a. Kelebihan Model POE (*Predict, Observe, Explain*)**

- 1) Dapat membuat siswa berpikir kreatif khususnya saat mengemukakan prediksi.
- 2) Eksperimen dilakukan untuk menguji prediksinya.
- 3) Pembelajaran menjadi lebih menarik, dan melalui eksperimen siswa dapat mengamati kejadian yang terjadi.
- 4) Siswa dapat memahami perbandingannya langsung antara teori dengan fakta melalui eksperimen secara langsung sehingga hasil yang diperoleh dalam proses pembelajaran sangat jelas dan nyata (Rahmawati, 2019).

### **b. Kekurangan Model Pembelajaran POE**

- 1) Membutuhkan persiapan yang lebih matang.
- 2) Membutuhkan bahan dan tempat yang memadai.
- 3) Guru harus bekerja secara professional, karena pada kegiatan eksperimen seorang guru memerlukan pemahaman serta keahlian khusus.
- 4) Guru harus memiliki kemauan dan motivasi agar berhasilnya proses pembelajaran siswa (Rahmawati, 2019).

## **4. Teori Kinetik Gas**

### **a. Teori Kinetik Gas**

Teori kinetik gas memberikan jembatan antara tinjauan gas secara mikroskopik dan makroskopik. Hukum-hukum gas seperti hukum Boyle, Charles, dan Gay Lussac, menunjukkan hubungan antara besaran - besaran mikroskopik dari berbagai macam proses serta perumusannya. Kata kinetik berasal dari adanya anggapan bahwa molekul-molekul gas selalu bergerak. Dalam teori kinetik gas, kita akan membahas tentang perilaku partikel-partikel gas dalam ruang yang terbatas. Partikel-partikel gas ini kita anggap sebagai sebuah bola yang selalu bergerak (Sarwono *et al*, 2009).

Tiap-tiap partikel bergerak dengan arah sembarang dan dimungkinkan terjadi tumbukan antarmasing-masing partikel atau antara partikel dengan dinding ruang. Tumbukan yang terjadi tersebut berupa tumbukan lenting sempurna. Dengan sifat tumbukan yang demikian, maka tidak ada proses kehilangan energi yang dimiliki partikel gas pada saat terjadi tumbukan. Gas

yang tersusun atas partikel-partikel dengan perilaku seperti anggapan di atas pada kenyataannya tidak ada. Dalam bahasan teoritik, diperlukan objek gas yang sesuai dengan anggapan tersebut. Objek gas ini disebut sebagai gas ideal. Sifat-sifat gas ideal, antara lain, sebagai berikut.

- a. Gas terdiri atas partikel-partikel padat kecil yang bergerak dengan kecepatan tetap dan dengan arah sembarang.
- b. Masing-masing partikel bergerak dalam garis lurus, gerakan partikel hanya dipengaruhi oleh tumbukan antara masing-masing partikel atau antara partikel dan dinding. Gaya tarik-menarik antar partikel sangat kecil sekali dan dianggap tidak ada (diabaikan).
- c. Tumbukan antara masing-masing partikel atau antara partikel dengan dinding adalah tumbukan lenting sempurna.
- d. Waktu terjadinya tumbukan antar partikel atau antara partikel dengan dinding sangat singkat dan bisa diabaikan.
- e. Ukuran volume partikel sangat kecil dibandingkan ukuran volume ruang tempat partikel tersebut bergerak.
- f. Berlaku hukum Newton tentang gerak (Sarwono *et al*, 2009).

## b. Hukum-hukum Tentang Gas

### 1) Hukum Boyle



**Gambar 2.1 Grafik hubungan P-V pada suhu konstan (isotermal)**  
(sumber: oneteknisia.eu.org)

Gambar 2.1 menunjukkan bahwa pada saat volumenya bertambah, tekanan gas akan berkurang. Proses pada suhu konstan disebut proses isotermis (Young & Freedman, 2001). Volume gas dalam suatu ruang tertutup sangat bergantung pada tekanan dan suhunya. Apabila suhu dijaga konstan, maka tekanan yang diberikan akan memperkecil volumenya. Hubungan tersebut dikenal dengan hukum Boyle. Hukum Boyle berbunyi : “Apabila suhu gas yang berada dalam ruang tertutup dijaga konstan, maka tekanan gas berbanding terbalik dengan volumenya”.

Secara sistematis, hukum Boyle ini dapat dituliskan :

$$P_1V_1 = P_2V_2 \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

$P_1$  = tekanan gas pada keadaan 1 (N/m<sup>2</sup>)

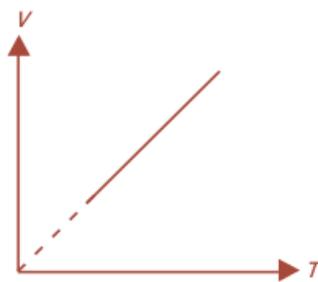
$V_1$  = volume gas pada keadaan 1 (m<sup>3</sup>)

$P_2$  = tekanan gas pada keadaan 2 (N/m<sup>2</sup>)

$V_2$  = volume gas pada keadaan 2 (m<sup>3</sup>)

Pada persamaan 2.1 menyatakan bahwa pada suhu konstan, jika tekanan atau volume gas berubah, maka variabel yang lain juga berubah sehingga hasil kali P.V selalu tetap.

## 2) Hukum Charles



**Gambar 2.2 Grafik hubungan V-T pada tekanan konstan (isobarik)**  
(sumber: oneteknisia.eu.org)

Gambar 2.2. menunjukkan Hubungan antara volume gas dan suhu pada tekanan konstan. Proses yang terjadi pada tekanan tetap disebut proses isobarik. Selain ditentukan oleh tekanan, volume gas dalam ruang tertutup juga dipengaruhi oleh suhu. Jika suhu gas dinaikkan, maka gerak partikel-partikel gas akan semakin cepat sehingga volumenya bertambah. Apabila tekanan tidak terlalu tinggi dan dijaga konstan, volume gas akan bertambah terhadap kenaikan suhu. Hukum Charles berbunyi : “Apabila tekanan gas yang berada dalam ruang tertutup dijaga konstan, maka volume gas berbanding lurus dengan suhu mutlaknya”. (Young & Freedman, 2001).

Secara matematis, pernyataan tersebut dapat dituliskan:

$$\frac{V}{T} = \text{Konstan} \text{ atau } \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

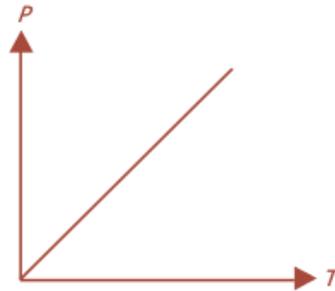
$V_1$  = volume gas pada keadaan 1 ( $m^3$ )

$T_1$  = suhu mutlak gas pada keadaan 1 (K)

$V_2$  = volume gas pada keadaan 2 ( $m^3$ )

$T_2$  = suhu mutlak gas pada keadaan 2 (K)

### 3) Hukum Gay Lussac



**Gambar 2.3 Grafik hubungan P-T pada tekanan konstan (isokhorik)**  
(sumber: oneteknisia.eu.org)

Gambar 2.3. menunjukkan hubungan antara tekanan dan suhu gas pada volume konstan. Proses yang terjadi pada volume konstan disebut proses isokhorik. Apabila botol dalam keadaan tertutup dimasukkan ke api, maka botol tersebut akan meledak. Hal ini terjadi karena naiknya tekanan gas di dalamnya akibat kenaikan suhu. Hukum Gay Lussac berbunyi : “Apabila volume gas yang berada pada ruang tertutup dijaga konstan, maka tekanan gas berbanding lurus dengan suhu mutlaknya”.

Hukum Gay Lussac secara matematis dapat dituliskan:

$$\frac{P}{T} = \text{Konstan} \text{ atau } \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

$P_1$  = tekanan gas pada keadaan 1 (N/m<sup>2</sup>)

$T_1$  = suhu mutlak gas pada keadaan 1 (K)

$P_2$  = tekanan gas pada keadaan 2 (N/m<sup>2</sup>)

$T_2$  = suhu mutlak gas pada keadaan 2 (K)

#### 4) Hukum Boyle - Gay Lussac

Hukum Boyle-Gay Lussac merupakan gabungan. Hukum Boyle Gay-Lussac berbunyi : “Jika volume gas diperkecil, maka tekanan gas tersebut membesar asalkan suhunya tetap, atau jika volume gas diperbesar maka tekanan mengecil” (Young & Freedman, 2001).

Persamaan gas ini berlaku untuk gas ideal dengan tekanan absolut (yaitu dalam atm) dan dinyatakan dalam suhu absolut (yaitu dalam kelvin).

$$\frac{PV}{T} = \text{Konstan} \text{ atau } \frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \dots\dots\dots (2.4)$$

#### c. Persamaan Umum Gas Ideal

Hukum-hukum tentang gas dari Boyle, Charles, Gay Lussac, dan Boyle-Gay Lussac diperoleh dengan menjaga satu atau lebih variabel dalam keadaan konstan untuk mengetahui akibat dari perubahan satu variabel.

Berdasarkan hukum Boyle–Gay Lussac diperoleh:

$$\frac{PV}{T} = \text{Konstan} \text{ atau } \frac{PV}{T} = K \dots\dots\dots (2.5)$$

Apabila jumlah partikel berubah, maka volume gas juga akan berubah.

Hal ini berarti bahwa harga  $\frac{PV}{T}$  adalah tetap, bergantung pada banyaknya

partikel (N) yang terkandung dalam gas. Jumlah molekul dalam satu mol

dikenal sebagai bilangan Avogadro,  $N_A$ . Walaupun Avogadro menyusun gagasan tersebut, ia tidak dapat benar-benar menentukan nilai  $N_A$ . Dan memang, pengukuran yang tepat tidak dilakukan sampai abad kedua puluh. Sejumlah metode telah dirancang untuk mengukur  $N_A$  dan nilai yang diterima adalah  $N_A = 6,02 \times 10^{23}$ , karena jumlah total molekul  $N$  dalam gas sama dengan jumlah per mol dikalikan jumlah mol ( $N = Nn_A$ ) maka hukum gas ideal dapat ditulis dengan jumlah molekul yang ada :

$$PV = nRT = \frac{N}{N_A} RT, \dots\dots\dots (2.6)$$

atau

$$PV = NkT \dots\dots\dots (2.7)$$

Konstanta  $k$ ,  $R/N_A$  disebut konstanta Boltzmann (Giancoli, 2001) dan mempunyai nilai.

$$k = \frac{R}{N_A} = \frac{8,315 \text{ J/mol.k}}{6,02 \times 10^{23} / \text{mol}} = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$$

$N_A k = R$ , yang merupakan konstanta gas umum yang besarnya sama untuk semua gas, maka persamaannya menjadi :

$$PV = nRT \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana  $n$  menyatakan jumlah mol dan  $R$  adalah konstanta pembanding.  $R$  disebut konstanta gas universal karena nilainya secara eksperimen ternyata sama untuk semua gas.

Persamaan (2.8) disebut sebagai persamaan keadaan gas ideal. Persamaan (2.8) cukup berguna untuk menggambarkan sifat-sifat gas nyata.

Persamaan keadaan gas ideal dapat dinyatakan dalam besaran massa jenis gas (kerapatan gas)  $\rho$ . Massa 1 mol dinamakan massa molar  $M$ . Massa molar  $^{12}\text{C}$  adalah 12 g/mol atau  $12 \times 10^{-3}$  kg/mol (Tipler, 1998). Massa  $n$  mol gas diberikan oleh :

$$m = nM \dots\dots\dots (2.9)$$

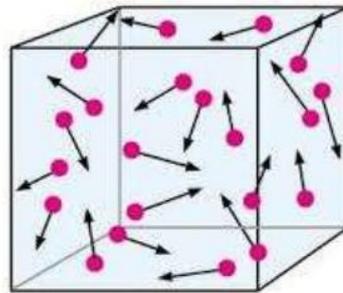
Massa jenis gas (kerapatan gas) ideal  $\rho$  adalah

$$\rho = \frac{m}{v} = \frac{nM}{v} \dots\dots\dots (2.10)$$

Persamaan (2.8) dapat ditulis dengan menggunakan  $n/V = P/RT$ , maka dapat dinyatakan bahwa massa jenis gas ideal adalah

$$\rho = \frac{M}{RT} P \dots\dots\dots (2.11)$$

#### d. Model Molekuler Gas Ideal



**Gambar 2.4 Model gas menurut teori kinetik gas**  
(sumber: ilmuhitung.com)

Gambar 2.4 menunjukkan besaran tekanan dan suhu dapat dipahami dengan meninjau gerak dari atom-atom atau molekul-molekul dalam suatu wadah/kubus tertutup (bersifat mikroskopik) suatu gas. Model mikroskopik dari gas menunjukkan bahwa tekanan yang

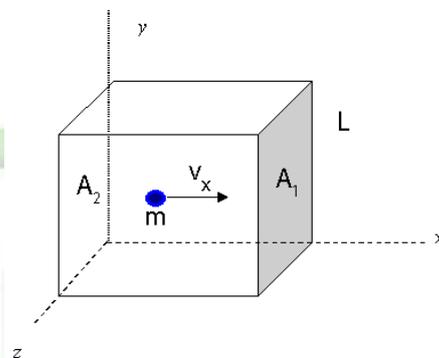
dinyatakan oleh gas pada dinding wadah merupakan akibat dari tumbukan molekul gas dengan dinding. Pengembangan model tersebut dapat membuat asumsi-asumsi berikut.

- 1) Suatu gas terdiri dari partikel-partikel yang dinamakan molekul-molekul. Setiap molekul akan terdiri dari sebuah atom atau sekelompok atom. Jika gas tersebut adalah sebuah elemen atau suatu persenyawaan dan berada didalam suatu keadaan stabil, maka akan meninjau semua molekulnya sebagai molekul-molekul yang identik (Tipler, 1998).
- 2) 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. Molekulnya dibayangkan menyerupai titik yang sesuai dengan model gas ideal.
- 3) Molekul-molekul mengikuti hukum Newton tentang gerak, namun dalam skala besar. Molekul-molekul bergerak secara acak, artinya bahwa molekul manapun dapat bergerak kearah manapun dengan kelajuan berapapun. Beberapa persen molekul bergerak dengan kelajuan tinggi dan beberapa persen lainnya dengan kelajuan rendah pada waktu kapanpun.
- 4) Molekul-molekul hanya memberikan gaya-gaya jika berjarak pendek selama tumbukan lenting. Molekul-molekul tidak saling memberikan

gaya-gaya jika berjarak jauh satu sama lain sesuai dengan model gas ideal.

- 5) Molekul bertumbukan lenting dengan dinding.
- 6) Gas yang dipertimbangkan adalah zat murni, yaitu zat yang semua molekulnya identik (Serway & Jewett, 2010).

#### e. Formulasi Tekanan Gas dalam Wadah Tertutup



**Gambar 2.5 Kubus tertutup berisi gas ideal**  
(sumber: fisikasma.xyz)

Gambar 2.5 menunjukkan bahwa suatu gas ideal digambarkan sebagai gas yang mengandung satu jenis atom saja dan diasumsikan bahwa sifat suatu molekul gas akan mendekati sifat gas ideal pada tekanan yang rendah dan berada didalam sebuah wadah kotak tertutup dengan panjang sisi  $L$ . salah satu molekul yang bermassa  $m$  dianggap bergerak menjauh hingga komponen kecepataannya pada arah  $x$  adalah  $v_{xi}$ . Ketika molekul mengalami tumbukan lenting dengan dinding, komponen kecepatan yang tegak lurus terhadap dinding dibalik karena massa dinding jauh lebih besar daripada massa molekul. Molekul  $mv_{xi}$  sebelum terjadi tumbukan dan  $-mv_{xi}$  setelah

terjadi tumbukan menghasilkan komponen molekul  $p_{xi}$ , sehingga perubahan komponen  $x$  momentum molekul adalah :

$$\Delta p_{xi} = -mv_{xi} - (mv_{xi}) = -2mv_{xi} \dots\dots\dots (2.12)$$

Oleh karena molekul tersebut menaati hukum Newton dapat diaplikasikan teorema impuls-momentum pada molekul tersebut, sehingga diperoleh :

$$\overline{F}_t, \text{ pada molekul } \Delta t_{tumbukan} = \Delta p_{xi} = -2mv_{xi} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana  $\overline{F}_t, \text{ pada molekul}$  adalah gaya rata-rata yang dilakukan oleh dinding pada molekul selama tumbukan dan  $\Delta t_{tumbukan}$  adalah durasi tumbukan. Molekul bertumbukan dengan dinding yang sama setelah tumbukan pertama, molekul tersebut haruslah menempuh jarak sepanjang  $2L$  pada arah  $x$  (melintasi wadahnya kemudian kembali lagi). Sehingga selang waktu antara dua tumbukan dengan dinding yang sama adalah :

$$\Delta t = \frac{2L}{v_{xi}} \dots\dots\dots (2.14)$$

Gaya yang menyebabkan perubahan dalam momentum molekul ketika bertumbukan dengan dinding terjadi hanya selama tumbukan. Gaya sepanjang selang waktu yang dibutuhkan oleh molekul untuk bergerak melintasi kubus dan kembali dapat dirata-ratakan. Tumbukan terjadi dalam selang waktu tertentu, sehingga perubahan momentum untuk selang waktu ini sama dengan durasi pendek tumbukannya (Serway & Jewett, 2010). Teorema impuls-momentum dapat dituliskan sebagai :

$$\overline{F}_t \Delta t = -2mv_{xi} \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana  $\bar{F}_t$  adalah komponen gaya rata-rata terhadap waktu yang dibutuhkan oleh molekul untuk bergerak melintasi kubus dan kembali.

Persamaan (2.14) dan persamaan (2.15) memungkinkan untuk menuliskan persamaan untuk komponen  $x$  dari gaya rata-rata jangka panjang yang dikerjakan oleh dinding pada molekul sebagai :

$$\bar{F}_t = \frac{-2mv_{xi}}{\Delta t} = \frac{-2mv_{xi}^2}{\frac{2L}{v_{xi}}} = \frac{-2mv_{xi}^2}{2L} = \frac{-mv_{xi}^2}{L} \dots\dots\dots (2.16)$$

Komponen  $x$  rata-rata yang dilakukan oleh molekul pada dinding memiliki besar yang sama tetapi arahnya berlawanan sesuai dengan hukum Newton III:

$$\bar{F}_t, \text{ pada dinding} = -\bar{F}_t = \left[ \frac{-mv_{xi}^2}{L} \right] = \frac{mv_{xi}^2}{L} \dots\dots\dots (2.17)$$

Gaya rata-rata total  $\bar{F}$  yang dilakukan oleh gas pada dinding dapat dicari dengan cara menambahkan gaya rata-rata yang dikeluarkan masing-masing molekul, sehingga dapat dituliskan :

$$\bar{F} = \sum_{i=1}^N \frac{mv_{xi}^2}{L} = \frac{m}{L} \sum_{i=1}^N v_{xi}^2 \dots\dots\dots (2.18)$$

Panjang kotak dan massa  $m$  telah ditiadakan karena asumsi 5 memberitahu bahwa sesama molekul adalah identic. Asumsi 1 mengaplikasikan bahwa jumlah molekul sangatlah besar. Gaya tidak akan bernilai nol selama selang waktu yang pendek jika tumbukan sebuah molekul dengan dinding terjadi dan bernilai nol jika tidak ada molekul yang menabrak dinding. Jumlah molekul yang besar, misalnya sejumlah bilangan Avogadro, variasi gaya ini dirata-rata sehingga gaya rata-ratanya adalah sama untuk

selang waktu kapanpun (Serway & Jewett, 2010). Jadi gaya konstan  $F$  pada dinding akibat tumbukan molekul adalah :

$$F = \frac{m}{L} \sum_{i=1}^N v_{xi}^2 \dots\dots\dots (2.19)$$

Nilai rata-rata  $\overline{v_x^2}$  adalah jumlah seluruh nilai  $v_{xi}^2$  dibagi dengan banyaknya  $N$ , sehingga dapat dituliskan :

$$\overline{v_x^2} = \frac{\sum_{i=1}^N v_{xi}^2}{N} \dots\dots\dots (2.20)$$

Gaya total pada dinding dengan menggabungkan kedua persamaan tersebut dapat dituliskan :

$$F = \frac{m}{L} N \overline{v_x^2} \dots\dots\dots (2.21)$$

Teorema Pythagoras menghubungkan kuadrat kelajuan molekul dengan kuadrat komponen kecepatan :

$$v_i^2 = v_{xi}^2 + v_{yi}^2 + v_{zi}^2 \dots\dots\dots (2.22)$$

Nilai rata-rata dari  $v^2$  untuk semua molekul dalam wadah dihubungkan dengan nilai rata-rata  $v_x^2$ ,  $v_y^2$ ,  $v_z^2$  melalui persamaan :

$$\overline{v^2} = \overline{v_x^2} + \overline{v_y^2} + \overline{v_z^2} \dots\dots\dots (2.23)$$

Asumsi 2 menyatakan bahwa gerak molekul sepenuhnya acak, maka nilai rata-rata  $\overline{v_x^2}$ ,  $\overline{v_y^2}$ , dan  $\overline{v_z^2}$  adalah sama satu dengan lainnya, sehingga diperoleh :

$$\overline{v^2} = 3\overline{v_x^2} \dots\dots\dots (2.24)$$

Gaya total yang bekerja pada dinding (persamaan 2.21) adalah :

$$F = \frac{N}{3} \left[ \frac{\overline{mv_x^2}}{L} \right] \dots\dots\dots (2.25)$$

Tekanan total pada dinding dengan menggunakan persamaan (2.25) adalah :

$$P = \frac{F}{A} = \frac{F}{L^2} = \frac{1}{3} \left[ \frac{N}{L^3} \overline{mv^2} \right] = \frac{1}{3} \left[ \frac{N}{V} \right] \overline{mv^2}$$

$$P = \frac{2}{3} \left[ \frac{N}{V} \right] \frac{1}{2} \overline{mv^2} \dots\dots\dots (2.26)$$

Hasil persamaan (2.26) menunjukkan bahwa tekanan suatu gas sebanding dengan jumlah molekul per satuan volumenya dan sebanding dengan energy

kinetik translasi rata-rata dari molekulnya, yaitu  $\frac{1}{2} \overline{mv^2}$

Persamaan (2.26) membuktikan beberapa ciri tekanan yang mungkin telah diketahui sebelumnya. Tekanan dalam wadah dapat ditingkatkan, salah satu caranya dengan meningkatkan jumlah molekul per satuan volume,  $N/V$  dalam wadah. Ketika udara ditambahkan ke dalam ban, maka tekanan didalam ban juga dapat meningkat dengan menambahkan energi kinetik translasi rata-rata molekul udara dalam ban. Tekanan didalam ban dapat bertambah saat ban memanas dalam suatu perjalanan yang panjang. Pemelaran kontinu dari ban saat bergerak sepanjang permukaan jalan berakibat pada usaha yang dilakukan seiring dengan bagian-bagian dari ban berubah bentuk menyebabkan meningkatnya energi dalam dari ban karet.

Suhu karet ban yang meningkat menyebabkan terjadinya perpindahan energi berupa panas kedalam udara didalam ban. Perpindahan ini meningkatkan suhu udara dan peningkatan suhu ini menghasilkan

peningkatan tekanan. Selain tekanan, suhu juga dapat dihitung secara matematis dengan menggunakan persamaan-persamaan yang sudah diketahui sebelumnya (Serway & Jewett, 2010). Persamaan (2.26) dapat dituliskan dalam bentuk :

$$P = \frac{2}{3} \left[ \frac{N}{V} \right] \frac{1}{2} \overline{mv^2}$$

$$PV = \frac{2}{3} N \left[ \frac{1}{2} \overline{mv^2} \right] \dots\dots\dots (2.27)$$

Persamaan (2.27) dibandingkan dengan persamaan keadaan untuk gas ideal :

$$PV = NkT$$

Persamaan keadaan gas ideal dibuat berdasarkan fakta-fakta ekperimental mengenai sifat makroskopis gas. Sisi kanan dari kedua persamaan ini disetarakan sehingga didapatkan :

$$T = \frac{2}{3k_B} \left( \frac{1}{2} \overline{mv^2} \right) \dots\dots\dots (2.28)$$

Hasil persamaan (2.28) memberitahukan bahwa suhu merupakan pengukuran langsung dari energi kinetik molekul rata-rata. Energi kinetik translasi molekul dapat dihubungkan dengan suhu dengan menuliskan kembali persamaan (2.28) menjadi :

$$\frac{1}{2} \overline{mv^2} = \frac{3}{2} k_B T \dots\dots\dots (2.29)$$

Akar kuadrat dari  $\overline{v^2}$  disebut kelajuan akar kuadrat rata-rata atau *root-mean-square* (rms) dari molekul. Kelajuan rms dapat diketahui dari persamaan (2.29) adalah :

$$v_{rms} = \sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{3k_B T}{m}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \dots\dots\dots (2.30)$$

Dimana  $M$  adalah massa molar dalam kilogram per mol sama dengan  $Mn_A$ .  
 Persamaan (2.30) ini menunjukkan bahwa pada suhu tertentu molekul yang lebih ringan bergerak lebih cepat secara rata-rata daripada molekul yang lebih berat (Serway & Jewett, 2010).

#### f. Ekipartisi Energi

Energi kinetik translasi rata-rata per molekul gas ideal adalah  $\frac{3}{2} k_B T$ .  
 sebelumnya diketahui bahwa  $\overline{v_x^2} = \frac{1}{3} \overline{v^2}$ , sehingga energi kinetik translasi rata-rata gas ideal menjadi :

$$\frac{1}{2} m \overline{v_x^2} = \frac{1}{2} k_B T \dots\dots\dots (2.31)$$

Gerak dalam arah y dan z dapat dituliskan :

$$\frac{1}{2} m \overline{v_y^2} = \frac{1}{2} k_B T \text{ dan } \frac{1}{2} m \overline{v_z^2} = \frac{1}{2} k_B T \dots\dots\dots (2.32)$$

Setiap derajat kebebasan translasi menyumbang sejumlah energi yang sama yaitu  $\frac{1}{2} k_B T$ , kepada gas ideal. Pernyataan umum dari hasil ini dikenal sebagai teorema ekipartisi energi yang menyatakan bahwa :

Setiap derajat kebebasan menyumbangkan  $\frac{1}{2}k_B T$  kepada energi sistem dimana derajat kebebasan yang mungkin, selain yang berhubungan dengan translasi muncul dari rotasi dan gerakan molekul.

Energi kinetik translasi total dari  $N$  molekul gas adalah  $N$  dikalikan energi rata-rata per molekul yang dinyatakan oleh persamaan (3.33) :

$$K_{transtotal} = N \left( \frac{1}{2} \overline{mv^2} \right) = \frac{3}{2} N k_B T = \frac{3}{2} n R T \dots\dots\dots (2.33)$$

Dimana telah menggunakan  $k_B = R / N_A$  untuk konstanta Boltzmann dan  $n = N / N_A$  untuk jumlah mol gas.

Ketika energi ditambahkan pada suatu gas monoatomik dalam wadah bervolume tetap, semua energi yang ditambahkan tersebut digunakan untuk meningkatkan energi kinetik translasi dari atom. Energi dalam  $E_{dalam}$  dari  $N$  molekul (atau  $n$  mol) dari gas monoatomik ideal dari persamaan (2.33) adalah :

$$E_{dalam} = K_{transtotal} = N \left( \frac{1}{2} \overline{mv^2} \right) = \frac{3}{2} N k_B T = \frac{3}{2} n R T \dots\dots\dots (2.34)$$

$E_{dalam}$  untuk gas monoatomik ideal merupakan fungsi dari  $T$  saja, dan hubungan fungsional tersebut dinyatakan oleh persamaan (3.34). Energi dalam dari suatu gas ideal secara umum merupakan fungsi dari  $T$  saja dan hubungan tepatnya bergantung hanya pada jenis gasnya (Serway & Jewett, 2010).

Energi dalam bentuk kalor yang dipindahkan ke suatu sistem yang bervolume konstan, maka tidak ada usaha yang dilakukan pada sistem tersebut. Jadi, dari hukum pertama termodinamika, dapat dituliskan:

$$Q = \Delta E_{\text{dalam}} \dots\dots\dots (2.35)$$

Semua energi yang dipindahkan dalam bentuk kalor digunakan untuk meningkatkan energi dalam dari sistem. Persamaan untuk  $Q(Q = nC_vT)$  disubstitusikan kedalam persamaan (2.35), maka diperoleh:

$$\Delta E_{\text{dalam}} = nC_vT \dots\dots\dots (2.36)$$

Energi dalam dari gas ideal jika kalor jenis molarnya konstan adalah  $\Delta E_{\text{dalam}} = nC_vT$ . Persamaan ini berlaku untuk semua gas ideal (gas-gas yang memiliki lebih dari satu atom per molekul dan juga ideal monoatomik). Persamaan (2.36) untuk menyatakan kalor jenis molar pada volume konstan sebagai :

$$C_v = \frac{1}{n} \frac{dE_{\text{dalam}}}{dT} \dots\dots\dots (2.37)$$

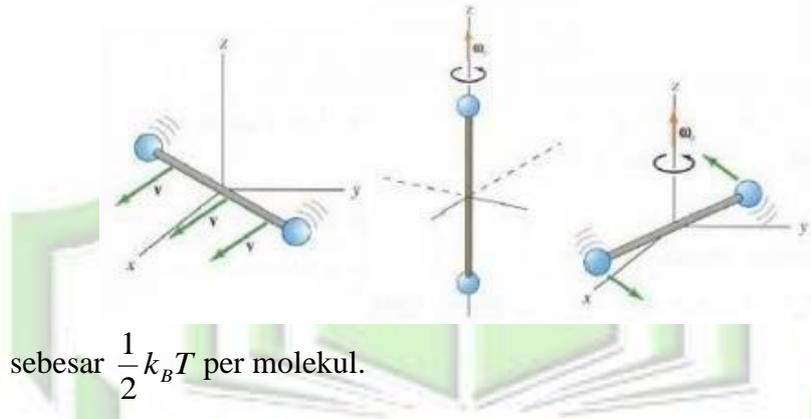
Energi dalam dari persamaan (2.34) disubstitusikan kedalam persamaan (2.37) dapat dituliskan :

$$C_v = \frac{3}{2} R \dots\dots\dots (2.38)$$

Nilai  $C_v = \frac{3}{2} R = 12,5 \frac{J}{mol K}$  untuk semua gas monoatomik. Perkiraan ini sangat sesuai dengan nilai kalor jenis molar yang diukur untuk gas-gas seperti helium, neon, argon, dan xenon pada jangkauan suhu yang luas (Serwey & Jewett, 2010).

### g. Energi Dalam

Sejauh ini telah diasumsikan bahwa satu-satunya kontribusi yang diberikan oleh energi dalam dari suatu gas adalah energi kinetik translasi molekul. Namun, pada energi dalam dari suatu gas terdapat kontribusi dari gerak translasi, getaran dan rotasi dari molekul. Gerak rotasi dan getaran dapat dihasilkan oleh tumbukan. Teorema ekipartisi menyatakan bahwa pada keadaan setimbang, setiap derajat kebebasan memberikan kontribusi energi



**Gambar 2.6** Kemungkinan gerak dari sebuah molekul diatomik  
(sumber: dlscrib.com)

Gambar 2.6 menunjukkan suatu gas diatomik yang dapat digambarkan sebagai suatu molekul berbentuk seperti batang pendek dengan pemberat atom pada kedua ujungnya (seperti barbel pada angkat besi). Pusat massa molekul dapat bertranslasi pada arah x, y dan z dalam model tersebut (gambar sebelah kiri). Molekul tersebut juga dapat berotasi bersamaan disekitar ketiga sumbu tegak lurus nya (gambar ditengah). Rotasi disekitar sumbu y dapat diabaikan karena momen inersial  $I_y$  dari molekul dan energi rotasi  $\frac{1}{2} I_y \omega^2$

disekitar sumbu ini jauh lebih kecil dibandingkan momen inersia dan energi rotasi pada sumbu x dan z.

Gas diatomik memiliki lima derajat kebebasan untuk translasi dan rotasi: tiga derajat kebebasan berhubungan dengan gerak translasi dan dua derajat kebebasan berhubungan dengan gerak rotasi. Setiap derajat kebebasan memberikan kontribusi rata-rata sebesar  $\frac{1}{2}k_B T$  per molekul, maka energi dalam untuk suatu sistem dengan  $N$  molekul, jika mengabaikan getarannya adalah :

$$\Delta E_{\text{dalam}} = 3N\left(\frac{1}{2}k_B T\right) + 2N\left(\frac{1}{2}k_B T\right) = \frac{5}{2}Nk_B T = \frac{5}{2}nRT \quad \dots\dots\dots (2.39)$$

Kalor jenis molar pada volume konstan untuk gas diatomik adalah:

$$C_v = \frac{1}{n} \frac{dE_{\text{dalam}}}{dT} = \frac{1}{n} \frac{d}{dT} \left( \frac{5}{2}nRT \right) = \frac{5}{2}R \quad \dots\dots\dots (2.40)$$

Pada model untuk getaran, kedua atom dihubungkan oleh pegas khayal (gambar kanan). Gerak getaran menambah dua derajat kebebasan lagi yang berhubungan dengan energi kinetik dan energi potensial akibat getaran disepanjang molekulnya. Fisika klasik dan teorema ekipartisi pada model yang melibatkan tiga jenis gerak didalamnya memperkirakan bahwa energi dalam total adalah :

$$\Delta E_{\text{dalam}} = 3N\left(\frac{1}{2}k_B T\right) + 2N\left(\frac{1}{2}k_B T\right) + 2N\left(\frac{1}{2}k_B T\right)$$

$$\Delta E_{\text{dalam}} = \frac{7}{2}Nk_B T = \frac{7}{2}nRT \quad \dots\dots\dots (2.41)$$

Kalor jenis molar pada volume konstan untuk gas poliatomik adalah :

$$C_v = \frac{1}{n} \frac{dE_{dalam}}{dT} = \frac{1}{n} \frac{d}{dT} \left( \frac{7}{2} nRT \right) = \frac{7}{2} R \dots\dots\dots (2.42)$$

(Serway & Jewett, 2010)

## B. Hasil Penelitian Yang Relevan

1. Kurniawati *et al* (2020) dalam jurnal yang berjudul “*Development of POE and SETS Based Science E-Module to Facilitate Creative Thinking Skill and Collaboration Skill*” berdasarkan hasil dari ahli penilaian menunjukkan *e-module* yang dikembangkan sangat layak digunakan. Persamaan penelitian ini dengan penelitian yang akan dilakukan adalah desain penelitian sama-sama menggunakan model 4-D dan melakukan pengembangan bahan ajar berupa *e-module* berbasis POE, namun perbedaannya yaitu pada penelitian sebelumnya produk yang dikembangkan berbasis 2 model pembelajaran yaitu model POE dan SETS (*Science, Environment, Technology, and Society*).
2. Serevina *et al* (2018) dalam jurnal yang berjudul “*Development of E-Module Based on Problem Based Learning (PBL) on Heat and Temperature to Improve Student’s Science Process Skill*” menunjukkan hasil *e-module* yang dikembangkan dalam kriteri sangat baik. Hasil validasi pada aspek materi oleh ahli materi diperoleh skor 82,20%, validasi aspek media oleh ahli media memperoleh skor 75,78%, dan skor rata-rata keseluruhan aspek oleh ahli pembelajaran sebesar 94,36% sedangkan hasil eksperimen di sekolah oleh tenaga pendidik dan siswa memperoleh skor 86,31% dan 80,78%. Persamaan penelitian ini dengan penelitian yang akan dilakukan adalah sama-sama

melakukan pengembangan bahan ajar berupa *e-module*. Sedangkan perbedaannya adalah terletak pada basis *e-module*, materi yang digunakan, sasaran tahap uji coba serta desain penelitian yang digunakan.

3. Susanti *et al* (2020) dalam jurnal yang berjudul “Pengembangan E-module Berbasis *Discovery Learning* Berbantuan PhET pada Materi Teori Kinetik Gas untuk Mahasiswa” menunjukkan hasil produk masuk dalam kriteria sangat valid dan uji keterbacaan diperoleh hasil rata-rata keterbacaan sebesar 96,4% termasuk dalam kategori terbaca yang artinya secara keseluruhan produk dalam kategori layak. Persamaan penelitian ini dengan penelitian yang akan dilakukan adalah pengembangan *e-module* pada materi yang sama dan sama-sama menggunakan model pengembangan 4-D. Sedangkan perbedaannya adalah basis *e-module* dan sasaran tahap uji coba. Kelebihan dari penelitian relevan ini adalah *e-module* yang dikembangkan berbantuan PhET.
4. Rahmawati (2019) dalam skripsi yang berjudul “Pengembangan Modul Berbasis POE (*Predict Observe Explain*) pada Materi Trigonometri Kelas X di SMAN 5 Bandar Lampung dan MAN 2 Bandar Lampung” menunjukkan bahwa hasil validasi ahli materi memperoleh skor 3,4 dengan kriteria “sangat layak” dan ahli media memperoleh skor sebesar 3,1 dengan kriteria “layak” dan keefektivitasan memperoleh skor sebesar 0,72 pada SMAN 5 Bandar Lampung dan 0,70 di MAN 2 Bandar Lampung yang keduanya memiliki kriteria “tinggi”, serta dari hasil angket kemenarikan peserta didik diperoleh skor rata-rata sebesar 3,3. Kesamaan dengan penelitian ini adalah sama-sama

mengembangkan modul berbasis POE dengan menggunakan model 4-D. Perbedaannya adalah pada penelitian Rahmawati mengembangkan modul dalam bentuk cetak sedangkan peneliti dalam bentuk elektronik modul (*e-module*) serta terletak pada materi yang digunakan.

5. Sari dan Alarifin (2016) dalam jurnal yang berjudul “Pengembangan Modul Berbasis POE (*Predict Observe Explain*) Materi Usaha dan Energi ditinjau dari Kemampuan Kognitif” menunjukkan bahwa persentase kelayakan dari ahli materi sebesar 80,68%, persentase kelayakan dari ahli media sebesar 80,30%, persentase kelayakan bahasa sebesar 81,25%. Penelitian ini menggunakan penelitian R&D dengan model pengembangan yaitu model 4-D. persamaan dengan penelitian ini adalah sama-sama mengembangkan bahan ajar berbasis POE dengan menggunakan model 4-D, hanya saja perbedaannya adalah pada penelitian sebelumnya mengembangkan modul dalam bentuk cetak sedangkan peneliti dalam bentuk elektronik modul (*e-module*), serta terletak pada materi yang digunakan.
6. Budiarni (2018) dalam skripsi yang berjudul “Pengembangan Modul Matematika Berbasis POE (*Predict Observe Explain*) pada Materi Pokok Persamaan Garis Lurus” menunjukkan bahwa hasil validasi ahli materi memperoleh skor sebesar 3,34, ahli media sebesar 3,53 dan ahli bahasa sebesar 3,33 hal ini menunjukkan bahwa modul layak digunakan dalam pembelajaran. Kemudian dari hasil uji coba terhadap peserta didik memperoleh skor sebesar 3,33 dan terhadap pendidik sebesar 3,37 menunjukkan bahwa modul sangat menarik. Kesamaan dengan penelitian ini

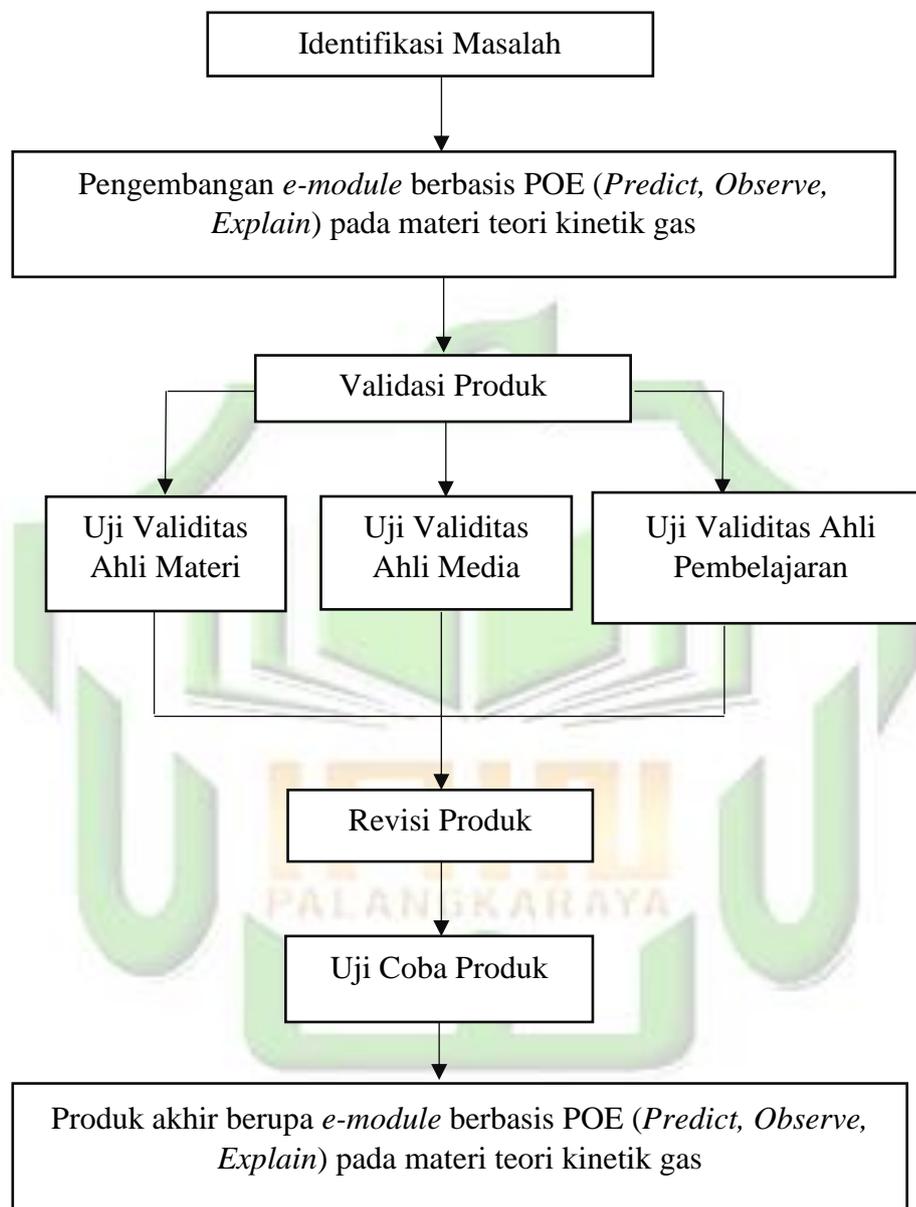
adalah sama-sama mengembangkan modul berbasis POE, hanya saja perbedaannya adalah pada penelitian ini mengembangkan modul dalam bentuk cetak sedangkan peneliti dalam bentuk elektronik modul (*e-module*) serta terletak pada materi yang digunakan.

### C. Kerangka Berpikir

Bahan ajar yang baik dan menarik dapat memberikan motivasi belajar siswa terutama pada mata pelajaran fisika. Oleh karena itu, untuk meningkatkan motivasi belajar siswa, maka penelitian ini menggunakan bahan ajar *e-module* berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) dimana bahan ajar dalam bentuk *e-module* berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) terdapat beberapa fasilitas yang mampu meningkatkan motivasi dan minat belajar siswa, diantaranya yaitu siswa dapat memprediksi, mengobservasi, serta menjelaskan hasil. Sehingga proses pembelajaran tidak menjadi pasif, serta dalam hal ini kegiatan belajar mengajar guru di kelas menjadi terbantu karena adanya bahan ajar *e-module* tersebut.

Penelitian pengembangan ini diawali dengan mengidentifikasi masalah. Setelah mengidentifikasi masalah, maka dilanjutkan dengan proses pengembangan *e-module* berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) pada materi teori kinetik gas. Selanjutnya, dilakukan validasi produk berupa *e-module* yang dikembangkan. Apabila terdapat saran dan masukan dari para validator, maka produk yang dikembangkan dilakukan revisi terlebih dahulu agar dapat diujicobakan dan dapat menghasilkan produk akhir berupa *e-module* berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) pada Materi Teori Kinetik Gas.

Kerangka berpikir dalam penelitian ini dapat dideskripsikan melalui bagan kerangka berpikir berikut :



## **BAB III**

### **METODE PENGEMBANGAN**

#### **A. Desain Penelitian**

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian pengembangan (*Research and Development*). *Research and Development* merupakan suatu kajian sistematis terhadap pendesainan, pengembangan dan evaluasi program, proses serta produk pembelajaran yang harus memenuhi kriteria validitas, praktikalitas dan efektivitas (Danuri & Maisaroh, 2019). Penelitian pengembangan juga merupakan metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan sebuah produk tertentu dan untuk menguji keefektifan produk tersebut (Rahmawati, 2019).

Penelitian ini menggunakan model 4D yang dikembangkan oleh Thiagarajan (1974). Model 4D ini ada 4 tahapan dalam proses pengembangannya, yaitu : 1) *Define* (Pendefinisian), 2) *Design* (Perancangan), 3) *Development* (Pengembangan), dan 4) *Dessemination* (Penyebaran) (Hikmah,, 2019.)

#### **1. Define (Pendefinisian)**

Tahap pendefinisian ini merupakan tahap untuk mendefinisikan dan menetapkan kebutuhan pembelajaran dengan menganalisis tujuan serta batasan materi (Thiagarajan dalam Hikmah, 2019). Pada tahap ini diawali dengan analisis kebutuhan dengan melakukan wawancara kepada guru fisika di SMA Negeri Palangka Raya dan menyebarkan angket kepada siswa kelas XI MIPA. Setelah analisis kebutuhan, dilanjutkan dengan menetapkan

batasan materi dan merumuskan tujuan pembelajaran sesuai dengan kebutuhan belajar siswa.

## **2. Design (Perancangan)**

Pada tahap *design* ini membuat membuat *e-module* berdasarkan tinjauan pustaka. Tahap ini diawali dengan mengumpulkan referensi materi pembelajaran dan literatur pendukung *e-module*. selanjutnya membuat *storyboard* atau konsep rancangan produk, dilanjutkan dengan mendesain produk sesuai dengan *storyboard* yang telah dibuat dan membuat konsep pembelajaran didalam *e-module* sesuai dengan tinjauan pustaka dan sintaks model pembelajaran yang digunakan.

## **3. Development (Pengembangan)**

Pada tahap ini dilakukan *expert appraisal* (validasi ahli) dan *development testing* (uji coba pengembangan) (Wahyuningtyas, 2019). Validasi produk dilakukan oleh ahli media, ahli materi dan ahli pembelajaran dan pada tahap ini juga dilakukan uji coba produk pada kelompok kecil dengan memperoleh respon guru dan respon siswa terhadap produk *e-module* yang dikembangkan. *Development* (Pengembangan) dilakukan guna memperoleh sebuah draft *e-module*.

## **4. Dissemination (Penyebaran)**

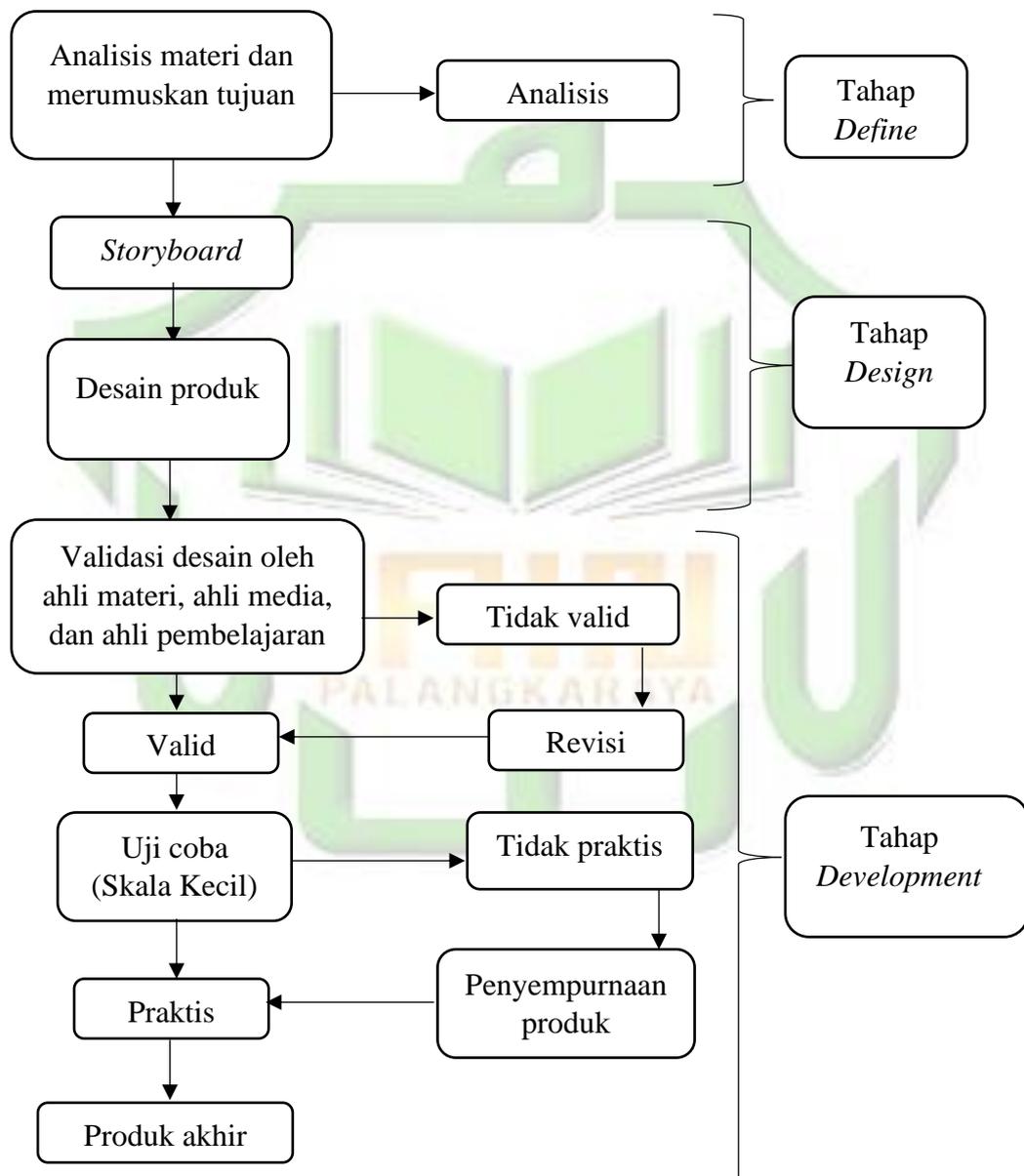
Pada tahapan ini dilakukan untuk menyebarluaskan produk akhir yang sudah dikembangkan dan sudah divalidasi oleh ahli dan sudah di uji coba (Wahyuningtyas, 2019). Namun, penelitian yang akan dilakukan sampai tahap ketiga yaitu sampai *Development* (Pengembangan) saja, karena

peneliti tidak sampai menyebarluaskan produk yang telah dikembangkan pada skala besar.

## B. Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini, sebagai berikut

(Rukmana, 2019) :



### 1. Tahap Define (Pendefinisian)

Pada tahap ini dilakukan untuk menetapkan syarat-syarat pengembangan atau disebut juga dengan tahap analisis kebutuhan yang cocok digunakan dalam proses pengembangan produk. Tahapan pada pendefinisian yaitu :

- a. Analisis kebutuhan dilakukan dengan cara observasi pra-penelitian dengan melakukan wawancara kepada guru fisika dan menyebarkan angket kepada siswa kelas XI.
- b. Analisis materi dilakukan untuk memilih materi yang relevan dan menyusun kembali secara sistematis.
- c. Merumuskan tujuan dilakukan untuk merumuskan tujuan pembelajaran dan kompetensi yang hendak diajarkan, dilakukan untuk membatasi penelitian supaya tidak menyimpang dari tujuan awal. Pada tahap ini dengan cara menganalisis Kompetensi Inti, Kompetensi Dasar dan Indikator Pencapaian Kompetensi untuk merumuskan tujuan pembelajaran.

## **2. Tahap *Design* (Perancangan)**

Pada tahap ini dilakukan perancangan produk dengan membuat *storyboard* terlebih dahulu. Selanjutnya, mendesain produk dengan membuat konsep pembelajaran didalam *e-module* sesuai dengan tinjauan pustaka dan sintaks model pembelajaran POE (*Predict, Observe, Explain*). Produk berupa *e-module* didesain dengan menggunakan aplikasi *Microsoft Word* dan menggunakan aplikasi *Flip PDF Professional* yang diterapkan dalam bentuk *online*.

### 3. Tahap *Development* (Pengembangan)

Langkah-langkah pada proses pengembangan, yaitu :

- a. Validasi produk oleh ahli : bahan ajar yang sudah didesain selanjutnya divalidasi oleh ahli materi, ahli media dan ahli pembelajaran. Pertama, bahan ajar yang dikembangkan akan divalidasi oleh ahli media untuk mengetahui valid atau tidaknya media yang didesain. Setelah divalidasi oleh ahli media, selanjutnya bahan ajar *e-module* diserahkan kepada ahli materi untuk memvalidasi materi pada produk yang dikembangkan, kemudian akan divalidasi oleh ahli pembelajaran.
- b. Revisi produk : berdasarkan hasil validasi yang diberikan oleh para ahli, peneliti merevisi produk yang didesain dengan saran yang diberikan oleh validator.
- c. Uji coba skala kecil : produk diujicobakan untuk mengetahui respon siswa untuk mengetahui respon guru.

### C. Sumber Data dan Subjek Penelitian

#### 1. Sumber Data

Sumber data sesuai penelitian pengembangan ini yaitu dari hasil validasi ahli dan hasil uji coba produk dengan memperoleh respon guru fisika dan respon siswa. Penelitian ini dilakukan di IAIN Palangka Raya untuk proses validasi ahli serta di SMA Negeri 5 Palangka Raya untuk proses uji coba produk.

#### 2. Subjek Penelitian

Subjek dalam penelitian ini ialah :

**a. Ahli Materi**

Ahli materi minimal memiliki pendidikan sarjana S2 (Strata 2) yang berasal dari dosen bidang fisika dan memiliki pengalaman dan pengetahuan yang tinggi dalam pelajaran fisika. Ahli materi dalam penelitian ini adalah salah satu dosen di dosen Pendidikan Fisika, Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan Institut Agama Islam Negeri Palangka Raya.

**b. Ahli Media**

Ahli media minimal memiliki pendidikan sarjana S2 (Strata 2), yang berasal dari dosen yang memiliki pengalaman dan keahlian dalam perancangan maupun pengembangan desain media pembelajaran. Ahli desain media dalam penelitian ini adalah salah satu dosen di Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan Institut Agama Islam Negeri Palangka Raya.

**c. Ahli Pembelajaran**

Ahli pembelajaran minimal memiliki pendidikan sarjana S2 (Strata 2) yang memiliki pengalaman dan wawasan yang luas pada pembelajaran fisika. Ahli pembelajaran dalam penelitian ini adalah salah dosen di Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan Institut Agama Islam Negeri Palangka Raya.

**d. Guru dan siswa kelas XI SMA Negeri 5 Palangka Raya**

Guru merupakan salah satu subjek penelitian, karena guru akan dimintai respon mengenai produk *e-module* yang dikembangkan. Kemudian, siswa yang menjadi sasaran uji coba produk pengembangan ini

adalah siswa di SMA Negeri 5 Palangka Raya kelas XI. Uji coba yang dilakukan hanya uji coba kelompok kecil.

#### **D. Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data**

##### **1. Teknik Pengumpulan Data**

Teknik pengumpulan data merupakan tahapan yang paling utama dalam sebuah penelitian, karena tujuan utama dari penelitian adalah mendapatkan data (Danuri & Maisaroh, 2019). Pengumpulan data ini dilakukan untuk mendapatkan fakta-fakta, keterangan dan informasi yang dapat dipercaya. Berbagai macam metode yang dapat digunakan dalam penelitian, diantaranya yaitu dengan angket, observasi, wawancara, tes, dan analisis dokumen (Sudaryono dalam Rukmana, 2019).

Pada penelitian pengembangan ini, teknik pengumpulan data yang digunakan berupa wawancara, kuesioner (angket).

###### **a. Wawancara**

Wawancara merupakan proses mendapatkan informasi untuk tujuan penelitian sambil bertatap muka antara pewawancara dengan responden dengan cara tanya jawab (Nazir dalam Maulida, 2020) dan mendengarkan secara langsung untuk mengumpulkan keterangan-keterangan dan informasi. Wawancara digunakan untuk studi pendahuluan dalam menemukan permasalahan yang harus diteliti. Wawancara dilakukan pada saat pra-penelitian terhadap guru fisika di SMA Negeri 5 Palangka Raya.

###### **b. Angket**

Kuesioner atau angket adalah alat teknik pengumpulan data dimana seperangkat pertanyaan atau pernyataan tertulis diberikan kepada responden untuk dijawabnya (Maulida, 2020). Angket diberikan kepada validator dan diberikan kepada siswa dari hasil uji coba kelompok kecil guna mendapatkan data kuantitatif.

Adapun data-data yang ingin diketahui dalam penelitian ini adalah:

- 1) Kelayakan media atau rancangan produk, data ini diperoleh dari hasil evaluasi ahli media pembelajaran dengan menggunakan sebuah angket.
- 2) Kelayakan, ketepatan serta kesesuaian materi pembelajaran berdasarkan kompetensi yang telah ditetapkan. Data ini diperoleh dari hasil evaluasi ahli materi fisika serta ahli pembelajaran.
- 3) Respon atau tanggapan guru dan siswa terhadap produk yang telah dikembangkan dengan mengisi angket.

## **2. Instrumen Pengumpulan Data**

Instrumen yang digunakan pada penelitian ini adalah angket untuk memperoleh penilaian dari ahli mengenai kelayakan *e-module* berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*). Peneliti menggunakan 5 buah angket dalam pengumpulan data, yaitu angket validasi ahli materi, angket validasi ahli media, angket ahli pembelajaran, dan angket respon guru serta angket respon siswa.

Pembuatan *e-module* terlebih dahulu divalidasi oleh ahli media. Dua orang ahli media akan memvalidasi instrumen ini. Penilaian instrumen dibuat

berdasarkan skala perhitungan *rating scale*. *Rating scale* merupakan metode penilaian kinerja yang menggunakan skala (Mondy dalam Wiyono, 2017).

Adapun tabel skala angketnya sebagai berikut :

**Tabel 3.1 Skala Angket Validasi**

Jawaban Item Instrumen	Skor
Sangat Baik	5
Baik	4
Cukup baik	3
Kurang baik	2
Tidak baik	1

(Rukmana, 2019)

Kisi-kisi instrumen lembar validasi ahli media pembelajaran yang terdiri dari beberapa aspek pada Tabel 3.2.

**Tabel 3.2 Kisi-kisi Angket Validasi Ahli Media**

No	Aspek	Indikator	Nomor Butir
1	Aspek Tampilan	Desain Slide	1,2,3
		Pemilihan warna pada tulisan, gambar dan bagan	4,5,6
		Pemilihan <i>background</i>	7,8
		Ukuran huruf	9,10,11
		Pilihan <i>button</i> dan penempatannya	12,13,14,15
		Tampilan gambar dan penempatannya	16,17,18
		Tata letak ( <i>Layout</i> )	19,20,21
		Musik pendukung	22

2	Aspek Penggunaan	Kemudahan Penggunaan	23
		Kemudahan navigasi	24
<b>No</b>	<b>Aspek</b>	<b>Indikator</b>	<b>Nomor Butir</b>
		Tingkat interaktifitas pengguna terhadap media	25,26
		Komposisi setiap slide	27
		Kejelasan petunjuk penggunaan	28
		Kemudahan memilih menu	29
		Ketepatan penggunaan tombol	30
		Kualitas tampilan gambar dan kejelasan suara	31,32

(Adaptasi dari Faishal, 2015)

Pembuatan *e-module* selanjutnya akan divalidasi oleh ahli materi dan ahli pembelajaran sebelum mengetahui bagaimana respon guru dan siswa. Kisi-kisi instrumen lembar validasi ahli materi dan ahli pembelajaran yang terdiri dari beberapa aspek pada Tabel 3.3.

**Tabel 3.3 Kisi-kisi Angket Validasi Ahli Materi dan Ahli Pembelajaran**

No	Aspek	Kriteria	Nomor Butir
1	Kualitas Isi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kelengkapan materi</li> <li>• Memberikan pengalaman dan pengetahuan belajar pada siswa</li> <li>• Kesesuaian dengan tujuan pembelajaran</li> </ul>	1,2,3,4,5,6

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keakuratan contoh dan kasus</li> <li>• Kesesuaian dengan KD dan Indikator</li> <li>• Kesesuaian dengan kognitif, afektif dan psikomotorik siswa</li> </ul>	
2	POE ( <i>Predict, Observe, Explain</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menambah pengetahuan siswa berdasarkan pengetahuan awal yang dimilikinya</li> <li>• Memprediksi masalah yang disajikan</li> <li>• Mengamati hasil prediksi</li> <li>• Menjelaskan kesimpulan</li> </ul>	7,8,9,10
3	Bahasa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahasa yang digunakan komunikatif</li> <li>• Kalimat yang digunakan untuk menjelaskan materi mudah dipahami</li> <li>• Kalimat yang digunakan tidak menimbulkan makna ganda</li> <li>• Kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia</li> <li>• Kesesuaian dengan tingkat perkembangan emosional siswa</li> </ul>	11,12,13,14,15

(Adaptasi dari Rahmawati, 2019)

**Tabel 3.4 Kisi-kisi Angket Respon Guru**

No	Aspek	Indikator	Nomor Butir
1	Materi	Relevansi materi <i>e-module</i>	1,2,3,4,5

		Bahasa dalam penyampaian materi	6,7,8
		Soal-soal latihan atau tugas	9,10,11,12
<b>No</b>	<b>Aspek</b>	<b>Indikator</b>	<b>Nomor Butir</b>
2	Media	Slide Desain	13,14,15,16
		Teks	17,18,19,20, 21
		Gambar dan ilustrasi	22,23,24,25
		Komposisi warna	26,27,28,29,30
		Kemudahan Pengoperasian	31,32,33
3	Pembelajaran <i>e-module</i>	Kesesuaian media dengan harapan guru	34,35,36
		Ketertarikan pada <i>e-module</i>	37,38,39
		Kegunaan dalam proses belajar mengajar	40,41,42,43

(Adaptasi dari Faishal, 2015)

**Tabel 3.5 Kisi-kisi Angket Respon Siswa**

No	Aspek	Butir Pertanyaan
1	Materi	Materi mudah dipahami
		Materi sesuai dengan kompetensi dasar
		Ketepatan gambar animasi yang mendukung pengetahuan materi
		Interaktif dalam memahami materi
2	Tampilan	Bacaan teks tata penulisan

		Pewarnaan dan pemilihan jenis huruf
		Penempatan gambar
		Penempatan animasi
		Desain <i>cover</i> dan halaman
<b>No</b>	<b>Aspek</b>	<b>Butir Pertanyaan</b>
3	Kemenarikan	Dengan <i>e-module</i> ini saya tidak merasa bosan dalam belajar
		Merasa sangat senang menggunakan <i>e-module</i> sebagai bahan ajar
		Belajar dengan menggunakan <i>e-module</i> ini memotivasi saya untuk belajar lebih giat
		Belajar dengan menggunakan <i>e-module</i> ini lebih menarik
		Belajar dengan menggunakan <i>e-module</i> ini dapat memusatkan perhatian saya dengan mempelajari materi
4	Manfaat	<i>E-Module</i> dapat menjadi salah satu sumber belajar bagi saya dalam mempelajari materi sains fisika
		<i>E-Module</i> mampu memberikan pemahaman saya karena adanya penjelasan, contoh, gambar animasi, video serta informasi-informasi pendukung materi
		<i>E-Module</i> lebih mudah digunakan karena dapat digunakan untuk belajar dimana saja dan kapan saja
		<i>E-Module</i> ini memberikan saya informasi mengenai pembelajaran POE ( <i>Predict, Observe, Explain</i> )
		Memotivasi saya untuk bisa menerapkan pembelajaran POE ( <i>Predict, Observe, Explain</i> ) yang dihubungkan dengan materi fisika dalam keseharian.

(Adaptasi dari Rizkiani *et al*, 2019)

### **E. Uji Produk**

Setelah dihasilkan produk berupa *e-module* berbasis POE yang sudah divalidasi oleh beberapa ahli dan sudah dilakukan revisi, selanjutnya diuji cobakan dalam kegiatan pembelajaran. Uji coba ini dimaksudkan agar memperoleh informasi mengenai kualitas *e-module* berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*). Untuk uji coba produk dilakukan dengan cara uji coba kelompok kecil. Uji coba kelompok kecil ini dilakukan untuk mengetahui respon siswa dan penilaian mengenai kualitas produk yang dikembangkan. Jumlah subjek uji coba untuk kelompok kecil uji cobanya terdiri dari 9-20 siswa.

### **F. Teknik Analisis Data**

Data yang didapatkan dianalisis menggunakan analisis deskriptif kualitatif dan analisis deskriptif kuantitatif.

#### **a. Analisis pengembangan *e-module***

Pada tahap ini dilakukan analisis deskriptif kualitatif, yaitu pendeskripsian terhadap *e-module* yang dikembangkan. Pendeskripsian ini dilakukan guna menjawab rumusan masalah pertama mengenai prosedur pengembangan bahan ajar berbentuk *e-module* yang dikembangkan. Hasil analisis tersebut dijadikan sebagai landasan dalam memperbaiki dan merevisi produk yang dikembangkan.

#### **b. Analisis kelayakan *e-module***

Uji validasi produk pengembangan terdiri dari uji ahli media, ahli materi dan ahli pembelajaran. Hasil dari validasi ahli mengenai *e-module*

yang dikembangkan dilakukan analisis validitas menggunakan *rating scale* (Riduwan dalam Rukmana, 2019), yang diperoleh dengan cara :

- 1) Menentukan skor rata-rata dari setiap aspek yang dinilai dengan persamaan :

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

Keterangan :

$\bar{X}$  = Skor rata-rata penilaian oleh ahli

$\sum X$  = Jumlah skor yang diperoleh ahli

$N$  = Jumlah skor total

- 2) Menentukan skor yang diperoleh dengan menjumlahkan skor dari masing-masing validator.
- 3) Menentukan persentase skor setiap aspek :

$$\text{persentase setiap aspek} = \frac{\text{total skor yang diperoleh}}{\text{total skor maksimum}} \times 100\% \%$$

Hasil persentase keidealan kemudian ditafsirkan dalam pengertian kualitatif berdasarkan pada tabel berikut ini :

**Tabel 3.6 Kriteria Hasil Uji Validitas *E-Module***

No	Interval	Kriteria
1.	81% - 100%	Sangat Valid
2.	61% - 80%	Valid
3.	41% - 60%	Cukup Valid
4.	21% - 40%	Kurang Valid

---

5.	0% - 20%	Tidak Valid
----	----------	-------------

---

(Rukmana, 2019)

Apabila dari hasil analisis data penilaian oleh beberapa ahli yaitu ahli media dan ahli materi mendapat hasil penilaian kategori sangat baik (SB) atau baik (B) maka *e-module* berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) sudah layak digunakan. Namun, jika belum memenuhi kategori sangat baik (SB) atau baik (B) maka *e-module* berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) harus direvisi kembali agar memenuhi kualitas bahan ajar yang layak digunakan oleh siswa.

c. Analisis data respon guru dan siswa

1) Analisis data respon guru

Angket respon guru terhadap penggunaan produk memiliki 5 pilihan jawaban sesuai konten pertanyaan. Masing-masing pilihan jawaban memiliki skor berbeda yang mengartikan tingkat kesesuaian produk bagi pengguna. Skor penilaian dari tiap pilihan dapat dilihat pada tabel 3.7.

**Tabel 3.7 Kriteria kemenarikan**

Skor	Kriteria
$85\% \leq x \leq 100\%$	Sangat Menarik
$69\% \leq x \leq 84\%$	Menarik
$53\% \leq x \leq 68\%$	Cukup Menarik
$37\% \leq x \leq 52\%$	Kurang Menarik
$20\% \leq x \leq 36\%$	Sangat Kurang Menarik

(Riduwan & Sunarto, 2013)

## 2) Analisis data respon siswa

Analisis data respon siswa ini ialah uji materi, tampilan, kemenarikan dan manfaat produk oleh siswa kelas XI. Penilaian dilakukan dengan menyebarkan angket ke guru dan siswa. Skor penilaian dapat dilihat pada tabel 3.8 berikut:

**Tabel 3.8 Skor Penilaian**

Skor	Pilihan jawaban
5	Sangat Baik
4	Baik
3	Cukup
2	Kurang
1	Sangat Kurang

(Sugiyono, 2017)

Setelah mengitung rata-rata skor penilaian kemudian dapat dilihat kriteria uji coba kemenarikan seperti tabel 3.9 berikut:

**Tabel 3.9 Kriteria kemenarikan**

Skor	Kriteria
$85\% \leq x \leq 100\%$	Sangat Menarik
$69\% \leq x \leq 84\%$	Menarik
$53\% \leq x \leq 68\%$	Cukup Menarik
$37\% \leq x \leq 52\%$	Kurang Menarik
$20\% \leq x \leq 36\%$	Sangat Kurang Menarik

(Riduwan & Sunarto, 2013)

Skala dari analisis respon siswa dapat diketahui melalui pemberian lembar validasi dengan metode pemberian tanda *checklist* (√) pada kolom lembar penilaian oleh siswa sehingga akan terlihat

data interval setiap aspek. Data interval tersebut juga dapat dianalisis dengan menghitung rata-rata jawaban berdasarkan skoring setiap jawaban dari responden.



## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN PENGEMBANGAN**

#### **A. Hasil Penelitian**

Penelitian ini merupakan jenis penelitian R&D (*Research and Development*) yang dikembangkan menggunakan model 4D. Penelitian dan pengembangan ini menghasilkan sebuah produk *e-module* berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) pada materi teori kinetik gas untuk siswa kelas XI. *E-Module* berbasis POE ini dikembangkan melalui beberapa tahap sesuai dengan prosedur dari pengembangan 4D yaitu *define, design, development* dan *dissemination*. Pada penelitian ini peneliti hanya sampai pada tahap *development*.

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 16 april sampai 20 mei 2021. Adapun sampel dari penelitian ini adalah siswa kelas XI SMA Negeri 5 Palangka Raya. Sampel penelitian ini dilakukan sampai uji coba skala kecil dengan jumlah siswa 10 orang.

#### **1. Prosedur Pengembangan *E-Module* menggunakan model 4D**

##### **a. *Define* (Pendefinisian)**

Tahap *define* ini merupakan tahap untuk mendefinisikan dan menetapkan kebutuhan pembelajaran dengan menganalisis tujuan serta batasan materi. Analisis kebutuhan merupakan langkah awal dari penelitian pengembangan ini untuk mengetahui bagaimana kebutuhan belajar siswa. Peneliti melakukan wawancara kepada guru fisika di SMA Negeri 5 Palangka Raya dan menyebarkan angket kepada siswa kelas XI.

Hasil analisis kebutuhan menunjukkan bahwa guru belum pernah menggunakan model pembelajaran POE (*Predict, Observe, Explain*) saat proses pembelajaran fisika, guru juga mengalami kesulitan menjelaskan materi teori kinetik gas yang abstrak pada siswa menjadi seolah nyata dalam kehidupan sehari-hari siswa. Kemudian, dalam pembelajaran siswa senang belajar menggunakan *e-module* dan siswa juga menyukai pembelajaran fisika yang sifatnya memprediksi dan mengobservasi suatu fenomena di kehidupan sehari-hari.

Langkah yang dilakukan selanjutnya dalam tahap ini adalah mencari literatur maupun referensi yang berkaitan dengan materi teori kinetik gas. Peneliti menyusun materi menjadi 2 subbab yaitu subbab gas ideal dan hukum tentang gas ideal dan subbab persamaan keadaan gas ideal dan prinsip ekuipartisi energi. Kemudian, dari langkah analisis kebutuhan dan penetapan materi selanjutnya merumuskan tujuan pembelajaran yang akan dicapai siswa dari produk yang dikembangkan berupa *e-module* berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) pada materi teori kinetik gas tersebut.

b. *Design* (Perancangan)

Setelah melakukan tahap *define* dan sudah mengetahui kebutuhan belajar siswa, menentukan batasan materi dan merumuskan tujuan pembelajaran, tahap selanjutnya adalah mendesain atau merancang produk. Produk yang dikembangkan berupa *e-module* berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) pada materi teori kinetik gas dengan menggunakan aplikasi *Flip PDF Professional*. Peneliti mendesain

pengembangan produk berupa *e-module* dengan format bagian isi diketik menggunakan *Microsoft Word 2013* dengan ukuran kertas B5 dengan spasi yang digunakan 1,5. Adapun jenis huruf yang digunakan adalah 3 jenis huruf, yaitu untuk judul bab dan subbab jenis huruf yang digunakan adalah *Times New Roman*, untuk bagian judul *predict*, *observe*, dan *explain* menggunakan jenis huruf *jokerman*, dan *Arial* untuk bagian isi.

Rancangan awal produk yang akan dibuat berupa yaitu berupa *e-module* terdiri dari bagian awal, bagian isi dan bagian penutup. Pada bagian awal terdapat *cover* yang mencakup nama penulis, dan judul materi. Selain itu, pada bagian awal juga terdapat kata pengantar, daftar isi, karakteristik *e-module*, petunjuk penggunaan *e-module*, kompetensi inti, kompetensi dasar, indikator, peta konsep dan juga pendahuluan. Pada bagian isi terdapat kegiatan pembelajaran dengan sajian materi teori kinetik gas dengan menggunakan sintaks dari model pembelajaran POE. Pada bagian inti dibagi kedalam 2 subbab pembahasan, yaitu subbab gas ideal dan hukum tentang gas ideal dan subbab persamaan keadaan gas ideal dan prinsip ekuipartisi energi. Kemudian, pada bagian penutup yaitu daftar pustaka.

Berikut ini adalah desain *storyboard* untuk setiap halaman *e-module* dari langkah-langkah dan urutan penyusunan *e-module* yang dikembangkan.

1) *Page 1* menampilkan *cover e-module* (sampul)

*Cover e-module* memuat judul *e-module*, peruntukan *e-module*, nama penulis dan gambar-gambar yang berkaitan dengan judul. Secara rinci mengenai *storyboard cover e-module* tertera pada tabel 4.1 dan gambar 4.1.

**Tabel 4.1 *Storyboard page 1***

<i>Page 1</i>	Gambar	Menampilkan <i>cover</i> dari <i>e-module</i>
---------------	--------	---



**Gambar 4.1 *cover e-module***

2) *Page 2-3* menampilkan kata pengantar dan daftar isi

Kata pengantar dan daftar isi adalah halaman berikutnya setelah *cover e-module*. Kata pengantar berisi ucapan terima kasih penulis kepada para pihak yang membantu penulis dalam menyelesaikan *e-module* dan daftar isi memuat daftar judul dan bagian-bagian dari *e-module*. Komponen pada halaman ini ialah teks, gambar dan navigasi. Secara rinci tertera pada tabel 4.2 dan gambar 4.2.

**Tabel 4.2 *Storyboard page 2-3***

Page 2-3	Teks	Kata pengantar yang memuat ucapan terima kasih penulis dan daftar isi yang memuat daftar judul dan bagian-bagian dari <i>e-module</i> .
	Gambar	Buku.
	Navigasi	Menampilkan tombol lanjut dan tombol sebelumnya, nomor halaman, tombol <i>thumbnail</i> , tombol <i>zoom</i> , tombol suara, tombol berbagi, tombol <i>auto flip</i> , dan tombol <i>fullscreen</i> .



Gambar 4.2 Page 2-3 kata pengantar dan daftar isi *e-module*

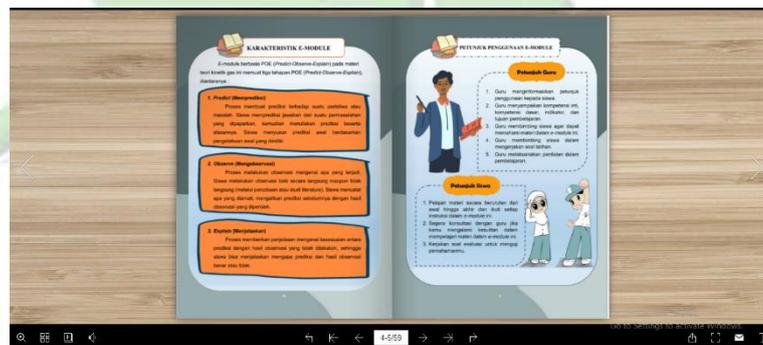
### 3) Page 4-5 karakteristik dan petunjuk penggunaan *e-module*

Halaman keempat dan kelima adalah karakteristik *e-module* dan petunjuk penggunaan *e-module*. Secara rinci tertera pada tabel 4.3 dan gambar 4.3.

Tabel 4.3 *Storyboard page 4-5*

Page 4-5	Teks	Karakteristik <i>e-module</i> memuat informasi yang terdapat didalam <i>e-module</i> agar memudahkan pembaca
-------------	------	--

		untuk memahami isi dan karakteristik dari <i>e-module</i> dan teks berisi petunjuk penggunaan <i>e-module</i> .
	Gambar	Buku, kartun guru dan kartun dua orang pelajar.
	Navigasi	Menampilkan tombol lanjut dan tombol sebelumnya, nomor halaman, tombol <i>thumbnail</i> , tombol <i>zoom</i> , tombol suara, tombol berbagi, tombol <i>auto flip</i> , dan tombol <i>fullscreen</i> .



**Gambar 4.3 Page 4-5 karakteristik *e-module* dan petunjuk penggunaan *e-module***

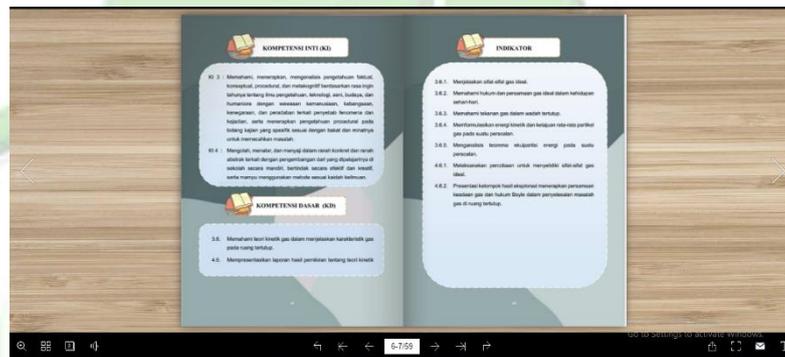
#### 4) Page 6-7 KI, KD dan indikator

Halaman keenam dan ketujuh dari *e-module* ialah Kompetensi Inti (KI), Kompetensi Dasar (KD) dan Indikator. Komponen pada halaman ini adalah teks, gambar dan navigasi. Secara rinci tertera pada tabel 4.4 dan gambar 4.4.

**Tabel 4.4 Storyboard page 6-7**

Page 6-7	Teks	Menampilkan Kompetensi Inti (KI), Kompetensi Dasar (KD) dan Indikator.
	Gambar	Buku.

	Navigasi	Menampilkan tombol lanjut dan tombol sebelumnya, nomor halaman, tombol <i>thumbnail</i> , tombol <i>zoom</i> , tombol suara, tombol berbagi, tombol <i>auto flip</i> , dan tombol <i>fullscreen</i> .
--	----------	---



**Gambar 4.4** Page 6-7 kompetensi inti, kompetensi dasar dan indikator

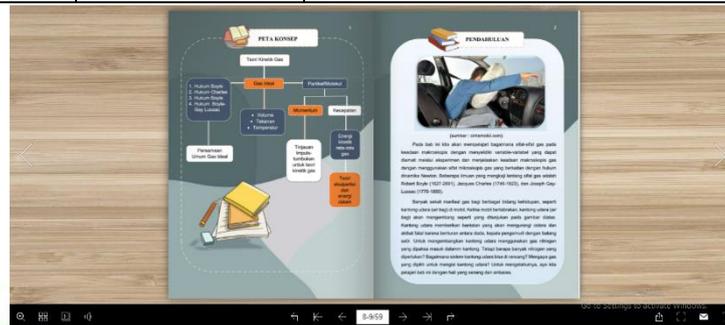
5) Page 8-9 peta konsep dan pendahuluan

Halaman kedelapan dan kesembilan dari *e-module* ialah peta konsep dan pendahuluan. Komponen pada halaman ini adalah teks, gambar dan bagan dan navigasi. Secara rinci tertera pada tabel 4.5 dan gambar 4.5.

**Tabel 4.5** Storyboard page 8-9

Page 8-9	Teks	Menampilkan pendahuluan yang memuat sajian pangantar ke materi.
	Gambar	Buku.

	Bagan	Peta Konsep
	Navigasi	Menampilkan tombol lanjut dan tombol sebelumnya, nomor halaman, tombol <i>thumbnail</i> , tombol <i>zoom</i> , tombol suara, tombol berbagi, tombol <i>auto flip</i> , dan tombol <i>fullscreen</i> .



**Gambar 4.5** Page 8-9 peta konsep dan pendahuluan

6) Page 10-11 kegiatan pembelajaran

Halaman kesepuluh dan kesebelas adalah kegiatan pembelajaran yang memuat tujuan pembelajaran dan subbab gas ideal dan hukum tentang gas ideal dan tahap *predict*. Secara rinci dapat dilihat pada tabel 4.6 dan gambar 4.6.

**Tabel 4.6** Storyboard page 10-11

Page 10-11	Teks	Tujuan pembelajaran dan wacana yang berisi fenomena yang berkaitan dengan materi gas ideal dan hukum tentang gas ideal.
	Gambar	Buku, lilin di atas piring yang berisi air dan akan ditutup dengan gelas kosong, kartun lilin dan kartun anak memegang lup.

	Navigasi	Menampilkan tombol lanjut dan tombol sebelumnya, nomor halaman, tombol <i>thumbnail</i> , tombol <i>zoom</i> , tombol suara, tombol berbagi, tombol <i>auto flip</i> , dan tombol <i>fullscreen</i> .
--	----------	---



**Gambar 4.6 Page 10-11 kegiatan pembelajaran**

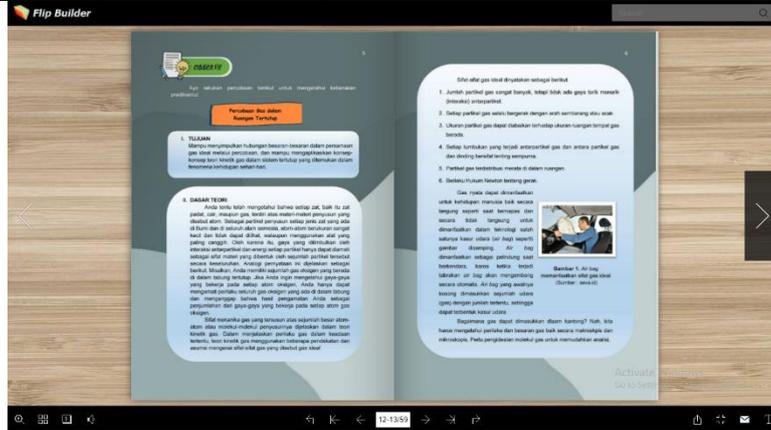
7) Page 12-13 tahap *observe* : percobaan gas dalam ruangan tertutup

Halaman dua belas dan tiga belas ialah tahap *observe* pada subbab gas ideal dan hukum tentang gas ideal yang memuat percobaan gas dalam ruangan tertutup. Secara rinci tertera pada tabel 4.7 dan gambar 4.7.

**Tabel 4.7 Storyboard page 12-13**

Page 12-13	Teks	Tujuan dan dasar teori dari percobaan gas dalam ruangan tertutup
	Gambar	Orang mengendarai mobil dengan <i>air bag</i> .
	Navigasi	Menampilkan tombol lanjut dan tombol sebelumnya, nomor halaman, tombol <i>thumbnail</i> , tombol <i>zoom</i> , tombol suara,

tombol berbagi, tombol *auto flip*, dan tombol *fullscreen*.



Gambar 4.7 Page 12-13 tahap observe

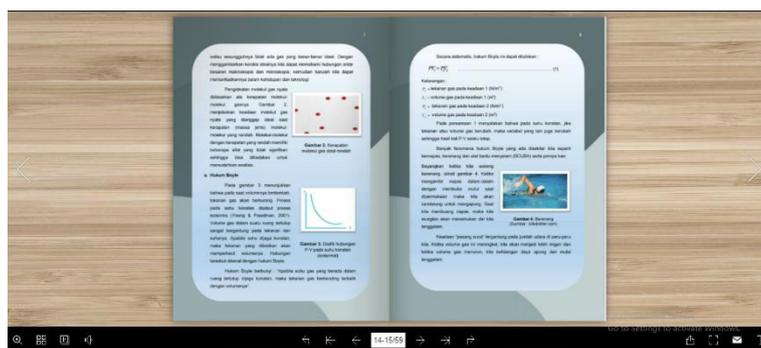
8) Page 14-15 materi hukum Boyle

Halaman empat belas dan lima belas yaitu materi hukum Boyle.

Secara rinci tertera pada tabel 4.8 dan gambar 4.8.

Tabel 4.8 Storyboard page 14-15

Page 14-15	Teks	Materi hukum Boyle
	Gambar	Grafik hubungan P-V pada suhu konstan dan orang berenang.
	Navigasi	Menampilkan tombol lanjut dan tombol sebelumnya, nomor halaman, tombol <i>thumbnail</i> , tombol <i>zoom</i> , tombol suara,



	tombol berbagi, tombol <i>auto flip</i> , dan tombol <i>fullscreen</i> .
--	--

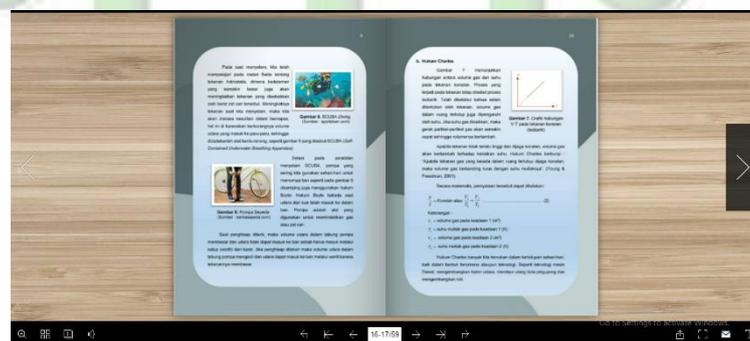
**Gambar 4.8 Page 14-15 materi hukum Boyle**

9) Page 16-17 lanjutan materi hukum Boyle dan materi hukum Charles

Halaman enam belas dan tujuh belas yaitu lanjutan materi hukum Boyle dan materi hukum Charles. Secara rinci tertera pada tabel 4.9 dan gambar 4.9.

**Tabel 4.9 Storyboard page 16-17**

Page 16-17	Teks	Lanjutan materi hukum Boyle dan materi hukum Charles
	Gambar	Orang berenang menggunakan SCUBA, orang memompa ban sepeda dan grafik hubungan V-T.
	Navigasi	Menampilkan tombol lanjut dan tombol sebelumnya, nomor halaman, tombol <i>thumbnail</i> , tombol <i>zoom</i> , tombol suara, tombol berbagi, tombol <i>auto flip</i> , dan tombol <i>fullscreen</i> .



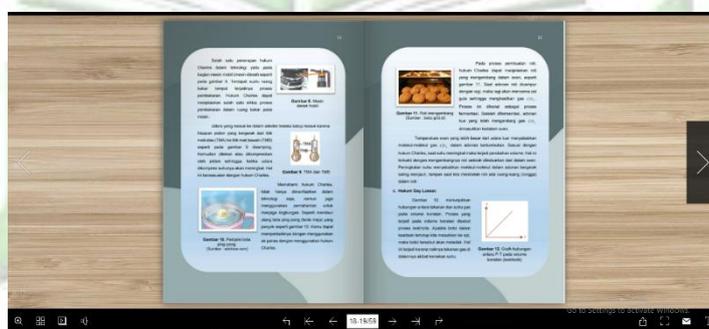
**Gambar 4.9 lanjutan materi hukum Boyle dan materi hukum Charles**

10) Page 18-19 lanjutan hukum Charles dan materi hukum Gay-Lussac

Halaman delapan belas dan sembilan belas yaitu lanjutan materi hukum Charles dan materi hukum Gay-Lussac. Secara rinci tertera pada tabel 4.10 dan gambar 4.10.

**Tabel 4.10 Storyboard page 18-19**

Page 18-19	Teks	Lanjutan materi hukum Charles dan materi hukum Gay-Lussac
	Gambar	Orang berenang menggunakan SCUBA, orang memompa ban sepeda dan grafik hubungan V-T.
	Navigasi	Menampilkan tombol lanjut dan tombol sebelumnya, nomor halaman, tombol <i>thumbnail</i> , tombol <i>zoom</i> , tombol suara, tombol berbagi, tombol <i>auto flip</i> , dan tombol <i>fullscreen</i> .



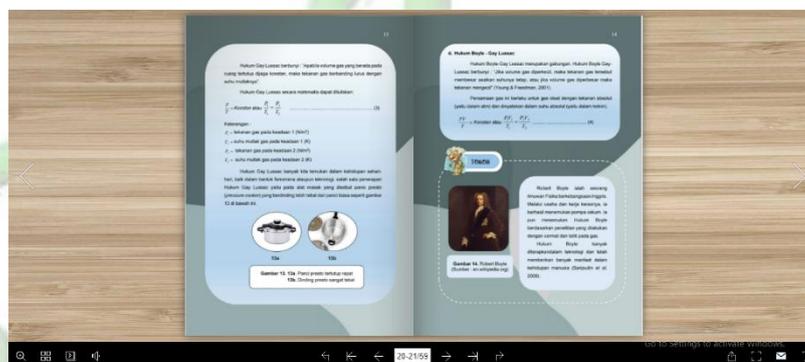
**Gambar 4.10 Page 18-19 lanjutan hukum Charles dan materi hukum Gay-Lussac**

11) Page 20-21 lanjutan materi hukum Gay-Lussac dan hukum Boyle-Gay Lussac

Halaman dua puluh dan dua puluh satu yaitu lanjutan materi hukum Gay-Lussac dan hukum Boyle-Gay Lussac. Secara rinci tertera pada tabel 4.11 dan gambar 4.11.

**Tabel 4.11 Storyboard page 20-21**

Page 20-21	Teks	Lanjutan materi hukum Gay-Lussac dan hukum Boyle-Gay Lussac.
	Gambar	Panci presto dan Robert Boyle.
	Navigasi	Menampilkan tombol lanjut dan tombol sebelumnya, nomor halaman, tombol <i>thumbnail</i> , tombol <i>zoom</i> , tombol suara, tombol berbagi, tombol <i>auto flip</i> , dan tombol <i>fullscreen</i> .

**Gambar 4.11 page 20-21 lanjutan materi hukum Gay-Lussac dan hukum Boyle-Gay Lussac**

12) Page 22-23 alat dan bahan serta prosedur kerja dari percobaan

Halaman dua puluh dua dan dua puluh tiga yaitu alat dan bahan serta prosedur kerja dari percobaan. Secara rinci tertera pada tabel 4.12 dan gambar 4.12.

**Tabel 4.12 Storyboard page 22-23**

Page 22-23	Teks	Keterangan alat dan bahan serta langkah prosedur kerja dari percobaan.
	Gambar	Gelas, piring, lilin, pewarna, air dan korek api.

	Navigasi	Menampilkan tombol lanjut dan tombol sebelumnya, nomor halaman, tombol <i>thumbnail</i> , tombol <i>zoom</i> , tombol suara, tombol berbagi, tombol <i>auto flip</i> , dan tombol <i>fullscreen</i> .
--	----------	---



**Gambar 4.12** *page 22-23* alat dan bahan serta prosedur kerja dari percobaan

- 13) *Page 24-25* pertanyaan dan kesimpulan dari percobaan serta tahap *explain*

Halaman dua puluh empat dan dua puluh lima yaitu pertanyaan dan kesimpulan dari percobaan tahap *explain*. Secara rinci tertera pada tabel 4.13 dan gambar 4.13.

**Tabel 4.13** *Storyboard page 24-25*

	Teks	Pertanyaan dan kesimpulan dari percobaan serta pertanyaan pada tahap <i>explain</i> .
<i>Page 24-25</i>	Navigasi	Menampilkan tombol lanjut dan tombol sebelumnya, nomor halaman, tombol <i>thumbnail</i> , tombol <i>zoom</i> , tombol suara, tombol berbagi, tombol <i>auto flip</i> , dan tombol <i>fullscreen</i> .



**Gambar 4.13** Page 24-25 pertanyaan dan kesimpulan dari percobaan serta tahap *explain*

- 14) Page 26-27 subbab persamaan gas ideal dan prinsip ekuipartisi energi serta tahap *predict* dan *observe*

Halaman dua puluh enam dan dua puluh tujuh yaitu subbab persamaan gas ideal dan prinsip ekuipartisi energi serta tahap *predict* dan *observe*. Secara rinci tertera pada tabel 4.14 dan gambar 4.14.

**Tabel 4.14** Storyboard page 26-27

Page 26-27	Teks	Wacana berisi fenomena yang berkaitan dengan materi persamaan gas ideal dan prinsip ekuipartisi energi, pertanyaan di bagian <i>predict</i> dan materi persamaan gas ideal di bagian <i>observe</i> ..
	Gambar	Minuman bersoda yang dituangkan ke gelas.
	Navigasi	Menampilkan tombol lanjut dan tombol sebelumnya, nomor halaman, tombol <i>thumbnail</i> , tombol <i>zoom</i> , tombol suara, tombol berbagi, tombol <i>auto flip</i> , dan tombol <i>fullscreen</i> .



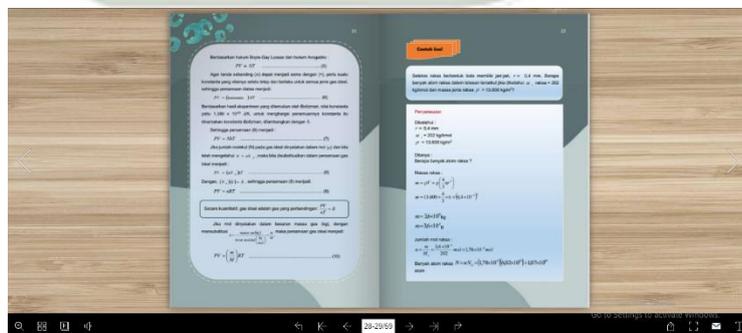
**Gambar 4.14** Page 26-27 subbab persamaan gas ideal dan prinsip ekuipartisi energi serta tahap *predict* dan *observe*

15) Page 28-29 lanjutan tahap *observe* dan contoh soal

Halaman dua puluh delapan dan dua puluh sembilan yaitu lanjutan tahap *observe* dan contoh soal. Secara rinci tertera pada tabel 4.15 dan gambar 4.15.

**Tabel 4.15** Storyboard page 28-29

Page 28-29	Teks	Materi persamaan gas ideal lanjutan tahap <i>observe</i> dan contoh soal.
	Navigasi	Menampilkan tombol lanjut dan tombol sebelumnya, nomor halaman, tombol <i>thumbnail</i> , tombol <i>zoom</i> , tombol suara, tombol berbagi, tombol <i>auto flip</i> , dan tombol <i>fullscreen</i> .



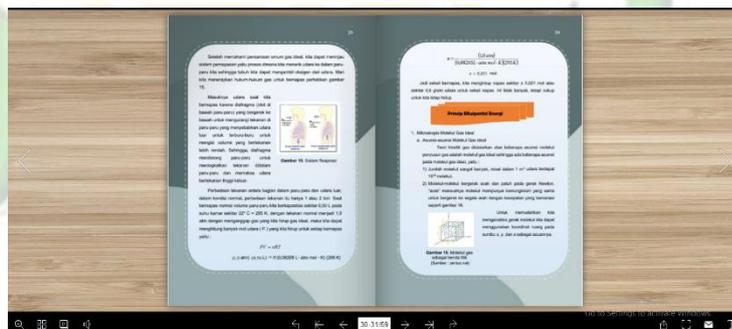
**Gambar 4.15** Page 28-29 lanjutan tahap *observe* dan contoh soal

- 16) Page 30-31 lanjutan materi persamaan gas ideal dan materi prinsip ekuipartisi energi

Halaman tiga puluh dan tiga puluh satu yaitu lanjutan materi persamaan gas ideal dan materi prinsip ekuipartisi energi. Secara rinci tertera pada tabel 4.16 dan gambar 4.16.

**Tabel 4.16 Storyboard page 30-31**

Page 30-31	Teks	Lanjutan materi persamaan gas ideal dan materi prinsip ekuipartisi energi.
	Gambar	Sistem respirasi
	Navigasi	Menampilkan tombol lanjut dan tombol sebelumnya, nomor halaman, tombol <i>thumbnail</i> , tombol <i>zoom</i> , tombol suara, tombol berbagi, tombol <i>auto flip</i> , dan tombol <i>fullscreen</i> .



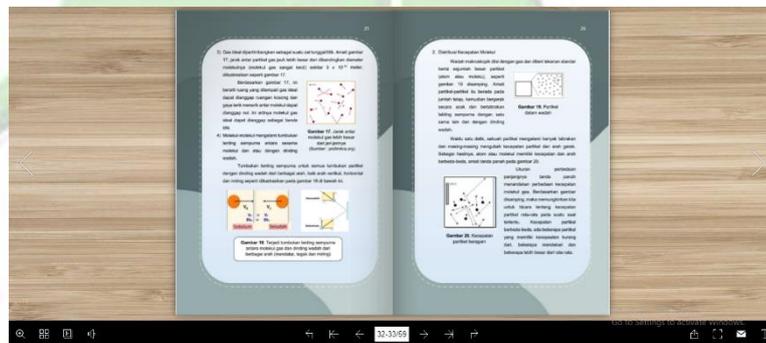
**Gambar 4.16 Page 30-31 lanjutan materi persamaan gas ideal dan materi prinsip ekuipartisi energi**

- 17) Page 32-33 lanjutan materi prinsip ekuipartisi energi

Halaman tiga puluh dua dan tiga puluh tiga yaitu lanjutan materi prinsip ekuipartisi energi. Secara rinci tertera pada tabel 4.17 dan gambar 4.17.

**Tabel 4.17 Storyboard page 32-33**

Page 32-33	Teks	Materi prinsip ekuipartisi energi.
	Gambar	Molekul, tumbukan lenting sempurna, partikel dalam wadah dan kecepatan partikel.
	Navigasi	Menampilkan tombol lanjut dan tombol sebelumnya, nomor halaman, tombol <i>thumbnail</i> , tombol <i>zoom</i> , tombol suara, tombol berbagi, tombol <i>auto flip</i> , dan tombol <i>fullscreen</i> .

**Gambar 4.17 Page 32-33 lanjutan materi prinsip ekuipartisi energi**

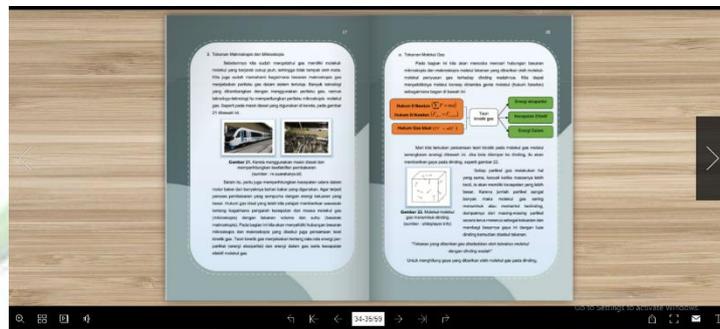
## 18) Page 34-35 materi tekanan makroskopis dan mikroskopis

Halaman tiga puluh empat dan tiga puluh lima yaitu materi tekanan makroskopis dan mikroskopis. Secara rinci tertera pada tabel 4.18 dan gambar 4.18.

**Tabel 4.18 Storyboard page 34-35**

Page 34-35	Teks	Materi tekanan makroskopis dan mikroskopis.
	Gambar	Kereta, mesin diesel dan molekul gas menumbuk dinding.

	Bagan	Konsep dinamika gerak molekul (hukum Newton).
	Navigasi	Menampilkan tombol lanjut dan tombol sebelumnya, nomor halaman, tombol <i>thumbnail</i> , tombol <i>zoom</i> , tombol suara, tombol berbagi, tombol <i>auto flip</i> , dan tombol <i>fullscreen</i> .



**Gambar 4.18** Page 34-35 materi tekanan makroskopis dan mikroskopis

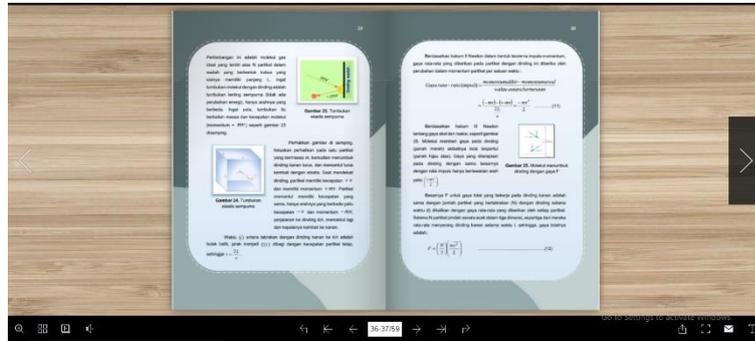
19) Page 36-37 lanjutan materi tekanan makroskopis dan mikroskopis

Halaman tiga puluh enam dan tiga puluh tujuh yaitu materi tekanan makroskopis dan mikroskopis. Secara rinci tertera pada tabel 4.19 dan gambar 4.19.

**Tabel 4.19** Storyboard page 36-37

	Teks	Lanjutan materi tekanan makroskopis dan mikroskopis.
Page 36-37	Gambar	Tumbukan elastis sempurna dan molekul menumbuk dinding dengan F.
	Navigasi	Menampilkan tombol lanjut dan tombol sebelumnya, nomor halaman, tombol <i>thumbnail</i> , tombol <i>zoom</i> , tombol suara, tombol berbagi, tombol <i>auto flip</i> , dan tombol <i>fullscreen</i> .

	tombol berbagi, tombol <i>auto flip</i> , dan tombol <i>fullscreen</i> .
--	--



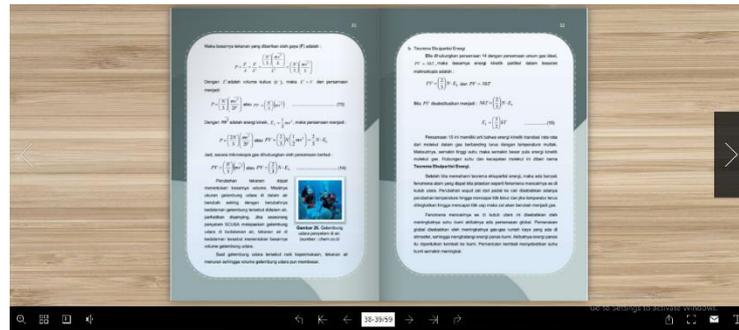
**Gambar 4.19** Page 36-37 lanjutan materi tekanan makroskopis dan mikroskopis

20) Page 38-39 lanjutan materi tekanan makroskopis dan mikroskopis

Halaman tiga puluh delapan dan tiga puluh sembilan yaitu lanjutan materi tekanan makroskopis dan mikroskopis. Secara rinci tertera pada tabel 4.20 dan gambar 4.20.

**Tabel 4.20** Storyboard page 38-39

Page 38-39	Teks	Lanjutan materi tekanan makroskopis dan mikroskopis.
	Gambar	Penyelam.
	Navigasi	Menampilkan tombol lanjut dan tombol sebelumnya, nomor halaman, tombol <i>thumbnail</i> , tombol <i>zoom</i> , tombol suara, tombol berbagi, tombol <i>auto flip</i> , dan tombol <i>fullscreen</i> .



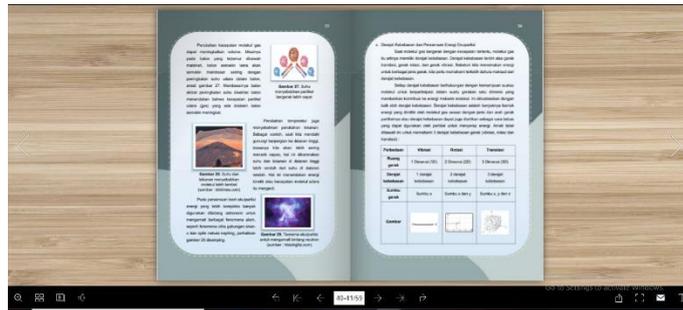
**Gambar 4.20 Page 38-39 lanjutan materi tekanan makroskopis dan mikroskopis**

21) Page 40-41 materi derajat kebebasan dan persamaan ekuipartisi energi

Halaman empat puluh dan empat puluh satu yaitu materi derajat kebebasan dan persamaan ekuipartisi energi. Secara rinci tertera pada tabel 4.21 dan gambar 4.21.

**Tabel 4.21 Storyboard page 40-41**

Page 40-41	Teks	Materi derajat kebebasan dan persamaan ekuipartisi energi
	Gambar	Partikel, pegunungan, bintang neutron.
	Tabel	3 derajat kebebasan gerak
	Navigasi	Menampilkan tombol lanjut dan tombol sebelumnya, nomor halaman, tombol <i>thumbnail</i> , tombol <i>zoom</i> , tombol suara, tombol berbagi, tombol <i>auto flip</i> , dan tombol <i>fullscreen</i> .



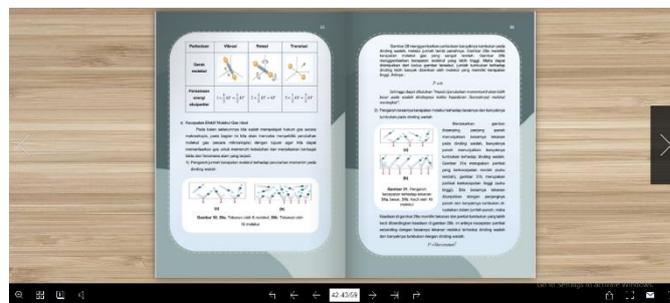
**Gambar 4.21** Page 40-41 materi derajat kebebasan dan persamaan ekuipartisi energi

22) Page 42-43 materi kecepatan efektif molekul gas ideal

Halaman empat puluh dan empat puluh satu yaitu materi kecepatan efektif molekul gas ideal. Secara rinci tertera pada tabel 4.22 dan gambar 4.22.

**Tabel 4.22** Storyboard page 42-43

Page 42-43	Teks	Materi kecepatan efektif molekul gas ideal.
	Gambar	Molekul.
	Navigasi	Menampilkan tombol lanjut dan tombol sebelumnya, nomor halaman, tombol <i>thumbnail</i> , tombol <i>zoom</i> , tombol suara, tombol berbagi, tombol <i>auto flip</i> , dan tombol <i>fullscreen</i> .



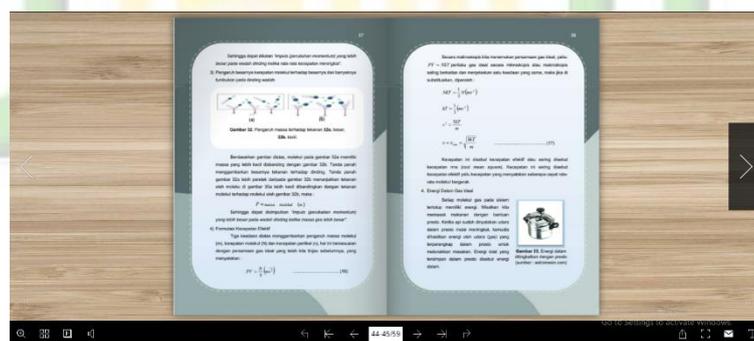
**Gambar 4.22** Page 42-43 materi kecepatan efektif molekul gas ideal

23) Page 44-45 materi formulasi kecepatan efektif dan energi dalam gas ideal

Halaman empat puluh empat dan empat puluh lima yaitu materi formulasi kecepatan efektif dan energi dalam gas ideal. Secara rinci tertera pada tabel 4.23 dan gambar 4.23.

**Tabel 4.23 Storyboard page 44-45**

Page 44-45	Teks	Materi formulasi kecepatan efektif dan energi dalam gas ideal.
	Gambar	Presto.
	Navigasi	Menampilkan tombol lanjut dan tombol sebelumnya, nomor halaman, tombol <i>thumbnail</i> , tombol <i>zoom</i> , tombol suara, tombol berbagi, tombol <i>auto flip</i> , dan tombol <i>fullscreen</i> .



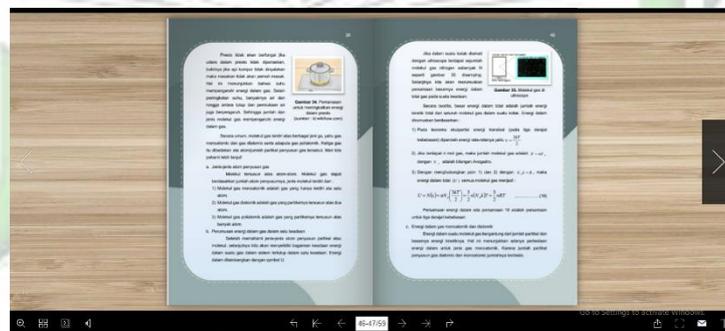
**Gambar 4.23 Page 44-45 materi formulasi kecepatan efektif dan energi dalam gas ideal**

## 24) Page 46-47 lanjutan materi energi dalam gas ideal

Halaman empat puluh enam dan empat puluh tujuh yaitu lanjutan materi energi dalam gas ideal. Secara rinci tertera pada tabel 4.24 dan gambar 4.24.

Tabel 4.24 Storyboard page 46-47

Page 46-47	Teks	Lanjutan materi energi dalam gas ideal.
	Gambar	Kartun presto dan molekul gas di ultracope.
	Navigasi	Menampilkan tombol lanjut dan tombol sebelumnya, nomor halaman, tombol <i>thumbnail</i> , tombol <i>zoom</i> , tombol suara, tombol berbagi, tombol <i>auto flip</i> , dan tombol <i>fullscreen</i> .



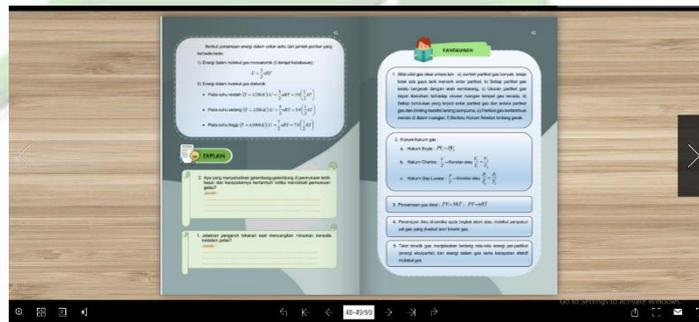
Gambar 4.24 Page 46-47 lanjutan materi energi dalam gas ideal

25) Page 48-49 tahap *explain* dan rangkuman

Halaman empat puluh delapan dan empat puluh sembilan yaitu tahap *explain* dan rangkuman. Secara rinci tertera pada tabel 4.25 dan gambar 4.25.

Tabel 4.25 Storyboard page 48-49

Page 48-49	Teks	Tahap <i>explain</i> dan rangkuman.
	Gambar	Kartun perempuan membaca buku.
	Navigasi	Menampilkan tombol lanjut dan tombol sebelumnya, nomor halaman, tombol <i>thumbnail</i> , tombol <i>zoom</i> , tombol suara, tombol berbagi, tombol <i>auto flip</i> , dan tombol <i>fullscreen</i> .

Gambar 4.25 Page 48-49 tahap *explain* dan rangkuman

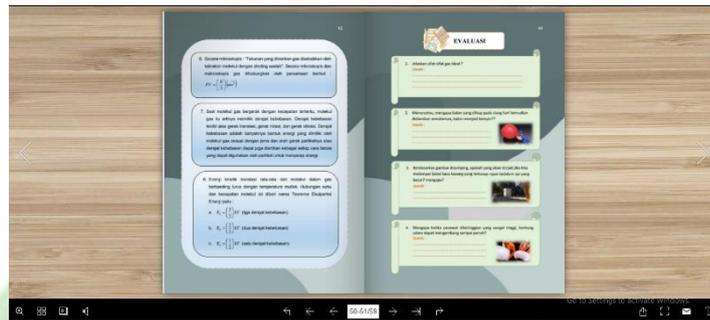
## 26) Page 50-58 soal evaluasi

Halaman lima puluh sampai lima puluh delapan adalah soal evaluasi. Secara rinci tertera pada tabel 4.26 dan gambar 4.26.

Tabel 4.26 Storyboard page 50-51

Page 50-58	Teks	Soal evaluasi.
---------------	------	----------------

	Navigasi	Menampilkan tombol lanjut dan tombol sebelumnya, nomor halaman, tombol <i>thumbnail</i> , tombol <i>zoom</i> , tombol suara, tombol berbagi, tombol <i>auto flip</i> , dan tombol <i>fullscreen</i> .
--	----------	---



**Gambar 4.26 Page 50-51 soal evaluasi**

27) Page 59 daftar pustaka

Halaman lima puluh dan lima puluh satu yaitu lanjutan rangkuman dan soal evaluasi. Secara rinci tertera pada tabel 4.27 dan gambar 4.27.

**Tabel 4.27 Storyboard page 59**

	Teks	Daftar pustaka atau referensi dalam pembuatan <i>e-module</i> .
Page 59	Navigasi	Menampilkan tombol sebelumnya, nomor halaman, tombol <i>thumbnail</i> , tombol <i>zoom</i> , tombol suara, tombol berbagi, tombol <i>auto flip</i> , dan tombol <i>fullscreen</i> .



**Gambar 4.27 Page 59 daftar pustaka**

c. *Development* (Pengembangan)

Tahap ketiga yaitu *development* (pengembangan). Pada tahap ini dilakukan validasi produk oleh beberapa ahli, respon guru dan diujicobakan pada kelompok kecil untuk mengetahui respon siswa terhadap *e-module* yang dikembangkan. *E-Module* yang telah didesain akan divalidasi oleh ahli media, ahli materi dan ahli pembelajaran. Sebelum lembar validasi digunakan sebagai instrumen penilaian produk yang akan disebarakan kepada 6 validator, lembar instrumen validasi untuk ahli media, ahli materi dan ahli pembelajaran akan divalidasi terlebih dahulu. Begitu pula untuk angket respon guru dan angket respon siswa akan divalidasi terlebih dahulu. Instrumen validasi yang divalidasi yaitu terkait format, isi dan bahasa yang digunakan. Lembar validasi dan angket yang telah divalidasi siap digunakan dan diuji oleh 2 ahli media, 2 ahli materi, 2 ahli pembelajaran, 1 guru fisika, dan 10 siswa pada ujicoba kelompok kecil.

## 2. Kelayakan *E-Module* Berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) pada Materi Teori Kinetik Gas

### a. Hasil Validasi Ahli Media

Proses validasi dari pengembangan *e-module* ialah untuk menguji kelayakan media dari *e-module* berbasis POE (*Predict, Observe, Explai*). Proses validasi dilakukan dengan menyerahkan angket kepada 2 ahli media untuk menilai kelayakan produk. Berikut adalah data hasil uji validasi oleh ahli media.

**Tabel 4.28 Penilaian ahli media pertama dan kedua pada aspek tampilan**

Aspek	Butir Penilaian	Validator (n=2)		Jumlah skor tiap butir
		1	2	
Tampilan	Desain halaman awal <i>e-module</i>	5	4	9
	Konsep desain dengan mata pelajaran	5	4	9
	Animasi pada tulisan	5	3	8
	Pemilihan warna pada tulisan	5	4	9
	Warns pada tulisan tidak <i>contrast</i> dengan <i>background</i>	5	4	9
	Pemilihan warna pada gambar / bagan	5	4	9
	Pemilihan <i>background</i> pada <i>e-module</i>	4	5	9
	Pemilihan warna pada <i>background</i>	4	5	9
	Pemilihan ukuran huruf	5	4	9
	Pemilihan <i>font</i> huruf	5	4	9
	Kesesuaian spasi antar kalimat	5	5	10

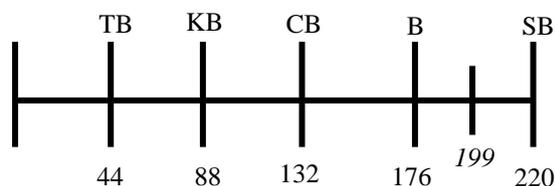
	Kesesuaian ukuran <i>button</i>	5	5	10
	Pemilihan warna pada <i>button</i>	4	4	8
	Kejelasan tanda / tulisan pada <i>button</i>	4	5	9
	Penempatan <i>button</i> pada setiap halaman	5	4	9
	Tampilan gambar pada <i>e-module</i>	5	5	10
	Kesesuaian ukuran gambar	5	4	9
	Penempatan gambar pada <i>e-module</i>	4	4	8
	Kesesuaian tata letak tulisan	4	5	9
	<i>Layout</i> keseluruhan isi <i>e-module</i>	5	4	9
	Tata letak komponen pendukung <i>e-module</i>	5	5	10
	Kesesuaian musik pengiring <i>e-module</i>	5	4	9
	Jumlah skor aspek ( $\sum x$ )	199		
	Rata-rata skor ( $\bar{X}$ )	4,5		
	Persentase (%)	90		
	Kategori	Sangat Baik		
	Kriteria	Sangat valid		

Berdasarkan tabel 4.28 penilaian ahli media pertama dan kedua terhadap aspek tampilan diperoleh data rata-rata skor diperoleh sebesar 4,5 dengan persentase 90%. Jika dihitung melalui persentase, yaitu :

$$\text{Hasil} = \frac{199}{220} \times 100\% = 90\%$$

Berdasarkan hasil data yang diperoleh maka dapat diketahui bahwa aspek tampilan dari *e-module* ini berada pada kriteria sangat baik dan

sangat valid. Secara keseluruhan, interval hasil penilaian pada gambar 4.28.



**Gambar 4. 28 Hasil penilaian ahli media pada aspek tampilan**

Selanjutnya penilai ahli media pertama dan kedua pada aspek penggunaan yang tertera pada tabel 4.29.

**Tabel 4.29 Penilaian ahli media pertama dan kedua pada aspek penggunaan**

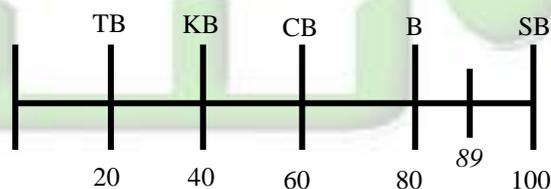
Aspek	Butir Penilaian	Validator (n=2)		Jumlah skor tiap butir
		1	2	
Penggunaan	Kemudahan penggunaan <i>e-module</i>	5	5	10
	Kemudahan navigasi	5	5	10
	Tingkat interaktifitas pengguna terhadap materi	5	5	10
	Tingkat interaktifitas pengguna terhadap soal	5	4	9
	Komposisi setiap slide	4	4	8
	Kejelasan petunjuk penggunaan <i>e-module</i>	4	4	8
	Kemudahan memilih menu	4	3	7
	Ketepatan penggunaan tombol / <i>button</i>	4	4	8
	Kualitas tampilan gambar pada <i>e-module</i>	5	5	10

	Kualitas audio / musik pendukung	5	4	9
Jumlah skor aspek ( $\sum x$ )				89
Rata-rata skor ( $\bar{X}$ )				4,45
Persentase (%)				89
Kategori				Sangat Baik
Kriteria				Sangat valid

Berdasarkan tabel 4.29 penilaian ahli media pertama dan kedua terhadap aspek penggunaan diperoleh data rata-rata skor diperoleh sebesar 4,45 dengan persentase 89%. Jika dihitung melalui persentase, yaitu :

$$\text{Hasil} = \frac{89}{100} \times 100\% = 89\%$$

Berdasarkan hasil data yang diperoleh maka dapat diketahui bahwa aspek penggunaan dari *e-module* ini berada pada kriteria sangat baik dan sangat valid. Secara keseluruhan, interval hasil penilaian pada gambar 4.29.



**Gambar 4. 29 Hasil penilaian ahli media pada aspek penggunaan**

Berdasarkan hasil penilaian ahli media pertama dan kedua terhadap aspek tampilan dan penggunaan, maka rekapitulasi dari penilaian ahli media tertera pada tabel 4.30.

**Tabel 4.30 Rekapitulasi penilaian ahli media pertama dan kedua**

Aspek	Skor yang diperoleh	Persentase	Kategori	Kriteria kelayakan
Tampilan	199	90 %	Sangat Baik	Sangat Valid
Penggunaan	89	89 %	Sangat Baik	Sangat Valid
Rata-rata persentase		89,5 %	Sangat Baik	Sangat Valid

Berdasarkan hasil penilaian ahli media pertama dan kedua, maka dapat diketahui bahwa rata-rata persentase penilaian ahli media terhadap *e-module* berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) pada materi teori kinetik gas adalah 89,5% dengan kategori sangat valid untuk digunakan dengan revisi sesuai ketentuan.

Adapun saran dan masukan perbaikan yang diberikan oleh kedua ahli media, yaitu :

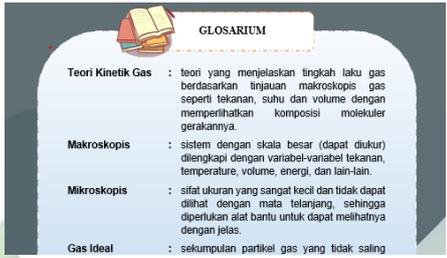
1. Kalimatnya dibuat lebih interaktif, misalkan pada bagian contoh soal dan kegiatan praktikum

**Tabel 4.31 perbaikan kalimat sebelum dan setelah revisi**

Sebelum revisi	Setelah revisi

## 2. Tambahkan glosarium/kata penting

**Tabel 4.32 glosarium sebelum dan setelah revisi**

Sebelum revisi	Setelah revisi
Tidak ada glosarium	 <p><b>GLOSARIUM</b></p> <p><b>Teori Kinetik Gas</b> : teori yang menjelaskan tingkah laku gas berdasarkan tinjauan makroskopis gas seperti tekanan, suhu dan volume dengan memperhatikan komposisi molekuler geraknya.</p> <p><b>Makroskopis</b> : sistem dengan skala besar (dapat diukur) dilengkapi dengan variabel-variabel tekanan, temperature, volume, energi, dan lain-lain.</p> <p><b>Mikroskopis</b> : sifat ukuran yang sangat kecil dan tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, sehingga diperlukan alat bantu untuk dapat melihatnya dengan jelas.</p> <p><b>Gas Ideal</b> : sekumpulan partikel gas yang tidak saling</p>

## 3. Nomor halaman dipindahkan dibagian bawah tengah

**Tabel 4.33 nomor halaman sebelum dan setelah revisi**

Sebelum revisi	Setelah revisi
 <p>KEGIATAN PEMBELAJARAN</p> <p>Tujuan Pembelajaran</p> <p>Setelah mempelajari materi ini diharapkan siswa mampu mendeskripsikan, menganalisis, dan menyelesaikan permasalahan yang terkait dengan sifat-sifat gas ideal monatomik serta perubahan keadaan gas ideal.</p> <p>1. Gas Ideal dan Hukum Tentang Gas Ideal</p> <p>Bacalah wacana berikut!</p>	 <p>(sumber : <a href="http://vorhat.com/">http://vorhat.com/</a>)</p> <p>Setelah beberapa saat kemudian, ternyata lilinya kembali padam dan air yang dituang gelas tersebut tumpah ke dalam gelas.</p>

4. Bagian cover pada tulisan “*e-module* fisika” warnanya diubah menjadi warna gelap dan ukuran *font* pada tulisan “untuk siswa kelas XI” dan nama penulis di ubah menjadi ukuran 14.**Tabel 4.34 cover sebelum dan setelah revisi**

Sebelum revisi	Setelah revisi
 <p>e-module fisika</p> <p>TEORI KINETIK</p>	 <p>e-module fisika</p> <p>TEORI KINETIK</p>



#### b. Hasil Validasi Ahli Materi

Validator ahli media dilakukan oleh 2 validator. Validasi ini dilakukan untuk mendapatkan informasi, saran dan masukan yang akan menjadi dasar dalam meningkatkan dan memperbaiki kualitas materi pada *e-module* dan untuk menguji kelayakan materi dari *e-module* berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) pada materi teori kinetik gas. Hasil validasi didapatkan dari penilaian ahli melalui lembar validasi berupa angket. Hasil penilaian ahli materi pertama dan kedua pada aspek kualitas isi tertera pada tabel 4.35.

**Tabel 4.35 Penilaian ahli materi pertama dan kedua pada aspek kualitas isi**

Aspek	Butir Penilaian	Validator (n=2)		Jumlah skor tiap butir
		1	2	
Kualitas Isi	Kelengkapan materi	5	5	10

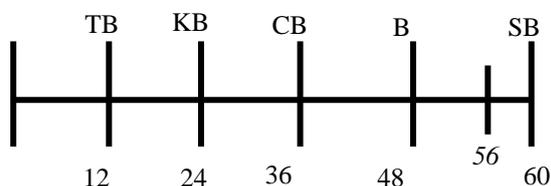
	Memberikan pengalaman dan pengetahuan belajar pada siswa	5	5	10
	Kesesuaian dengan tujuan pembelajaran	4	5	9
	Keakuratan contoh dan kasus	5	4	9
	Kesesuaian dengan KD dan Indikator	4	5	9
	Kesesuaian dengan kognitif, afektif dan psikomotorik siswa	4	5	9
Jumlah skor aspek ( $\sum x$ )				56
Rata-rata skor ( $\bar{X}$ )				4,6
Persentase (%)				93
Kategori				Sangat Baik
Kriteria				Sangat valid

Berdasarkan tabel 4.35 penilaian ahli materi pertama dan kedua terhadap aspek kualitas isi diperoleh data rata-rata skor diperoleh sebesar 4,6 dengan persentase 93%. Jika dihitung melalui persentase, yaitu :

$$\text{Hasil} = \frac{56}{60} \times 100\% = 93\%$$

Berdasarkan hasil data yang diperoleh maka dapat diketahui bahwa aspek kualitas isi dari *e-module* ini berada pada kriteria sangat baik dan sangat valid.

Secara keseluruhan, interval hasil penilaian pada gambar 4.30.



**Gambar 4.30 Hasil penilaian ahli materi pada aspek kualitas isi**

Selanjutnya penilain ahli materi pertama dan kedua pada aspek POE (*Predict, Observe, Explain*) yang tertera pada tabel 4.36.

**Tabel 4.36 Penilaian ahli materi pertama dan kedua pada aspek POE (*Predict, Observe, Explain*)**

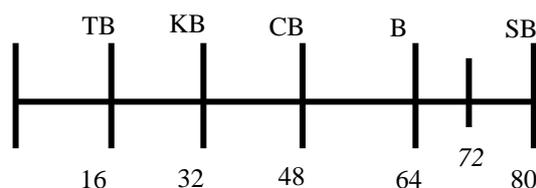
Aspek	Butir Penilaian	Validator (n=2)		Jumlah skor tiap butir
		1	2	
POE ( <i>Predict, Observe, Explain</i> )	Menambah pengetahuan siswa berdasarkan pengetahuan awal yang dimilikinya	4	5	9
	Memprediksi masalah yang disajikan	4	5	9
	Memberikan hipotesis berdasarkan permasalahan yang diambil dari pengalaman siswa	4	5	9
	<i>E-Module</i> memuat suatu fenomena terkait meteri yang akan dibahas	4	5	9
	Mengamati hasil prediksi	5	5	10
	<i>E-Module</i> berisi observasi dengan melakukan eksperimen atau demonstrasi berdasarkan	4	4	8

	permasalahan siswa dalam kehidupans ehari-hari			
	Membandingkan hasil observasi dengan hipotesis sebelumnya	4	5	9
	Menjelaskan kesimpulan	4	5	9
Jumlah skor aspek ( $\sum x$ )				72
Rata-rata skor ( $\bar{X}$ )				4,5
Persentase (%)				90
Kategori				Sangat Baik
Kriteria				Sangat valid

Berdasarkan tabel 4.36 penilaian ahli materi pertama dan kedua terhadap aspek POE (*Predict, Observe, Explain*) diperoleh data rata-rata skor diperoleh sebesar 4,5 dengan persentase 90%. Jika dihitung melalui persentase, yaitu :

$$\text{Hasil} = \frac{72}{80} \times 100\% = 90\%$$

Berdasarkan hasil data yang diperoleh maka dapat diketahui bahwa aspek POE (*Predict, Observe, Explain*) dari *e-module* ini berada pada kriteria sangat baik dan sangat valid. Secara keseluruhan, interval hasil penilaian pada gambar 4.31.



**Gambar 4.31 Hasil penilaian ahli materi pada aspek POE (*Predict, Observe, Explain*)**

Selanjutnya penilain ahli materi pertama dan kedua pada aspek bahasa yang tertera pada tabel 3.7.

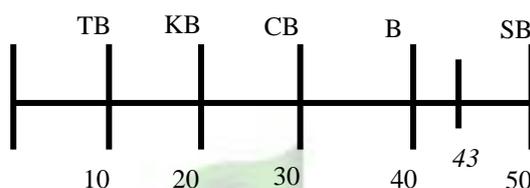
**Tabel 4.37 Penilaian ahli materi pertama dan kedua pada aspek bahasa**

Aspek	Butir Penilaian	Validator (n=2)		Jumlah skor tiap butir
		1	2	
Bahasa	Bahasa yang digunakan komunikatif	4	4	8
	Kalimat yang digunakan untuk menjelaskan materi mudah dipahami	4	4	8
	Kalimat yang digunakan tidak menimbulkan makna ganda	4	5	9
	Kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia	4	5	9
	Kesesuaian dengan tingkat perkembangan emosional siswa	4	5	9
Jumlah skor aspek ( $\sum x$ )				43
Rata-rata skor ( $\bar{X}$ )				4,3
Persentase (%)				86
Kategori				Sangat Baik
Kriteria				Sangat Valid

Berdasarkan tabel 4.37 penilaian ahli materi pertama dan kedua terhadap aspek bahasa diperoleh data rata-rata skor diperoleh sebesar 4,3 dengan persentase 86%. Jika dihitung melalui persentase, yaitu :

$$\text{Hasil} = \frac{43}{50} \times 100\% = 86\%$$

Berdasarkan hasil data yang diperoleh maka dapat diketahui bahwa aspek bahasa dari *e-module* ini berada pada kriteria sangat baik dan sangat valid. Secara keseluruhan, interval hasil penilaian pada gambar 4.32.



**Gambar 4.32 Hasil penilaian ahli materi pada aspek bahasa**

Berdasarkan hasil penilaian ahli materi pertama dan kedua terhadap aspek kualitas isi, POE (*Predict, Observe, Explain*) dan bahasa, maka rekapitulasi dari penilaian ahli materi tertera pada tabel 4.38.

**Tabel 4.38 Rekapitulasi penilaian ahli materi pertama dan kedua**

Aspek	Skor yang diperoleh	Persentase	Kategori	Kriteria kelayakan
Kualitas isi	56	93 %	Sangat Baik	Sangat Valid
POE ( <i>Predict, Observe, Explain</i> )	72	90 %	Sangat Baik	Sangat Valid
Bahasa	43	86 %	Sangat Baik	Sangat Valid
Rata-rata persentase		89,6 %	Sangat Baik	Sangat Valid

Berdasarkan hasil penilaian ahli materi pertama dan kedua, maka dapat diketahui bahwa rata-rata persentase penilaian ahli materi terhadap

*e-module* berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) pada materi teori kinetik gas adalah 89,6% dengan kategori sangat valid untuk digunakan dengan revisi sesuai ketentuan.

Adapun saran dan masukan perbaikan yang diberikan oleh kedua ahli materi, ialah :

1. Perbaiki salah pengetikan kata “dalam” di halaman 6 dari *e-module*.

**Tabel 4.39** perbaikan pengetikan sebelum dan setelah revisi

Sebelum revisi	Setelah revisi
<p>berkendara, karea ketika terjadi tabrakan <i>air bag</i> akan mengembang secara otomatis. <i>Ari bag</i> yang awalnya kosong dimasukkan sejumlah udara (gas) dengan jumlah tertentu, sehingga dapat terbentuk kasur udara.</p> <p>Bagaimana gas dapat dimasukkan dlaam kantong? Nah, kita harus mengetahui perilaku dan besaran gas baik secara makroskopis dan mikroskopis. Perlu pengidealan molekul gas untuk memudahkan analisis,</p> <p><b>Gambar 1.</b> <i>Air bag</i> memanfaatkan sifat gas ideal (Sumber : seva.id)</p>	<p>berkendara, karea ketika terjadi tabrakan <i>air bag</i> akan mengembang secara otomatis. <i>Ari bag</i> yang awalnya kosong dimasukkan sejumlah udara (gas) dengan jumlah tertentu, sehingga dapat terbentuk kasur udara.</p> <p>Bagaimana gas dapat dimasukkan dalam kantong? Nah, kita harus mengetahui perilaku dan besaran gas baik secara makroskopis dan mikroskopis. Perlu pengidealan molekul gas untuk memudahkan analisis,</p> <p><b>Gambar 1.</b> <i>Air bag</i> memanfaatkan sifat gas ideal (Sumber : seva.id)</p>

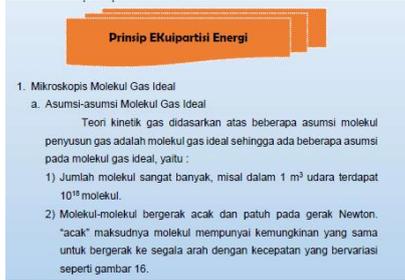
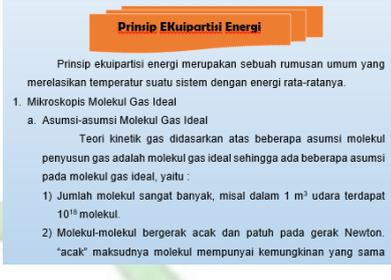
2. Jelaskan istilah isokhorik dan isotermal di halaman 20 agar lebih komunikatif.

**Tabel 4.40** perbaikan istilah halaman 20 sebelum dan setelah perbaikan

Sebelum revisi	Setelah revisi
<p><b>Persamaan Keadaan Gas Ideal</b></p> <p>Pada proses isobarik, tekanan gas tetap, sedangkan volume dan temperatur gas berubah. Demikian juga dalam proses isokhorik dan isotermal, terdapat satu variabel atau besaran gas yang berada dalam keadaan tetap, sedangkan kedua variabel gas lainnya berubah. Bagaimanakah jika ketiga besaran yang menyatakan keadaan gas tersebut (tekanan, volume, dan suhu) berubah?</p> <p>Dari ketiga hubungan antara tekanan, volume, dan suhu gas yang didapatkan dari Hukum Boyle dan Hukum Gay-Lussac dapat diturunkan suatu persamaan yang disebut persamaan keadaan gas ideal.</p>	<p><b>Persamaan Keadaan Gas Ideal</b></p> <p>Pada proses isobarik yaitu perubahan keadaan gas pada tekanan tetap sedangkan volume dan temperatur gas berubah. Demikian juga dalam proses isokhorik dan isotermal, terdapat satu variabel atau besaran gas yang berada dalam keadaan tetap, sedangkan kedua variabel gas lainnya berubah. Isokhorik volumenya tetap dan isotermal suhunya yang tetap. Bagaimanakah jika ketiga besaran yang menyatakan keadaan gas tersebut (tekanan, volume, dan suhu) berubah?</p> <p>Dari ketiga hubungan antara tekanan, volume, dan suhu gas yang didapatkan dari Hukum Boyle dan Hukum Gay-Lussac dapat diturunkan suatu persamaan yang disebut persamaan keadaan gas ideal.</p>

3. Jelaskan istilah ekuipartisi energi di halaman 24 agar pembaca ada kerangka berpikir untuk membaca subbab tersebut.

**Tabel 4.41 perbaikan istilah halaman 24 sebelum dan setelah perbaikan**

Sebelum revisi	Setelah revisi
 <p><b>Prinsip Ekuipartisi Energi</b></p> <p>1. Mikroskopis Molekul Gas Ideal</p> <p>a. Asumsi-asumsi Molekul Gas Ideal</p> <p>Teori kinetik gas didasarkan atas beberapa asumsi molekul penyusun gas adalah molekul gas ideal sehingga ada beberapa asumsi pada molekul gas ideal, yaitu :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Jumlah molekul sangat banyak, misal dalam 1 m<sup>3</sup> udara terdapat 10<sup>18</sup> molekul.</li> <li>2) Molekul-molekul bergerak acak dan patuh pada gerak Newton. "acak" maksudnya molekul mempunyai kemungkinan yang sama untuk bergerak ke segala arah dengan kecepatan yang bervariasi seperti gambar 16.</li> </ol>	 <p><b>Prinsip Ekuipartisi Energi</b></p> <p>Prinsip ekuipartisi energi merupakan sebuah rumusan umum yang merelasikan temperatur suatu sistem dengan energi rata-ratanya.</p> <p>1. Mikroskopis Molekul Gas Ideal</p> <p>a. Asumsi-asumsi Molekul Gas Ideal</p> <p>Teori kinetik gas didasarkan atas beberapa asumsi molekul penyusun gas adalah molekul gas ideal sehingga ada beberapa asumsi pada molekul gas ideal, yaitu :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Jumlah molekul sangat banyak, misal dalam 1 m<sup>3</sup> udara terdapat 10<sup>18</sup> molekul.</li> <li>2) Molekul-molekul bergerak acak dan patuh pada gerak Newton. "acak" maksudnya molekul mempunyai kemungkinan yang sama</li> </ol>

### c. Hasil Validasi Ahli Pembelajaran

Pengembangan selanjutnya dari *e-module* adalah menguji kelayakan kualitas isi, POE (*Predict, Observe, Explain*), dan bahasa *e-module* berbasis POE, yang dinilai oleh ahli pembelajaran . Proses ini dilakukan dengan menyerahkan angket penilaian kepada ahli pembelajaran untuk menilai kelayakan produk. Hasil penilaian ahli pembelajaran pertama dan kedua pada aspek kualitas isi tertera pada tabel 4.42.

**Tabel 4.42 Penilaian ahli pembelajaran pertama dan kedua pada aspek kualitas isi**

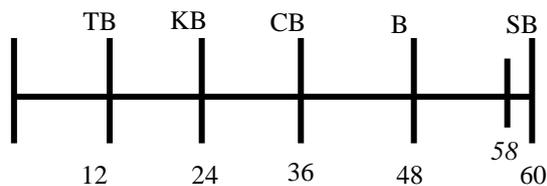
Aspek	Butir Penilaian	Validator (n=2)		Jumlah skor tiap butir
		1	2	
Kualitas Isi	Kelengkapan materi	5	4	9

	Memberikan pengalaman dan pengetahuan belajar pada siswa	5	5	10
	Kesesuaian dengan tujuan pembelajaran	5	4	9
	Keakuratan contoh dan kasus	5	5	10
	Kesesuaian dengan KD dan Indikator	5	5	10
	Kesesuaian dengan kognitif, afektif dan psikomotorik siswa	5	5	10
Jumlah skor aspek ( $\sum x$ )				58
Rata-rata skor ( $\bar{X}$ )				4,8
Persentase (%)				96
Kategori				Sangat Baik
Kriteria				Sangat valid

Berdasarkan tabel 4.42 penilaian ahli pembelajaran pertama dan kedua terhadap aspek kualitas isi diperoleh data rata-rata skor diperoleh sebesar 4,8 dengan persentase 96%. Jika dihitung melalui persentase, yaitu:

$$\text{Hasil} = \frac{58}{60} \times 100\% = 96\%$$

Berdasarkan hasil data yang diperoleh maka dapat diketahui bahwa aspek kualitas isi dari *e-module* ini berada pada kriteria sangat baik dan sangat valid. Secara keseluruhan, interval hasil penilaian pada gambar 4.33.



**Gambar 4.33 Hasil penilaian ahli pembelajaran pada aspek kualitas isi**

Selanjutnya penilai ahli pembelajaran pertama dan kedua pada aspek POE (*Predict, Observe, Explain*) yang tertera pada tabel 4.43.

**Tabel 4.43 Penilaian ahli pembelajaran pertama dan kedua pada aspek POE (*Predict, Observe, Explain*)**

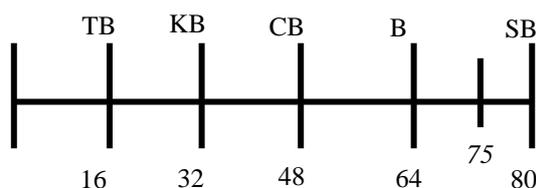
Aspek	Butir Penilaian	Validator (n=2)		Jumlah skor tiap butir
		1	2	
POE ( <i>Predict, Observe, Explain</i> )	Menambah pengetahuan siswa berdasarkan pengetahuan awal yang dimilikinya	4	4	8
	Memprediksi masalah yang disajikan	5	4	9
	Memberikan hipotesis berdasarkan permasalahan yang diambil dari pengalaman siswa	5	5	10
	<i>E-Module</i> memuat suatu fenomena terkait materi yang akan dibahas	5	5	10
	Mengamati hasil prediksi	5	5	10
	<i>E-Module</i> berisi observasi dengan melakukan eksperimen atau demonstrasi berdasarkan	5	5	10

	permasalahan siswa dalam kehidupans ehari-hari			
	Membandingkan hasil observasi dengan hipotesis sebelumnya	5	4	9
	Menjelaskan kesimpulan	5	4	9
Jumlah skor aspek ( $\sum x$ )				75
Rata-rata skor ( $\bar{X}$ )				4,6
Persentase (%)				93
Kategori				Sangat Baik
Kriteria				Sangat valid

Berdasarkan tabel 4.43 penilaian ahli pembelajaran pertama dan kedua terhadap aspek POE (*Predict, Observe, Explain*) diperoleh data rata-rata skor diperoleh sebesar 4,6 dengan persentase 93%. Jika dihitung melalui persentase, yaitu :

$$\text{Hasil} = \frac{75}{80} \times 100\% = 93\%$$

Berdasarkan hasil data yang diperoleh maka dapat diketahui bahwa aspek POE (*Predict, Observe, Explain*) dari *e-module* ini berada pada kriteria sangat baik dan sangat valid. Secara keseluruhan, interval hasil penilaian pada gambar 4.34.



**Gambar 4.34 Hasil penilaian ahli pembelajaran pada aspek POE (*Predict, Observe, Explain*)**

Selanjutnya penilai ahli pembelajaran pertama dan kedua pada aspek bahasa yang tertera pada tabel 4.44.

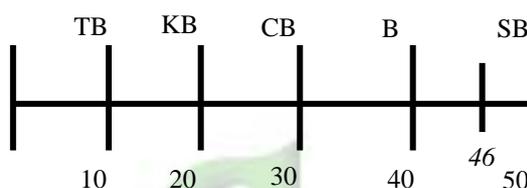
**Tabel 4.44 Penilaian ahli pembelajaran pertama dan kedua pada aspek bahasa**

Aspek	Butir Penilaian	Validator (n=2)		Jumlah skor tiap butir
		1	2	
Bahasa	Bahasa yang digunakan komunikatif	5	4	9
	Kalimat yang digunakan untuk menjelaskan materi mudah dipahami	5	5	10
	Kalimat yang digunakan tidak menimbulkan makna ganda	4	5	9
	Kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia	5	4	9
	Kesesuaian dengan tingkat perkembangan emosional siswa	5	4	9
Jumlah skor aspek ( $\sum x$ )				46
Rata-rata skor ( $\bar{X}$ )				4,6
Persentase (%)				92
Kategori				Sangat Baik
Kriteria				Sangat Valid

Berdasarkan tabel 4.44 penilaian ahli pembelajaran pertama dan kedua terhadap aspek bahasa diperoleh data rata-rata skor diperoleh sebesar 4,6 dengan persentase 92%. Jika dihitung melalui persentase, yaitu:

$$\text{Hasil} = \frac{46}{50} \times 100\% = 92\%$$

Berdasarkan hasil data yang diperoleh maka dapat diketahui bahwa aspek bahasa dari *e-module* ini berada pada kriteria sangat baik dan sangat valid. Secara keseluruhan, interval hasil penilaian pada gambar 4.35.



**Gambar 4. 35 Hasil penilaian ahli pembelajaran pada aspek bahasa**

Berdasarkan hasil penilaian ahli pembelajaran pertama dan kedua terhadap aspek kualitas isi, POE (*Predict, Observe, Explain*) dan bahasa, maka rekapitulasi dari penilaian ahli materi tertera pada tabel 4.45.

**Tabel 4.45 Rekapitulasi penilaian ahli pembelajaran pertama dan kedua**

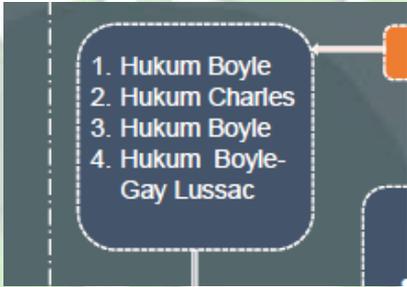
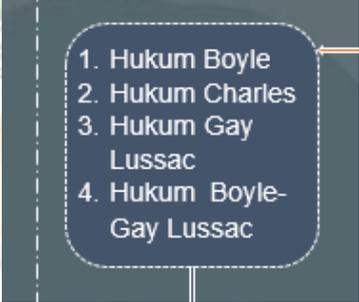
Aspek	Skor yang diperoleh	Persentase	Kategori	Kriteria kelayakan
Kualitas isi	58	96 %	Sangat Baik	Sangat Valid
POE ( <i>Predict, Observe, Explain</i> )	75	93 %	Sangat Baik	Sangat Valid
Bahasa	46	92 %	Sangat Baik	Sangat Valid
Rata-rata persentase		93,6 %	Sangat Baik	Sangat Valid

Berdasarkan hasil penilaian ahli pembelajaran pertama dan kedua, maka dapat diketahui bahwa rata-rata persentase penilaian ahli pembelajaran terhadap *e-module* berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) pada materi teori kinetik gas adalah 93,6% dengan kategori sangat valid untuk digunakan dengan revisi sesuai ketentuan. Adapun perbaikan ini akan menjadi acuan revisi *e-module*.

Adapun saran dan masukan perbaikan yang diberikan oleh kedua ahli pembelajaran, ialah :

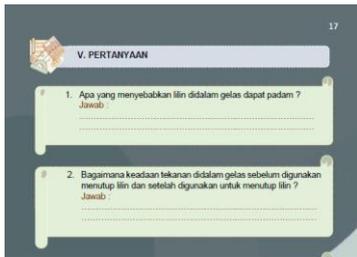
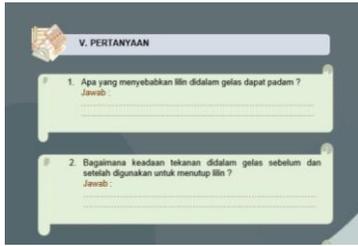
1. Halaman 1 bagian peta konsep diperbaiki

**Tabel 4.46** peta konsep sebelum dan setelah revisi

Sebelum revisi	Setelah revisi
	

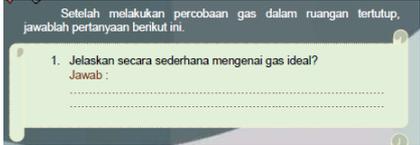
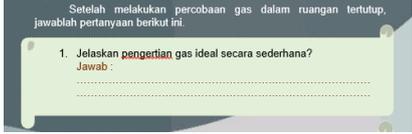
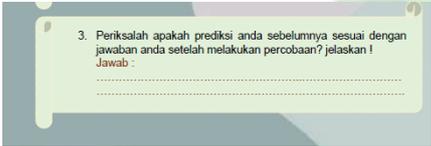
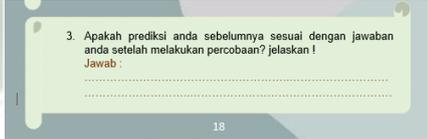
2. Halaman 17 kalimat pertanyaan nomor 2 disederhanakan.

**Tabel 4.47** kalimat pertanyaan sebelum dan setelah revisi

Sebelum revisi	Setelah revisi
	

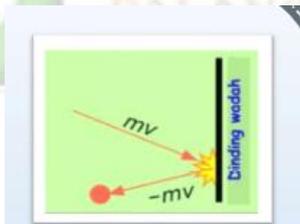
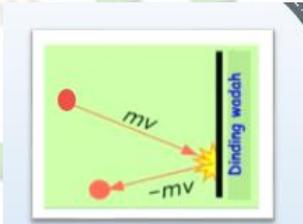
3. Halaman 18 kalimat pertanyaan nomor 1 dan 3 diperbaiki.

**Tabel 4.48** kalimat pertanyaan sebelum dan setelah revisi

Sebelum revisi	Setelah revisi
<p>Nomor 1</p>  <p>Setelah melakukan percobaan gas dalam ruangan tertutup, jawablah pertanyaan berikut ini.</p> <p>1. Jelaskan secara sederhana mengenai gas ideal? Jawab : .....</p>	 <p>Setelah melakukan percobaan gas dalam ruangan tertutup, jawablah pertanyaan berikut ini.</p> <p>1. Jelaskan <b>pengertian</b> gas ideal secara sederhana? Jawab : .....</p>
<p>Nomor 3</p>  <p>3. Periksalah apakah prediksi anda sebelumnya sesuai dengan jawaban anda setelah melakukan percobaan? jelaskan ! Jawab : .....</p>	 <p>3. Apakah prediksi anda sebelumnya sesuai dengan jawaban anda setelah melakukan percobaan? jelaskan ! Jawab : .....</p> <p>18</p>

4. Halaman 29 pada gambar 23 diperbaiki ditambah molekul saat sebelum tumbukan.

**Tabel 4.49** gambar sebelum dan setelah revisi

Sebelum revisi	Setelah revisi
 <p>Gambar 23. Tumbukan elastis sempurna</p>	 <p>Gambar 23. Tumbukan elastis sempurna</p>

5. Halaman 41 pada bagian *explain* nomor pertanyaan diurutkan.

**Tabel 4.50 nomor pertanyaan sebelum dan setelah revisi**

Sebelum revisi	Setelah revisi

6. Halaman 46 soal nomor 8 kata “menurutmu” dihilangkan.

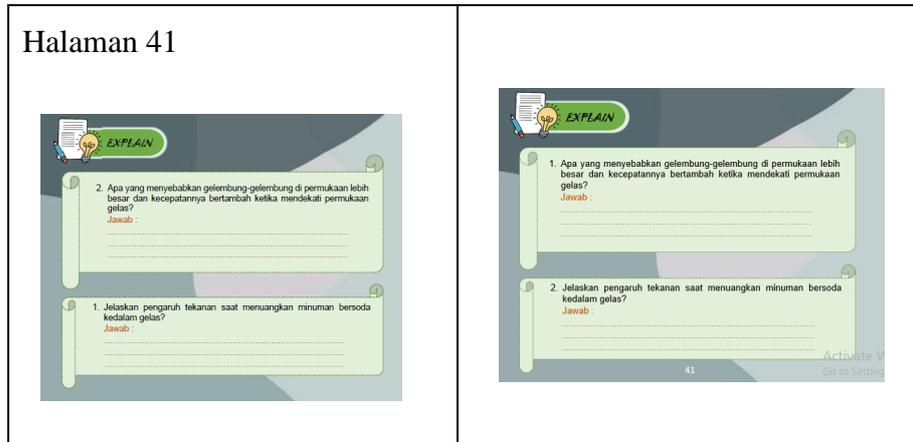
**Tabel 4.51 perbaikan kata sebelum dan setelah revisi**

Sebelum revisi	Setelah revisi

7. Halaman 4 bagian *predict* dan halaman 41 bagian *explain* salah ketik nomor soal, buatlah nomor yang terurut.

**Tabel 4.52 perbaikan nomor soal**

Sebelum revisi	Setelah revisi
<p>Halaman 4</p>	



8. Gunakan tata penulisan yang baik dan benar. Pada halaman 5, 6, 8, 10, 11, 12, 16, 18, 21, 22, 23, 25, 30, 35, 36, 37, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 49, 50 terjadi salah pengetikan (*typo*) tanda baca dan kata sambung.

Tabel 4.53 perbaikan tata penulisan

Sebelum revisi	Setelah revisi
<p><b>Halaman 5</b> penulisan huruf kapital pada kata “anda, bumi dan kata sambung di paragraf kedua (kalimat kedua)”</p> <p>The screenshot shows a section titled 'II. DASAR TEORI'. The text contains several instances of lowercase words that should be capitalized: 'anda', 'bumi', and 'kata sambung'. The text discusses the nature of matter and atoms.</p>	<p><b>Halaman 5</b> penulisan huruf kapital pada kata “anda, bumi dan kata sambung di paragraf kedua (kalimat kedua)”</p> <p>The screenshot shows the same section after revision. The words 'anda', 'bumi', and 'kata sambung' have been corrected to 'Anda', 'Bumi', and 'kata sambung' respectively. The text is now properly capitalized.</p>
<p><b>Halaman 6</b> saah pengetikan pada kata “air bag, langsung, dalam”</p> <p>The screenshot shows a section titled 'Gas nyata dapat dimanfaatkan untuk kehidupan manusia baik secara langsung seperti saat bernapas dan secara tidak langsung untuk dimanfaatkan dalam teknologi salah satunya kasur udara (air bag) seperti gambar dsamping. Air bag dimanfaatkan sebagai pelindung saat berkendara. Karena ketika terjadi tabrakan, air bag akan mengembang secara otomatis. Air bag yang awalnya kosong dimasukkan sejumlah udara (gas) dengan jumlah tertentu, sehingga dapat terbentuk kasur udara. Bagaimana gas dapat dimasukkan dalam kantong? Nah, kita harus mengetahui perilaku dan besaran gas baik secara makroskopis dan mikroskopis. Perlu pengendalian molekul gas untuk memudahkan analisis.</p>	<p><b>Halaman 6</b> saah pengetikan pada kata “air bag, langsung, dalam”</p> <p>The screenshot shows the same section after revision. The typos 'saah', 'langsung', and 'dalam' have been corrected to 'saat', 'langsung', and 'dalam' respectively. The text is now correctly spelled.</p>

### Halaman 8 Tanda baca

Pada persamaan 1 menyatakan bahwa pada suhu konstan, jika tekanan atau volume gas berubah, maka variabel yang lain juga berubah sehingga hasil kali P.V selalu tetap.

Banyak fenomena hukum Boyle yang ada disekitar kita seperti bernapas, berenang dan alat bantu menyelam (SCUBA) serta pompa ban.

Bayangkan ketika kita sedang berenang, amati gambar 4. Ketika mengambil napas dalam-dalam dengan membuka mulut saat dipermukaan maka kita akan cenderung untuk menggapung. Saat kita membuang napas, maka kita mungkin akan menemukan diri kita tenggelam.



Gambar 4. Berenang (Sumber: klikdokter.com)

Pada persamaan 1 menyatakan bahwa pada suhu konstan. Jika tekanan atau volume gas berubah, maka variabel yang lain juga berubah sehingga hasil kali P.V selalu tetap.

Banyak fenomena hukum Boyle yang ada disekitar kita, seperti bernapas, berenang, alat bantu menyelam (SCUBA) dan pompa ban.

Bayangkan ketika kita sedang berenang, amati gambar 4. Ketika mengambil napas dalam-dalam dengan membuka mulut saat dipermukaan, maka kita akan cenderung untuk menggapung. Saat kita membuang napas, maka kita mungkin akan menemukan diri kita tenggelam.



Gambar 4. Berenang (Sumber: klikdokter.com)

### Halaman 10 Penulisan bunyi hukum dan huruf capital pada kata "diesel"

Gambar 7 menunjukkan hubungan antara volume gas dan suhu pada tekanan konstan. Proses yang terjadi pada tekanan tetap disebut proses isobarik. Diketahui bahwa selain ditentukan oleh tekanan, volume gas dalam ruang tertutup juga dipengaruhi oleh suhu. Jika suhu gas dinaikkan, maka garis partikel-partikel gas akan semakin cepat sehingga volumenya bertambah.

Apabila tekanan tidak terlalu tinggi dan dijaga konstan, volume gas akan bertambah terhadap kenaikan suhu. Hukum Charles berbunyi: "Apabila tekanan gas yang berada dalam ruang tertutup dijaga konstan, maka volume gas berbanding lurus dengan suhu mutlaknya." (Young & Freedman, 2001).

Secara matematis, pernyataan tersebut dapat dituliskan:

$$\frac{V}{T} = \text{Konstan atau } \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad (2)$$

Keterangan:  
 $V_1$  = volume gas pada keadaan 1 (m<sup>3</sup>)  
 $T_1$  = suhu mutlak gas pada keadaan 1 (K)  
 $V_2$  = volume gas pada keadaan 2 (m<sup>3</sup>)  
 $T_2$  = suhu mutlak gas pada keadaan 2 (K)

Hukum Charles banyak kita temukan dalam kehidupan sehari-hari, baik dalam bentuk fenomena ataupun teknologi. Seperti teknologi mesin Diesel, mengembangkan balok uap, mendaur ulang bola pingpong dan mengembangkan roti.

Gambar 7 menunjukkan hubungan antara volume gas dan suhu pada tekanan konstan. Proses yang terjadi pada tekanan tetap disebut proses isobarik. Diketahui bahwa selain ditentukan oleh tekanan, volume gas dalam ruang tertutup juga dipengaruhi oleh suhu. Jika suhu gas dinaikkan, maka garis partikel-partikel gas akan semakin cepat sehingga volumenya bertambah.

Apabila tekanan tidak terlalu tinggi dan dijaga konstan, volume gas akan bertambah terhadap kenaikan suhu. Hukum Charles berbunyi: "Apabila tekanan gas yang berada dalam ruang tertutup dijaga konstan, maka volume gas berbanding lurus dengan suhu mutlaknya." (Young & Freedman, 2001).

Secara matematis, pernyataan tersebut dapat dituliskan:

$$\frac{V}{T} = \text{Konstan atau } \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad (2)$$

Keterangan:  
 $V_1$  = volume gas pada keadaan 1 (m<sup>3</sup>)  
 $T_1$  = suhu mutlak gas pada keadaan 1 (K)  
 $V_2$  = volume gas pada keadaan 2 (m<sup>3</sup>)  
 $T_2$  = suhu mutlak gas pada keadaan 2 (K)

Hukum Charles banyak kita temukan dalam kehidupan sehari-hari, baik dalam bentuk fenomena ataupun teknologi. Seperti teknologi mesin Diesel, mengembangkan balok uap, mendaur ulang bola pingpong dan mengembangkan roti.

### Halaman 11 Kelebihan kata "masuk" di awal paragraph.

Udara yang masuk ke dalam silinder melalui katup masuk karena hisapan piston yang bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB) seperti pada gambar 9 disamping. Kemudian ditekan atau dikompresikan oleh piston sehingga, ketika udara dikompresi suhunya akan meningkat. Hal ini beresesuaian dengan hukum Charles.



Gambar 9. TMA dan TMB

Udara yang masuk ke dalam silinder melalui katup, dikarenakan hisapan piston yang bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB) seperti pada gambar 9 disamping. Kemudian ditekan atau dikompresikan oleh piston, sehingga ketika udara dikompresi suhunya akan meningkat. Hal ini beresesuaian dengan hukum Charles.



Gambar 9. TMA dan TMB

### Halaman 12 pengetikan kata "temperature, isokhoris"

Temperatur oven yang lebih besar dari udara luar menyebabkan molekul-molekul gas CO<sub>2</sub> dalam adonan bertumbukan. Sesuai dengan hukum Charles, saat suhu meningkat maka terjadi perubahan volume. Hal ini terbukti dengan mengembangnya roti setelah dikeluarkan dari dalam oven. Peningkatan suhu menyebabkan molekul-molekul dalam adonan bergerak saling menjauh, tampak saat kita membelah roti ada ruang-ruang (rongga) dalam roti.

c. Hukum Gay Lussac

Gambar 12 menunjukkan hubungan antara tekanan dan suhu gas pada volume konstan. Proses yang terjadi pada volume konstan disebut proses isokhoris. Apabila botol dalam keadaan tertutup kita masukkan ke api, maka botol tersebut akan meledak. Hal ini terjadi karena naiknya tekanan gas di dalamnya akibat kenaikan suhu.



Gambar 12. Grafik hubungan antara P-T pada volume konstan (isokhorik)

Temperatur oven yang lebih besar dari udara luar menyebabkan molekul-molekul gas CO<sub>2</sub> dalam adonan bertumbukan. Sesuai dengan hukum Charles, saat suhu meningkat maka terjadi perubahan volume. Hal ini terbukti dengan mengembangnya roti setelah dikeluarkan dari dalam oven. Peningkatan suhu menyebabkan molekul-molekul dalam adonan bergerak saling menjauh, tampak saat kita membelah roti ada ruang-ruang (rongga) dalam roti.

c. Hukum Gay Lussac

Gambar 12 menunjukkan hubungan antara tekanan dan suhu gas pada volume konstan. Proses yang terjadi pada volume konstan disebut proses isokhoris. Apabila botol dalam keadaan tertutup kita masukkan ke api, maka botol tersebut akan meledak. Hal ini terjadi karena naiknya tekanan gas di dalamnya akibat kenaikan suhu.



Gambar 12. Grafik hubungan antara P-T pada volume konstan (isokhorik)

Halaman 16  
pengetikan kata “lulup” yang seharusnya “lalu”



(sumber : moymilydom.blogspot.com)

- Hidupkan lilin menggunakan korek api, lulup tutup lilin menggunakan gelas.
- Amati peristiwa yang terjadi pada air dan lilin di piring.



- Hidupkan lilin menggunakan korek api, lalu tutup lilin menggunakan gelas.
- Amati peristiwa yang terjadi pada air dan lilin di piring.

16

Halaman 18

**EXPLAIN**

Setelah melakukan percobaan gas dalam ruangan tertutup, jawablah pertanyaan berikut ini.

- Jelaskan secara sederhana mengenai gas ideal?  
Jawab : .....
- Hukum apa yang bekerja pada percobaan gas dalam ruangan tertutup tersebut?  
Jawab : .....
- Periksalah apakah prediksi anda sebelumnya sesuai dengan jawaban anda setelah melakukan percobaan? jelaskan !  
Jawab : .....

**EXPLAIN**

Setelah melakukan percobaan gas dalam ruangan tertutup, jawablah pertanyaan berikut ini.

- Jelaskan pengertian gas ideal secara sederhana?  
Jawab : .....
- Hukum apa yang bekerja pada percobaan gas dalam ruangan tertutup tersebut?  
Jawab : .....
- Apakah prediksi anda sebelumnya sesuai dengan jawaban anda setelah melakukan percobaan? jelaskan !  
Jawab : .....

18

Halaman 21  
kata sambung “agar” diawal kalimat.

Berdasarkan hukum Boyle-Gay Lussac dan hukum Avogadro :

$$PV \propto NT \dots\dots\dots(5)$$

Agar tanda sebanding ( $\propto$ ) dapat menjadi sama dengan (=), perlu suatu konstanta yang nilainya selalu tetap dan berlaku untuk semua jenis gas ideal, sehingga persamaan diatas menjadi:

$$PV = (\text{konstanta}) NT \dots\dots\dots(6)$$

Berdasarkan hukum Boyle-Gay Lussac dan hukum Avogadro :

$$PV \propto NT \dots\dots\dots(5)$$

Suatu konstanta yang nilainya selalu tetap dan berlaku untuk semua jenis gas ideal sangat diperlukan agar tanda sebanding ( $\propto$ ) dapat menjadi sama dengan (=). Sehingga persamaan diatas menjadi:

$$PV = (\text{konstanta}) NT \dots\dots\dots(6)$$

Halaman 22  
Tanda baca

Setetes raksa berbentuk bola memiliki jari-jari  $r = 0,4 \text{ mm}$ . Berapa banyak atom raksa dalam tetesan tersebut jika diketahui  $M_r$  raksa = 202 kg/mol dan massa jenis raksa  $\rho = 13.600 \text{ kg/m}^3$ ?

Setetes raksa berbentuk bola memiliki jari-jari  $r = 0,4 \text{ mm}$ . Berapa banyak atom raksa dalam tetesan tersebut jika diketahui  $M_r$  raksa = 202 kg/mol dan massa jenis raksa  $\rho = 13.600 \text{ kg/m}^3$ ?

Halaman 23  
tanda baca, dan kelebihan kata  
“untuk”

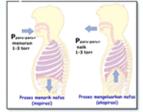
Masuknya udara saat kita bernapas karena diafragma (otot di bawah paru-paru) yang bergerak ke bawah untuk mengurangi tekanan di paru-paru yang menyebabkan udara luar untuk terburu-buru untuk mengisi volume yang bertekanan lebih rendah. Sehingga, diafragma mendorong paru-paru untuk meningkatkan tekanan didalam paru-paru dan memaksa udara bertekanan tinggi keluar.



Gambar 15. Sistem Respirasi

Perbedaan tekanan antara bagian dalam paru-paru dan udara luar, dalam kondisi normal, perbedaan tekanan itu hanya 1 atau 2 torr. Saat bernapas normal volume paru-paru kita berkapasitas sekitar 0,50 L pada suhu kamar.

Masuknya udara saat kita bernapas karena diafragma (otot di bawah paru-paru) yang bergerak ke bawah untuk mengurangi tekanan di paru-paru yang menyebabkan udara luar terburu-buru untuk mengisi volume yang bertekanan lebih rendah. Sehingga, diafragma mendorong paru-paru untuk meningkatkan tekanan didalam paru-paru dan memaksa udara bertekanan tinggi keluar.



Gambar 15. Sistem Respirasi

Perbedaan tekanan antara bagian dalam paru-paru dan udara luar dalam kondisi normal adalah hanya 1 atau 2 torr. Saat bernapas normal volume paru-paru kita berkapasitas sekitar 0,50 L pada suhu kamar.

Halaman 25

3) Gas ideal dipertimbangkan sebagai suatu zat tunggal/titik. Amati gambar 17, jarak antar partikel gas jauh lebih besar dari dibandingkan diameter molekulnya (molekul gas sangat kecil) sekitar  $3 \times 10^{-10}$  meter, diilustrasikan seperti gambar 17.



Berdasarkan gambar 17, ini berarti ruang yang ditempati gas ideal dapat dianggap ruangan kosong dan

3) Gas ideal dipertimbangkan sebagai suatu zat tunggal/titik. Jarak antar partikel gas jauh lebih besar dari dibandingkan diameter molekulnya (molekul gas sangat kecil) sekitar  $3 \times 10^{-10}$  meter, diilustrasikan seperti gambar 17.

Berdasarkan gambar 17, ini berarti ruang yang ditempati gas ideal dapat dianggap ruangan kosong dan



Halaman 30  
“*typo* kata “diberikan”

Berdasarkan hukum II Newton dalam bentuk teorema impuls-momentum, gaya rata-rata yang diberikan pada partikel dengan dinding ini diberikan oleh perubahan dalam momentum partikel per satuan waktu :

Berdasarkan hukum II Newton dalam bentuk teorema impuls-momentum, gaya rata-rata yang diberikan pada partikel dengan dinding ini diberikan oleh perubahan dalam momentum partikel per satuan waktu :

Halaman 35  
*Typo* kata “bagian” dan  
“momentum”

d. Kecepatan Efektif Molekul Gas Ideal

Pada bagian sebelumnya kita sudah mempelajari hukum gas secara makroskopis, pada bagian ini kita akan mencoba menyelidiki perubahan molekul gas (secara mikroskopis) dengan tujuan agar kita dapat memanfaatkan gas untuk memenuhi kebutuhan dan menjelaskan berbagai fakta dan fenomena alam yang terjadi.

1) Pengaruh jumlah kerapatan molekul terhadap perubahan momenta pada dinding wadah

d. Kecepatan Efektif Molekul Gas Ideal

Pada bagian sebelumnya kita sudah mempelajari hukum gas secara makroskopis, pada bagian ini kita akan mencoba menyelidiki perubahan molekul gas (secara mikroskopis) dengan tujuan agar kita dapat memanfaatkan gas untuk memenuhi kebutuhan dan menjelaskan berbagai fakta dan fenomena alam yang terjadi.

1) Pengaruh jumlah kerapatan molekul terhadap perubahan momentum pada dinding wadah

Halaman 36  
Salah pengetikan nomor gambar

Gambar 28 menggambarkan perbedaan banyaknya tumbukan pada dinding wadah, melalui jumlah tanda panahnya. Gambar 28a memiliki kerapatan molekul gas yang sangat rendah. Gambar 28b menggambarkan kerapatan molekul yang lebih tinggi. Maka dapat disimpulkan dari kedua gambar tersebut, jumlah tumbukan terhadap dinding lebih banyak diberikan oleh molekul yang memiliki kerapatan tinggi. Artinya :

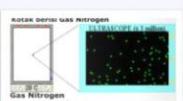
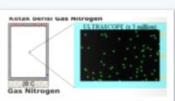
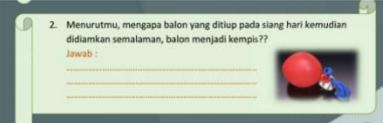
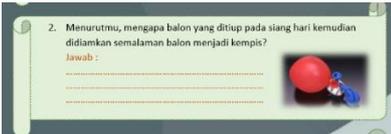
Gambar 30 menggambarkan perbedaan banyaknya tumbukan pada dinding wadah, melalui jumlah tanda panahnya. Gambar 30a memiliki kerapatan molekul gas yang sangat rendah. Gambar 30b menggambarkan kerapatan molekul yang lebih tinggi. Maka dapat disimpulkan dari kedua gambar tersebut, jumlah tumbukan terhadap dinding lebih banyak diberikan oleh molekul yang memiliki kerapatan tinggi. Artinya :

Keadaan di gambar 29a memiliki tekanan dan jumlah tumbukan yang lebih kecil dibandingkan keadaan di gambar 29b. ini artinya kecepatan partikel sebanding dengan besarnya tekanan molekul terhadap dinding wadah dan banyaknya tumbukan dengan dinding wadah.

$$P = (\text{kecepatan})^2$$

Keadaan di gambar 31b memiliki tekanan dan jumlah tumbukan yang lebih kecil dibandingkan keadaan di gambar 31a. ini artinya kecepatan partikel sebanding dengan besarnya tekanan molekul terhadap dinding wadah dan banyaknya tumbukan dengan dinding wadah.

$$P = (\text{kecepatan})^2$$

<p>Halaman 37  <i>Typo</i> kata “dikatakan”</p> <p>Sehingga dapat dikatakan “impuls (perubahan momentum) yang lebih besar pada wadah dinding ketika rata-rata kecepatan meningkat”.</p> <p>3) Pengaruh besarnya kerapatan molekul terhadap besarnya dan banyaknya tumbukan pada dinding wadah</p>	<p>Sehingga dapat dikatakan “impuls (perubahan momentum) yang lebih besar pada wadah dinding ketika rata-rata kecepatan meningkat”.</p> <p>3) Pengaruh besarnya kerapatan molekul terhadap besarnya dan banyaknya tumbukan pada dinding wadah</p>
<p>Halaman 40  <i>Typo</i> kata “selanjutnya”</p> <p>Jika dalam suatu kotak diamati dengan <i>ultrascope</i> terdapat sejumlah molekul gas nitrogen sebanyak N seperti gambar 35 disamping. Selanjutnya kita akan merumuskan persamaan besarnya energi dalam total gas pada suatu keadaan.</p>  <p>Gambar 35. Molekul gas di ultrascope</p>	<p>Jika dalam suatu kotak diamati dengan <i>ultrascope</i> terdapat sejumlah molekul gas nitrogen sebanyak N seperti gambar 35 disamping. Selanjutnya kita akan merumuskan persamaan besarnya energi dalam total gas pada suatu keadaan.</p>  <p>Gambar 35. Molekul gas di ultrascope</p>
<p>Halaman 42          Penulisan kata “antar” tidak berspasi dengan kata “partikel”</p> <p>1. Sifat-sifat gas ideal antara lain : a) Jumlah partikel gas banyak, tetapi tidak ada gaya tarik menarik antar partikel, b) Setiap partikel gas selalu bergerak dengan arah sembarang, c) Ukuran partikel gas dapat diabaikan terhadap ukuran ruangan tempat gas berada, d) Setiap tumbukan yang terjadi antar partikel gas dan antara partikel</p>	<p>1. Sifat-sifat gas ideal antara lain : a) Jumlah partikel gas banyak, tetapi tidak ada gaya tarik menarik antarpartikel, b) Setiap partikel gas selalu bergerak dengan arah sembarang, c) Ukuran partikel gas dapat diabaikan terhadap ukuran ruangan tempat gas berada, d)</p>
<p>Halaman 43          Penulisan kata “temperature” tanpa huruf “e”</p> <p>6. Energi kinetik translasi rata-rata dari molekul dalam gas berbanding lurus dengan temperature mutlak. Hubungan suhu dan kecepatan molekul ini diberi nama Teorema Ekuipartisi Energi yaitu :</p> <p>a. <math>E_k = \left(\frac{3}{2}\right) kT</math> (tiga derajat kebebasan)</p>	<p>6. Energi kinetik translasi rata-rata dari molekul dalam gas berbanding lurus dengan temperatur mutlak. Hubungan suhu dan kecepatan molekul ini diberi nama Teorema Ekuipartisi Energi yaitu :</p> <p>a. <math>E_k = \left(\frac{3}{2}\right) kT</math> (tiga derajat kebebasan)</p>
<p>Halaman 44          Pada soal nomor 2 kelebihan “tanda tanya”</p> 	

Halaman 45  
Kata “diving” tidak bercetak miring

5. Seorang Penyelam sedang diving di bawah laut seperti pada gambar berikut. Menurutmu, mengapa ukuran gelembung udara yang dihasilkan penyelam akan semakin membesar saat naik ke permukaan laut?

Jawab :  
.....  
.....



5. Seorang Penyelam sedang *diving* di bawah laut seperti pada gambar berikut. Menurutmu, mengapa ukuran gelembung udara yang dihasilkan penyelam akan semakin membesar saat naik ke permukaan laut?

Jawab :  
.....  
.....



Halaman 46  
Soal nomor 9 tanda “(“ dihilangkan

9. (Berdasarkan gambar dibawah ini, mengapa telinga Fatan terasa sakit ketika naik pesawat di ketinggian tertentu? Deskripsikan alasanmu berkaitan dengan konsep hukum teori kinetik gas yang diketahui!

Jawab :  
.....  
.....



9. Berdasarkan gambar dibawah ini, mengapa telinga Fatan terasa sakit ketika naik pesawat di ketinggian tertentu? Deskripsikan alasanmu berkaitan dengan konsep hukum teori kinetik gas yang diketahui!

Jawab :  
.....  
.....



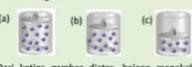
Halaman 48  
Huruf “t” di soal nomor 15 dihilangkan

15. Perhatikan gambar berikut.

(a) (b) (c)

Dari ketiga gambar diatas, bajana manakah yang mempunyai tekanan yang paling besar? Mengapa? t

Jawab :  
.....  
.....



15. Perhatikan gambar berikut.

(a) (b) (c)

Dari ketiga gambar diatas, bajana manakah yang mempunyai tekanan yang paling besar? Mengapa?

Jawab :  
.....  
.....



Halaman 49  
*Typo* kata “setujukah” di soal nomor 19

19. Sebuah balon berisi gas ideal dengan suhu  $T$  dan kecepatan partikel gas  $v$ . apabila suhu gas diatas dinaikkan menjadi  $2T$ , setujukah kamu jika kecepatan partikel gas sekarang menjadi dua kali semula? Berikan jawabanmu disertai dengan pembuktian secara matematis.

Jawab :  
.....  
.....



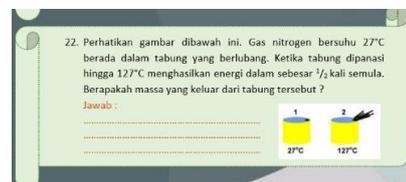
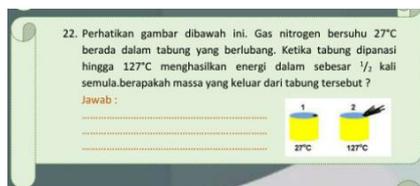
19. Sebuah balon berisi gas ideal dengan suhu  $T$  dan kecepatan partikel gas  $v$ . apabila suhu gas diatas dinaikkan menjadi  $2T$ , setujukah kamu jika kecepatan partikel gas sekarang menjadi dua kali semula? Berikan jawabanmu disertai dengan pembuktian secara matematis.

Jawab :  
.....  
.....



Halaman 50

Soal nomor 22 kata “berapakah” diawal kalimat huruf awalnya tidak huruf kapital



### 3. Respon Guru dan Siswa

#### a. Respon Guru

Pengembangan selanjutnya dari *e-module* berbasis POE ini ialah mendapatkan respon guru fisika. Dari data angket respon guru fisika dapat dilihat dari tabel 4.54.

**Tabel 4.54 Hasil penilaian guru pada aspek materi**

Aspek	Butir Penilaian	Skor Total
Materi	<i>E-Module</i> ini menjelaskan materi tentang teori kinetik gas	4
	Isi materi sesuai dengan standar kompetensi	4
	Isi materi sesuai dengan kompetensi dasar	4
	Isi materi sesuai dengan tujuan pembelajaran	4
	Penjelasan materi didalam <i>e-module</i> mudah dipahami	4
	Terdapat kalimat-kalimat yang memotivasi untuk semangat belajar	5
	Kalimat dalam <i>e-module</i> mudah dipahami	4

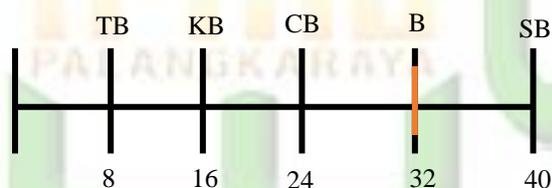
	Penulisan kata asing diberikan menimbulkan daya tarik siswa untuk menyelesaikan	3
Jumlah skor aspek ( $\sum x$ )		32
Rata-rata skor ( $\bar{X}$ )		6,4
Persentase (%)		80
Kategori		Baik
Kriteria		Menarik

Berdasarkan tabel 4.54 hasil penilaian guru terhadap aspek materi diperoleh data rata-rata skor diperoleh sebesar 6,4 dengan persentase 80%. Jika dihitung melalui persentase, yaitu:

$$\text{Hasil} = \frac{32}{40} \times 100\% = 80\%$$

Berdasarkan hasil data yang diperoleh maka dapat diketahui bahwa aspek materi dari *e-module* ini berada pada kriteria baik kategori menarik.

Secara keseluruhan, interval hasil penilaian pada gambar 4.36.



**Gambar 4.36 Hasil respon guru pada aspek materi**

Selanjutnya, hasil penilaian guru pada aspek media tertera pada tabel 4.55.

Tabel 4.55 Hasil penilaian guru pada aspek media

Aspek	Butir Penilaian	Skor Total
Media	Tampilan desain <i>e-module</i> sesuai dengan mata pelajaran	5
	Penggunaan animasi didalamnya tidak berlebihan	4
	Tata letak / <i>layout</i> sudah tepat	4
	Seluruh komponen <i>e-module</i> memiliki ukuran yang sesuai	4
	Teks mudah dibaca	5
	Jenis teks yang digunakan tidak aneh-aneh	5
	Teks miring, garis bawah, atau tebal untuk kata asing	4
	Ukuran huruf pada teks sudah tepat	5
	Huruf kapital digunakan untuk huruf diawal kalimat	4
	Tersedia gambar / ilustrasi dalam <i>e-module</i> sehingga memudahkan memahami materi pembelajaran	4
	Gambar / ilustrasi yang disediakan jelas	5
	Gambar / ilustrasi menarik	4
	Gambar / ilustrasi yang disajikan sesuai dengan materi pembelajaran	4
	Terdapat tulisan / gambar yang berwarna dalam <i>e-module</i>	4
	Warna-warna yang digunakan bermacam-macam	4
	Warna-warna yang digunakan serasi	5
	Warna pada tulisan tidak mencolok agar mudah dibaca	5
	Warna pada <i>background</i> sudah tepat	4
	Pengguna merasakan kemudahan dalam pengoperasian <i>e-module</i>	4

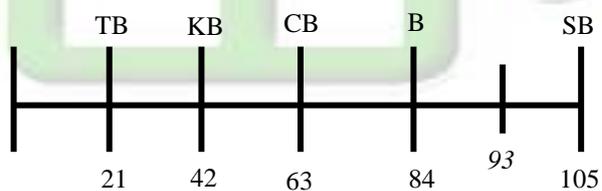
	Tombol navigasi terlihat jelas	5
	Tombol berfungsi sesuai tujuan	5
Jumlah skor aspek ( $\sum x$ )		93
Rata-rata skor ( $\bar{X}$ )		4,4
Persentase (%)		88
Kategori		Sangat Baik
Kriteria		Sangat Menarik

Berdasarkan tabel 4.55 hasil penilaian guru terhadap aspek media diperoleh data rata-rata skor diperoleh sebesar 4,4 dengan persentase 88%.

Jika dihitung melalui persentase, yaitu:

$$\text{Hasil} = \frac{93}{105} \times 100\% = 88\%$$

Berdasarkan hasil data yang diperoleh maka dapat diketahui bahwa aspek media dari *e-module* ini berada pada kriteria sangat baik dan kategori sangat menarik. Secara keseluruhan, interval hasil penilaian pada gambar 4.37.



**Gambar 4.37 Hasil respon guru pada aspek media**

Selanjutnya, hasil penilaian guru pada aspek pembelajaran *e-module* tertera pada tabel 4.56.

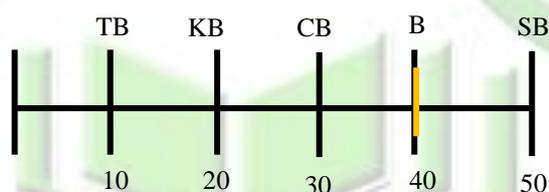
**Tabel 4.56 Hasil penilaian guru pada aspek media**

Aspek	Butir Penilaian	Skor Total
pembelajaran <i>e-module</i>	<i>E-Module</i> yang dikembangkan lebih menarik dari modul cetak	4
	<i>E-Module</i> yang dikembangkan sesuai dengan harapan guru	4
	<i>E-Module</i> yang dikembangkan dapat menambah semangat belajar	4
	<i>E-Module</i> memberikan daya tarik kepada siswa	4
	Ketertarikan siswa akan materi teori kinetik gas bertambah	4
	Mulai menggunakan <i>e-module</i> dalam proses belajar mengajar	4
	Mempermudah proses pembelajaran	4
	Memberikan kejelasan tentang materi kepada siswa	4
	Guru merasa terbantu dengan adanya <i>e-module</i>	4
	Pembelajaran menjadi lebih menarik	4
Jumlah skor aspek ( $\sum x$ )		40
Rata-rata skor ( $\bar{X}$ )		4
Persentase (%)		80
Kategori		Baik
Kriteria		Menarik

Berdasarkan tabel 4.56 hasil penilaian guru terhadap aspek pembelajaran *e-module* dari data rata-rata skor diperoleh sebesar 4 dengan persentase 80%. Jika dihitung melalui persentase, yaitu:

$$\text{Hasil} = \frac{40}{50} \times 100\% = 80\%$$

Berdasarkan hasil data yang diperoleh maka dapat diketahui bahwa aspek pembelajaran dari *e-module* ini berada pada kriteria baik dan kategori menarik. Secara keseluruhan, interval hasil penilaian pada gambar 4.38.



**Gambar 4.38 Hasil respon guru pada aspek pembelajaran *e-module***

**Tabel 4.57 Rekapitulasi hasil penilaian guru terhadap *e-module***

Aspek	Skor yang diperoleh	Persentase	Kategori	Kriteria
Materi	32	80 %	Baik	Menarik
Media	93	88 %	Sangat Baik	Sangat Menarik
Pembelajaran <i>e-module</i>	40	80 %	Baik	Menarik
Rata-rata persentase		82,6 %	Sangat Baik	Menarik

Berdasarkan tabel 4.57 hasil respon guru diperoleh rata-rata persentase sebesar 82,6 % dengan kategori sangat baik dan kriteria sangat menarik untuk digunakan.

b. Respon Siswa

Uji kelompok kecil merupakan langkah selanjutnya setelah dilakukan pengembangan, validasi dan revisi. Uji kelompok kecil melibatkan 10 siswa sebagai responden di SMA Negeri 5 Palangka Raya. Uji kelompok kecil dilakukan untuk menguji kemenarikan dan respon siswa terhadap produk berupa *e-module* berbasis POE.

Uji kelompok kecil dari angket respon yang didapat pada aspek materi tertera pada tabel 4.58.

**Tabel 4.58 Hasil penilaian uji coba pada aspek materi**

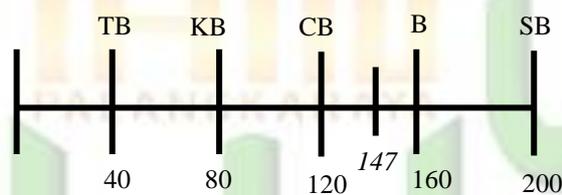
<b>Butir Penilaian</b>	<b>S 1</b>	<b>S 2</b>	<b>S 3</b>	<b>S 4</b>	<b>S 5</b>	<b>S 6</b>	<b>S 7</b>	<b>S 8</b>	<b>S 9</b>	<b>S10</b>	<b>Total Skor</b>
Materi mudah dipahami	4	4	4	3	3	2	4	5	4	3	36
Materi sesuai dengan kompetensi dasar	4	3	4	5	4	5	3	3	4	4	39
Ketepatan gambar animasi yang mendukung pengetahuan materi	5	4	5	4	3	4	3	3	4	3	38
Interaktif dalam memahami materi	4	4	3	4	4	2	3	3	4	3	34

Jumlah skor aspek ( $\sum x$ )	147
Rata-rata skor ( $\bar{X}$ )	3,6
Persentase (%)	73
Kategori	Baik
Kriteria	Menarik

Berdasarkan tabel 4.58 hasil uji kelompok kecil terhadap aspek materi dari data rata-rata skor diperoleh sebesar 3,6 dengan persentase 73%. Jika dihitung melalui persentase, yaitu:

$$\text{Hasil} = \frac{147}{200} \times 100\% = 73\%$$

Berdasarkan hasil data yang diperoleh maka dapat diketahui bahwa aspek materi pada uji kelompok kecil berada pada kriteria baik dan kategori menarik. Secara keseluruhan, interval hasil penilaian pada gambar 4.39.



**Gambar 4. 39 Hasil respon siswa pada aspek materi**

Selanjutnya, respon siswa terhadap aspek tampilan tertera pada tabel

4.59.

**Tabel 4.59 Hasil penilaian uji coba pada aspek tampilan**

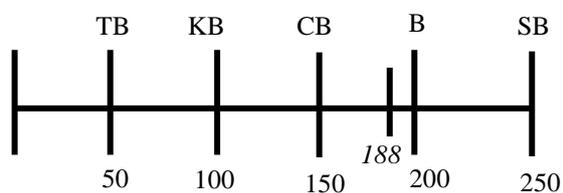
<b>Butir Penilaian</b>	<b>S 1</b>	<b>S 2</b>	<b>S 3</b>	<b>S 4</b>	<b>S 5</b>	<b>S 6</b>	<b>S 7</b>	<b>S 8</b>	<b>S 9</b>	<b>S10</b>	<b>Total Skor</b>
Bacaan teks tata penulisan	4	4	4	3	3	3	3	3	4	4	35
Pewarna dan pemilihan jenis huruf	4	5	4	3	5	4	4	4	4	3	40
Penempatan gambar	4	4	3	3	4	3	5	4	4	3	37
Penempatan animasi	5	4	4	4	3	3	5	4	4	3	39
Desain cover dan halaman	4	4	4	3	2	3	5	4	4	4	37
Jumlah skor aspek ( $\sum x$ )											188
Rata-rata skor ( $\bar{X}$ )											3
Persentase (%)											75
Kategori											Baik
Kriteria											Menarik

Berdasarkan tabel 4.59 hasil uji kelompok kecil terhadap aspek tampilan dari data rata-rata skor diperoleh sebesar 3 dengan persentase 75%. Jika dihitung melalui persentase, yaitu:

$$\text{Hasil} = \frac{188}{250} \times 100\% = 75\%$$

Berdasarkan hasil data yang diperoleh maka dapat diketahui bahwa aspek materi pada uji kelompok kecil berada pada kriteria baik dan

kategori cukup menarik. Secara keseluruhan, interval hasil penilaian pada gambar 4.40.



**Gambar 4.40 Hasil respon siswa pada aspek tampilan**

Selanjutnya, respon siswa terhadap aspek kemenarikan tertera pada tabel 4.60.

**Tabel 4. 60 Hasil penilaian uji coba pada aspek kemenarikan**

Butir Penilaian	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8	S 9	S10	Total Skor
Dengan <i>e-module</i> ini saya tidak merasa bosan dalam belajar	4	4	4	3	3	3	3	3	4	3	34
Merasa sangat senang menggunakan <i>e-module</i> sebagai bahan ajar	4	5	3	4	3	4	4	3	4	3	37
Belajar dengan menggunakan <i>e-module</i> ini memotivasi saya untuk	4	3	3	4	3	4	3	3	4	4	35

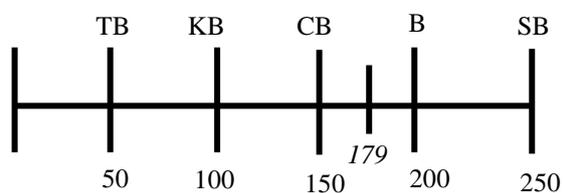
belajar lebih giat											
Belajar dengan menggunakan <i>e-module</i> ini lebih menarik	3	4	3	4	3	3	4	3	4	3	34
Belajar dengan menggunakan <i>se-module</i> ini dapat memusatkan perhatian saya dengan mempelajari materi	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	39
Jumlah skor aspek ( $\sum x$ )											179
Rata-rata skor ( $\bar{X}$ )											3,5
Persentase (%)											71
Kategori											Baik
Kriteria											Menarik

Berdasarkan tabel 4.60 hasil uji kelompok kecil terhadap aspek kemenarikan dari data rata-rata skor diperoleh sebesar 3,5 dengan persentase 71%. Jika dihitung melalui persentase, yaitu:

$$\text{Hasil} = \frac{179}{250} \times 100\% = 71\%$$

Berdasarkan hasil data yang diperoleh maka dapat diketahui bahwa aspek materi pada uji kelompok kecil berada pada kriteria baik dan

kategori menarik. Secara keseluruhan, interval hasil penilaian pada gambar 4.41.



**Gambar 4. 41 Hasil respon siswa pada aspek kemenarikan**

Kemudian, respon siswa pada aspek manfaat tertera pada tabel 4.61.

**Tabel 4.61 Hasil penilaian uji coba pada aspek manfaat**

<b>Butir Penilaian</b>	<b>S 1</b>	<b>S 2</b>	<b>S 3</b>	<b>S 4</b>	<b>S 5</b>	<b>S 6</b>	<b>S 7</b>	<b>S 8</b>	<b>S 9</b>	<b>S10</b>	<b>Total Skor</b>
<i>E-Module</i> dapat menjadi salah satu sumber belajar bagi saya dalam mempelajari materi sains fisika	5	4	4	5	3	5	3	3	4	3	39
<i>E-Module</i> mampu memberikan pemahaman saya karena adanya penjelasan, contoh, gambar animasi, video serta informasi-informasi	5	4	4	4	3	5	3	4	4	4	40

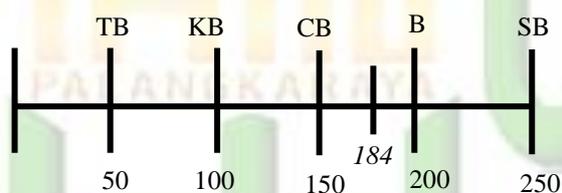
pendukung materi											
<i>E-Module</i> lebih mudah digunakan karena dapat digunakan untuk belajar dimana saja dan kapan saja	3	4	4	4	3	3	3	3	4	4	35
<i>E-Module</i> ini memberikan saya informasi mengenai pembelajaran POE ( <i>Predict, Observe, Explain</i> )	4	3	4	3	4	4	3	3	3	4	35
Memotivasi saya untuk bisa menerapkan pembelajaran POE ( <i>Predict, Observe, Explain</i> ) yang dihubungkan dengan materi fisika dalam keseharian.	3	4	4	4	3	4	3	3	3	4	35

Jumlah skor aspek ( $\sum x$ )	184
Rata-rata skor ( $\bar{X}$ )	3,6
Persentase (%)	73
Kategori	Baik
Kriteria	Menarik

Berdasarkan tabel 4.61 hasil uji kelompok kecil terhadap aspek manfaat dari data rata-rata skor diperoleh sebesar 3,6 dengan persentase 73%. Jika dihitung melalui persentase, yaitu:

$$\text{Hasil} = \frac{184}{250} \times 100\% = 73\%$$

Berdasarkan hasil data yang diperoleh maka dapat diketahui bahwa aspek manfaat pada uji kelompok kecil berada pada kriteria baik dan kategori menarik. Secara keseluruhan, interval hasil penilaian pada gambar 4.42.



**Gambar 4.42 Hasil respon siswa pada aspek manfaat**

**Tabel 4.62 Rekapitulasi hasil respon siswa terhadap *e-module***

Aspek	Skor yang diperoleh	Persentase	Kategori	Kriteria
Materi	147	73 %	Baik	Menarik
Tampilan	188	75 %	Baik	Menarik
Kemenarikan	179	71 %	Baik	Menarik
Manfaat	184	73	Baik	Menarik

Rata-rata persentase	75,1 %	Baik	Menarik
----------------------	--------	------	---------

Berdasarkan tabel 4.62 hasil respon siswa diperoleh rata-rata persentase sebesar 75,1 % dengan kategori sangat baik dan kriteria menarik untuk digunakan.

## B. Pembahasan

### 1. Prosedur pengembangan *e-module* menggunakan model 4D

Model pengembangan 4D adalah model pengembangan untuk berbagai jenis media yang sifatnya umum, dapat digunakan pada pengembangan segala jenis media pembelajaran (Arkadiantika, *et al* 2019). Berdasarkan hasil observasi pra-penelitian pada tahap *define* (pendefinisian), *e-module* berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) ini dalam pembelajaran dibutuhkan. Kemudian, tahap selanjutnya adalah tahap *design* (perancangan). Proses desain dari *e-module* ini diawali dengan rancangan konsep *e-module*, yakni merancang konsep *e-module* dan mengumpulkan referensi dan literatur pendukung untuk pembuatan *e-module*. Referensi dan literatur terdiri dari buku-buku fisika, jurnal dan internet yang relevan. Selanjutnya, menyusun draf *e-module* dan membuat *storyboard* atau rancangan produk *e-module*. Setelah membuat *storyboard*, kemudian membuat *e-module* berdasarkan tinjauan pustaka.

Komponen-komponen di dalam bahan ajar fisika berbentuk *e-module* terdiri dari cover, kata pengantar *e-module*, daftar isi, karakteristik *e-module*, petunjuk penggunaan *e-module*, kompetensi inti, kompetensi dasar, indikator,

peta konsep, pendahuluan, kegiatan pembelajaran, percobaan, evaluasi, glosarium, dan daftar pustaka.

*E-Module* yang dikembangkan merupakan bahan ajar berbasis POE yang berkarakteristikan *predict* (memprediksi), *observe* (mengobservasi), dan *explain* (menjelaskan). Model POE ini menggunakan tiga tahap utama dalam penerapannya, yakni *predict* (memprediksi) atau membuat dugaan awal terhadap suatu fenomena yang ada dalam kehidupan sehari-hari yang ada kaitannya dengan materi yang akan dipelajari. Setelah membuat dugaan awal, dugaan awal tersebut akan siswa buktikan melalui percobaan atau eksperimen yaitu pada tahap *observe* (mengobservasi). Pada tahap yang ketiga *explain* (menjelaskan), siswa akan membuat penjelasan mengenai kaitan dugaan awal dengan hasil observasi atau percobaan yang telah dilakukan untuk membuktikan apakah konsep dugaan awal dengan hasil percobaannya benar (Muna, 2017).

Peneliti mengembangkan produk berupa *e-module* berbasis POE yang mampu meningkatkan konsep sains siswa dan membuat kegiatan pembelajaran diawali dengan sudut pandang siswa. Hal ini sejalan dengan konsep model pembelajaran POE dalam penyusunan bahan ajar, baik berupa modul maupun *e-module* yang dijelaskan oleh Widyaningrum (2013) dalam sebuah jurnal penelitiannya yang menunjukkan bahwa penggunaan bahan ajar berbasis POE yang menuntut siswa untuk memprediksi, mengobservasi dan menjelaskan kembali hasil observasi akan membantu siswa dalam proses

pembelajaran. Dengan demikian, memudahkan siswa dalam memahami materi dan siswa akan lebih berperan aktif dalam proses pembelajaran.

Produk yang dikembangkan bukan dalam bentuk cetak melainkan berupa modul elektronik, sehingga secara online pengguna bisa membukannya dengan alamat [www.srhasanah.xyz](http://www.srhasanah.xyz) dengan menggunakan laptop, komputer dan *smartphone*. Tahap selanjutnya yaitu *Development* (pengembangan). Pada tahap ini dilakukan *expert appraisal* (validasi ahli) dan *development testing* (uji coba pengembangan) (Wahyuningtyas, 2019).

## 2. Kelayakan *e-module* berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) pada materi teori kinetik gas

Validasi dilakukan agar mengetahui kelayakan dari *e-module* yang dikembangkan. Proses validasi dilakukan pada tahap ke tiga pada tahapan model 4D. Validasi dilakukan langsung oleh para ahli, yakni ahli media, ahli materi fisika, dan ahli pembelajaran fisika. Sebelum angket validasi disebarkan, instrumen validasi tersebut divalidasi terlebih dahulu. Setelah tervalidasi, maka siap digunakan dan diberikan kepada para validator.

Penilaian awal dilakukan oleh 6 orang validator, yaitu 2 ahli media, 2 ahli materi dan 2 ahli pembelajaran. Ahli media menilai 2 aspek, yaitu aspek tampilan dan aspek penggunaan. Ahli materi dan ahli pembelajaran menilai 3 aspek, yaitu aspek kualitas isi, aspek POE (*Predict, Observe, Explain*), dan aspek bahasa.

a. Ahli Media

Penilaian ahli media pada aspek tampilan diperoleh rata-rata persentase sebesar 90% dengan kategori sangat baik dan kriteria sangat valid. Penilaian pada aspek penggunaan didapatkan rata-rata persentase sebesar 89% dengan kategori sangat baik dan kriteria sangat valid. Aspek tampilan meliputi indikator penilaian desain *slide*, pemilihan warna tulisan, gambar dan bagan, pemilihan *background*, ukuran huruf, pilihan *button* dan penempatannya, tampilan gambar dan penempatannya, tata letak (*layout*), dan musik pendukung. Kemudian, pada aspek penggunaan, meliputi indikator penilaian kemudahan penggunaan, kemudahan navigasi, tingkat interaktifitas pengguna terhadap media, komposisi setiap *slide*, kejelasan petunjuk penggunaan, kemudahan memilih menu, ketepatan penggunaan tombol, kualitas tampilan gambar dan kejelasan suara.

Berdasarkan hasil penilaian ahli media pada aspek tampilan dan aspek penggunaan, maka secara keseluruhan penilaian ahli media terhadap *e-module* berbasis POE pada materi teori kinetik gas diperoleh rata-rata persentase sebesar 89,5% dengan kategori sangat baik dan kriteria kelayakan sangat valid untuk digunakan. Hal ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Rahmawati (2019), Putri (2018) yang menunjukkan bahwa hasil validasi media sangat valid sehingga layak untuk digunakan dalam proses pembelajaran.

b. Ahli Materi

Aspek yang dinilai oleh ahli materi ialah aspek kualitas isi, aspek POE (*Predict, Observe, Explain*), dan aspek bahasa. Aspek kualitas isi meliputi butir penilaian mengenai kelengkapan materi, pengalaman dan pengetahuan belajar pada siswa, kesesuaian dengan tujuan pembelajaran, keakuratan contoh dan kasus, kesesuaian dengan KD dan indikator, dan kesesuaian dengan kognitif, afektif dan psikomotorik siswa. Kemudian, butir penilaian pada aspek POE meliputi menambah pengetahuan siswa berdasarkan pengetahuan awal yang dimiliki, memprediksi masalah yang disajikan, memberikan hipotesis berdasarkan permasalahan yang diambil dari pengalaman siswa, *e-module* memuat suatu fenomena terkait materi yang akan dibahas, mengamati hasil prediksi, *e-module* berisi observasi dengan melakukan eksperimen atau demonstrasi, membandingkan hasil observasi dengan hipotesis sebelumnya, dan menjelaskan kesimpulan. Aspek bahasa meliputi butir penilaian mengenai bahasan yang digunakan komunikatif, kalimat yang digunakan untuk menjelaskan materi mudah dipahami, kalimat yang digunakan tidak menimbulkan makna ganda, kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia dan kesesuaian dengan tingkat perkembangan emosional siswa.

Berdasarkan penilaian ahli materi pada aspek kualitas isi diperoleh persentase rata-rata sebesar 93% dengan kategori sangat baik dan kriteria sangat valid. Penilaian pada aspek POE (*Predict, Observe, Explain*) diperoleh persentase rata-rata sebesar 90% dengan kategori sangat baik

dan sangat valid. Kemudian penilaian ahli materi pada aspek bahasa diperoleh persentase rata-rata sebesar 86% dengan kategori sangat baik dan kriteria sangat valid. Sehingga, secara keseluruhan rekapitulasi penilaian ahli materi diperoleh persentase sebesar 89,6% dengan kategori sangat baik dan kriteria sangat valid.

c. Ahli Pembelajaran

Penilaian ahli pembelajaran meliputi aspek kualitas isi, POE, dan bahasa. Penilaian ahli pembelajaran pada aspek kualitas isi diperoleh persentase rata-rata sebesar 96% dengan kategori sangat baik dan kriteria sangat valid. Kemudian, pada aspek POE diperoleh persentase rata-rata sebesar 93% dengan kategori sangat baik dan kriteria sangat valid dan penilaian ahli pembelajaran pada aspek bahasa diperoleh hasil persentase rata-rata sebesar 92% dengan kategori sangat baik dan kriteria sangat valid. Sehingga, secara keseluruhan rekapitulasi penilaian ahli materi diperoleh persentase sebesar 93,6% dengan kategori sangat baik dan kriteria sangat valid.

3. Respon guru dan respon siswa

Respon guru dan respon siswa mengenai *e-module* berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) pada materi teori kinetik gas diperoleh dengan cara menyebarkan angket. Peneliti melakukan penelitian dengan menyebarkan angket kepada guru fisika di SMA Negeri 5 Palangka Raya. Hasil respon guru diperoleh 82,6% dengan kategori sangat baik dan kriteria menarik. Kemudian, peneliti melanjutkan tahap uji coba kelompok kecil

kepada 10 orang siswa di SMA Negeri 5 Palangka Raya. Penelitian dilakukan secara *online* karena *e-module* ini dirancang untuk digunakan secara *online*.

Respon siswa tentang *e-module* berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) ialah mengenai aspek materi, tampilan, kemenarikan dan manfaat. Aspek materi meliputi materi mudah dipahami, materi sesuai dengan kompetensi dasar, ketepatan animasi, gambar dan video yang mendukung pengetahuan terhadap materi, interaktif dalam memahami materi sangat baik.

Aspek tampilan yaitu keterbacaan teks atau tulisan, pewarnaan dan pemilihan jenis huruf, penempatan gambar, penempatan animasi, serta desain *cover* dan halaman sangat baik. Aspek kemenarikan meliputi bahwa dengan menggunakan *e-module* siswa tidak merasa bosan dalam belajar, merasa senang menggunakannya. Kemudian dapat memotivasi untuk belajar lebih giat, pembelajaran lebih menarik serta dapat memusatkan perhatian dalam mempelajari materi.

Aspek manfaat meliputi *e-module* yang dikembangkan dapat menjadi salah satu sumber belajar sains fisika, mampu memberikan pemahaman dengan adanya penjelasan, contoh, gambar, animasi, serta informasi pendukung materi, lebih mudah digunakan karena dapat digunakan untuk belajar di mana saja dan kapan saja. Kemudian, dapat memberikan informasi mengenai pembelajaran POE (*Predict, Observe, Explain*) yang terkait dengan kegiatan pembelajaran, memotivasi untuk bisa menerapkan pembelajaran POE (*Predict, Observe, Explain*) yang dihubungkan dengan materi fisika dalam belajar maupun keseharian.

Uji coba kelompok kecil untuk mendapat respon siswa dilakukan kepada 10 orang siswa di SMA Negeri 5 Palangka Raya. Hasil respon siswa diperoleh presentase sebesar 75,1% dengan kategori baik dan dengan kriteria menarik. Berdasarkan hasil respon siswa, menunjukkan hasil respon siswa selaras dengan penelitian yang dilakukan Nuraini (2014), (Rahmawati *et al* (2019) dan Widyaningrum (2013) yang menunjukkan bahwa respon siswa masuk pada kategori baik, sehingga *e-module* yang dihasilkan efektif digunakan dalam proses pembelajaran.



## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

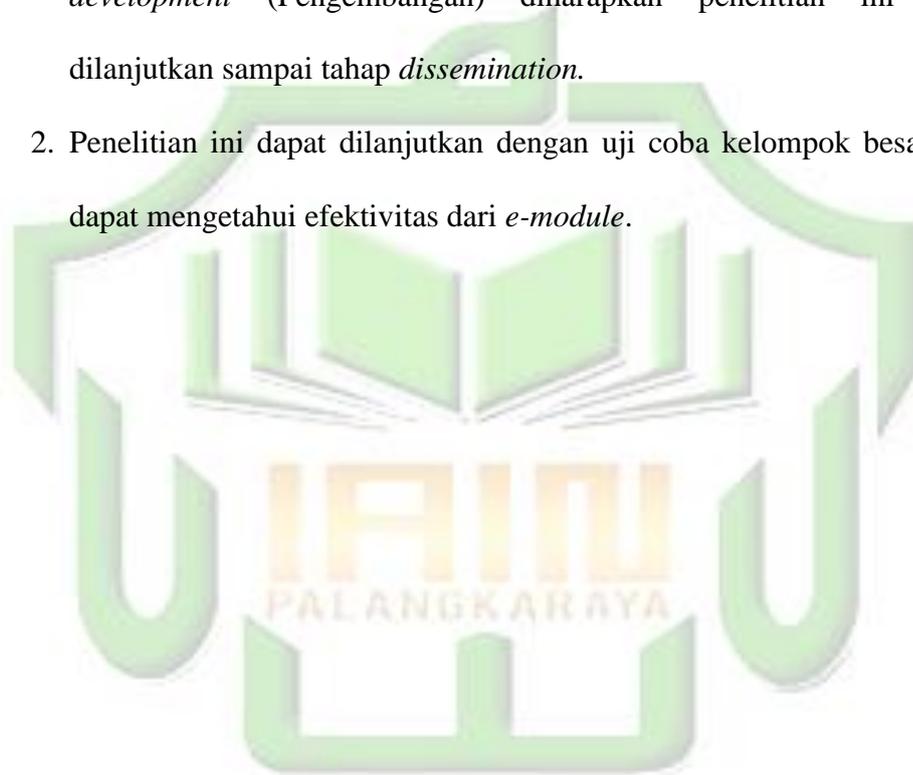
Berdasarkan hasil penelitian pengembangan dengan judul “Pengembangan *E-Module* Berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) pada Materi Teori Kinetik Gas untuk Siswa Kelas XI di SMA Negeri 5 Palangka Raya”, sehingga dapat disimpulkan:

1. Pengembangan produk berupa *e-module* ini berdasarkan model 4D, yaitu *define* (Pendefinisian) kebutuhan pembelajaran, menetapkan tujuan dan batasan materi. Kemudian, dilanjutkan dengan *design* (Perancangan) yang diawali dengan validasi oleh beberapa ahli. Selanjutnya *development* (Pengembangan), yaitu .tahap mengembangkan produk dan proses uji coba kelompok kecil dengan memperoleh hasil respon guru dan respon siswa.
2. *E-Module* dinyatakan sangat valid untuk digunakan oleh ahli media pertama dan kedua dengan presentase sebesar 89,5 % . Hasil validasi ahli materi pertama dan kedua dengan presentase 89,6% dengan kriteria sangat valid, dan hasil validasi ahli pembelajaran dengan 93,6% dengan kriteria sangat valid untuk digunakan.
3. Hasil respon guru diperoleh 82,6% dengan kategori sangat baik. Kemudian, pada uji coba kelompok kecil diperoleh respon siswa didapatkan nilai dengan presentase 75,1% dengan kategori baik.

## B. Saran

Adapun saran dari pengembangan *e-module* pembelajaran ini ialah :

1. Penelitian ini menggunakan model 4D, yaitu *define* (Pendefinisian), *design* (Perancangan), *development* (Pengembangan) dan *dessemination* (Penyebaran). Namun, pada penelitian ini hanya sampai tahap *development* (Pengembangan) diharapkan penelitian ini dapat dilanjutkan sampai tahap *dissemination*.
2. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan uji coba kelompok besar agar dapat mengetahui efektivitas dari *e-module*.



## DAFTAR PUSTAKA

- An'nur, Syubhan. 2015. Perbedaan Hasil Belajar antara yang Menggunakan Model Pembelajaran POE (Prediction Observation Explanation) dan EIA (Exploration Introduction Application) pada Siswa Kelas XI IPA SMA Negeri 4 Banjarmasin. *Jurnal Inovasi Dan Pembelajaran Fisika*. Vol. 2 No. 2. Hal. 185-193.
- Arkadiantika, irnando dkk. 2019. Pengembangan Media Pembelajaran Virtual Reality pada Materi Pengenalan Termination dan Splicing Fiber Optic. *Jurnal Dimensi Pendidikan dan Pembelajaran*. ISSN : 2303-3800, Hal. 29-36.
- Arsal, Muhammad dkk. 2019. Pengembangan Media Pembelajaran E-Modul Materi Sistem Peredaran Darah Pada Kelas XI MIPA SMAN 6 Barru. *Prosiding Seminar Nasioal Biologi VI*.
- Budiarni, Nurinayah. 2018. *Pengembangan Modul Matematika Berbasis POE (Predict Observe Explain) pada Materi Pokok Persamaan Garis Lurus* [Skripsi]. Lampung : Universitas Islam Negeri Raden Intan.
- Danuri, Siti Maisaroh. 2019. *Metode Penelitian Pendidikan*. Yogyakarta : Penerbit Samudra Biru.
- Depdiknas. 2008. *Penulisan Modul*. Depdiknas : Direktorat Tenaga Kependidikan Direktorat Jendral Peningkatan Mutu Pendidik dan Tenaga Kependidikan.
- Erinawati, Budi. 2016. *Pengembangan E-Modul Penggabungan dan Pemberian Efek Citra Bitmap Kelas XI Multimedia SMK Negeri 1 Klaten* [Skripsi]. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta.
- Faishal, Ahmad. 2015. *Pengembangan E-Modul Pembelajaran Pneumatik pada Mata Pelajaran Proses Dasar Kejuruan Mesin di SMK N 3 Yogyakarta* [Skripsi]. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta.
- Fakhrurrazi. 2018. Hakikat Pembelajaran yang Efektif. *Jurnal At-Tafkir*. Vol. XI No. 1, Hal 85-99.
- Fausih, Moh & Danang T. 2015. Pengembangan Media E-Modul Mata Pelajaran Produktif Pokok Bahasan “Instalasi Jaringan LAN (Local Area Network)” Untuk Siswa Kelas XI Jurusan Teknik Komputer Jaringan di SMK Negeri 1 Labang Bangkalan Madura. *Jurnal Mahasiswa Teknologi Pendidikan*. Vol. 1 No. 1, Hal 1-9.

- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika Jilid 1 Edisi Kelima*. Jakarta: Erlangga.
- Hanafy, Muh. Sain. 2014. Konsep Belajar dan Pembelajaran. *Lentera Pendidikan*. Vol. 17 No. 1, Hal 66-79.
- Herawati, Nita Sunarya & Ali Muhtadi. 2018. Pengembangan Modul Elektronik (E-Modul) Interaktif pada Mata Pelajaran Kimia Kelas XI SMA. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*. Vol. 5 No. 2, Hal 180-191.
- Hikmah, Nurul. 2019. *Pengembangan Modul Interaktif Berbasis Kvisoft Flipbook Makermata Pelajaran Sejarah Kelas X SMA Menggunakan Model Pengembangan 4D* [Skripsi]. Jember : Universitas Jember.
- Husamah, dkk. 2016. *Belajar dan Pembelajaran*. Malang : UMM Press.
- Indriana, Vida dkk. 2015. Penerapan pendekatan pembelajaran POE (*predict, observe, explain*) untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa kelas XI IPA-1 SMAN 22 Makassar. *Jurnal Daya Matematis*. Vol. 3 No. 1, Hal. 51-62.
- Karwono, Heni Mularasih. 2017. *Belajar dan Pembelajaran serta Pemanfaatan Sumber Belajar*. Jakarta : Rajawali Press.
- Kurniawati, Hanif Alifah dkk. 2020. Development of POE and SETS Based Science E-Module to Facilitate Creative Thinking Skill and Collaboration Skill. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*. Vol. 401. Hal 122-126.
- Masykur, R., dkk. 2017. Pengembangan Media Pembelajaran Matematika dengan Macromedia Flash. *Al-Jabar : Jurnal Pendidikan Matematika*. Vol. 8 No. 2, Hal 177-185.
- Maulida. 2020. Teknik Pengumpulan Data dalam Metodologi Penelitian. *Jurnal Darussalam*. Vol. 21 No.2, Hal 71-78.
- Muna, Izza Aliyatul. 2017. Model Pembelajaran POE (Predict-Observe-Explain) dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep dan Keterampilan Proses IPA. *El-Wasathiya : Jurnal Studi Agama*. Vol. 5 No. 1. Hal 73-91.
- Mutlu, Ayfer & Burçin Acar Şeşen. 2016. Predict-Observe-Explain Tasks in Chemistry Laboratory: Pre-Service Elementary Teachers' Understanding and Attitudes. *Sakarya University Journal of Education*. Vol. 6 No. 2. Hal 184-208.
- Nasihah, Mardliyaton. 2019. *Pengembangan Modul Kimia Berbasis POE (Predict, Observe, Explain) Pada Materi Laju Reaksi di Kelas XI Madrasah*

*Aliyah Negeri (MAN) 2 Pati* [Skripsi]. Semarang : UIN Walisongo Semarang.

- Nuraini, Nita dkk. 2014. Pengembangan Modul Berbasis POE (Predict, Observe, and Explain) disertai Roundhouse Diagram untuk Memberdayakan Keterampilan Proses Sains dan Kemampuan Menjelaskan Siswa Kelas X SMA Negeri 5 Surakarta (Penelitian dan Pengembangan Materi Pencemaran Lingkungan Tahun Pelajaran 2013/2014). *Bioedukasi*. Vol. 7 No. 1, Hal 37-43.
- Nurhidayah, Rizki. 2015. Pengembangan Modul Berbasis Inkuiri Terbimbing pada Materi Larutan Elektrolit dan Non-Elektrolit. *Edusains*. Vol. 7 No. 1 Hal 36-47.
- Pane, Aprida. 2017. Belajar dan Pembelajaran. *Fitrah Jurnal Ilmu-ilmu Keislaman*. Vol. 03 No. 2. Hal 333-352.
- Putra, Komang Wisnu Baskara, dkk. 2017. Pengembangan E-modul berbasis Model Pembelajaran Discovery Learning pada Mata Pelajaran Sistem Komputer untuk Siswa Kelas X Multimedia SMK Negeri 3 Singaraja. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*. Vol. 14 No. 1, Hal 40-49.
- Putri, Irna Tri. 2019. *Pengembangan E-Modul Fisika Berbasis Pendekatan Sainifik Menggunakan 3D Pageflip Professional pada Materi Teori Kinetik Gas untuk SMA Kelas XI* [Skripsi]. Jambi : Universitas Jambi.
- Putri, Roza Novia dkk. 2018. Pengembangan Modul Berbasis POE (Predict, Observe, Explain) pada Materi Sifat Koligatif Larutan Sebagai Sumber Belajar Peserta Didik Kelas XII SMA/MA. *Jurnal Pendidikan Kimia Universitas Riau*. Vol. 3 No. 2, Hal 27-37.
- Rahman, Ai Sriwenda dkk. 2016. Pengembangan Modul Kimia Berbasis POE (Predict, Observe, Explain) pada Materi Koloid. Hal 1-8.
- Rahmawati, Asyifa dkk. 2019. Pengembangan Modul Berbasis POE (Predict, Observe, Explain) pada Materi Trigonometri. *KRENO : Jurnal Matematika Kreatif-Inovatif*. Vol. 10 No.2, Hal 193-201.
- Rahmawati, Asyifa. 2019. *Pengembangan Modul Berbasis POE (Predict Observe Explain) pada Materi Trigonometri Kelas X di SMAN 5 Bandar Lampung dan MAN 2 Bandar Lampung* [Skripsi]. Lampung : Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.
- Rendra, Gede Risdha Pra, dkk. 2018. Pengembangan E-Modul Berbasis Project Based Learning Menggunakan Schoology (Studi Kasus Mata Pelajaran Web Design Kelas XI Multimedia Di SMK TI Bali Global Singaraja).

*Kumpulan Artikel Mahasiswa Pendidikan Teknik Informatika (KARMAPATI)*. Vol. 7 No. 2. Hal 50-58.

Riduwan & Sunarto. 2013. *Pengantar Statiska untuk Penelitian Pendidikan, Sosial, Ekonomi, Komunikasi dan Bisnis*. Bandung: Alfabeta

Rukmana, Hardianti. 2019. *Desain dan Uji Coba Modul Berbasis POE (Predict-observe-Explain) pada Materi Larutan Elektrolit dan Non Elektrolit [Skripsi]*. Pekanbaru : Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Safitri, Elistiana dkk. 2019. Pengaruh Model Pembelajaran Predict Observe Explain (POE) Terhadap Hasil Belajar IPA Fisika Siswa SMP Negeri 1 Lembar Tahun Ajaran 2015/2016. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*. Vol. 5 No. 2, Hal 197-204.

Sari, Aria Tanti Wika & Dedy Hidatullah Alarifin. 2016. Pengembangan Modul Berbasis POE (Predict, Observe, Explain) Materi Usaha dan Energi ditinjau dari Kemampuan Kognitif. *Jurnal Pendidikan Fisika Universitas Muhammadiyah Metro*. Vol. IV No. 2. Hal 124-136.

Sarwono, dkk. 2009. *Fisika 2 Mudah dan Sederhana*. Jakarta : Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.

Serevina, Vina dkk. 2018. Development of E-Module Based on Problem Based Learning (PBL) on Heat and Temperature to Improve Student's Science Process Skill. *TOJET : The Turkish Online Journal of Educational Technology*. Vol. 17 No. 3. Hal 26-36.

Serway, Raymond A. & John W. Jewett. 2010. *Fisika untuk Sains dan Teknik Buku 2 Edisi 6*. Jakarta : Salemba Teknika.

Sidiq, Ricu & Najuah. 2020. Pengembangan E-Modul Interaktif Berbasis Android pada Mata Kuliah Strategi Belajar Mengajar. *Jurnal Pendidikan Sejarah*. Vol. 9 No.1. Hal 1-14.

Simamora, Alexander Hamonangan dkk. 2018. Pengembangan E-Modul Berbasis Proyek untuk Mata Kuliah Fotografi di Jurusan Teknologi Pendidikan Fakultas Ilmu Pendidikan Undiksha. *Journal of Education Technology*. Vol. 2 No. 1, Hal 51-60.

Solihudin, Taufiq. 2018. Pengembangan E-Modul Berbasis Web untuk Meningkatkan Pencapaian Kompetensi Pengetahuan Fisika pada Materi Listrik Statis dan Dinamis SMA. *Jurnal Wahana Pendidikan Fisika*. Vol. 3 No.2. Hal 51-61.

- Suarsana, I. M. & Mahyukti. 2013. Pengembangan E-Modul Berorientasi Pemecahan Masalah untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Indonesia*. Vol. 2 No. 2, Hal 264-275.
- Sugiyono. 2007. *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.
- Suryadie. 2014. *Pengembangan modul elektronik IPA terpadu tipe shared untuk siswa kelas VIII SMP/MTs* [Skripsi]. Yogyakarta: UIN Sunan Kali Jaga.
- Susanti, Shinta Dewi dkk. 2020. Pengembangan E-module Berbasis Discovery Learning Berbantuan PhET pada Materi Teori Kinetik Gas untuk Mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi (JPFT)*. Vol. 6 No. 2, Hal 287-296.
- Tania, Lisa & Joni Sosilowibowo. 2017. Pengembangan Bahan Ajar E-Modul Sebagai Pendukung Pembelajaran Kurikulum 2013 Pada Materi Ayat Jurnal Penyesuaian Perusahaan Jasa Siswa Kelas X Akutansi SMK Negeri 1 Surabaya. *Jurnal Pendidikan Akutansi*. Vol. 5 No. 2. Hal 1-9.
- Tia, Devi Putri Adi. 2020. *Pengembangan Bahan Ajar Teks Prosedur Berbasis E-Modul Interaktif untuk Siswa Kelas XI* [Tesis]. Malang : Universitas Muhammadiyah Malang.
- Tipler, Paul A. 1998. *Fisika Untuk Sains dan Teknik Jilid 1 Cet. 1*. Jakarta : Erlangga.
- Varonika, I Kadek Benny, dkk. 2016. Pengembangan E-Modul Berbasis Project Based Learning pada Mata Pelajaran Sistem Operasi Jaringan Kelas XI di SMK Negeri 3 Singaraja. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*. Vol. 13 No. 2, Hal 212-224.
- Wahyuningtyas, Novy Risky. 2019. *Pengembangan E-Modul Pembelajaran Sejarah Berbasis Problem Solving untuk Meningkatkan High Order Thingking Skill (HOTS) dengan Model 4D* [Skripsi]. Jember : Universitas Jember.
- Widyaningrum, Ratna dkk. 2013. Pengembangan modul berorientasi POE ((Predict, Observe, Explain) berwawasan lingkungan materi pencemaran untuk meningkatkan hasil belajar siswa. *Bioedukasi*. Vol. 6 No.1, Hal. 100-117.
- Widyaningrum, R., dkk. 2014. Pengembangan modul berbasis POE (Predict, Observe, Explain) pada Materi Pencemaran untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Inkuiri*. Vol. 3 No. 2, Hal 97-106.

Wiyono, Masdar dkk. 2017. Aplikasi Penilaian Kuliah Kerja Nyata Universitas Trunojoyo Madura Menggunakan Metode Rating Scale. *Jurnal Ilmiah Rekayasa*. Vol. 10 No. 1, Hal 23-33.

Young & Freedman. 2001. *Fisika Universitas*. Jakarta: Erlangga.

